HAL
open science

De la conception à l'exploitation ? : L'intégration des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques dans la conception des projets urbains

Meriam Bechir

To cite this version:

Meriam Bechir. De la conception à l'exploitation ? : L'intégration des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques dans la conception des projets urbains. Architecture, aménagement de l'espace. École des Ponts ParisTech, 2022. Français. NNT : 2022ENPC0003 . tel-03674646

HAL Id: tel-03674646

https://pastel.hal.science/tel-03674646v1

Submitted on 20 May 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

École des Ponts ParisTech

LABORATOIRE TECHNIQUES TERRITOIRES ET SOCIÉTÉS

LATTS

THÈSE DE DOCTORAT

de l'École des Ponts ParisTech

De la conception à l'exploitation ?

L'intégration des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques dans la conception des projets urbains

École doctorale N°528, Villes, Transports et Territoires EDVTT

Aménagement de l'espace et urbanisme

Thèse préparée au sein du Laboratoire Techniques, Territoires et Sociétés (LATTS), UMR 8134

Thèse soutenue le 26 janvier 2021, par

Meriam BECHIR

Composition du jury :

Véronique BIAU Architecte-Urbaniste en chef de l'État, Professeur, École nationale supérieure de Paris-Val de Seine	*Rapporteure*
Gilles DEBIZET Maître de conférences, Université Grenoble-Alpes	*Rapporteur*
Joëlle FOREST Maître de conférence Institut National des Sciences Appliquées de Lyon	*Examinatrice*
Caroline GALLEZ Directrice de recherche, Université Gustave Eiffel	*Présidente*
Laurent MICHELIN Directeur Innovation, Bouygues Immobilier	*Invité*
Taoufik SOUAMI, Professeur, Université Paris-Est	*Directeur de thèse*

Cette thèse a été réalisée dans le cadre d'un partenariat scientifique entre l'École des Ponts Paris Tech et le promoteur Bouygues Immobilier.

Résumé

Face aux retours d'expériences négatifs pendant l'exploitation des projets urbains durables, les acteurs se mettent à intégrer de plus en plus les préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques dans la conception. L'objectif de cette recherche est d'interroger les effets de cette intégration des enjeux d'exploitation sur le processus de conception urbaine.

À partir d'une analyse de cas, nous montrons que l'intégration des préoccupations d'exploitation engendre des évolutions des choix techniques, des objectifs énergétiques et de l'organisation sociale de la conception. On assiste à une bifurcation des choix techniques, suite à des apprentissages en double boucle des acteurs, où il s'agit de revoir les objectifs en cours de conception pour pourvoir avancer. En effet, raisonner en termes d'exploitation amène à réaliser des choix de conception différents priorisant la qualité d'usage et de services rendus. En matière d'organisation de la conception, l'intégration des préoccupations d'exploitation ne requestionne pas le rythme hiérarchique et linéaire d'organisation des activités des acteurs. Toutefois, cela facilite l'affirmation de nouveaux acteurs comme les exploitants des systèmes énergétiques et multi-services. Plus largement, la recherche montre que les retours d'expériences, de plus d'une quinzaine d'années autour de l'exploitation des quartiers durables, contribuent à un processus d'apprentissage interprofessionnel, dont les sédimentations produisent de nouvelles références techniques ou de projets, et participent au renouvellement des cultures professionnelles. De cette manière, l'activité de conception se transforme. L'analyse met notamment l'accent sur l'importance des objets techniques dans la consolidation des apprentissages des acteurs, des objets autour desquels se cristallisent les enseignements et les retours d'expériences.

Summary

Facing negative feedback during the exploitation of sustainable urban projects, actors are increasingly integrating the operational concerns of energy systems into the design process. The research objective is to question the effects of this operational issues integration in the urban design process.

Based on a case analysis, we show that the integration of operational concerns leads to changes in technical choices, energy objectives and the social organisation of design. There is a bifurcation of technical choices, following double-loop learning by the actors, where the objectives have to be revised during the design process in order to move forward. Indeed, reasoning in terms of exploitation leads to different design choices prioritising the quality of use and of provided services. In terms of design organisation, the integration of operational concerns does not question the hierarchical and linear rhythm of the organisation of the actors' activities. However, it does facilitate the affirmation of new actors such as the operators of energy and multi-service systems. More broadly, the research shows that the feedback from more than fifteen years of

experience in the operation of sustainable districts contributes to an interprofessional learning process, which sedimentation produces new technical or design references and contributes to the renewal of professional cultures. In this way, the design activity is transformed. In particular, the analysis emphasises the importance of technical objects for consolidating the actors' learning, objects around which lessons and feedback crystallised.

Remerciements

Je tiens à remercier premièrement mon directeur de thèse Taoufik Souami qui a dirigé cette thèse et qui m'a guidée au fil de ce parcours. Je remercie également Christian Grellier qui m'a accueillie chez Bouygues Immobilier, a cru en moi et n'a cessé de m'encourager tout le long de cette thèse. Son regard pertinent sur le monde de l'immobilier et de la fabrique urbaine a fortement contribué à enrichir cette recherche. Un grand merci aussi à Laurent Michelin qui a poursuivi l'encadrement de ce travail au sein de Bouygues Immobilier.

Je remercie l'École des Pont Paris Tech et Bouygues Immobilier qui ont financé cette thèse.

Je remercie les membres du jury : Véronique Biau, Gilles Debizet, Joëlle Forest et Caroline Gallez, qui ont accepté de consacrer du temps et de l'énergie à l'évaluation de cette recherche. Je suis très honorée que mon travail soit discuté et critiqué par des personnalités qui ont porté des réflexions académiques et/ou opérationnelles sur la fabrique urbaine durable et l'aménagement et dont les travaux ont influencé cette recherche.

J'adresse des remerciements chaleureux à tous les membres du LATTS qui ont contribué de multiples façons à la construction de la thèse. Un grand merci aussi à Valérie Bocquillion, Nathalie Péroumal pour leur professionnalisme, disponibilité et encouragements. J'adresse également toutes mes amitiés aux doctorants du laboratoire, en particulier à mes compagnons de route : Camille, Rina, Youenn, Solène, Mathilde, Emmanuelle…

J'adresse un salut chaleureux à toute l'équipe innovation de Bouygues Immobilier qui a fortement contribué à cette recherche : Charlotte, Mélanie, Bertrand, Anna et Oriane.

Je remercie tout particulièrement toutes les personnes rencontrées et interrogées au cours de cette recherche, sans lesquelles cette thèse n'aurait pas pu voir le jour.
Je remercie celles et ceux qui ont participé aux relectures.
Enfin, je remercie celles et ceux qui ont partagé avec moi les déboires, les incertitudes et les remises en question au cours de ce parcours.

Sommaire

Introduction générale **8**

Chapitre 1. Interroger la fabrique urbaine par les enjeux d'exploitation des artefacts énergétiques **16**

1 Contexte et état de l'art 17
2 Hypothèses de recherche 61
3 Outils théoriques 63
4 Posture de recherche et méthode 72
5 Synthèse 102

Chapitre 2 : L'intégration balbutiante des enjeux d'exploitation en phase concours. Le cas de Nanterre Cœur Université (NCU) **104**

1 Une faible intégration des préoccupations d'exploitation dans les cadrages énergétiques et urbains 105
2 Les questions énergétiques et d'exploitation comme moyen de distinction 115
3 Une sélection des prestataires et partenaires fondée sur l'interconnaissance 130
4 La primauté des aspects esthétiques dans la conception spatiale 133
5 Synthèse 143

Chapitre 3. L'intégration complexe des enjeux d'exploitation par une entreprise énergétique. Le cas de NCU **146**

1 Évolution du cadrage énergétique pour intégrer les préoccupations d'exploitation 147
2 Bifurcation de la solution technique et recadrage des objectifs énergétiques 158
3 Les enseignements du partenariat avec une entreprise énergétique 177
4 L'intégration complexe des objets techniques dans la conception spatiale 192
5 De la gestion des bâtiments à l'exploitation des systèmes énergétiques à l'échelle du quartier 205
6 Synthèse 216

Chapitre 4. L'intégration des enjeux d'exploitation par un nouvel opérateur de services urbains. Le cas de Sollys **219**

1 De la production locale d'énergie à la création d'un opérateur de services urbains 219
2 Des enjeux d'exploitation effacés face aux fortes ambitions énergétiques 234
3 Une anticipation des enjeux d'exploitation dans la conception spatiale 257
4 Réémergence des enjeux d'exploitation et bifurcation de la solution énergétique 270
5 Synthèse 280

Chapitre 5. Effets de l'intégration des préoccupations d'exploitation sur la conception **283**

1 Diverses motivations des acteurs pour l'intégration des enjeux d'exploitation 284
2 L'intégration des enjeux d'exploitation réoriente les choix de conception 297
3 Quelle réorganisation du processus de conception urbaine ? 310
4 Les perspectives du BIM pour une approche intégrée de la conception 318
5 Synthèse 323

Chapitre 6. Apprentissages, évolution des méthodes et des acteurs de la production urbaine **325**

1 Lieux, leviers et freins de l'apprentissage des acteurs sur les sujets d'exploitation 325
2 Les apprentissages comme moteurs de transformation de la conception 348
3 Des services énergétiques aux services urbains : évolution des acteurs et de leurs modes d'actions 355

4 Synthèse 370

Conclusion générale 373

Table des figures 412
Table des tableaux 417
Table des encadrés 418
Liste des sigles et abréviations 419
Annexes 421
Plan détaillé 424

Introduction générale

En mars 2019, le maire d'Issy-les-Moulineaux André Santini, ancien ministre et vice-président de la métropole du Grand Paris depuis 2016, affirme lors de la conférence de presse de la fin du projet IssyGrid : « Nous souhaitons capitaliser et réutiliser le savoir-faire acquis à Issy-les-Moulineaux pour la conception des futurs quartiers à énergie positive… ». L'événement est organisé par le promoteur Bouygues Immobilier en partenariat avec la ville d'Issy-les-Moulineaux. Le projet d'IssyGrid, selon Bouygues, est le premier réseau énergétique intelligent de France, réalisé entre 2012 et 2018, et déployé au sein des quartiers Seine Ouest et du Fort d'Issy à Issy-les-Moulineaux. Il a été porté par un consortium d'une douzaine d'entreprises du monde de l'énergie, du bâtiment et des nouvelles technologies : Bouygues Energies & Services, Bouygues Immobilier, Bouygues Telecom, EDF, Embix, Enedis, Microsoft, Schneider Electric, Sopra Steria et Total.

Ces entreprises sont invitées autour d'une table ronde afin de partager leurs retours d'expériences et apprentissages. Le directeur de la start-up Embix, une entreprise de gestion de l'énergie et de services innovants, créée à l'occasion du projet, Eric L'Helguen explique ainsi le rôle important qu'a joué le projet d'IssyGrid dans la consolidation des connaissances à l'échelle du quartier, et affirme que l'objectif aujourd'hui, est de tenir les engagements énergétiques fixés en amont des projets pendant les phases de gestion et d'exploitation.

> « L'enseignement d'Issy Grid est un sentiment qu'on connaissait finalement assez bien le bâtiment, assez bien et même très bien la ville mais pas forcément le quartier. Et quand on ne connaît pas bien quelque chose, typiquement on sur-dimensionne les infrastructures pour répondre aux besoins. Le deuxième enseignement est de se donner les moyens de mieux connaître le quartier existant, notamment à travers la récupération de données…IssyGrid nous a permis de comprendre. On a écouté le politique, qui nous a dit vous nous promettez beaucoup d'innovations et vous ne tenez pas toujours vos engagements. On s'est dit, aujourd'hui on a les moyens au travers des applications numériques de tenir cette performance. On a donc inventé un nouveau métier qui est véritablement un engagement de la performance. On fait rêver en phase concours, mais 10 ans plus tard, on démontre qu'on a tenu nos engagements en terme d'EnR[1] et de facture énergétique ».

Ce préambule illustre les préoccupations des acteurs en faveur de la capitalisation des enseignements sur les premiers projets durables, afin de tenir les objectifs de performance énergétique et assurer la bonne exploitation des projets. En effet, les acteurs de la fabrique urbaine réalisent depuis maintenant quelques années plusieurs projets immobiliers et urbains durables de plus en plus ambitieux en matière de production d'énergie renouvelable locale. La production locale d'EnR, en mobilisant une variété de systèmes énergétiques (SE),[2] devient, à présent, une norme avec l'avènement de la réglementation énergétique de 2020, qui impose à toutes les nouvelles constructions d'être à énergie positive. Or, plusieurs études montrent que les projets urbains durables n'arrivent souvent pas aux engagements visés en amont et présentent plusieurs

[1] Énergies renouvelables.

[2] Ces systèmes énergétiques peuvent être des panneaux solaires, des centrales de cogénérations, des réseaux de chaleur, des systèmes de géothermie, etc.

dysfonctionnements en phase d'exploitation (Berthou et al., 2019 ; Bourdin, 2019 ; Morlot et al., 2018). Ces retours d'expériences concernent divers sujets : des défaillances liées aux technologies mobilisées, des coûts de l'énergie très importants pour les habitants, des consommations réelles d'énergie supérieures aux consommations théoriques définies en phase de conception, ou encore des objectifs énergétiques en termes de taux d'EnR non atteints. Par exemple Hikari, le premier îlot à énergie positive en France livré en 2016, a connu plusieurs défaillances de ses systèmes de production d'énergie et notamment de sa centrale de cogénération à l'huile de colza, ce qui a engendré des factures importantes pour les résidents. Le système géothermique intégré dans la ZAC de Clichy Batignolles[3] à Paris 17ème a également dysfonctionné après sa livraison. Une situation qui a engendré des coupures de chauffage et d'ECS pendant des mois. Plusieurs plaintes ont été portées par les habitants de ces deux projets contre la maîtrise d'ouvrage publique et/ou privée (Morlot et al., 2018).

Par ailleurs, il faut noter que les problématiques en exploitation des projets immobiliers et urbains durables ne concernent pas seulement les systèmes énergétiques intégrés dans les projets, mais peuvent également concerner la gestion des espaces verts, des espaces publics, des systèmes de drainage des eaux pluviales, des bornes de recharges de véhicules électriques, des assiettes de parkings, etc. (Renauld-Giard, 2012 ; Thébault, 2019 ; Tribout, 2017). Nous choisissons ici de nous concentrer sur les sujets d'exploitation des systèmes énergétiques[4], en les considérant comme révélateurs de la montée de ces enjeux d'exploitation des artefacts et des services urbains dans la production de la ville.

Plusieurs explications de ces dysfonctionnements en exploitation des projets immobiliers et urbains durables sont avancées dans la littérature. Dans un premier temps, il y a une survalorisation de la conception, avec un primat d'une approche formelle dans l'architecture qui dévalorise les enjeux l'exploitation des artefacts réalisés. L'intégration de l'exploitation peut même être parfois perçue comme bridant la conception (Grudet, Macaire et Roudil, 2017b). Dans un second temps, il demeure une scission entre une logique économique de fonctionnement et d'investissement qui accentue le clivage culturel entre les métiers de la conception et de l'exploitation (Amarillo, 2013 ; Carassus et Duplessis, 2010). Enfin, il y a une sous-considération des métiers de l'exploitation estimés comme peu qualifiés et à faible valeur ajoutée, car les actions réalisées sont perçues comme répétitives et faciles d'exécution (Amarillo, 2013 ; Amarillo et

[3] Clichy Batignolles est porté par un aménageur public et présente ce qu'on pourrait appeler un grand projet urbain complexe en s'étalant sur près de 64ha. De plus, il présente un autre type de solution énergétique centralisée (Géothermie profonde) et une autre modalité de gestion de l'énergie qui est une Délégation de service public (DSP).

[4] Nous faisons cette distinction pour deux raisons méthodologiques. Dans un premier temps, les enjeux d'exploitation ne sont pas toujours gérés par les mêmes acteurs. À titre d'exemple, un exploitant de réseaux de chaleur ou de d'un parc de photovoltaïques ne va pas forcément s'occuper de la gestion des espaces verts. Dans un second temps, le budget d'investissement et de fonctionnement des systèmes énergétiques est distinct des autres artefacts urbains. En effet, il est très compliqué d'analyser l'intégration des enjeux de gestion de divers usages prévus dans les projets en voulant en même temps renter dans le détail des négociations et des arbitrages réalisés par les acteurs.

Gadille, 2009 ; Denis et Pontille, 2011). S'il est bien connu que la conception a un impact sur l'exploitation des projets, la première pouvant aider ou complexifier la seconde, la faible prise en compte des sujets d'usage et l'exploitation dans le processus de conception des projets a été réalisée par plusieurs praticiens et chercheurs (Collet, 2017 ; Fenker, 2017 ; Tribout, 2017). Les enjeux de gestion et d'exploitation interrogent fortement les activités de conception (Arab et *al.*, 2020 ; Grudet, Macaire et Roudil, 2017b). En effet, si l'exploitation participe à la qualité des espaces en augmentant parfois même la valeur symbolique et économique de ces derniers, de la même manière la conception urbaine, architecturale et technique a un impact sur les pratiques d'exploitation (Collet, 2017).

Questionner la conception urbaine au prisme des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques

Afin de répondre à ces enjeux, les acteurs professionnels « capitalisent les expériences qu'ils ont acquises dans la gestion des espaces bâtis et aménagés pour anticiper des solutions plus adaptées aux situations dès la conception » (Arab et *al.*, 2020). Certains professionnels de l'immobilier et de l'aménagement expliquent par exemple l'importance d'un raisonnement en coût global dans la conception des systèmes énergétiques en prenant en considération, dès l'amont des projets, le coût d'investissement et d'exploitation des objets conçus. Dans le cas des systèmes énergétiques, cela implique par exemple de raisonner en termes de facture énergétique des usagers et non seulement en termes d'investissement dans les objets techniques. D'autres démarches ont porté sur l'intégration d'exploitants de réseaux classiques (Dalkia, Engie Cofely, ...), dès l'amont des projets. L'intervention de ces acteurs avec des contrats de conception-réalisation exploitation, est ainsi supposée enrichir le travail des acteurs de la fabrique urbaine et dépasser la fragmentation des phases prégnantes dans le monde du bâtiment de projets. Nous avons même observé la création de nouveaux acteurs exclusivement chargés de la prise en charge des préoccupations d'exploitations des objets de l'énergie sur toutes les phases des projets (conception, réalisation, exploitation). Nous évoquons le démonstrateur industriel pour la ville durable (DIVD) Eurêka Confluence, qui a été l'occasion pour ces porteurs, la SPL Lyon confluence, Bouygues Immobilier et Linkcity, de créer un nouvel acteur ensemblier appelé opérateur de services urbains (OSU), à l'échelle du quartier, pour gérer les systèmes énergétiques sur toutes les étapes du projet.

Aujourd'hui, on parle également de performance énergétique globale et de garantie de résultats pour s'assurer que les objectifs énergétiques visés sont bien réalisés en exploitation. C'est dans cette perspective que les marchés globaux, appelés également Contrats de Performance Énergétique CPE, ont été initiés dans les marchés publics depuis 2015, afin de répondre aux impératifs de performance énergétique et économique des projets. Ils peuvent associer des contrats de réalisation, exploitation, maintenance (REM) ou de conception, réalisation, exploitation, maintenance (CREM) (Biau, 2020). L'enjeu est d'améliorer la performance énergétique des projets mais également de porter une garantie de résultats. L'exploitant énergétique s'engage même à indemniser le maître d'ouvrage en cas d'écart entre la performance contractuellement fixée et la performance effectivement constatée.

La prise en charge des préoccupations d'exploitation concerne également la conception spatiale. Dans le cadre des projets de rénovation par exemple, A. Collet et M. Bonettei ont identifié plusieurs principes de conception pour faciliter l'exploitation des espaces, comme la cohérence des espaces conçus entre leur vocation et usage ou encore la conception d'aménagements ergonomiques des espaces du point de vue de leur entretien. Concernant ce dernier point, les auteurs expliquent l'importance de prendre en considération l'accessibilité des espaces aux prestations de d'exploitation (accès de véhicules, nettoyage, arrosage, etc.), la nécessité de l'adaptation des organisations spatiales à l'activité des gestionnaires et mainteneurs, et enfin la réalisation de règles d'usages claires et en adéquation avec les pratiques. En matière d'artefacts énergétiques, certains problèmes de réalisation et d'exploitation des objets de l'énergie s'expliquent par exemple par des problématiques de conception, et plus précisément d'intégration de ces objets dans la spatialité des projets (intégration de panneaux sur des toitures contraintes, dimensionnement de locaux techniques, nuisance de certains objets techniques mal anticipée …) .[5]

Au-delà de ces retours empiriques, la littérature académique constate une plus grande apparition voire intégration des enjeux d'exploitation dans la fabrique urbaine et plus particulièrement dans les processus de conception des projets urbains et immobiliers (Arab et al., 2020 ; Grudet, Macaire et Roudil, 2017b ; Peynichou, 2020). Le cahier Ramau 8 intitulé « Concevoir la ville durable. Un enjeu de gestion » a été consacré entièrement à l'intégration des enjeux de gestion et d'exploitation dans la conception de la ville durable (Grudet, Macaire et Roudil, 2017a). Ces recherches abordent ainsi l'intégration des enjeux d'exploitation pendant la conception des espaces (Collet, 2017 ; Tribout, 2017), l'évolution des entreprises de services urbains pour intégrer le champ de l'aménagement (Souami, 2017) ou encore la place de la concertation dans l'intégration des enjeux de gestion et d'exploitation (Campagnac, 2017). En outre, certains travaux récents montrent que l'avènement des enjeux environnementaux, et par extension les préoccupations d'exploitation des espaces conçus, bouscule le système d'acteurs de la production urbaine (Arab et al., 2020). Plusieurs acteurs de l'amont se positionnent aujourd'hui sur l'exploitation, à l'exemple de certains promoteurs qui proposent des services d'exploitation (gestion de l'énergie, gestion des places de parking, services de domotique, etc.), dans certains cas à travers leurs filiales de *facility managers* (Baraud-Serfaty et Rio, 2016 ; Peynichou, 2020). D'un autre côté, plusieurs exploitants se positionnent de plus en plus en amont de la production urbaine à dessein de porter les enjeux d'exploitation, que ce soit des exploitants classiques ou de nouveaux entrants observés, notamment dans le cas des concours Réinventer (Rio, Josso et Gréco, 2019).

Les indices relevés dans le milieu de la fabrique urbaine ainsi que ceux identifiés par de nombreux travaux scientifiques, convergent à confirmer la montée de ces préoccupations d'exploitation. Nous constatons également qu'une partie des explications des problèmes d'exploitation ou des

[5] Les exemples cités font souvent débat au sein des projets entre les architectes et les ingénieurs. Plusieurs retours empiriques relèvent l'importance de l'acculturation des architectes à ces enjeux et ceci notamment à travers une meilleure coordination entre les spécialistes des questions énergétiques et spatiales.

problèmes de fonctionnement, sont renvoyés à la place de l'exploitation dans la conception. Les explications tendent à affirmer une séparation entre les deux activités. L'importance accordée aujourd'hui aux enjeux environnementaux, à la performance et à la qualité des espaces et services mis en place, positionne la conception face à un certain nombre de défis. Au vu des questionnements que nous venons de soulever, nous posons la problématique suivante qui guidera notre travail de recherche :

Dans quelle mesure l'intégration des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques, en amont des projets, impacte le processus de conception des projets immobiliers et urbains durables ?

Un des termes clés de notre problématique est l'exploitation. Nous allons présenter quelques éléments de définition avant d'exposer les ressorts qui nous conduisent à interroger cet aspect. L'exploitation est définie, de manière générale, comme l'ensemble des activités et actions permettant d'assurer un service donné (Carassus et Bougrain, 2003 ; Certu et *al.*, 2014 ; EPAURIF, et *al.*, 2019). Appliqué à l'exploitation des systèmes énergétiques, nous entendons par ce terme, toutes les activités nécessaires pour assurer des services énergétiques. Nous considérons que ces activités intègrent également les actions de maintenance des systèmes intégrés, que ce soit la maintenance préventive (entretien courant) ou corrective (grosses réparations). Les « préoccupations d'exploitation » des systèmes énergétiques peuvent ainsi concerner : la performance des systèmes installés, la facture énergétique des usagers, la contractualisation des systèmes énergétiques, les pratiques énergétiques des usagers ou encore l'aménagement des locaux recevant ces objets. L'enjeu est ici l'anticipation des conditions d'exploitation des systèmes énergétiques, dès la conception des projets durables afin de tenir les engagements énergétiques. Les activités d'exploitation sont par conséquent considérées comme des activités continues de services, contrairement aux activités de construction qui sont quant à elles, des activités discontinues de production.

Des questions énergétiques à l'intégration des préoccupations d'exploitation dans la conception : interroger le contenu et l'organisation de la conception

Le constat de départ de cette recherche est l'existence d'une variété de travaux sur la conception (Arab, 2018 ; Blanchard, 2018 ; Callon, 1996), et notamment sur l'intégration des questions énergétiques dans la conception (Marquet, 2018 ; Souami, 2009a, 2009b ; Tabourdeau et Debizet, 2017 ; Tardieu, 2015). Ces recherches se sont intéressées aux systèmes techniques intégrés dans les projets (Menanteau et Blanchard, 2014), à la dichotomie entre innovations environnementales et standardisation (Arab, 2007a ; Matthey et Gaillard, 2011), ou encore à l'évolution des compétences des acteurs face à ces enjeux (Debizet et Godier, 2015a ; Grudet, 2012 ; Souami, 2008). Cependant, peu de recherches ont abordé l'intégration des préoccupations d'exploitation dans la conception.

Nous distinguons pourtant trois ensembles de travaux très disparates abordant la montée des préoccupations d'exploitation dans la conception urbaine : des travaux sur l'implication des habitants dans la conception à travers des dispositifs de concertation (Beslay, Gournet et Zélem, 2014 ; Grudet, 2016 ; Grudet, Fenker et Gardesse, 2012) ; des travaux sur les approches en coût global (Carassus et Duplessis, 2010 ; Charlot-Valdieu et Outrequin, 2018) et les contrats globaux des projets immobiliers, urbains ou des projets d'infrastructure (Biau, 2020 ; Campagnac, 2001 ; Lorrain, 1992), et enfin la littérature sur l'évolution du rôle des entreprises de la construction ou des services urbains, intervenant en phase conception et d'exploitation des artefacts urbains dans une logique d'intégration (Baraud-Serfaty, 2017 ; Peynichou, 2020 ; Souami, 2017). Toutefois, là aussi, si ces travaux ont montré l'importance de la prise en charge des préoccupations d'exploitation en phase conception, ils n'ont pas abordé les effets de l'intégration des sujets d'exploitation des systèmes énergétiques sur la phase amont des projets, dans une logique de performance globale, et c'est ce point-là que nous souhaitons interroger dans cette recherche.

Nous nous situons dans la suite des travaux sur la conception énergétique des projets et la remontée des enjeux d'exploitation en amont de la conception. L'objectif est d'interroger finement les effets de la prise en considération de l'exploitation des systèmes techniques sur les décisions, les contrats, les démarches et les négociations pendant la conception des projets. Au-delà du contenu de la conception, l'enjeu est d'interroger les effets de l'avènement des préoccupations d'exploitation sur l'organisation de cette dernière. Si l'avènement des questions énergétiques n'a pas engendré une évolution vers une conception concourante des projets durables, qu'en -est-il alors des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques ?

Quel est le rôle des objets de l'énergie dans l'apprentissage des acteurs?

Pour appréhender les préoccupations d'exploitation, il nous a semblé important de prendre en considération la matérialité des objets de l'énergie, nous avons donc mobilisé la sociologie de l'acteur réseau. L'un des objectifs de la sociologie de l'acteur réseau (Callon, 1986 ; Akrich & al, 2006), est d'éviter le réductionnisme sociologique ou technologique en étudiant les collectifs hybrides humains et non-humains (Callon, 2006, p. 275). La mobilisation de l'ANT nous permettra d'analyser les interactions entre la dimension physique des artefacts énergétiques et la dimension sociale, incluant tous les acteurs intervenants dans le système énergétique et urbain des projets. Il s'agit d'analyser les incertitudes, les relations et les agencements qui émergent dans le cadre d'actions collectives de fabrication des projets durables, en prenant en considération les acteurs et les objets techniques.

Au-delà de l'analyse des effets des préoccupations d'exploitation sur la conception, un des enjeux de cette recherche est d'analyser les apprentissages et l'évolution des compétences des acteurs, suite à l'avènement des questions énergétiques et plus récemment des enjeux d'exploitation. La mobilisation de la littérature sur l'apprentissage organisationnel (Koenig, 2006 ; Nonaka, 1998) et inter-organisationnel (Knight, 2002 ; Verhage et al., 2012), nous permettra d'analyser le processus

d'apprentissage et d'accumulation des connaissances réalisées par les acteurs et les organisations dans le cadre de la réalisation d'une filiation de projets durables. Nous considérons de ce fait l'intégration des préoccupations d'exploitation par les acteurs, comme une porte d'entrée pour analyser l'évolution de leurs méthodes de faire la ville durable par la pratique de projets. Sur le plan théorique, l'enjeu est de montrer l'intérêt de prendre en considération les objets techniques dans le cadre de l'analyse de l'apprentissage et de l'évolution des compétences des acteurs de la fabrique urbaine. Nous entendons ce faisant contribuer à montrer l'importance de la matérialité de ces objets (et des enjeux d'exploitation et d'usages qu'ils soulèvent pour la consolidation et la circulation des connaissances des acteurs).

Organisation de la thèse

La thèse est organisée en six chapitres. Le **premier chapitre** commence par présenter plusieurs dysfonctionnements et problématiques rencontrés pendant l'exploitation des projets durables. Nous faisons le constat de la pluralité des travaux existants sur la conception des projets durables, contrairement à l'intégration des enjeux d'exploitation dans ce processus. Nous nous situons dans la continuité de ces travaux en interrogeant l'intégration des préoccupations d'exploitation en phase conception. Le chapitre présente, par la suite, le cadre théorique de la recherche croisant des champs différents afin de cerner les évolutions au sein de la fabrique urbaine, suite à l'intégration des préoccupations d'exploitation des systèmes techniques. Enfin, le chapitre expose le protocole de la recherche mobilisé ainsi que l'émergence des enjeux d'exploitation au sein du promoteur Bouygues immobilier. En effet, les études de cas sélectionnées dans cette recherche s'inscrivent dans un continuum de projets ambitieux de plus d'une quinzaine d'années sur les questions énergétiques portées par cette entreprise et ses filiales.

Le second chapitre est consacré à l'analyse d'un premier moment clé d'émergence des enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques, au sein des projets de Bouygues Immobilier et ses filiales. Il s'agit de la phase concours du projet de quartier Nanterre Cœur Université lancé en 2013. Ce moment constitue les débuts de l'intégration balbutiante des enjeux d'exploitation, très en amont des projets. Il montre qu'au-delà des enjeux assurantiels, ces préoccupations d'exploitation sont intégrées par les opérateurs urbains pour des motivations de distinction par rapport aux concurrents et de positionnement de nouveaux services urbains. Enfin, le chapitre montre que si les enjeux d'exploitation sont mis en avant dans le projet, ils impactent peu les choix techniques à cette période, et encore moins l'activité de conception spatiale qui priorise souvent les aspects esthétiques des opérations.

Le **chapitre 3** s'intéresse à un second moment clé d'intégration des enjeux d'exploitation au sein des projets Bouygues Immobilier : c'est la phase de développement du projet Nanterre cœur Université. Le chapitre fait apparaitre, dans un premier temps, que la logique d'exploitation des objets de l'énergie peut entrer en conflit avec une logique de production urbaine. Dans un second temps, il montre que l'intégration des enjeux d'exploitation engendre divers débordements des cadrages énergétiques initiaux, et ceci notamment dans un contexte urbain dense soumis à de

fortes incertitudes. Divers éclairages de projets antérieurs viendront compléter progressivement l'analyse pour expliquer la sédimentation des enseignements, le partage d'expériences et l'évolution des manières de faire des acteurs (cadrage énergétique, contractualisation, commissioning).

Le **chapitre 4** analyse un troisième moment d'intégration des enjeux d'exploitation, qui est la création d'un opérateur de services urbains pour parvenir à la matérialisation de la prise en charge des enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques. La création de cet acteur par Bouygues Immobilier à travers sa filiale Embix (expérimenté à l'échelle du projet Sollys), est en même temps le fruit des nombreuses expérimentations et apprentissages des acteurs, et le moyen de capitalisation de ces derniers. En suivant de près la conception de Sollys, nous montrerons que là aussi, la prise en charge des enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques engendre un débordement des cadrages énergétiques initiaux. Cependant, si plusieurs dépassements ont été réalisés au sein du projet, plusieurs freins (contractuels, organisationnels) restent à lever pour intégrer pleinement les enjeux d'exploitation.

Le **chapitre 5** réalise une mise en perspective des études de cas analysées. Nous verrons dans un premier temps que les préoccupations d'exploitation sont prises en charge par divers acteurs urbains et ne sont pas seulement laissées aux exploitants. Ensuite, l'analyse montrera que l'intégration des enjeux d'exploitation requestionne les cadrages énergétiques des projets vers une baisse des objectifs fixés en amont pour maîtriser les risques et les incertitudes d'exploitation des systèmes sociotechniques. Nous verrons enfin que l'intégration de ces enjeux ne réinterroge pas l'organisation linéaire de la conception urbaine. En effet, si certains moments sont caractérisés par une intensité des échanges, la conception reprend toujours la séparation traditionnelle des tâches entre les acteurs.

Le **chapitre 6** revient sur la démarche d'expérimentation et d'apprentissage développée par le promoteur Bouygues Immobilier, ses filiales et ses partenaires en intervenant depuis plus d'une quinzaine d'années sur divers projets durables. L'objectif du chapitre est ainsi, d'aller au-delà du contenu des apprentissages présentés dans les chapitres empiriques, pour discuter des modalités, des leviers et des freins de la capitalisation des expériences des acteurs. Nous montrerons ainsi la structuration progressive d'un écosystème d'acteurs partageant des expériences et des valeurs communes concernant l'intégration des préoccupations d'exploitation des objets techniques dans les projets. Ces expériences contribuent à interroger l'activité de conception voire à la transformer. Plus généralement, le chapitre démontre que l'analyse de l'intégration des enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques est révélatrice de l'évolution du rôle et de l'organisation des acteurs de la fabrique urbaine avec des opérateurs urbains qui se positionnent de plus en plus sur l'exploitation des services urbains et des exploitants qui s'introduisent progressivement dans la fabrique urbaine.

Chapitre 1. Interroger la fabrique urbaine par les enjeux d'exploitation des artefacts énergétiques

Introduction

Le point de départ de ce chapitre est le constat de plusieurs dysfonctionnements pendant l'exploitation de divers projets urbains durables. Ces défaillances vont contribuer à mettre aujourd'hui les enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques au centre des préoccupations des acteurs urbains. À partir de plusieurs constats empiriques et en nous appuyant sur divers travaux académiques, nous montrerons l'importance d'interroger la conception des projets urbains au prisme de l'intégration des préoccupations d'exploitation des artefacts énergétiques. Pour bien appréhender cet objet scientifique de la recherche, nous nous appuierons sur trois ensembles de travaux. Dans un premier temps, nous mobiliserons les travaux sur la conception urbaine. Ces travaux vont nous permettre de caractériser la conception comme une activité collective, cognitive et productive, ainsi que de définir précisément ce que nous entendons par conceptions urbaine, énergétique et spatiale dans cette recherche. Dans un second temps, nous explorerons les travaux qui ont interrogé les effets de la prise en compte des questions énergétiques et environnementales dans l'activité de conception. Ces travaux ont notamment montré que l'avènement des enjeux énergétiques et de durabilité ont interrogé les savoirs et les savoir-faire des professionnels de l'urbanisme. Nous aborderons, ensuite, les travaux ayant traité de l'intégration des préoccupations d'exploitation urbaine dans la conception, des travaux que nous considérons également comme le prolongement de la prise en compte des enjeux de durabilité dans la fabrique des projets. Ces travaux sont disparates et peu nombreux contrairement au foisonnement de la littérature sur l'intégration des questions énergétiques dans la conception. De plus, ces recherches n'interrogent pas les effets de l'intégration des préoccupations d'exploitation sur la conception et c'est cet angle mort que souhaite explorer notre recherche. Enfin, au-delà du contenu de la conception, l'enjeu est d'interroger les effets de l'avènement des préoccupations d'exploitation sur l'organisation de cette dernière. Si l'avènement des questions énergétiques n'a pas engendré l'évolution vers une conception concourante des projets durables, qu'en est-il des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques? (1).

Après avoir défini et caractérisé notre objet scientifique, nous poserons les quatre hypothèses de cette recherche (2). Nous présenterons ensuite les outils théoriques mobilisés pour aborder le sujet de recherche. Nous mobiliserons, dans un premier temps, la sociologie de l'acteur réseau pour appréhender aussi bien les stratégies des acteurs et la matérialité des objets techniques analysés dans le cadre de la conception énergétique et spatiale des projets immobiliers et urbains durables. Dans un second temps, nous mobiliserons les travaux sur l'apprentissage des acteurs pour saisir la capitalisation des enseignements et des expériences des acteurs au fil de la réalisation de projets durables. Ces travaux nous ont aidés à proposer des schémas d'explications des processus d'apprentissage des acteurs. (3).

Enfin, la dernière section présentera la méthodologie suivie pour réaliser cette recherche. D'abord, nous expliquerons la démarche suivie pour la sélection des terrains d'études. Nous réaliserons notamment une brève présentation de ces derniers. Nous exposerons ensuite les sources mobilisées dans cette recherche. Enfin, nous présenterons la stratégie du promoteur Bouygues Immobilier pour l'intégration des questions énergétiques et plus récemment des enjeux d'exploitation au sein de ces projets. En effet, cette recherche s'appuie essentiellement sur l'analyse de projets portés par cet acteur ou ses filiales. Nous finirons par présenter brièvement les terrains de recherche retenus dans cette thèse (4).

1 Contexte et état de l'art

Cette première section présente l'état de l'art des travaux ayant abordé l'intégration des enjeux d'exploitation dans la conception. Nous présenterons premièrement le constat des retours négatifs réalisés dans les projets durables confrontés aux usages pour ensuite introduire notre question de recherche autour de l'intégration des enjeux d'exploitation dans la conception (1.1). Puis, nous mobiliserons trois ensembles de travaux pour construire notre objet de recherche. Nous mobiliserons les travaux sur la conception urbaine, qui vont nous permettre de caractériser cette activité comme une activité collective, cognitive et productive ainsi que de définir précisément ce que nous entendons par conceptions urbaine, énergétique et spatiale (1.2). Nous présenterons les travaux traitant de l'intégration des questions énergétiques dans la conception de projets durables. Ces travaux ont montré que l'avènement des énergétiques a interrogé les savoirs et les savoir-faire des professionnels de la production urbaine durable (1.3). Nous rendrons compte ensuite des travaux ayant abordé l'intégration des enjeux d'exploitation dans la conception. Ces travaux sont très disparates mais s'articulent essentiellement autour de trois sujets : l'intégration des habitants dans la conception; la réflexion en coût global des artefacts urbains et les contrats globaux, et l'évolution des acteurs et des métiers de la fabrique et de la gestion urbaine dans une logique d'intégration. Nous définirons conséquemment ce que nous entendons par « exploitation » et « préoccupations d'exploitations des systèmes énergétiques » dans cette recherche (1.4). Ces recherches n'interrogent cependant pas les effets de l'intégration des préoccupations d'exploitation sur la conception et c'est cet angle mort que souhaite explorer notre recherche. Enfin, au-delà du contenu de la conception, l'enjeu est d'interroger les effets de l'avènement de préoccupations d'exploitation sur l'organisation de cette dernière. Si l'avènement des questions énergétiques n'a pas engendré l'évolution vers une conception concourante des projets durables, qu'en -est-il des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques ? (1.5).

1.1 Des dysfonctionnements en exploitation à la prise en charge de ces enjeux en conception

1.1.1 Une pluralité de dysfonctionnements pendant l'exploitation des projets durables

En 2013, le journal Le Parisien traitait « [le Fort d'Issy] sans chauffage depuis un mois » et ceci juste après la livraison du projet. Une habitante témoigne alors : « Peu importe qui est le

responsable et quelle est la cause. Je veux juste que mes enfants ne dorment pas dans des pièces à 16 degrés… On m'a vendu du rêve, moi, quand je suis arrivée! Je paie cher quand même pour un appartement qui n'est pas à Paris et ni près du métro. »[6]. Les défaillances techniques des systèmes énergétiques ont été mises en avant dès la livraison des premiers écoquartiers, à l'exemple de BEDZED, un projet livré en 2002 à Londres. Les retours d'expériences sur le projet montrent que « Des problèmes techniques (élimination des cendres, condensation, accumulation de goudrons…) sont apparus, nécessitant de fréquents arrêts et interventions. Les contrôles hebdomadaires se sont transformés en surveillance à plein temps. Les coûts ont explosé. » (Bourdin, 2019, p.24)[7]. En effet, l'un des retours fréquents dans l'exploitation des projets durables concerne le dysfonctionnement des technologies intégrées en phase d'usage engendrant des coupures d'eau chaude sanitaire et de chauffage ou encore des factures d'énergie importantes pour les habitants. L'encadré 1.1 explique en détail le bilan de l'exploitation de l'îlot Hikari pendant les deux premières années d'usage.

Par ailleurs, les dysfonctionnements en exploitation des projets immobiliers et urbains durables ne concernent pas seulement les systèmes énergétiques (Renauld-Giard, 2012 ; Thébault, 2019 ; Tribout, 2017). V. Renauld-Giard (2012) montre dans un article « Les éco-techniques à l'épreuve des usages », que les techniques écologiques et environnementales posent régulièrement diverses problématiques en exploitation, que cela concerne les procédés de gestion des espaces verts, des espaces publics, des assiettes de parking, des systèmes de drainage des eaux pluviales, etc. S. Tribout (2018) montre, dans le cas de l'intégration des dispositifs de gestion des eaux pluviales dans les projets, que les dispositifs alternatifs sont très peu maitrisés par les concepteurs et les entreprises de réalisation et qu'ils sont également mal appropriés par les habitants. Il note, de surcroit, que les concepteurs interprètent les problèmes survenant en phase d'usage par un déficit de pédagogie et d'information des habitants ; constats qui pourraient expliquer certaines problématiques rencontrées.

Nous choisissons, dans cette recherche, de nous concentrer sur les enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques[8], en les considérant comme révélateurs de la montée de ces enjeux d'exploitation des artefacts écologiques et de l'importance accordée à la qualité des services urbains dans la production urbaine durable. Avant d'aller plus loin, précisons que nous désignons par « artefacts énergétiques » ou « systèmes énergétiques » l'ensemble des objets[9] matériels

[6] « Hauts-de-Seine, Issy-les-Moulineaux. Sans chauffage depuis un mois » Journal Le Parisien, 23/11/2013.

[7] Par conséquent, le projet n'a jamais atteint ses performances énergétiques (30% de la cible visée), la centrale de cogénération a même été arrêtée et remplacée par trois chaudières à gaz. En 2017, une nouvelle chaudière biomasse a toutefois été installée dans le projet.

[8] Nous faisons cette distinction pour deux raisons méthodologiques. Dans un premier temps, les enjeux d'exploitation ne sont pas toujours gérés par les mêmes acteurs. À titre d'exemple, un exploitant de réseaux de chaleur ou d'un parc de panneaux photovoltaïques ne va pas forcément s'occuper de la gestion des espaces verts. Dans un second temps, le budget d'investissement et de fonctionnement des systèmes énergétiques est distinct des autres artefacts urbains. En effet, il est très compliqué d'analyser l'intégration des enjeux de gestion de divers usages prévus dans les projets en voulant en même temps rentrer dans le détail des négociations et des arbitrages réalisés par les acteurs.

[9] Nous utilisons de manière indifférenciée le terme d'objet ou celui de dispositif.

sociotechniques qui sont réservés à la production, la distribution ou le stockage de l'énergie à une échelle locale. Ces dispositifs sont variés. Ils peuvent être : (1) des dispositifs de production d'EnR, comme les panneaux solaires photovoltaïques ou thermiques, les micro-éoliennes, les pompes à chaleur, les capteurs/sondes géothermiques, les centrales de cogénération, les chaufferies biomasse ; (2) des dispositifs de stockage, par exemple les batteries pour l'électricité, les cuves de stockage d'huile pour la cogénération, les locaux de stockage de la biomasse, les ballons d'eau chaude ; (3) des dispositifs de distribution à l'échelle du quartier : les réseaux de chaleur et de froid, et les micro-réseaux électriques[10]. Ils peuvent occuper différents espaces selon leurs fonctions : en façade des bâtiments, sur les toits, en sous-sol, au rez-de-chaussée d'immeubles, etc. Les espaces accueillant ces dispositifs sont considérés comme locaux techniques, locaux frigorifiques, sous-stations, etc. (Beddiar, Amjahdi et Lemale, 2015 ; Debizet et Schneuwly, 2015). Nous faisons le choix, dans cette définition, de ne pas intégrer d'autres artefacts architecturaux ou techniques comme les brise-soleils, les volets automatisés, etc. Ces objets n'étant pas réalisés et gérés par les acteurs de l'énergie. À titre d'exemple, un exploitant de réseaux de chaleur ou d'un parc de panneaux photovoltaïques ne va pas forcément s'occuper de la gestion des ouvrants automatiques des bâtiments[11]. De plus, le budget d'investissement et de gestion des systèmes (non énergétiques) n'est souvent pas intégré dans les calculs des bilans des investissements énergétiques.

Encadré 1. 1. Retour d'expérience sur l'exploitation énergétique du projet Hikari

Un monitoring énergétique de deux ans a été réalisé par le BET Manaslu de 2016 à 2018, pour comprendre le comportement énergétique de l'îlot Hikari, un projet immobilier Hikari à énergie positive composé de 3 bâtiments mixtes de logements, bureaux et commerces après sa livraison (Guyot, Corgier et Mollard, 2018). Nous présenterons ici les retours d'expérience les plus importants concernant l'exploitation du projet.

L'étude montre ainsi que les niveaux des consommations énergétiques des logements sont supérieurs aux objectifs fixés lors du concours, avec un écart mesuré de 20%. La raison principale de cette hausse des consommations d'après l'étude est le changement du système de domotique et sa non maitrise par les occupants. Par ailleurs, une enquête de satisfaction auprès des habitants a été réalisée en 2015-16. Elle a montré que les habitants sont en majorité satisfaits du confort (thermique, phonique, etc.) dans leurs logements. Les différentes plaintes qui ont émergé concernent leurs factures énergétiques considérées comme très importantes. Concernant les bureaux, l'étude montre que les enveloppes des bureaux sont performantes pour tous les bâtiments. Les écarts de consommation mesurés dans le projet par rapport à la conception sont dus à plusieurs facteurs : la température de confort utilisée est supérieure aux hypothèses de conception (23° au lieu de 21°) ; la densité d'occupation des plateaux bureaux est supérieure à ce qui a été prévu en conception et les travaux réalisés par les preneurs des bureaux ayant

[10] Cette liste n'est bien entendue pas exhaustive.
[11] La gestion peut être commune dans le cas des *facility manager* qui s'occupent de la gestion de divers services dans l'immobilier d'entreprise.

endommagés certains capteurs. Les consommations énergétiques des commerces quant à elles dépassent très largement les prévisions de conception, ce qui revient essentiellement à des défaillances des équipements de froid[12].

Mais la question qui a posé le plus de problèmes dans le projet est les dysfonctionnements de la cogénération à l'huile de colza. Les hypothèses de conception prévoyaient une cogénération fonctionnant à 90% et une chaudière à gaz d'appoint pour couvrir les 10% restants. Toutefois, après la livraison du bâtiment, la chaleur a été produite majoritairement par la chaudière à gaz (76%) et c'est la cogénération qui a servi d'appoint. La cogénération a même été arrêtée un certain temps par décision de l'exploitant. Toutefois, elle est aujourd'hui fonctionnelle d'après notre enquête. L'huile de colza n'a pas fait objet d'évaluation pour voir s'il y avait des effets sur les rendements très variables de la cogénération, ce qui pourrait être une piste explicative de ces dysfonctionnements d'après un ingénieur chez Manaslu. Concernant le fonctionnement des modules PV, que ce soit en façade ou en toiture, ils ont connu plusieurs dysfonctionnements de certains modules, ce qui a perturbé la production d'électricité. Plusieurs réparations ont donc été réalisées sur ces équipements techniques, ce qui a notamment gonflé le budget d'exploitation du projet.

Au-delà des dysfonctionnements constatés sur le terrain, il y a eu très peu de suivi et d'évaluation des projets urbains durables (About, Doussard et Holden, 2019), mis à part les quelques études sur les usages énergétiques des bâtiments d'immobiliers d'entreprise (Carassus, 2011 ; Illouz & Catarina, 2009). Ces dernières ont montré que les consommations énergétiques mesurées dans les bâtiments basse consommation sont souvent supérieures aux estimations calculées lors de la conception[13]. Toutefois, quelques études récentes se sont intéressées aux comportements énergétiques des projets immobiliers et urbains pendant la phase d'exploitation. Nous allons nous appuyer particulièrement, dans cette recherche, sur 5 études pour présenter quand cela est opportun, les apprentissages et les enseignements tirés par les acteurs sur ces expériences.

- Une étude a été réalisée en 2018 par l'ADEME, Embix et Fidal intitulée « Retours d'expériences sur les îlots & quartiers à énergie positive. Analyse critique d'expérimentations intégrant les Energies Renouvelables et de Récupération à une échelle élargie (îlots / quartiers) » (Morlot et al., 2018). Cette étude présente un retour intéressant à partir d'une quinzaine de projets urbains analysés.

[12] . Ceci est dû essentiellement à une anomalie détectée dans les systèmes techniques. En effet, à chaque fois que le système de froid des commerces se met en marche en été, le système de chaud se déclenche automatiquement, ce qui incite par conséquent à augmenter la demande de froid pour aboutir à une situation de confort. Cette anomalie a augmenté par conséquent considérablement les consommations des commerces et a incité certains commerçants à installer un groupe froid pour répondre à la nécessité de climatiser en été.

[13] En effet, beaucoup de travaux ont mis en avant les écarts entre les objectifs théoriques et les consommations énergétiques mesurées (Molina, Musy et Lefranc, 2018).

- Le projet Européen CoRDEES[14], porté par la ville de Paris, l'aménageur P&MA, l'école des Mines, Une autre ville et Embix (Berthou et al., 2019). Le projet a porté sur le suivi de la performance réelle des bâtiments de la zone Ouest du projet Clichy-Batignolles intégrant plusieurs lots.
- Le monitoring énergétique de deux ans réalisé par le BET Manaslu de 2016 à 2018, pour comprendre le comportement énergétique de l'îlot Hikari après sa livraison (Guyot, Corgier et Mollard, 2018) [15].
- Un projet appelé POLETE[16] porté par Idéas Laboratory (pour le compte de Bouygues), Faurecia et le CEA qui a exploré la création de nouveaux cas d'usage à la convergence des trois thèmes « Bâtiment – Mobilité – Energie » (Bourdin, 2019). L'étude s'est entre autre appuyée sur l'analyse de la performance énergétique de 5 projets durables.
- Une étude du CEREMA (2018)[17] qui a porté sur l'analyse de l'atteinte des objectifs environnementaux de 39 projets labélisés écoquartiers entre 2013 et 2015. Une étude quantitative sur 5 réseaux de chaleur, au sein de quartiers durables, a également été réalisée (Berry, 2017).

L'étude de l'ADEME, Embix et Fidal, qui s'est basée sur une quinzaine de projets durables français (dont Clichy-Batignolles, Hikari et le Fort d'Issy) et sur cinq projets européens (Morlot et al., 2018), montre qu'en conséquence des défaillances citées plus haut, les projets démonstrateurs n'atteignent souvent pas leurs engagements énergétiques. Dans le cas des usages de chauffage et d'eau chaude sanitaire, l'étude montre des écarts de l'ordre de deux à cinq fois plus importants que les objectifs énergétiques annuels fixés par ces projets. La figure 1.1 ci-dessous présente en bleu les consommations réelles mesurées et en orange les objectifs définis en amont des opérations.

[14] CoRDEES, acronyme de Co-Responsibility inDistrict Energy Efficiency and Sustainability. Le projet est lauréat de l'appel à projet « Actions urbaines innovantes » en 2016 et co-financé par l'Union européenne (FEDER) à hauteur de 80%.

[15] Nous avons eu accès à cette étude, qui n'est pas publique, dans le cadre de notre thèse en partenariat avec Bouygues Immobilier.

[16] Projet d'Organisation Locale et Environnementale de la Transition Énergétique.

[17] Voir la page « Rapport du Cerema : Les réseaux de chaleur dans les écoquartiers » du site du Cerema, https://www.cerema.fr/fr/actualites/rapport-du-cerema-reseaux-chaleur-ecoquartiers, (consultée le 06/10/21).

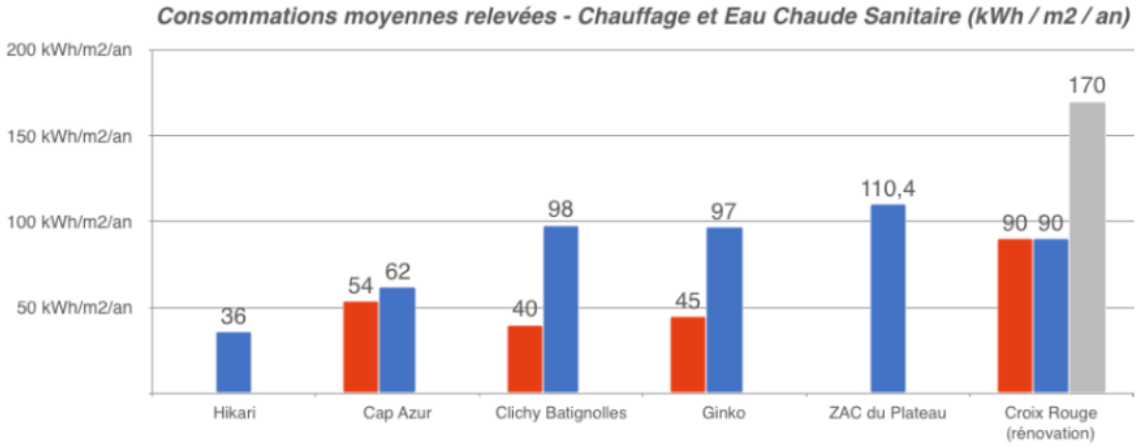

Figure 1. 1. Comparaison des consommations de chauffage et d'ECS (kWh/m2/an) aux objectifs visés. Sources: (Morlot et al., 2018).

Dans le cas de Clichy-Batignolles (secteur Ouest) par exemple, le taux d'EnR mesuré en exploitation est de 65% contre un objectif initial de 85%[18]. Cette étude montre, ce faisant, que la non atteinte des objectifs énergétiques ne revient pas seulement aux comportements des usagers mais s'explique également par divers facteurs très concrets comme « la qualité des prescriptions des cahiers des charges pour la réalisation des raccordements en sous-station ; la mise en service des installations (paramétrage initial) ; l'exploitation des réseaux secondaires (température de retour) » (Morlot et al., 2018, p.35). L'atteinte des ambitions énergétiques des projets dépend donc également des conditions de conception, de réalisation et d'exploitation des objets techniques.

Toutefois, même si Clichy-Batignolles n'a pas atteint ses objectifs énergétiques, ses consommations énergétiques restent beaucoup plus faibles comparées à d'autres quartiers français (voir figure 1.3). En effet, la plupart des études (Berthou et al., 2019 ; Driancourt, Berthou et Stabat, 2019 ; Morlot et al., 2018) montrent que les consommations des quartiers durables sont systématiquement inférieures aux moyennes nationales (parfois de peu). Les objectifs visés dans ces projets sont notamment considérés comme très ambitieux par les acteurs. Un ingénieur chez Embix nous explique par exemple que fixer un objectif de consommation d'énergie pour l'eau chaude sanitaire de 20 kWh est considéré comme très contraignant par rapport à la réalité et à la nécessité de certains usages comme ceux d'ECS : « Par rapport aux usages d'ECS, c'est quelque chose d'incompressible, les gens prennent une douche par jour, on s'est demandé si viser 20 ce n'est pas un peu utopique. Faire moins de 25 ça semble compliqué, à part si les gens se mettent à prendre des douches plus courtes et s'ils ont moins d'ECS pour la vaisselle. Il faut aussi se poser la question de la faisabilité de l'objectif » (Ingénieur B, Embix, 27/02/20).

[18] La production d'électricité dans le projet est cependant conforme aux objectifs fixés.

CONSOMMATION ANNUELLE DE CHALEUR EN kWh/m²/an	CLICHY-BATIGNOLLES[2]		MOYENNE FRANCE
	Objectifs de l'éco-quartier	Médiane sur 13 à 17 bâtiments en 2018	Logements connectés à un réseau de chaleur en 2015 (source : CEREN)
Chauffage	15	**49**	**194**
Eau chaude sanitaire	20	34	53

Figure 1. 2. Objectifs énergétiques et consommations réelles de chauffage & d'ECS du projet Clichy-Batignolles. Source : (Berthou et al., 2019, p. 17).

En plus de la non atteinte des objectifs énergétiques, les projets durables présentent également d'importantes factures énergétiques pendant leur exploitation[19]. Une étude du CEREMA, sur cinq réseaux de chaleur intégrés au sein de quartiers durables, montre que le montant des factures énergétiques des usagers dans les réseaux de chaleur au sein d'écoquartiers est souvent plus important qu'au sein de réseaux de chaleur territoriaux car l'amortissement des investissements des infrastructures dans les projets d'écoquartiers se fait sur un nombre plus réduit d'abonnés (Berry, 2017). Le coût des énergies utilisées dans les réseaux de chaleur irait de 43,50€/MWh à 108,76€/MWh selon le type d'artefacts énergétiques mobilisés et le nombre d'abonnés, sachant que le prix moyen de l'énergie dans les réseaux de chaleur en France est de 68,3 €/MWh[20](Berry, 2017, p.29)[21]. Les factures énergétiques, souvent élevées dans ces projets, sont par conséquent incomprises par les habitants car elles ne sont pas corrélées à leurs consommations.

Ces constats empiriques montrent que des défaillances en phase d'exploitation des projets durables engendrent plusieurs conséquences comme les coupures d'énergie (chaleur ou ECS), des factures énergétiques importantes et une non atteinte des objets énergétiques et de durabilité. L'intégration d'une pluralité d'objets techniques, dans les projets durables, soulève par conséquent des enjeux sociotechniques, économiques et écologiques. Ces différentes préoccupations autour de l'exploitation des projets amènent ainsi à s'interroger sur le processus de conception et la réalisation des projets, les choix de conception ayant un impact sur les conditions d'exploitation des projets (Grudet, Macaire et Roudil, 2017b). Toutefois avant de s'intéresser à la conception,

[19] D'après l'étude sur le retour d'expérience sur les quartiers à énergie positive réalisée par l'ADEME en partenariat avec Embix & FIDAL : « L'exemple d'Hikari à Lyon illustre ces difficultés en exploitation. En effet, de nombreux dysfonctionnements liés à la production locale (unité de cogénération notamment) ont entrainé une dérive des coûts de maintenance, répercutée dans les charges des copropriétaires. Dans le cadre d'un investissement promoteur avec rétrocession à la copropriété, l'enjeu de maîtrise des coûts d'exploitation est crucial pour ne pas pénaliser les usagers à l'achat (investissement foncier) puis au niveau des charges de copropriété » (Morlot et al., 2018).

[20] L'étude du CEREMA se réfère à une étude d'AMORCE en 2015.

[21] Il est toutefois important de préciser que le calcul du prix moyen de la chaleur ne reflète pas exactement la facture finale de l'usager. En effet, se rajoute à ce prix, les charges liées au réseau secondaire. En effet, les réseaux de chaleur sont composés d'un réseau principal qui distribue l'énergie de la centrale de production jusqu'aux sous-stations en pied d'immeuble et d'un réseau secondaire qui distribue par la suite l'énergie des sous-stations à l'intérieur des bâtiments. De surcroit, le prix moyen de vente de la chaleur est sensible à la rigueur climatique, donc plus il fait froid, plus la consommation d'énergie augmente, ce qui engendre une répercussion sur la part variable de la facture.

revenons rapidement sur l'émergence et la montée des enjeux d'exploitation dans la fabrique urbaine durable. En effet, la montée des enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques et des éco-techniques s'inscrit dans un contexte de montée aujourd'hui de enjeux de gestion et d'exploitation dans la ville.

1.1.2 Les questions de la gestion et de l'exploitation ne sont pas nouvelles

La question de l'exploitation des espaces et des artefacts urbains construits a été abondamment abordée dans la littérature notamment sous le terme « gestion »[22]. Les enjeux de gestion urbaine ont été étudiés en France dans les années 80 dans les quartiers de politiques de la ville et des projets de rénovation des grands ensembles (Collet, 2017). Cette démarche, appelée aussi gestion urbaine de proximité, fixait comme objectif d'améliorer la qualité et l'efficacité des services fournis aux habitants que ce soit en termes de propreté, de pérennité des services ou encore de fonctionnalité des aménagements. Ces travaux ont montré l'importance de l'intégration des enjeux d'usage et d'exploitation des espaces dans les projets de rénovations urbaines (Bonetti, 1995). Ils débouchent sur diverses propositions comme l'intégration des habitants à la réflexion (Collet et Koukoui, 2018), la mise en place de dispositifs d'évaluations en continu pour mesurer l'impact de certains choix de conception sur l'exploitation des espaces (Bonetti et Collet, 2011) ou encore un travail de conseil auprès des collectifs de conception pour intégrer les enjeux d'exploitation des espaces (Bonetti, 1995). D'autre part, certains travaux parlent notamment d'urbanisme de gestion où la gestion renvoie alors à une logique d'optimisation et de durabilité des investissements (Arab et al., 2020). Ces démarches peuvent concerner des projets de requalification urbaine, d'aménagement des espaces publics (Fleury et Wuest, 2016), etc., et l'enjeu est d'améliorer le fonctionnement des espaces et des flux sans interventions lourdes.

En outre, plusieurs travaux se sont également intéressés à la gestion des infrastructures de transport (Bonnafous, 2002), des services urbains (Jaglin, 1998) et notamment des infrastructures de l'eau (Bouleau, 2011 ; Chocat, 2008 ; Narcy, 2004). J-B. Narcy (2004) explique par exemple comment les gestionnaires de l'eau ne se contentent pas seulement de gérer les flux d'eau et les pollutions dans les tuyaux mais se positionnent également dans des stratégies d'orientation des usages. Dans la mise en œuvre de projets de gestion « spatiale » de l'eau, la vision de ces acteurs se trouve cependant confrontée à d'autres visions de la gestion des services publics comme l'urbanisme, la gestion des espaces naturels et la politique agricole. Notons toutefois que si la gestion et l'exploitation ont été abordées, elles ont été essentiellement traitées comme un analyseur d'autres enjeux de gouvernance et de jeu d'acteurs, de relation public/privé, de rentabilité des investissements, etc., plutôt qu'un sujet de recherche en soit (Arab et al., 2020).

Face à la montée des préoccupations d'exploitation aujourd'hui, ces enjeux sont de plus en plus traités dans la littérature académique. Un groupe de travaux sous le nom de *maintenance and repair studies* est en train de se constituer depuis quelques années autour des enjeux d'exploitation des

[22] Nous expliquerons dans la partie 1.5 pourquoi nous avons préféré dans cette recherche le terme d'exploitation à celui de gestion.

infrastructures par exemple. Ces travaux centrent ainsi leurs analyses sur les logiques de l'exploitation ordinaire, de l'entretien et de la maintenance des infrastructures urbaines[23] (Denis et Pontille, 2019 ; Graham et Thrift, 2007 ; Henke, 2000). Un appel à articles a par exemple été lancé par la revue Flux en avril 2021 à ce sujet autour de la question : « Comment les infrastructures tiennent ? Maintenance, entretien, exploitation, gestion patrimoniale »[24]. Au-delà des systèmes énergétiques, les sujets d'exploitation se posent également pour les infrastructures de transport. Un webinaire a été organisé en mai 2021 par des chercheurs des labos DEST (Université Gustave Eiffel), ThéMA (l'université de Bourgogne Franche-Comté) et LAET (Université Lyon 2), sur les thématiques de la « Réparation et Maintenance des objets de la mobilité »[25]. La gestion urbaine des sites et des infrastructures fait donc l'objet d'une attention grandissante.

La montée des enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques s'inscrit donc dans cette montée des enjeux d'exploitation et de gestion de la ville durable. Une partie des explications des problèmes d'exploitation et de fonctionnement des SE dans le monde professionnel et académique renvoient à la place de l'exploitation dans la conception, ce qui est l'objet de la prochaine partie.

1.1.3 La prise en charge des enjeux d'exploitation en phase conception

Les enjeux de gestion et d'exploitation interrogent fortement les activités de conception (Arab et al., 2020 ; Grudet, Macaire et Roudil, 2017b). En effet, si l'exploitation participe à la qualité des espaces en augmentant parfois même la valeur symbolique et économique de ces derniers, de la même manière les conceptions urbaine, architecturale et technique ont un impact sur les pratiques d'exploitation (Collet, 2017). Cependant, s'il est bien connu que la conception a un impact sur l'exploitation des projets, la première pouvant aider ou complexifier la seconde, la faible prise en compte des sujets d'usages et d'exploitation dans le processus de conception des projets a été soulevée par plusieurs praticiens et chercheurs (Collet, 2017 ; Fenker, 2017 ; Tribout, 2017).

Plusieurs facteurs explicatifs sont avancés dans la littérature. Dans un premier temps, il y a une survalorisation de la conception, avec un primat d'une approche formelle dans l'architecture qui dévalorise les enjeux de l'exploitation des artefacts réalisés. L'intégration de l'exploitation peut même être parfois perçue comme bridant la conception. Dans un second temps, il demeure une scission entre une logique économique de fonctionnement et d'investissement qui accentue le clivage culturel entre les métiers de la conception et de l'exploitation. Par ailleurs, il existe une sous-considération des métiers de l'exploitation estimés comme peu qualifiés et à faible valeur ajoutée, car les actions réalisées sont perçues comme répétitives et faciles à exécuter (Collet, 2017).

[23] J.Denis et D.Florentin, « Comment les infrastructures tiennent. Maintenance, entretien, exploitation, gestion patrimoniale ». Appel à articles Revue Flux, 2021.
[24] Organisé par J.Denis et D.Florentin. Ils reprochent notamment aux *Sciences and technology studies* de s'intéresser beaucoup à ceux qui traduisent et non à ceux qui sont traduits (Denis et Pontille, 2019, p.1).
[25] Webinaire organisé le 28/05/21. Les intervenants sont M-A.de Chatillon, LAET, ENTPE, "Mécanique cycle : maintenance des vélos et responsabilité des cyclistes en milieu urbain" ; J.Denis et D.Pontille, CSI, Ecole des Mines Paris Tech, "Le soin des infrastructures : politiques de la maintenance".

Enfin, certains auteurs expliquent que la faible prise en charge des préoccupations d'exploitation s'explique par la faible intégration des habitants dans la conception des projets, des acteurs qui sont pourtant les destinataires des objets conçus[26](Biau, Fenker et Macaire, 2013 ; Grudet, 2016 ; Zetlaoui-Leger, 2013 ; Zetlaoui-Leger, Fenker et Gardesse, 2015). Ces recherches ont notamment pointé le désintérêt des concepteurs face à l'intégration des habitants (Adam, 2016 ; Haller, 2018 ; Leonet, 2018). En effet, plusieurs travaux expliquent que si les architectes et les ingénieurs se préoccupent des usages et de la réception des artefacts urbains réalisés, ils n'évoquent pas l'idée d'impliquer les habitants dans la conception énergétique (Camus et al., 2010 ; Renauld, 2012). D'après I. Grudet (2016) « L'enjeu de l'implication des habitants se révèle principalement d'ordre écotechnique : il s'agit de mieux informer pour induire des conduites adaptées à des usages et modes de vie vertueux tels que définis par des experts » (p. 315).

Afin de répondre à ces enjeux, les acteurs professionnels « capitalisent les expériences qu'ils ont acquises dans la gestion des espaces bâtis et aménagés pour anticiper des solutions plus adaptées aux situations dès la conception » (Arab et al., 2020). Certains professionnels expliquent par exemple l'importance d'un raisonnement en coût global dans la conception des systèmes énergétiques en prenant en considération dès l'amont des projets le coût d'investissements et d'exploitation des objets conçus. Dans le cas des systèmes énergétiques, cela implique par exemple de raisonner en termes de facture énergétique des usagers et non seulement en termes d'investissement dans les objets techniques. D'après notre enquête empirique sur plusieurs projets durables, l'intégration des préoccupations d'exploitation peut même amener certaines maîtrises d'ouvrage à plafonner les factures énergétiques des habitants pour inciter les concepteurs à raisonner en termes d'exploitation des artefacts techniques et urbains conçus.

D'autres démarches ont porté sur l'intégration d'exploitants de réseaux classiques (Dalkia, Engie Cofely, ...) en phase conception. L'intervention de ces acteurs en amont est ainsi supposée enrichir le travail des acteurs de la fabrique urbaine. De plus, le fait d'intervenir sur les différentes phases des projets permet de dépasser la fragmentation prégnante dans le monde du bâtiment et de prioriser les préoccupations d'exploitation en amont. Nous avons même observé la création de nouveaux acteurs exclusivement chargés de la prise en charge des préoccupations d'exploitation des objets de l'énergie sur toutes les phases des projets (conception, réalisation, exploitation). Nous pouvons citer l'exemple du démonstrateur industriel pour la ville durable (DIVD) Eurêka Confluence, qui a été l'occasion pour ses porteurs (la SPL Lyon confluence, Bouygues Immobilier et Linkcity), de créer un nouvel acteur ensemblier appelé opérateur de services urbains (OSU) à l'échelle du quartier pour gérer les systèmes énergétiques sur toutes les étapes du projet.

Aujourd'hui, on parle également de performance énergétique globale et de garantie de résultats pour s'assurer que les objectifs énergétiques visés sont bien réalisés en exploitation. C'est dans cette perspective que les marchés globaux, appelés également Contrats de Performance

[26] L'urbanisme participatif a émergé dans les années 1960 en Amérique du nord et en Europe, portant initialement une dimension contestataire.

Énergétique CPE, ont été initiés dans les marchés publics depuis 2015, afin de répondre aux impératifs de performance énergétique et économique des projets. Ils peuvent associer des contrats de réalisation, exploitation, maintenance (REM) ou de conception, réalisation, exploitation, maintenance (CREM) (Biau, 2020). L'enjeu est d'améliorer la performance énergétique des projets après travaux mais également de porter une garantie de résultats. L'exploitant énergétique s'engage même à indemniser le maître d'ouvrage en cas d'écart entre la performance contractuellement fixée et la performance effectivement constatée.

La prise en charge des préoccupations d'exploitation concerne également la conception spatiale. Dans le cadre de projets de rénovation par exemple, A. Collet et M. Bonettei ont identifié plusieurs principes de conception pour faciliter l'exploitation des espaces comme la cohérence des espaces conçus entre leur vocation et usage ou encore la conception d'aménagement ergonomique des espaces du point de vue de leur entretien. Concernant ce dernier point, les auteurs expliquent par exemple l'importance de prendre en compte l'accessibilité des espaces dans les prestations d'exploitation (accès de véhicules, nettoyage, arrosage, etc.), la nécessité de l'adaptation des organisations spatiales à l'activité des gestionnaires et mainteneurs, et enfin la réalisation de règles d'usages claires et en adéquation avec les pratiques. En matière d'artefacts énergétiques, certains problèmes de réalisation des objets de l'énergie s'expliquent par exemple par des problématiques de conception, et plus précisément d'intégration de ces objets par les architectes dans la spatialité des projets. Nous pouvons citer par exemple, l'intégration de panneaux solaires sur diverses formes de toitures des bâtiments, ou des sujets de dimensionnement des locaux techniques qui font souvent débat au sein des projets entre les architectes et les ingénieurs. Plusieurs retours empiriques relèvent ainsi l'importance de l'acculturation des architectes à ces enjeux et ceci notamment à travers la coordination entre les spécialistes des questions énergétiques et spatiales.

Au-delà de ces retours empiriques, l'intégration des préoccupations de gestion et d'exploitation est de plus en plus saisie par la littérature académique. Le cahier Ramau 8 intitulé « concevoir la ville : Un enjeu de gestion » a été consacré entièrement à l'intégration des enjeux de gestion et d'exploitation dans la conception de la ville durable (Grudet, Macaire et Roudil, 2017a). Ce cahier aborde ainsi l'intégration des enjeux d'exploitation pendant la conception des espaces (Collet, 2017 ; Tribout, 2017), l'évolution des entreprises de services urbains pour intégrer l'aménagement (Souami, 2017), la place de la concertation dans l'intégration des enjeux de gestion et d'exploitation (Campagnac, 2017) ou encore l'espace comme enjeux de gestion. Ce cahier constitue ce faisant un ouvrage de référence pour cette recherche. Par ailleurs, L. Morriet s'est appliquée à l'analyse de l'intégration des logiques d'action des acteurs et entre autres des enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques dans la phase de pré-étude des projets. Elle propose un outil d'aide à la conception appelé métamodeleur « d'optimisation open source basé sur un langage orienté objet, avec une interface graphique et des notebooks comme des outils d'aide supports de négociation » (Morriet, 2021, p. 12). Enfin, des travaux récents montrent que l'avènement des enjeux environnementaux, et par extension les préoccupations d'exploitation des espaces conçus,

bousculent également le système d'acteurs de la production urbaine (Arab et al., 2020). En effet, plusieurs acteurs de l'amont se positionnent aujourd'hui sur l'exploitation à l'exemple de certains promoteurs qui proposent également des services d'exploitation (gestion de l'énergie, gestion des places de parking, services de domotique, etc.), dans certains cas à travers leurs filiales de *facility managers* (Baraud-Serfaty et Rio, 2016 ; Peynichou, 2020). De l'autre côté, plusieurs exploitants se positionnent de plus en plus en amont de la production urbaine pour porter les enjeux d'exploitation, que ce soit des exploitants classiques ou de nouveaux entrants observés notamment dans le cas des concours Réinventer Paris ? (Rio, Josso et Gréco, 2019).

Les indices relevés dans le milieux de la fabrique urbaine (dont une partie à été donnée dans les premières lignes de cette intro) ainsi les indices relevés par de nombreux travaux scientifiques tendent à confirmer la montée de ces préoccupations d'exploitation. Nous constatons également qu'une partie des explications des problèmes d'exploitation ou des problèmes de fonctionnement sont renvoyés à la place de l'exploitation dans la conception. Les explications tendent à affirmer une séparation entre les deux. L'importance accordée aujourd'hui aux enjeux environnementaux, à la performance et à la qualité des espaces et services mis en place positionne donc la conception face à un certain nombre de défis. Au vu des questionnements que nous venons de soulever, notre problématique de recherche est donc : **Dans quelle mesure l'intégration des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques, en amont des projets, impacte le processus de conception des projets immobiliers et urbains durables ?**

Pour bien appréhender notre objet scientifique de recherche, nous allons nous appuyer sur trois ensembles de travaux abordant respectivement la conception urbaine, l'intégration des questions énergétiques dans la conception et enfin l'intégration des enjeux d'exploitation dans la conception. La section suivante commence par aborder les travaux sur la conception.

1.2 La conception comme une activité collective, cognitive et productive

Pour aborder notre objet de recherche, qui porte sur l'intégration des enjeux d'exploitation en phase de conception, il est d'abord nécessaire de définir l'activité de conception. En nous appuyant sur divers travaux, nous allons considérer cette activité dans ses trois dimensions : cognitive, collective et productive. Les travaux sur la conception urbaine ont montré l'importance de la dimension collective de cette activité en la désignant comme un processus dynamique de négociation, d'ajustement, de coopération et d'apprentissage entre divers acteurs (Arab, 2018 ; Arab et Bourdin, 2017 ; Debizet et Godier, 2015a) (1.2.1). Après une définition large de la conception urbaine, nous définirons précisément ce que nous entendons par les conceptions énergétique et spatiale, des activités qui sont directement concernées par l'intégration des enjeux d'exploitation des artefacts énergétiques (1.2.2). Nous verrons enfin qu'il existe divers outils cognitifs et organisationnels d'analyse de la conception (1.2.3).

1.2.1 La conception comme une activité collective, cognitive et productive

Les premiers travaux sur la conception reviennent à Herbert Simon qui définit cette action comme l'activité cognitive de résolution des problèmes (Simon, 1974). Depuis, d'autres chercheurs ont encore affiné cette définition, précisant que la conception ne se réduit pas à une résolution de problèmes de manière interne mais que le problème se construit en même temps que la solution (Schön, 1992). Ces travaux avaient comme objectif de saisir comment travaillent les concepteurs dans différentes situations et quelles sont les références mobilisées à cet effet. Ils ont démontré que la conception suit des rationalités limitées et se réalise suivant différentes itérations. Elle ne se résume de ce fait pas seulement au couple problème/solution (Hatchuel et Weil, 2008 ; Schön, 1984). En effet, les analyses de la conception montrent que le problème « résolu » au final n'est pas une donnée d'entrée de cette activité, mais une construction itérative de ce dernier au cours de l'action, qui aboutit en même temps que la définition d'une solution. Cette réflexion fait « émerger un nouveau paradigme, dit de la *reflection-in-action* (Dorst et Dijkhuis, 1995), la nature cognitive de l'activité de conception n'est pas la résolution d'un problème par traitement d'information sur ce problème, mais la construction itérative, au cours de l'action, d'un monde conceptuel (une vision du monde, du produit de la conception, des relations entre eux) qui n'aboutira qu'in fine – en cas de réussite – à la définition d'un problème, de solutions et de critères d'évaluation de ces solutions » (Blanchard, 2018, p. 64).

Dans l'aménagement, la conception a longtemps été considérée du domaine des architectes et de leur côté les paysagistes et les ingénieurs. La littérature abondante présente la conception spatiale comme le principal atout du concepteur (Alexander, 2002 ; Talen et Ellis, 2002). D'après Hatchuel et Weil, l'activité de conception se reconnaît par la notion d'expansion « À quoi reconnaît-on une situation de conception ? Quelle est la notion qui nous est à la fois familière et énigmatique ? C'est la notion d'expansion. Elle exprime le talent de l'architecte, la découverte et l'invention chez l'ingénieur, l'originalité de l'artiste » (Hatchuel et Weil, 2008, p.120). Cette activité est souvent prescriptive (comment créer une forme urbaine idéale, des villes agréables ? etc.). N. Arab (2001) explique ainsi qu'« On est là dans un espace de savoirs structurés autour des morphologies urbaines, des conventions architecturales et de l'ingénierie technique. » (p.58). À l'échelle urbaine, les recherches sur la conception urbaine sont moins nombreuses (Arab et Bourdin, 2017). Les travaux et les savoirs relevaient essentiellement du *planning,* qui traitait des thématiques de l'analyse de l'action urbaine, de la gouvernance, etc.[27] En France, une grande importance a été accordée aux travaux sur les projets urbains. Les travaux de N. Arab ont joué une grande importance pour la théorisation de l'activité de projet urbain et la caractérisation de cette activité (Arab, 2001, 2004, 2018)[28]. L'auteure définie ainsi la conception urbaine comme « toutes les activités qui entrent dans la définition des choix de transformation de l'espace et celle du processus de production » (Arab, 2004, p.90). Cette définition a ainsi pour principal objectif de rompre avec le prisme habituel

[27] Ceci contraste ainsi avec le foisonnement des travaux sur l'*Urban Design* dans les pays anglo-saxons. En effet, en France, une grande importance a notamment été accordée aux travaux sur les projets urbains.
[28] Un numéro entier a été consacré à la conception urbaine comme objet de recherche par la revue internationale d'urbanisme RIURBA en 2017.

d'analyse de la conception, centré sur l'étude des dimensions techniques, architecturales et urbanistiques des projets ou sur l'analyse de certains acteurs comme les ingénieurs ou les architectes. D'autre part, il faut également noter qu'il s'est stabilisé aujourd'hui l'idée que l'activité de conception se prolonge jusqu'aux activités de programmation, de montage d'opérations et même aux phases de chantier (Blanchard & Miot, 2017).

La conception est également une activité fondamentalement collective. Cette nature collective amène à s'interroger sur les dynamiques de coordination et d'apprentissage entre les différents acteurs, qui ont souvent des intérêts divergents, voire contradictoires. Elle amène également à réaliser des rapprochements avec l'analyse des organisations. En effet, une organisation est définie comme un groupement d'individus et de moyens pour atteindre des objectifs et/ou des intérêts communs (Olson, 1978), ce qui correspond ainsi aux caractéristiques de la conception. Et bien entendu, avoir un objectif commun n'empêche pas la présence d'intérêts individuels et de discordes entre les acteurs appelant notamment à plus de coordination pour l'aboutissement du projet collectif (Crozier et Friedberg, 1977). Cette dimension collective a été abondamment explorée dans la littérature sur les projets urbains (Duarte, 2015 ; Novarina, 2000 ; Thomassian, 2006). Plusieurs de ces recherches ont notamment abordé le concept de « négociation » pour analyser en finesse la relation entre les acteurs au sein des projets. G. Novarina explique par exemple qu'il y a une évolution, dans les projets urbains, des formes de négociation du marchandage (essentiellement entre acteurs publics et privés) à la négociation comme moyen d'apprentissage réciproque entre les acteurs avec notamment une adhésion des habitants au processus de conception. La négociation constitue ainsi, en même temps, un moyen important pour réaliser des projets complexes ainsi qu'un enjeu du renouvellement des méthodes et des compétences des professionnels de la fabrique urbaine.

> « La négociation, lorsqu'elle n'est pas réduite à un simple marchandage, passe par un processus d'apprentissage réciproque, d'identification à plusieurs des problèmes à traiter et de formation d'un langage commun. Les acteurs se laissent enrôler et acceptent de jouer le jeu parce qu'ils espèrent que le produit des négociations répondra mieux à leurs attentes. Mais l'interaction leur permet d'élargir leur horizon de connaissances et de construire leurs propres demandes. » (Novarina, 2000, p. 58).

Depuis quelques années maintenant (années 1990-2000), certains travaux expliquent même qu'il y a un glissement qui est en train de s'opérer du modèle hiérarchique et cloisonné vers un modèle négocié, distribué et flexible de production urbaine (Arab, 2001 ; Callon, 2009). Ce modèle est ainsi défini comme « une logique de coproduction fondée sur la coopération et la négociation entre tous les acteurs qui participent à la conception, la production, la gestion et l'usage de la ville, et ce dès les phases d'élaboration des projets » (Arab, 2001). Cette évolution s'expliquerait par la recomposition des acteurs urbains (décentralisation, mobilisation d'acteurs privés et civiques), la complexification des projets, la part importante de l'incertitude, les impératifs d'innovation urbaine et enfin la montée des enjeux énergétiques et environnementaux. On passerait, par conséquent, de la conception à la co-production et à la co-conception, la dimension collective étant inhérente à tout projet complexe.

Enfin, la dimension productive de la conception tient au fait de considérer que cette activité s'inscrit dans des structures qui ont des logiques productives et d'organisation, ce qui explique en partie le déroulement de la conception. N. Arab explique que les théories du projet urbain (science politique) ont tendance à oublier la dimension matérielle et productive de la conception, dans le sens de la création d'artefacts matériels, au profit d'analyses centrées sur la gouvernance des projets. Les sciences de gestion ont depuis longtemps mis en avant le triptyque qualité-coûts-délais pour l'évaluation de la performance dans le management de projet. Pourtant, si ces principes régissent l'organisation du secteur de l'industrie, ceci est peu explicite dans les analyses de la production urbaine qui se sont peu intéressées aux sciences de gestion (Arab, 2007a). Même si le vocabulaire de la gestion de projet est de plus en plus intégré dans le développement urbain, les retours sur le terrain montrent souvent une gestion de projet pilotée par la réduction des coûts et des délais au détriment de la qualité (Ben Mahmoud-Jouini, 2004 ; Midler, 2002). En outre, J. Forest et C. Mehier (2014) expliquent que si le processus de conception est inhérent à toute innovation, peu de travaux se sont intéressés à l'économie de la conception, cette activité étant pourtant une « réalité industrielle et économique ».

1.2.2 Définitions des activités de conception urbaine, spatiale et énergétique

Dans cette perspective, nous considérons l'activité de conception, dans ce travail, en nous appuyant sur ces différents travaux dans ses trois dimensions : collective, cognitive et productive. En nous appuyant sur les travaux cités ci-dessus, nous définissons dans cette recherche la « conception urbaine » comme toute activité collective qui définit les choix de transformation de l'espace et des artefacts bâtis ainsi que l'organisation du processus de production. Cette activité est ainsi un processus dynamique de négociation, d'ajustement, de coopération et d'apprentissage qui met en jeu les compétences, les modèles et les savoirs des acteurs (Arab et al., 2020 ; Debizet et Godier, 2015b). Cette activité est soumise à des contraintes (à l'exemple des cahiers des charges des projets) et à des logiques de production.

Au regard des propos écrits dans la partie 1.1 de ce chapitre, au-delà d'une définition large de la conception urbaine, ce sont les activités de conceptions spatiale et énergétique qui nous intéressent dans cette recherche. En effet, l'intégration des objets de l'énergie dans les projets concerne précisément aussi bien les ingénieurs responsables de concevoir les solutions énergétiques que les architectes chargés de l'intégration de ces objets dans la spatialité des projets. Nous définissons la conception spatiale, en nous appuyant sur les travaux de (Arab, 2001 ; Biddulph, 2012 ; Mullon et Gomes, 2017) comme l'activité cognitive et créative de définition des formes urbaines et donc des parcelles, des îlots, des formes des bâtiments et leurs rapports à la voirie et à l'espace public. Cette activité se réalise à travers différentes interactions et itérations avec d'autres compétences, tout au long des projets, en fonction des situations et des contextes. Certains travaux expliquent, par ailleurs, la nécessité d'élargir cette définition à d'autres activités du projet en expliquant que la composition spatiale n'est pas une activité indépendante, mais elle intègre différentes thématiques (économique, sociale, politique et technique) de la conception urbaine (Mullon et Gomes, 2017).

Enfin, notons que la conception du cadre bâti est soumise à de multiples normes (règles de construction des bâtiments, sécurité incendies, accessibilité PMR, etc.) et contraintes (Raynaud, 2004) à l'exemple des cahiers de prescriptions architecturales et urbaines, faisant de cette activité également une réponse à une commande de la maîtrise d'ouvrage urbaine (Haller, 2019 ; Piganiol, 2016 ; Raynaud, 2004).

Enfin, c'est notamment l'activité de conception énergétique qui nous intéresse. Tout d'abord, il faut faire la différence entre dimensionnement, qui signifie la réalisation d'un projet à partir d'une méthode existante « une recette » (Blanchard, 2018) et la conception qui implique une certaine incertitude et indétermination dans l'activité des acteurs (Hatchuel et Weil, 2008). La sélection de différents artefacts énergétiques pour alimenter un projet en énergie représente par exemple des choix de conception quand les calculs de puissance d'une chaudière biomasse ou de surfaces de panneaux solaires relèvent d'activités de dimensionnement (Blanchard, 2018). Nous définissons ainsi l'activité de conception, en nous appuyant sur le travail de G. Blanchard (2018) sur la conception des choix énergétiques de projets d'aménagement, comme l'activité intentionnelle et indéterminée de spécification d'un ensemble d'artefacts énergétiques nécessaires pour répondre aux besoins énergétiques estimés au préalable d'un projet. Cette activité est également soumise à diverses injonctions. En effet, il existe trois moyens de cadrage de la performance énergétique dans les projets urbains : un cadrage par des réglementations nationales et des plans locaux comme la RT2020 et les Plans Climat Air Énergie Territoriaux (PCAET) ; un suivi par des démarches de certifications des performances environnementales et énergétiques (labels, normes, certifications, concours, appels à projets…) ; et enfin un cadrage par les cahiers de prescriptions énergétiques et environnementales réalisés par les collectivités locales. Ces prescriptions font souvent l'objet d'un contrat entre l'aménageur et les maîtres d'ouvrages (Haller, 2019 ; Tardieu, 2015).

1.2.3 Les instruments cognitifs et organisationnels de la conception

Après avoir caractérisé la conception, notons qu'il existe deux supports ou instruments pour la réalisation de cette activité : des instruments cognitifs, appelés aussi objets intermédiaires de la conception (plans, maquettes, études, etc.) et des instruments organisationnels composés de divers instruments plus ou moins coercitifs comme les contrats de coordination ou encore l'organisation de workshops de conception (Arab, 2017).

N. Arab (2018) a analysé les dispositifs organisationnels mis en place par la maîtrise d'ouvrage urbaine dans la conception de la deuxième ligne du tramway strasbourgeois. Quatre dispositifs ont été identifiés : le comité de direction du projet, un comité de pilotage technique réunissant tous les acteurs, un groupement d'étude qui associe la maîtrise d'œuvre et enfin un contrat d'exploitation signé entre l'opérateur de transport et la communauté urbaine. Elle explique que ces dispositifs cohabitent dans le projet et qu'ils permettent de gérer certaines incertitudes sur les choix de conception. En effet, le caractère incertain et indéterminé du projet urbain est un facteur important qui pèse sur l'activité de conception et il en résulte que les acteurs accordent une attention forte à la maîtrise des risques et des incertitudes notamment à travers ces dispositifs.

Concernant les objets intermédiaires, plusieurs recherches ont montré l'importance de ces outils dans le processus de conception architecturale, énergétique ou urbaine (Arab et Bourdin, 2017 ; Callon, 1996). Chaque outil est fait pour réponde à un besoin spécifique (des plans techniques pour discuter avec des ingénieurs, des schémas pour montrer que la conception n'est pas figée et que les choix peuvent encore évoluer, etc.). Sur les questions énergétiques par exemple, G. Debizet analyse comment la coupe permet de traiter les questions énergétiques dans le processus de conception (Debizet, 2011). D'après M. Callon, la conception collective tient à deux notions : la négociation et les intermédiaires (graphiques, maquettes, etc.) (Callon, 1996, p.28). Il met l'accent sur l'importance de la notion de « rationalité procédurale » dans la conception (étudiée auparavant par Prost, JL Le Moigne et H. Simon). Il affirme ainsi que si les acteurs ne devaient pas s'entendre sur des plans, des objets précis, etc., ils ne s'entendraient sur rien (Callon, 1996).

En somme, les travaux sur la conception nous ont permis de définir et de caractériser cette activité. Les travaux en urbanisme mettent notamment l'accent sur la dimension collective de la conception qui serait le produit de négociations, de traductions et d'ajustements entre divers acteurs portant diverses valeurs, idéologies et cultures professionnelles. Ils nous ont notamment permis d'apporter une définition précise aux activités de conceptions énergétique et spatiale qui nous intéressent particulièrement dans cette recherche. L'avènement des enjeux énergétiques et environnementaux ont rajouté de nouvelles contraintes à prendre en considération pendant la conception, requestionnant de ce fait les méthodes de faire « traditionnelles » ainsi que l'évolution des compétences des professionnels. En effet, « si l'énergie est bien une thématique de conception en aménagement, ce n'est pas une thématique comme les autres en ce qu'elle fait intervenir de multiples nouveautés, aussi bien à travers les dispositifs sociotechniques déployés que dans le besoin d'une coordination collective plus importante qu'auparavant en conception » (Blanchard, 2018, p. 148), ce qui est l'objet de la prochaine section.

1.3 L'intégration des enjeux énergétiques dans la conception

Plusieurs travaux se sont intéressés aux questions énergétiques dans la conception des projets urbains. Ces recherches ont montré qu'après une profusion des innovations techniques et écologiques, il y a progressivement eu une normalisation des pratiques des acteurs et du processus de production urbaine (1.3.1). Au-delà de l'analyse de la dialectique innovation/standardisation, les travaux ont documenté l'arrivée de nouveaux acteurs « experts » pour aborder les enjeux énergétiques (Biau et Evette, 2008) et ont interrogé plus largement l'évolution des compétences des acteurs traditionnels suite à l'avènement des enjeux énergétiques et de durabilité (1.3.2).

Notons par ailleurs que l'analyse des systèmes énergétiques décentralisés intégrés dans les projets durables a également été abordée dans un autre champs de travaux appelé *Sciences and Technology*

Studies (STS) (Coutard et Rutherford, 2013 ; Guy, Graham et Marvin, 1997 ; Hughes, 1983) [29]. En effet, si ces recherches étaient initialement centrées sur l'étude du développement des grands réseaux d'eau et d'énergie, elles s'intéressent depuis maintenant plusieurs années au développement de techniques alternatives, décentralisées, décrites comme plus écologiques (intégrées parfois au sein même des projets urbains). Plusieurs recherches parlent ainsi de systèmes composites dont les organisations ne sont pas encore stabilisées (Coutard et Rutherford, 2009, p.13), ou de configurations hybrides de divers dispositifs sociotechniques notamment dans les pays du sud (Jaglin et Dubresson, 2020 ; Rateau et Jaglin, 2020). Nous faisons cependant le choix, dans cette recherche, de ne pas mobiliser cette littérature. En effet, même si ces travaux abordent les systèmes énergétiques décentralisés, ils restent centrés sur la dialectique grands réseaux/ micro réseaux, connexion/déconnexion (Hampikian, 2017 ; Lopez, 2013 ; Tabourdeau et Debizet, 2017) ce qui est très éloigné de nos préoccupations.

1.3.1 De l'innovation technique à la standardisation de la production urbaine durable

L'avènement du développement durable a incité les acteurs à coopérer et à adopter une démarche transversale en décloisonnant les compétences autour d'enjeux sociaux, écologiques et économiques des territoires. Plusieurs documents de planification ont porté sur la traduction de ces enjeux à des échelles locales[30] (Gallez et Maksim, 2007). Les quartiers durables ont constitué un levier important de territorialisation de ces enjeux. Ces projets ont émergé en Europe du nord et en Allemagne dans les années 90. Ils ont été conçus comme de véritables vitrines d'innovation et de savoir-faire de ces pays. Arrivés plus tardivement en France dans les années 2000, c'est le développement du label écoquartiers en 2008 par le ministère de l'environnement qui va donner un élan très important à ces projets. En effet, promus fortement par les pouvoirs publics et portés par les collectivités locales, ces projets vont constituer de véritables terrains d'expérimentation[31]. L'appellation de ces projets entre « écoquartiers » ou « quartiers durables », a notamment fait l'objet de plusieurs débats, ce qui renvoie aux piliers du développement durable (social, économique et écologique) que ces projets mettent le plus en avant (Boutaud, 2009). L'avènement des questions environnementales a amené à élargir la réflexion, anciennement centrée sur l'échelle du bâtiment, vers l'échelle du quartier, pour appréhender divers enjeux de conception bioclimatique des formes urbaines, de gestion des îlots de chaleur urbains, de mutualisation de l'énergie entre les différentes fonctions urbaines, etc. (Masboungi, 2012).

---

[29] Les approches STS démarrent d'une critique des approches déterministes (que ce soit du déterminisme social ou technique) pour l'analyse du changement. Ces travaux expliquent notamment que l'évolution des grands réseaux énergétiques est le résultat non seulement d'évolutions techniques mais également de choix politiques.

[30] Nous pouvons citer les Schémas de Cohérence Territoriale (SCoT), Les Plans Climat Air Energie Territoriaux (PCAET), les Plans Locaux d'Urbanisme (PLU), les Plan de Déplacements Urbains (PDU), etc.

[31] C.About, C.Doussard et M.Holden (2019) dans leur ouvrage *(re)Penser la ville du XXIe siècle: 20 ans d'écoquartiers dans le monde*, qui réalise un retour critique sur les quartiers durables depuis une vingtaine d'années (2000-2020), notent plusieurs points positifs suite à la réalisation d'écoquartiers comme l'importance des innovations techniques réalisées dans ces projets, l'intégration luxuriante de la nature et des espaces verts ou encore la création de liens sociaux et solidaires entre les habitants (About, Doussard et Holden, 2019, p.196). Les innovations concernaient donc aussi bien les innovations techniques que les méthodes d'organisation et d'encadrement de ces projets.

Les premiers travaux sur la ville durable et les projets durables ont abordé diverses thématiques de durabilité : la biodiversité, la gestion de l'eau et des déchets, la performance énergétique des bâtiments, la gestion de l'énergie, etc. (Charlot-Valdieu et Outrequin, 2009 ; Forest et Hamdouch, 2015 ; Souami, 2009a). Plusieurs manifestes et outils d'aide à la décision en matière d'enjeux environnementaux sont réalisés à l'attention des entreprises et des professionnels de la fabrique urbaine (Gallez et Moroncini, 2003). Menez et al., (2012) expliquent comment à travers l'expérimentation de projets durables, les collectivités locales et les aménageurs « innovent et font évoluer leurs pratiques et celles de leurs partenaires pour développer un urbanisme plus durable » (Menez et al., 2012, p. 1). Ils décrivent ainsi une évolution des standards de la production urbaine vers une intégration des enjeux environnementaux et le recours à la concertation dès les phases amont des projets. Ce nouveau standard est notamment caractérisé par la recherche d'une plus grande transversalité au sein des services des collectivités et avec d'autres acteurs de la fabrique et de la gestion urbaine.

D'autre part, plusieurs travaux ont documenté la montée des expertises sur les enjeux de durabilité ainsi que la place des experts dans la production urbaine durable et notent notamment l'émergence d'experts militants (Biau et Evette, 2008 ; Biau et Tapie, 2009 ; Blanchard et Souami, 2017). D'après certains auteurs, le modèle expert l'emporterait même dans le modèle de médiateur dans la fabrication de la ville durable (Blanc, 2010) et ceci d'autant plus qu'il y a une extension de la commande aux thématiques environnementales et de développement durable (Souami, 2008). Cette multiplication des experts et des expertises est d'ailleurs critiquée par certains chercheurs, mettant en avant les difficultés de vulgarisation des nouveaux principes de durabilité par les spécialistes (Camus et al., 2012).

Cependant, très vite, plusieurs recherches ont montré une normalisation du processus de production de la ville durable du fait notamment du recours à des labels et certifications qui modèlent indirectement la ville durable (Debizet et Godier, 2015c ; Grudet, 2016). Les travaux réunis dans le cahier Ramau n° 8 (2015b) dirigé par G. Debizet et P. Godier et consacré à l'analyse des effets des questions énergétiques et de durabilité sur la conception architecturale et urbaine montrent ainsi que « les modèles, et les savoirs associés, produits au nom de la durabilité passent essentiellement par des tentatives – multiples - de normalisation des processus de conception (…) ». L'augmentation des contraintes réglementaires et la multiplication des labels énergétiques a ainsi eu comme conséquence d'encadrer les méthodes de travail des concepteurs mais également de réduire dans certains cas les marges de manœuvre des acteurs ainsi que leur capacité d'innovation (Cauchard, 2010 ; d'Emilio, 2015). C. Doussart (2017) montre, dans sa thèse, comment les dispositifs d'évaluation des écoquartiers, conçus au départ dans l'objectif de capitalisation des connaissances et des bonnes pratiques, engendrent une standardisation dans la production de ces projets au détriment d'une forte intégration dans le contexte local. Le label Ecoquartier a ainsi poursuivi la normalisation débutée par le label HQE à l'échelle du bâtiment « dans le sens où des pratiques émergentes ont été formalisées pour proposer un modèle d'action

applicable à d'autres projets de même nature et de même échelle » (Debizet et Godier, 2015c, p. 3). Enfin, G. Debizet (2012) montre de son côté comment la montée des labels et des réglementations thermiques (HGE et RT2012) a eu comme effet une focalisation du travail sur l'efficacité énergétique au détriment d'autres thématiques de durabilité[32].

En matière d'artefacts énergétiques intégrés dans les projets, Ph.Menanteau et O.Blanchard (2014) notent, dans leur article « Quels systèmes énergétiques pour les écoquartiers ? Une première comparaison France – Europe », la grande diversité dans ces projets d'éco-quartiers, que ce soit en termes de niveau d'autonomie dans la production locale d'énergie, des objectifs visés, des sources renouvelables mobilisées ou des technologies employées. Ils distinguent une évolution de trajectoire dans l'intégration des systèmes techniques, de technologies très expérimentales dans les années 90 vers des solutions plus standardisées entre les années 2000 et 2010. À la phase d'expérimentation, succède une phase de « diffusion, d'appropriation, de récupération et d'adaptation des expérimentations menées par les pionniers, par d'autres acteurs dans d'autres contextes temporels et socio-spatiaux » (Molina, Musy et Lefranc, 2018, p. 66). Les écoquartiers français, plus récents, se situent dans cette seconde vague. Les quartiers construits après 2010 constituent donc la troisième génération de quartiers durables qui ont supposément bénéficié de divers apprentissages des quartiers précédents (Grudet, 2016 ; Menanteau et Blanchard, 2014). Les études de cas analysées dans cette recherche, conçues et réalisées pour la majorité entre 2010 et 2020, se situent ainsi dans la troisième génération de projets durables.

D'autre part, plusieurs travaux ont abordé les enjeux de gouvernance au sein des projets (Marquet, 2018 ; Souami, 2009a, 2009b ; Tabourdeau et Debizet, 2017 ; Tardieu, 2015). S. LaBranche (2014, 2015) explique même que les innovations mises en œuvre dans les projets urbains durables aujourd'hui relèvent essentiellement des modes de gouvernance de ces derniers, les innovations techniques étant, pour la plupart, généralisées et démocratisées. Il note cependant la relation importante entre ces deux dimensions, la réussite des innovations techniques dépendant fortement de l'organisation de la gouvernance énergétique des projets. Certains travaux ont particulièrement mis en avant la nécessité de la constitution d'une gouvernance énergétique sur toute la vie des projets urbains, en posant notamment la question de l'acteur le plus pertinent pour porter ces enjeux (Debizet, 2015a ; Marquet, 2018 ; Souami, 2007 ; Tardieu, 2015). T. Souami posait déjà en 2007 la question de la gouvernance énergétique à l'échelle locale. Il affirme que « ce sont bien les caractéristiques des dispositifs techniques qui conduisent à retravailler la définition de la maitrise d'ouvrage » (Souami, p. 15). De plus, il explique la nécessité de construire des maitrises d'ouvrages spécifiques pour les questions énergétiques, à l'exemple de la création d'un gestionnaire de toits photovoltaïques, dans le sens du modèle de gestionnaires de réseaux de chaleur et de parcs de logements. Ces travaux sur la gouvernance sont intéressants car les conditions de gouvernance

[32] N. Arab émet quant à elle l'hypothèse que l'élaboration des projets urbains peut être déclinée, de manière générale, selon deux idéal-types "standardisation/ innovation". « La standardisation désigne une situation qui relève d'abord de l'ordre de la reproductibilité (on évolue en terrain connu, on sait ce que l'on veut faire, on dispose de connaissances stabilisées) et l'innovation désigne une situation qui relève d'abord de l'ordre de la "création substantielle" (on évolue en terrain inconnu tant sur le plan du concept et des finalités de l'opération que sur le plan des savoirs mobilisables). » (Arab, 2001, p. 79).

énergétique des projets déterminent fortement les conditions d'exploitation des systèmes énergétiques réalisés.

En somme, l'avènement des questions énergétiques a contribué, après diverses expérimentations, à normaliser le processus de conception urbaine durable. Néanmoins, l'avènement de ces enjeux a fortement interrogé l'évolution des acteurs et de leurs compétences, ce qui est l'objet de la prochaine section.

1.3.2 Évolution des savoirs, des pratiques et des professionnels suite à l'avènement de l'urbanisme durable

L'intégration des questions de durabilité a fortement interrogé les savoirs et les compétences des acteurs de la fabrique urbaine (Adam, 2017 ; Debizet et Godier, 2015b ; Fenker, Grudet et Weber, 2015 ; Molina, 2012 ; Souami, 2008). La standardisation de la production urbaine durable a été critiquée par divers professionnels et chercheurs dénonçant la mise au second plan des particularités des contextes locaux (Molina, Musy et Lefranc, 2018, p. 71). La critique de la standardisation et de la diffusion des « bonnes pratiques » (Arab, 2007b) après la profusion des expérimentations très localisées et innovantes, relève ainsi du paradoxe du développement durable (Doussard, 2017). En effet, il s'agit en même temps de s'inspirer des bonnes pratiques et de prendre en considération les contextes locaux. T. Souami (2007) montre dans son article « L'intégration des technologies énergétiques dans l'action urbaine. Éclairages théoriques d'expériences européennes » comment plusieurs collectivités ont été confrontées à cette contradiction entre la recherche de solutions systématisées sur leurs territoires et la nécessité d'adapter ces solutions à chaque contexte local[33]. La réponse de ces acteurs a relevé ainsi du « bricolage » au-delà d'une gouvernance énergétique territoriale.

Les concepteurs adoptent ce faisant diverses stratégies face à la montée des questions environnementales et énergétiques, entre la volonté d'adapter leurs pratiques pour répondre à ces nouvelles exigences et la critique de la normalisation qu'amènent les enjeux de durabilité (Grudet, 2012 ; Piganiol, 2016). M. Adam montre ainsi comment les architectes dénoncent la place prépondérante que prend la technique dans le processus de conception architecturale et urbaine, associée à la montée de la figure de l'ingénieur dans ce processus. « Parce qu'il est essentiellement mis en œuvre à travers des procédures techniques, le développement durable est considéré comme renforçant la place de l'ingénierie dans les projets, au détriment de celle de la programmation urbaine ou de l'architecture. Ceci est vécu comme une remise en cause des compétences des urbanistes et des architectes et comme une complexification superflue des projets. » (Adam, 2017,

[33] T. Souami (2007) explique néanmoins que l'approche technologique demeure dominante dans la production des écoquartiers malgré ce processus de normalisation ; avec une vision du « changement par des sauts quantitatifs importants ce qui tend à marginaliser les pistes de recherches qui considèrent des solutions à faible rupture technique mais à grande diffusion à l'échelle urbaine » (p. 12). Il affirme que si des réalisations sur-mesure ont pu être menées dans les premiers projets durables, c'est grâce à des investissements financiers conséquents et à l'implication des habitants.

p. 7). D'après V. Biau (2012) « la dimension esthétique et signifiante de l'architecture et de l'aménagement urbain ne disparaît pas mais entre dans des itérations plus serrées avec la gestion des coûts, des délais, des risques, ainsi bien sûr qu'avec l'évaluation de leurs impacts environnementaux. » (p. 8). Enfin, I. Grudet (2012) distingue, quant à elle, trois postures adoptées par les concepteurs (architectes, ingénieurs, paysagistes) face aux questions environnementales : une posture industrielle avec un souhait d'optimisation du travail et une standardisation des procédures ; une posture critique qui se traduit par une méfiance accrue envers les éco-techniques ; et enfin, une posture culturelle qui recoupe la posture critique avec un rôle important accordé à la question d'esthétique des objets architecturaux et urbains[34].

Partant, plusieurs travaux expliquent que la question n'est finalement pas dans la diffusion des savoirs mais dans la transformation et l'appropriation de ces derniers (Arab, 2007b ; Fenker, 2015). En effet, si les expériences peuvent circuler, les compétences professionnelles sont liées aux individus. Il est ainsi important de « distinguer savoirs et compétences professionnelles. Alors que les premiers peuvent être formalisés dans des manuels, des guides, des banques de données qui peuvent circuler indépendamment de leurs producteurs, les compétences professionnelles sont, elles, incorporées dans des individus » (Arab, 2007b, p. 40). N. Arab (2007) explique ainsi que le transfert des savoirs n'est pas absolu dans les projets durables et que les expériences doivent plutôt être mobilisées pour « stimuler des idées, mettre à jour des problèmes, caractériser des conditions de réussite (de viabilité et de pérennité), formuler des hypothèses de programme. » (p. 45). Par la suite, ces savoirs sont confrontés au contexte local, à leur faisabilité et leur cohérence avec le projet d'aménagement projeté. J. Forest et B. Serrate (2011) affirment dans leur article « Diffusion et production des connaissances : les deux faces d'une action territoriale réussie » l'importance de s'intéresser à la production des connaissances au-delà de la focalisation systématique sur leur diffusion. En somme, l'enjeu est de ne pas exiger la reproductibilité de l'innovation car « Exiger le transfert, la reproductibilité, c'est universaliser le couple problèmes-solutions » (Arab, 2001, p. 78). Les projets de quartiers durables sont à considérer comme un moyen d'intériorisation des principes de la ville durable (Matthey et Gaillard, 2011) mais également comme un espace de production de nouvelles connaissances. Finalement, « la transformation des modalités de décision et d'action apparaît alors à la fois comme une condition et comme un objectif de l'expérimentation » (Fenker, 2015, p. 198).

D'autre part, plusieurs travaux expliquent que le développement durable invite à une plus forte collaboration entre les experts et les acteurs classiques de l'aménagement pour trouver une compatibilité entre les questions énergétiques et environnementales et le développement urbain (Biau et Tapie, 2009 ; Souami, 2008). Aujourd'hui, plusieurs auteurs parlent même d'une hybridation des acteurs avec des acteurs conventionnels comme les concepteurs qui doivent prendre en charge de nouveaux enjeux et l'avènement de nouveaux acteurs détenteurs de

[34] Dans cette perspective, I. Grudet explique que « Cette transformation apparaît soit à travers leur volonté d'acquérir de nouvelles compétences et outils en matière d'éco-techniques, soit par l'élaboration de propositions alternatives et critiques par rapport à l'approche de la « durabilité » inscrite dans la commande, soit à partir de la mise en route d'un travail de transformation de leur propre doctrine » (2012, p.3).

nouvelles expertises (écologues, bureaux d'études spécialisés en environnement, start-up et acteurs de l'innovation numérique, etc.). Les outils numériques participent à la prise en charge de ces enjeux à l'exemple de l'usage du BIM (Building Information Modeling ou Management) à l'échelle des bâtiments ou du CIM (City Information Management) à l'échelle de projets d'aménagement par certaines agences d'architecture et les bureaux d'études d'ingénierie. Les applications numériques sont, par exemple, utilisées par certaines collectivités comme moyen d'intégration des habitants à la conception des projets urbains, des espaces publics ou des espaces verts, dans le cadre de démarches appelées également *serious game*. L'aménageur EpaMarne utilise, à titre d'exemple, le BIM citoyen pour impliquer les habitants dans la co-construction du quartier de Plaine des Cantoux à Ormesson-sur-Marne[35]. L'avènement des questions énergétiques, environnementales et numériques serait ainsi un des facteurs d'évolution de la conception urbaine et de ses acteurs. Ces enjeux « s'accompagnent de transformations organisationnelles, voire provoquent et/ou supposent une évolution des rôles. Elles sont un facteur de positionnement pour de nouveaux acteurs. Ces mutations, encore mal cernées, sont perceptibles dans l'activité même de conception à l'origine des choix d'organisation et de réorganisation des espaces à (re)concevoir » (Arab et al., 2020).

En somme, la mobilisation de ces travaux nous permet d'appréhender les effets de l'avènement des questions énergétiques et environnementales sur les processus de production urbaine, et de questionner plus largement les apprentissages et l'évolution des compétences des professionnels pour intégrer ces enjeux. En effet, cet ensemble de recherches montre la constitution de milieux professionnels en recomposition, de réseaux constitués de personnes, de projets démonstrateurs et de références au sein desquels se pose la question de l'accumulation des retours d'expériences et la constitution de nouveaux savoirs et savoir-faire. Comme expliqué plus haut, nous avons fait le choix de présenter ces travaux car nous considérons que l'émergence des préoccupations d'exploitation constitue un prolongement des démarches de matérialisation des questions énergétiques dans la production urbaine. L'objectif dans la partie suivante est de présenter les travaux ayant abordé l'intégration des enjeux d'exploitation dans le processus de conception urbaine. Nous verrons notamment qu'*à l'instar* des enjeux énergétiques, la prise en charge des préoccupations d'exploitation interroge les compétences des professionnels et leur organisation et plus largement les manières de faire la ville durable.

1.4 L'intégration des enjeux d'exploitation dans la conception

Après avoir présenté les travaux sur la conception et sur l'intégration des questions énergétiques dans cette activité, cette section présentera les travaux ayant traité de l'intégration des enjeux d'exploitation dans la conception. Concrètement, nous distinguons trois ensembles de travaux qui ont abordé les préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques en amont des projets :

[35] Voir la page « La concertation numérique plébiscitée par les habitants » du site de l'EpaMarne-ÉpaFrance, https://www.epamarne-epafrance.fr/actualites/la-concertation-numerique-plebiscitee-par-les-habitants/, (consultée le 07/11/21).

l'implication des usagers dans la conception (1.4 .1), les approches en coût global et de contrats globaux des projets (1.4.2) et enfin l'évolution des acteurs et de leurs compétences suite à la prise en compte des sujets de gestion et d'exploitation (1.4.3). Notons, par ailleurs, que nous n'allons pas ici mobiliser les travaux qui s'intéressent aux métiers et aux logiques de l'exploitation et de la maintenance des infrastructures urbaines, ce qui pourrait faire l'objet d'une thèse à part entière (Denis et Pontille, 2011, 2019) (partie 1.1). En effet, l'enjeu est d'analyser les effets de l'intégration des enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques sur la conception des projets urbains. À la fin de cette présentation, nous définirons ce que nous entendons dans cette recherche par « exploitation » et par « préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques » (1.4.4).

1.4.1 L'intégration des habitants dans la conception et l'exploitation des projets

Le sujet de l'implication des usagers dans la conception a notamment été abordé par les travaux sur la « sociologie de l'énergie » (Beslay et Zélem, 2019). Cette sociologie se place du côté de l'accompagnement au changement en voulant ainsi contribuer à lutter contre le changement climatique. Marie-Christine Zélem, une des figures les plus importantes de ce mouvement, revendique même une sociologie engagée. Ses travaux interrogent la réception des politiques environnementales et énergétiques et les résistances des usagers aux innovations technologiques et sociales, notamment dans le cadre des bâtiments performants énergétiquement. L'auteure explique ainsi que les concepteurs accordent une confiance aveugle aux technologies énergétiques et environnementales, ce qui engendre souvent une résistance des usages face à ces dispositifs techniques (Beslay, Gournet et Zélem, 2014 ; Zélem, 2005, 2018). En effet, pendant longtemps, l'idée répandue chez les concepteurs est que la multiplication des systèmes techniques dans les bâtiments permet de réduire les consommations énergétiques. La gestion des bâtiments et du confort intérieur étaient ainsi largement délégués aux technologies. (Beslay, Gournet et Zélem, 2014, p. 6). Cette vision techniciste a dominé dans les projets immobiliers mais également à l'échelle des quartiers durables avec notamment une hypertrophie de la phase amont au détriment des phases avales. Cette vision est toutefois largement critiquée aujourd'hui. En effet, plusieurs travaux montrent que les habitants gèrent leurs espaces domestiques selon leurs propres logiques, modes de vie et attentes en termes de confort, ce qui va bien au-delà des prescriptions d'usage des innovations techniques (Grudet, 2016 ; Renauld-Giard, 2012).

> « Symétriquement, dans le monde de l'usage émancipé du cadre militant, les dysfonctionnements constatés sur les innovations écologiques montrent le problème que posent les nouveautés techniques aux travailleurs et habitants. En effet, ces derniers contournent et bricolent les systèmes techniques écologiques en raison du problème qu'ils posent pour habiter. Autrement dit, le face-à-face entre techniques innovantes et habitants ordinaires tourne rapidement au duel. Tout comme les habitants objectent aux objets leurs usages sociaux, les objets objectent aux habitants leur fonctionnement technique. La tactique et la ruse, cet « art du faible » [De Certeau, e1994 : 60-62] émerge alors comme l'issue du duel, c'est-à-dire le moyen utilisé par les habitants pour résoudre le problème posé par l'introduction de nouvelles techniques dans leurs environnements quotidiens » (Renauld-Giard, 2012, p. 118).

Plusieurs travaux convergent ce faisant pour affirmer que la performance énergétique se réalise dans l'interaction des usages et de la technique (Beslay, Gournet et Zélem, 2014). M. Fenker

explique ainsi que les travaux sur la gestion incitent à explorer deux aspects des travaux sur l'urbanisme : les activités de conception et les activités des usagers et ceci en mettant l'accent sur l'importance de l'évaluation des actions réalisées (Fenker, 2017). Dans la continuité de cette réflexion, I. Grudet a interrogé l'impact des dispositifs de concertation sur l'implication des habitants dans la gestion des systèmes techniques. Elle montre que les dispositifs participatifs, à l'échelle architecturale, facilitent l'engagement des usagers dans la maintenance et l'exploitation des objets techniques. À l'échelle du projet urbain, elle montre toutefois que si ces outils font remonter diverses propositions citoyennes, les décisions restent souvent prises par les cercles technico-politiques. De plus, l'auteure ne relève aucun impact de ces dispositifs, à cette échelle, sur la gestion et la maintenance des objets techniques par les habitants (Grudet, 2017).

En somme, ces travaux montrent l'importance de l'implication des usagers dans la conception pour intégrer les préoccupations d'usage et d'exploitation des projets. Nous n'allons pas nous attarder ici sur ces recherches nombreuses qui ont questionné l'intégration des habitants à la conception et à l'exploitation des projets et ceci d'autant plus qu'il n'y a pas d'intégration des habitants dans les phases amont des cas d'étude sélectionnés dans cette recherche. Ces travaux nous ont toutefois aidés à comprendre les visions et les logiques des concepteurs face à l'intégration des sujets d'usage et d'exploitation des artefacts urbains dans leurs activités. La partie suivante aborde les travaux ayant traité des approches en coût global et des contrats globaux dans les projets d'aménagement.

1.4.2 Les approches en coût global et de contrats globaux

a) Définition d'une analyse en coût global

Plusieurs recherches incitent à une réflexion selon une logique globale pendant la conception des projets, que ce soit dans le cadre de projets de construction, d'aménagement ou d'infrastructure (Carassus et Duplessis, 2010 ; Charlot-Valdieu et Outrequin, 2018). En effet, les questions environnementales ont accentué la nécessité d'une évaluation, de manière qualitative et quantifiée des externalités négatives ou positives des projets pour les intégrer dans les bilans financiers et environnementaux des opérations. C.Charlot-Valdieu et P.Outrequin dans leur livre « Mener un projet de construction ou d'aménagement en coût global. Méthodes et outils »[36] définissent le coût global comme « la prise en compte, dans un processus de décision, des effets immédiats et futurs ou différés de cette décision. Autrement dit, le coût global vise principalement à prendre en compte le temps et, par conséquent, l'incertitude, le risque et le changement dans la décision. Cette prise en compte est d'autant plus cruciale quand les décisions prises modifient l'environnement sur une longue période, voire créent des processus irréversibles » (2018, p.14). L'objectif est ainsi

[36] Le livre commence dans les trois premiers chapitres par définir le coût global, les méthodes de calcul du coût global et l'analyse des externalités négatives. Dans les trois chapitres suivants, les auteurs analysent le coût global des produits et systèmes (ex : systèmes énergétiques, rénovation de bâtiments), le coût global d'un projet d'équipement et d'une opération d'aménagement. Le dernier chapitre propose une méthode de mise en œuvre d'une stratégie en coût global.

d'anticiper les risques et les incertitudes concernant l'exploitation des artefacts urbains. Les auteurs identifient 8 définitions du coût global selon les composantes intégrées dans les calculs[37] : le coût global élémentaire, le coût global direct, le coût du cycle de vie, le coût global élargi, le coût global partagé, le coût global réparti, le coût total de profession et le coût global étendu. Par exemple le coût global direct intègre l'exploitation, la maintenance et le renouvellement d'un projet. Le coût du cycle de vie rajoute, quant à lui, à ces trois composantes, le calcul des externalités environnementales.

Si l'analyse en coût global est souvent réalisée dans les projets de rénovation, elle est peu appliquée dans la construction neuve et encore moins à l'échelle des quartiers[38]. Un des freins de l'analyse en coût global est la difficile maîtrise des informations qui s'étalent sur des temporalités longues et des échelles spatiales élargies. Sur le plan spatial, la délimitation du périmètre de l'opération pose souvent question. Doit-on s'arrêter sur l'échelle du bâtiment et son exploitation ? ou intégrer l'extraction des matériaux, la démolition du projet et la réhabilitation du terrain ? Sur le plan temporel, la durée de vie d'un bâtiment peut aller jusqu'à 100 ans, compliquant la tâche de rassembler diverses informations comme les évolutions, sur le moyen et long terme, des prix de l'énergie, des coûts d'exploitation, etc. (Carassus et Duplessis, 2010, p. 1). Nous désignons, dans cette recherche, en abordant les approches en coût global, le « coût global direct ». En effet, la plupart des autres approches sont très peu appliquées dans les projets, essentiellement à cause de la complexité de prise en compte des diverses externalités dans le calcul des coûts globaux élargis.

L'approche en coût global est récemment désignée comme fondamentale dans la conception des artefacts urbains (Joumni, 2010). La réglementation énergétique va également dans ce sens en prenant en considération de plus en plus le cycle de vie des projets suivant une approche en coût global. Plus largement, au-delà de la performance énergétique dans le bâtiment, la RE 2020 impose aux nouvelles constructions d'être à énergie positive et de diminuer significativement les émissions de carbone du bâtiment. « Dans la continuité de l'expérimentation E+C-, la RE 2020 ne se contente pas d'intégrer le facteur carbone lors de la phase d'exploitation du bâtiment mais tout au long de son cycle de vie, y compris lors de sa construction. Ce nouveau facteur va grandement influencer les choix constructifs. »[39].

Pour revenir à ce qui nous intéresse dans cette recherche, c'est-à-dire la conception des systèmes énergétiques, présentons la méthode de calcul en coût global d'une infrastructure énergétique en

---

[37] Pour plus de précisions voir (Charlot-Valdieu et Outrequin, 2018).

[38] Dans leur rapport intitulé « Méthode Nationale Évaluation ÉcoQuartiers » M.Fenker et J.Zetlaoui-Leger expliquent la nécessité d'intégrer une approche en coût global des investissements des écoquartiers pour répondre notamment à l'engagement n° 3 (l'intégration de l'approche en coût global lors des choix d'investissement) de la démarche de labélisation Écoquartiers, engagée depuis 2009 par le ministère de la Cohésion des Territoires. Ils expliquent que l'approche en coût global implique une mise en cohérence des coûts d'investissement et d'exploitation ainsi que l'intégration d'une démarche partenariale impliquant les gestionnaires, les investisseurs et les habitants (Fenker et Zetlaoui-Leger, 2015, p. 39).

[39] Voir la page « Constructions neuves : les conséquences de la nouvelle RE 2020 en débat » du site Actu environnement.com :https://www.actu-environnement.com/ae/news/construction-neuve-reglementation-environnementale-RE-2020-36578.php4, (consultée le 08/08/21).

prenant l'exemple d'un réseau de chaleur. Une étude du CEREMA (Berry, 2017) explique le calcul en coût global de diverses solutions énergétiques. En effet, ce raisonnement en coût global est fondamental notamment pour comparer diverses solutions entre elles. Pour réaliser un bilan global, il faut expliquer que la facture énergétique est composée de deux valeurs appelées R1 et R2[40].

- Le R1 représente le produit de l'énergie livrée par le coût de chaque source d'énergie utilisée (corrélé donc à la consommation énergétique des usagers),
- Le R2 représente la somme des charges d'exploitation incluant parfois le financement des installations.

Le prix moyen de vente de l'énergie représentant la somme du R1 et R2 (en €), divisée par l'énergie livrée sur l'année. Cela se traduit par une facture à payer en euros par kiloWatt-heure par an (Berry, 2017). Le prix moyen de vente de l'énergie est un indicateur économique très pertinent pour comparer les réseaux entre eux. C'est un des premiers indicateurs observés concernant la compétitivité des réseaux. Cependant, pour réaliser une analyse en coût global, il est nécessaire de réaliser un calcul de la facture totale annuelle, composée de la facture énergétique (abonnement et consommation) plus les dépenses de fonctionnement (sur le réseau secondaire) (Dagallier, 2019). Par la suite, il s'agit de réaliser une évaluation des investissements et de l'amortissement de l'infrastructure. Le coût global annuel représente ainsi la facture totale en associant l'amortissement des investissements[41]. Finalement, il s'agit de comparer la facture énergétique par « logement-type » utilisant différents modes de chauffage.

D'autre part, pour illustrer l'importance de la dimension globale dans le cas des systèmes énergétiques, au-delà de la dimension économique, nous allons présenter le principe de fonctionnement des contrats de partenariats public-privé (PPP) d'un contrat global de performance énergétique (CPE). En effet, un des enjeux de ces démarches est la prise en charge des enjeux d'exploitation en adoptant des approches globales de conception, réalisation et d'exploitation des bâtiments et des infrastructures. Nous allons voir que la dimension contractuelle est très importante pour une approche intégrée des questions énergétiques ainsi qu'une garantie de la performance des projets pendant les usages.

b) Les contrats en PPP mettent l'accent sur la qualité des services fournis et la sécurisation juridique des projets

Les contrats de partenariat public- privé ont été initiés après l'apparition de l'ordonnance sur les contrats de partenariat en 2004[42] en France. Ces contrats combinent de manière innovante trois

[40] Voir la page « Prix de la chaleur et facturation » du site du CEREMA, http://reseaux-chaleur.cerema.fr/prix-de-la-chaleur-et-facturation , (Consultée le 06/10/21).
[41] Page «Approche en coût global des réseaux de chaleur dans les opérations d'aménagement durable » du site du CEREMA, https://www.cerema.fr/fr/actualites/approche-coût-global-reseaux-chaleur-operations-amenagement, (consultée le 06/10/21).
[42] Ordonnance n°2004-559 du 17 juin 2004 sur les contrats de partenariat.

caractéristiques : ils sont d'abord des contrats globaux qui délèguent une mission globale de conception, la construction et l'entretien-maintenance à un prestataire privé. La collectivité n'est donc pas maître d'ouvrage. L'opérateur, en étant ainsi présent à toutes les phases du projet, a intérêt d'adopter une démarche en coût global en intégrant les bilans d'exploitation aux bilans d'investissements pour maîtriser l'exploitation du projet. Deuxièmement, la rémunération du prestataire se fait sous forme de loyers, en contrepartie de la mise à disposition des bâtiments et des infrastructures, ces contrats étant notamment soumis à des conditions de performance du service rendu (Campagnac et Deffontaines, 2013). Enfin, les PPP sont des contrats de long terme à préfinancement privé, ce qui permet de financer certains projets dans un contexte de fortes réductions des dotations des collectivités. L'objectif des PPP est donc d'améliorer la gestion du patrimoine public en termes de qualité du service rendu en adoptant une approche globale et intégrée (Jaglin et Zérah, 2010).

D'après V. Biau, « la notion de qualité architecturale elle-même est reconsidérée, dans le cadre de contrats globaux, pour s'attacher à d'autres critères que les critères formels. La procédure de sélection par dialogue compétitif se montre à cet égard plus riche que le concours, dans la mesure où, contrairement au concours, le donneur d'ordre voit se développer le projet ce qui permet à l'architecte de tester diverses hypothèses auprès de lui. » (Biau, 2014, p. 36). E. Campagnac et G. Deffontaines expliquent quant à eux qu'« En articulant rationalisation de la gestion de projet, procédures concurrentielles mettant en compétition des offres globales intégrées, et dispositifs de gouvernance par le contrat global incitatif, dispositifs eux-mêmes contrôlés à long terme par les mécanismes du financement de projet, les PPP sont donc porteurs de promesses organisationnelles, qualitatives, « intermédiaires », dont est censé découler le respect de résultats quantitatifs finaux (coûts, délais, qualité de l'entretien et du service, …) » (2013, p. 52). Plusieurs chercheurs expliquent que la mise en place de ces contrats a eu comme conséquence d'orienter les structures des projets vers des logiques de sécurisation juridique[43] et de prestations de services (Biau, 2014 ; Campagnac, 2006 ; Carassus, 2003). En matière de montage juridique, diverses recherches notent l'importance du contrat dans le cadre de l'action urbaine plus décentralisée et préoccupée par les impératifs d'exploitation des équipements et des services urbains (Campagnac, 2001, 2006). Concernant la dimension servicielle, plusieurs auteurs parlent même d'une évolution des modalités de l'action publique d'une logique d'équipement à une logique de service, la dimension globale des contrats introduisant ainsi des préocupations de qualité des services fournis aux clients. Cette logique servicielle a pour conséquence de mettre le contrôle du risque et la gestion des complexités au cœur des projets (Biau, 2014 ; Campagnac, 2006 ; Carassus, 2003).

En analysant la performance de divers PPP, E. Campaganc et G. Deffontaines notent qu'il y a eu des retours positifs sur ces contrats globaux, malgré certains cas d'échecs qui ont fait échos dans la presse. Cependant, ils expliquent que l'évaluation de ces outils s'est concentrée sur la performance

[43] Elle affirme également que ces contrats sont orientés vers une logique financière que nous n'allons pas aborder ici, ce sujet étant très spécifique au PPP. En effet, plusieurs auteurs expliquent la montée d'une logique financière notamment dans le cas de l'immobilier d'entreprise, la gestion du bâtiment étant de plus en plus remplacée par la gestion d'un produit financier.

de la commande publique *ex ante* axée sur l'amélioration de la performance économique (coût, délais de livraison) de la commande publique et qu'il y a très peu d'évaluations *ex post* qui questionnent la performance des services rendus (Campagnac et Deffontaines, 2013). Enfin, au-delà des retours pratiques, certains auteurs expliquent que les PPP représentent un outil très intéressant d'évolution des savoirs et des compétences des acteurs, « Dans le cadre de ces contrats incitatifs, de long terme, orientés vers la spécification des performances du service, il se joue des transformations de savoirs et de profils professionnels » (Campagnac, 2006, p. 20).

c) La construction des contrats globaux de performance énergétique

Les marchés globaux, appelés également de « performance » ont été initiés dans les marchés publics depuis 2015 pour répondre aux impératifs de performance énergétique et économique des projets. Ils peuvent associer des contrats de réalisation, exploitation, maintenance (REM) ou de conception, réalisation, exploitation, maintenance (CREM) (Biau, 2020). L'enjeux est ainsi d'intégrer dès la conception des projets leurs enjeux d'exploitation pour améliorer leur efficacité en phase d'usage.

Nous allons présenter ici, en prenant l'exemple des CPE, les caractéristiques des contrats de services énergétiques et les principes d'une démarche globale. En effet, le CPE est un marché global de performance qui a comme ambition l'amélioration de la performance énergétique des ouvrages par rapport à une situation de référence contractualisée (Eshien, Lannier et Staropoli, 2013). Notons au préalable qu'il existe trois familles de CPE : des contrats de services énergétiques qui concernent les travaux sur les équipements énergétiques des bâtiments ainsi que leur gestion ; des contrats de travaux et services qui concernent les travaux de rénovation, d'exploitation et de maintenance des bâtiments ; et des contrats globaux qui concernant l'ensemble des deux points mentionnés [44]. Nous prendrons ici l'exemple des services énergétiques. Le principe du CPE d'une installation énergétique est que l'opérateur du service prenne en charge l'amélioration des installations et se rémunère grâce à la valeur des économies d'énergies réalisées. En effet, l'enjeu est que les travaux de rénovation et d'entretien des systèmes énergétiques soient pris en charge totalement ou en partie par les économies d'énergies réalisées après les travaux. Par exemple, après l'analyse de plusieurs CPE, Eshien, Lannier et Staropoli (2012) expliquent la pertinence de ces contrats pour réduire les consommations énergétiques et ceci même dans le cas de projets complexes. Cet instrument est, de ce fait, un outil économique pour réduire la consommation énergétique en suivant une réflexion en coût global des actions réalisées.

B. Duplessis (2008) a réalisé dans le cadre de sa thèse, intitulée « Mise en œuvre des contrats de performance énergétique pour l'amélioration des installations de production frigorifique », une étude de l'efficacité des contrats CPE pour la réalisation de la performance énergétique. En effet,

[44] Voir la page « Contrat de performance énergétique pour les collectivités territoriales » du site du ministère de la transition écologique, https://www.ecologie.gouv.fr/contrat-performance-energetique-collectivites-territoriales-0 , (consultée le 21 mai 2021).

la contractualisation des solutions énergétiques, et plus précisément la structure des contrats, a un impact déterminant sur les consommations énergétiques engendrant une incitation ou non vers la performance énergétique. Selon la performance des contrats, cela peut ou non inciter l'opérateur ou les usagers à maîtriser les consommations énergétiques (Duplessis, 2008). Pour expliquer ce phénomène, présentons d'abord les trois caractéristiques d'un contrat de services énergétiques (Duplessis, 2010):

- **La portée du contrat** : qui représente le type de systèmes pris en charge par l'exploitant. Ce dernier peut ainsi évoluer dans le cadre de son activité vers une intégration verticale ou horizontale.
- **Le contenu du contrat** : composé de l'ensemble des prestations techniques élémentaires sur les différentes phases de conception-réalisation-exploitation. Les prestations peuvent être réalisées par un seul ou plusieurs prestataires.
- **Les modalités de rémunération du contrat** : il existe deux types de rémunérations : une rémunération au prix unitaire ou forfaitaire[45]. Enfin, il existe des contrats à garantie de moyens et d'autres à garantie de résultats.

B. Duplessis (2008) explique donc que l'efficacité énergétique d'un contrat de services énergétiques dépend de deux points : le potentiel technique d'amélioration (le contenu et la portée du contrat) et les incitations aux économies d'énergie qui dépendent directement du type de rémunération et de la portée du contrat. Le potentiel technique d'amélioration de la performance dépend ainsi dans un premier temps de la portée du contrat. En effet, la maîtrise « verticale » est une condition importante de la qualité du service car cela permet au prestataire de maîtriser les interfaces entre les étapes de transformation de l'énergie (voir figure 1.3). Dans un second temps, cela dépend du contenu des contrats, car les prestations élémentaires influencent directement la performance comme la fourniture de matériels, le commissionnement, la maintenance et la gestion, et enfin les travaux[46].

Cependant, au-delà de la portée et du contenu du contrat, la qualité de l'exploitation n'est pour autant pas garantie. Le transfert d'un contrat à un prestataire s'accompagne donc d'un transfert de risque, mais ce risque est plus au moins important selon la nature des contrats. Le potentiel de performance énergétique dépend ainsi directement des modalités de rémunération des contrats de services énergétiques. En effet, une rémunération forfaitaire pourrait inciter les clients à se laisser aller car finalement leurs dépenses sont indépendantes de leur consommation d'énergie. Concernant le prestataire, ceci le pousse à optimiser ses équipements et à améliorer sa productivité de manière à augmenter ses revenus. *A contrario*, une rémunération au prix unitaire incite fortement les usagers à maîtriser leur consommation car leur facture est corrélée directement à leur

[45] Dans le cas de contrats de fourniture d'eau glacée, les contrats peuvent également être indexés sur le type d'énergie finale (électricité) ou la quantité d'énergie utile (eau chaude ou glacée).
[46] L'achat d'énergie ou le financement peuvent être influencés par ces activités. Par ailleurs, la réalisation d'audits et de monitorings peuvent également influencer indirectement la performance s'ils sont pris en considération.

consommation d'énergie. Toutefois, ce type de rémunération incite le prestataire à augmenter sa productivité et conséquemment la quantité d'énergie vendue.

L'exploitation dépend donc des modalités de rémunération du prestataire et notamment de son association à une obligation de résultats ou de moyens. Dans le cas des CPE par exemple, la rémunération du contrat vient des économies d'énergie générées par les travaux de rénovation des systèmes. De cette manière, tous les acteurs sont concernés par les économies d'énergie et par le montant des économies réalisées. Il faut noter par ailleurs que la réalisation de ce type de contrats dépend fortement du suivi des installations, de manière à contrôler l'engagement du prestataire et à calculer précisément la rémunération du contrat (Duplessis, 2010). Cet exemple des CPE montre ainsi toute l'importance de la contractualisation pour la réalisation d'une démarche globale de performance énergétique qui intègre aussi bien les dimensions économiques, techniques et d'usage des artefacts énergétiques.

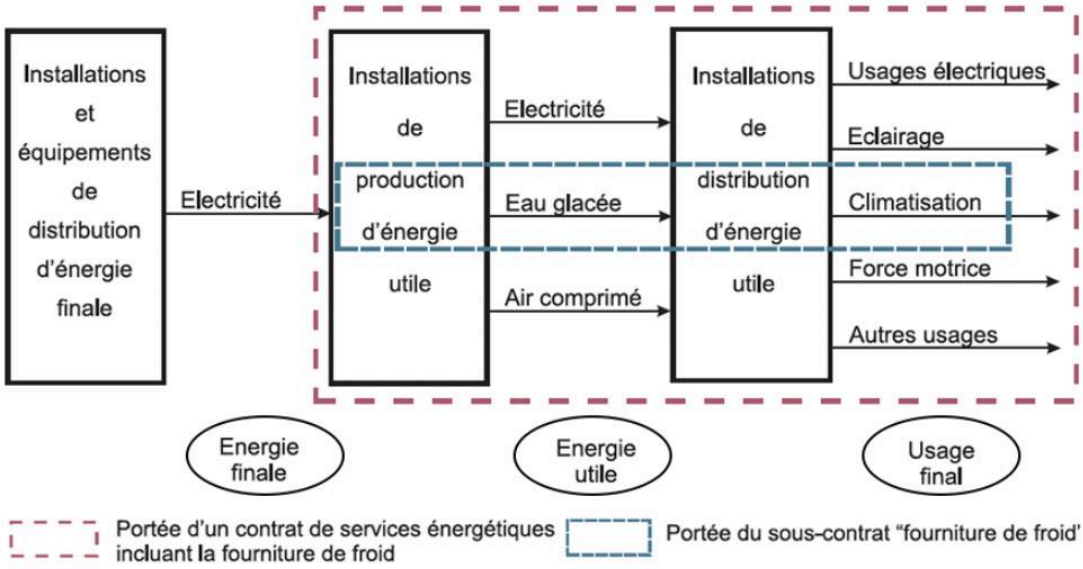

Figure 1. 3. La portée de différents contrats de service énergie dans le cas de la production de froid. Source: (Duplessis, 2010, p.99).

La compréhension de la logique de raisonnement en coût global des systèmes énergétiques ainsi que des principes de performance des contrats est très importante pour comprendre les leviers dont disposent les acteurs afin de porter des logiques globales dans les montages des projets. Ceci va nous aider à construire une grille de lecture des montages juridiques et économiques construits par les acteurs dans le cadre des projets analysés dans cette recherche pour appréhender la prise en charge des enjeux d'exploitation. La partie suivante aborde l'évolution des acteurs pour la prise en charge des enjeux de gestion et d'exploitation des espaces et services urbains.

1.4.3 Évolution des acteurs de la fabrique urbaine dans une logique d'*intégration*

a) Une remise en question de la division fonctionnelle et sectorielle de la production urbaine

Le secteur du bâtiment est souvent décrit comme « un secteur divisé et hiérarchisé, séparant maîtrise d'ouvrage (MO) et maîtrise d'œuvre (MOE), entreprises de construction et sous-traitants » (Amarillo, 2013). Le constat de la fragmentation des fonctions de la conception, la construction et l'exploitation dans la production urbaine a été réalisé par d'innombrables travaux (Amarillo, 2013 ; Brousseau et Rallet, 1995 ; Carassus et Bougrain, 2003). En plus de cette division par fonction, il y a également une division par secteurs (Campagnac, 2001 ; Lorrain, 1995 ; Souami, 2017). En effet, les filières de la production urbaine, qui sont la construction, l'aménagement, les réseaux d'eau et d'assainissement et les réseaux d'énergie fonctionnent essentiellement en parallèle avec un minimum de contact entre ces dernières. Les exigences environnementales et de durabilité, et plus récemment la montée des enjeux d'exploitation, ont accentué le besoin d'interactions entre les trois secteurs de l'aménagement, la construction et les services urbains (l'énergie, l'eau et l'assainissement et les transports) (Carassus, 2003 ; Llorente et Vilmin, 2011). Et ceci d'autant plus que ce découpage sectoriel et séquentiel se révèle non adapté pour répondre aux besoins des usagers (Llorente et Vilmin, 2011 ; Souami, 2017).

Cette fragmentation et inefficacité sociotechnique sont également révélées par les déséquilibres financiers que connaissent ces secteurs (Souami, 2017). Le secteur de l'aménagement peine à aboutir à un équilibre financier à cause des coûts importants du foncier et de l'importance des projets de rénovation (Baraud-Serfaty et Rio, 2016 ; Souami, 2017). De plus, les bilans financiers, réalisés pendant les phases amont dans le cas des ZAC, n'intègrent pas les coûts d'exploitation des projets, ce qui accentue la séparation entre les dépenses d'investissement et d'exploitation de l'existant[47] (Baraud-Serfaty et Rio, 2016). Le secteur de la construction est mis en difficulté à cause de l'importance des charges foncières et des exigences programmatiques (mixité sociale, animation des quartiers, etc.). Se rajoute à toutes ces contraintes, les exigences environnementales et énergétiques sur les matériaux de construction (Souami, 2017). Enfin, le secteur des services urbains est également confronté à une crise due à son modèle économique basé sur une augmentation des consommations et sur une extension croissante des réseaux. Les questions énergétiques et environnementales, qui promeuvent la réduction des consommations, requestionnent ainsi profondément ce modèle technico-économique de développement des réseaux (Coutard et Rutherford, 2009).

Beaucoup de travaux ont abordé l'évolution du secteur du bâtiment et ses acteurs face aux questions de durabilité (Amarillo, 2013 ; Deshayes, 2012 ; Villot, Gondran et Laforest, 2011, 2015) et plus récemment face aux enjeux énergétiques (Crépon et Charrue, 2018 ; Gournet et Beslay,

[47] D'après I. Baraud-Serfaty et et N. Rio « Le bilan d'une ZAC se limite à trouver un équilibre entre les dépenses d'aménagement et les produits liés aux charges foncières de manière à ajuster la programmation du site. Mais ce bilan n'intègre pas les coûts d'exploitation : la temporalité de l'équilibre financier correspond, par conséquent, à la durée de l'aménagement » (Baraud-Serfaty et Rio, 2016, p. 53).

2015 ; Molina, Musy et Lefranc, 2018) et numériques (Baraud-Serfaty, 2017 ; Beddiar, Grellier et Woods, 2019). Cette montée des préoccupations de durabilité a notamment mis la lumière sur une nouvelle phase qui se rajoute aux trois phases classiques du projet urbain (la programmation, la conception et la réalisation) qui est la phase aval d'exploitation[48] (Baraud-Serfaty et Rougé, 2020 ; Mallet et Zanetti, 2015). Plusieurs praticiens et chercheurs affirment ainsi que la valeur immobilière ne réside aujourd'hui plus dans la production urbaine mais dans l'exploitation des projets. La phase d'exploitation des projets constituerait donc un nouveau chainon de valeur qui intéresse fortement les acteurs (Baraud-Serfaty et Rio, 2016). L'échelle du projet urbain cristallise ces évolutions des manières de faire et aiguise l'importance des enjeux d'exploitation et de gestion des projets et ceci pour diverses raisons : la première est l'évolution de la manière de faire des promoteurs qui s'élargit de l'échelle du bâtiment à celle du quartier (Taburet, 2014). La seconde est la forte mutualisation des espaces (toitures et locaux partagés), des infrastructures (systèmes énergétiques et de mobilité) et des services entre les différentes fonctions, ce qui pose directement des sujets de gestion et d'exploitation. Troisièmement, les questions énergétiques incitent de plus en plus à un engagement de résultat, ce qui interroge la responsabilité des acteurs. En effet, comme on l'a vu dans la partie précédente, les retours d'expériences négatives pendant l'exploitation des quartiers durables ont accentué l'attention portée sur la qualité des services rendus. Enfin, la dernière évolution concerne le constat réalisé aujourd'hui d'une servicialisation progressive de l'économie, où les services fournis seraient plus importants que les artefacts urbains produits (Baraud-Serfaty et Rougé, 2020). En effet, certains travaux décrivent aujourd'hui l'importance accordée à la qualité de vie à l'échelle du quartier et à son animation qui pèse parfois au-delà même de la qualité des constructions (Meunier, Redoutey et Zetlaoui-Leger, 2018 ; Rio, Josso et Gréco, 2019). L'échelle du projet urbain apparaît ce faisant comme très pertinente pour l'intégration des enjeux d'usage et d'exploitation des services proposés dès l'amont de la conception.

b) Une évolution constatée des promoteurs et des grandes entreprises de services urbains vers des fonctions d'intégration

Plusieurs travaux se sont également intéressés à l'évolution du rôle et des stratégies des promoteurs, d'abord pour intervenir à l'échelle de l'aménagement urbain pour traiter des questions de durabilité (Citron, 2016 ; Coulondre, 2017 ; Pollard, 2018 ; Taburet, 2014), puis plus récemment pour aborder des sujets de services énergétiques et urbains. Cette littérature a montré l'évolution du statut de ces acteurs qui passe d'exécutants de la commande publique à celui de partenaires des collectivités (c'est le cas des grands promoteurs) (Citron, 2016). En effet, si les projets urbains ont été initialement portés par les collectivités, on constate de plus en plus une évolution vers des partenariats publics privés, avec même des projets de quartiers durables confiés intégralement à des opérateurs privés (Taburet, 2014). Plusieurs chercheurs expliquent que ce phénomène s'inscrit notamment dans la continuité du développement des contrats de PPP et du succès des formules d'« ensembliers » porté par les grandes entreprises de construction et de services, analysé

[48] Comprise ici comme la phase de gestion et d'usage des artefacts urbains.

notamment par D. Lorrain, (1992, 1995, 2002) (Biau, 2018, 2020 ; Campagnac, 2006). D'après E. Campagnac, « La composante « exploitation / maintenance/ service à l'utilisateur final » devient, en effet, une composante clé de l'offre des opérateurs privés ; elle vient s'ajouter à la composante « service au client maître d'ouvrage » en amont du processus de conception-réalisation. » (Campagnac, 2006, p. 17).

A. Taburet explique de son côté comment l'avènement des questions de durabilité a été saisi comme une opportunité par les promoteurs pour opérer un saut de la performance énergétique à l'échelle du bâtiment à l'organisation de l'alimentation énergétique à l'échelle du quartier (Taburet, 2014). Au-delà des questions de durabilité, les promoteurs se positionnent ainsi de plus en plus sur les questions d'exploitation et de la fourniture de nouveaux services (entre autre énergétiques) à l'échelle des projets urbains (Baraud-Serfaty et Rio, 2016 ; Peynichou, 2020). L. Peynichou montre, à ce sujet, comment le promoteur Bouygues immobilier tente de se positionner comme un ensemblier de la fabrication urbaine et énergétique à l'échelle des quartiers à travers ses différentes filiales (Peynichou, 2020). Cependant, la dominance des promoteurs, dans la fabrique urbaine, pose aujourd'hui la question de la diversité des productions urbaines en étant notamment soumises à des impératifs de forte rentabilité économique (Citron, 2016). Dans le cadre des PPP par exemple, plusieurs travaux pointent la dominance des trois majors du BTP (Vinci, Bouygues, et Eiffage) dans le portage des plus gros contrats de PPP. Ces acteurs répondent également souvent avec leurs filières de maintenance et d'exploitation des bâtiments, la plupart des *facility manager* créées étant notamment des *spin-off* de grands groupes[49] (Campagnac et Deffontaines, 2013, p. 58). En effet, au-delà de la construction et de la promotion, ces acteurs développent également leurs filiales d'exploitation. Enfin, P. Citron (2016) met, quant à lui, en garde contre une approche court-termiste que peut engendrer la montée de ces acteurs au détriment de l'intérêt des usagers.

D'un autre côté, en s'intéressant aux entreprises de services urbains, D. Lorrain décrivait déjà en 2002 « l'idée d'une transformation matérielle de la ville qui fait plus de place aux réseaux techniques et aux infrastructures et qui porte le développement des exploitants et des industriels » (Lorrain, 2002, p. 7). T. Souami (2017) affirme que ces acteurs sont à même de prendre une position de plus en plus stratégique dans l'aménagement. Ces évolutions s'expliquent essentiellement par trois facteurs : ces entreprises maîtrisent les systèmes techniques complexes ; elles sont centrales pour la recherche de mutualisation de flux et d'énergie ainsi que des interdépendances socioéconomiques et, enfin, elles ont les capacités financières pour réaliser des investissements lourds. « Chez les responsables des territoires, les ESU [entreprises de services urbains] seraient désormais les seules à posséder les capacités nécessaires pour organiser les investissements dans des systèmes territoriaux devenus plus complexes, soumis à des exigences de durabilité, de sobriété environnementale et d'économies » (Souami, 2017, p. 51). Ces entreprises, en proposant des solutions complètes intégrant conception, réalisation, exploitation et usage,

[49] En effet plusieurs recherches montrent qu'il y a très peu de mise en concurrence par le dialogue compétitif, ce qui était pourtant espéré par la réalisation de contrats de PPP.

pourraient même arriver à concurrencer les promoteurs dans la fabrique urbaine. La remontée de ces acteurs dans la chaine de l'aménagement est très intéressante car cela permettrait d'orienter fortement l'intégration des sujets d'exploitation des systèmes énergétiques très en amont de la conception urbaine. Ceci étant, il faut noter que si l'évolution de quelques-unes de ces entreprises est constatée, il s'agit essentiellement de grands acteurs intervenants sur des opérations souvent démonstratives et à des échelles souvent restreintes (quartiers, smart grid). T. Souami note également que ces acteurs, n'appartenant pas au champ culturel de l'aménagement, échoueraient à répondre aux attentes de la fabrique urbaine que sont la valorisation des espaces aménagés et le développement économique des territoires (Souami, 2017).

c) L'émergence des concepts de la ville servicielle et de l'économie de la fonctionnalité

Toujours dans l'optique d'une prise en compte de la gestion et de l'usage des artefacts urbains construits, certains chercheurs proposent la notion d' « économie de la fonctionnalité » pour répondre aux impératifs de durabilité (du Tertre, 2010, 2013 ; du Tertre, Lauriol et Gaglio, 2011). D. Bourg et N. Guclet définissent cette notion comme « la substitution de la vente de l'usage d'un bien à la vente du bien lui-même. » (Bourg et Buclet, 2005). Raisonner en termes d'économie de la fonctionnalité inciterait ainsi les entreprises à s'impliquer de plus en plus sur les usages énergétiques qui tendent à avoir plus de valeur que la vente de l'énergie en elle-même.

D'autre part, certains travaux d'économistes de la construction et du bâtiment ont mis en avant l'importance de la notion de « service » au-delà d'une production simple du bâti (Carassus, 2003 ; Carassus et Bougrain, 2003). C'est dans le prolongement de ces réflexions que certains chercheurs expliquent la nécessité d'un nouveau modèle de production de l'espace appelé « la conception servicielle ». T. Souami (2017) le définit comme un « modèle de conception partant des usages pour élaborer, réaliser et exploiter les espaces qui font la ville » (p.15). L'enjeu est ainsi de partir des usages pour concevoir les artefacts urbains. En ce sens, M. Fenker met l'accent sur l'importance de penser la relation entre les usagers et leur représentation des espaces de travail dans la conception des espaces urbains (Fenker, 2017, 2020).

Diverses recherches décrivent ainsi l'émergence d'une ville « servicielle » qui s'inscrirait dans l'objectif de répondre aux nouveaux usages dans la ville. En effet, l'évolution aujourd'hui de l'usager consommateur vers l'usager producteur, que ce soit dans le domaine de l'énergie, de la mobilité (covoiturage) ou encore de l'immobilier (Airbnb), engendre la création de nouveaux besoins. La révolution numérique accentue ces évolutions vers des logiques de services et d'usages. En effet, les plateformes numériques deviennent très importantes notamment pour ajuster l'offre et la demande (Baraud-Serfaty, Fourchy et Rio, 2017, p. 135) et aident, par conséquent, à élargir le champ d'intervention des acteurs à plusieurs secteurs.

> « Le constat de l'émergence d'une ville « servicielle », de plus en plus conçue en fonction des usages et dans une logique de production de services, n'est pas nouveau. Il correspond d'ailleurs au basculement opéré dans le monde des entreprises d'une approche centrée sur

> l'offre à une approche centrée sur les usages. Mais la révolution numérique lui fait franchir un pas supplémentaire, à la fois en faisant de l'habitant-usager-consommateur un producteur de services urbains et en permettant un hyper-ciblage qui permet une connaissance de la demande fine et instantanée. » (Baraud-Serfaty, Fourchy et Rio, 2017, p. 132).

La ville servicielle conçue de plus en plus en fonction des usages, permettrait donc de proposer des services de plus en plus efficients aux consommateurs. Ces évolutions dans la fabrique urbaine ont été beaucoup traitées dans les travaux de la prospectiviste généraliste I. Baraud-Serfaty. Au-delà du secteur de l'aménagement et de l'énergie, l'auteure parle notamment d'une hybridation en cours entre divers secteurs urbains (l'immobilier, l'aménagement, l'énergie, le numérique, la mobilité) pour réaliser diverses synergies (Baraud-Serfaty et Jacquot, 2016 ; Baraud-Serfaty et Rio, 2016). La production d'énergie ou encore l'intégration de systèmes de domotique de suivi des consommations énergétiques à l'échelle des bâtiments, constituent par exemple autant de synergies entre les secteurs de l'immobilier, de l'énergie et du numérique. À l'échelle des quartiers par exemple, l'agrégateur est représenté par le gestionnaire énergétique qui tend à intégrer de plus en plus de services : mobilité, déchets, etc.

> « ces plates-formes [numériques] ont désormais la capacité d'élargir leur champ d'intervention : jusqu'à présent, les agrégateurs étaient unidirectionnels et très sectoriels ; désormais, ils peuvent également agréger les offres émanant de la multitude (par exemple une offre de partage de son véhicule) et combiner des offres relevant de plusieurs secteurs (par exemple une offre de logement couplée avec une offre de mobilité). Il y a de plus un effet boule de neige : plus la plate-forme interagit, plus elle crée de la valeur et devient indispensable pour les utilisateurs. » (Baraud-Serfaty, Fourchy et Rio, 2017, p. 138).

La mobilisation de ces travaux va nous aider à comprendre l'évolution des professionnels de l'urbain ainsi que leur organisation suite à l'intégration des questions de durabilité et des enjeux d'exploitation, et ceci d'autant plus que la phase d'exploitation des projets est considérée aujourd'hui comme un nouveau chainon de valeur de l'aménagement. Pour résumer, peu de travaux se sont intéressés à l'intégration des enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques dès l'amont des projets urbains ; et encore moins de travaux se sont intéressés aux effets de l'intégration de ces enjeux sur le processus de conception énergétique et spatiale et c'est là l'objet de cette recherche. Nous allons ainsi mobiliser, dans cette recherche, aussi bien les travaux sur la conception énergétique des projets et ceux traitant de la montée des préoccupations d'exploitation dans les phases amont pour aborder notre objet de recherche. Plus précisément, nous allons interroger de quelle manière les préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques impactent la conception du projet urbain. Quels apprentissages et quelle évolution des compétences des acteurs ? Avant d'aller plus loin, réalisons toutefois une définition stabilisée des sujets, à savoir ce que nous entendons par préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques.

1.4.4 Définition des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques

Dans le dictionnaire Larousse, l'exploitation désigne l'« Action de mettre en valeur quelque chose en vue d'en tirer un profit : L'exploitation d'un sol, d'un cinéma. »[50]. Le concept de l'exploitation n'est pas très développé dans la littérature scientifique abordant l'urbain et sa production. Il l'est davantage dans le domaine du bâtiment et se réfère notamment à l'entretien et à la maintenance des ouvrages. L'exploitation est définie comme l'ensemble des actions permettant d'assurer un service donné (Carassus et Bougrain, 2003 ; Certu et al, 2014 ; EPAURIF, et al , 2019). Ces activités sont orientées fortement par une logique de réduction des coûts d'exploitation des projets. Au-delà de cette définition, ce sont les missions d'exploitation des bâtiments qui sont souvent citées, elles peuvent ainsi concerner : la réalisation d'audits, le suivi de consommation des énergies et fluides, la maîtrise des coûts d'exploitation, l'organisation de l'espace de travail, le déploiement de plates-formes techniques (GTC[51], GMAO[52], SIG) et enfin, la conduite de divers contrats comme le nettoyage, la sécurité, la maintenance technique, etc. Pour caractériser les activités d'exploitation, la littérature grise aborde le terme de « qualité » des services proposés, sachant que la notion de qualité est une construction sociale qui « s'élabore et se perçoit collectivement » (Biau, 2020, p. 119).

En nous intéressant au terme de gestion, nous trouvons plus de choses. D'après V. Boussard (2008), les formes sociales du « logo gestionnaire » s'articulent autour de trois principes : la maîtrise, la performance et la rationalité. En effet, la direction des comportements humains n'est plus pensée en termes de contrôle social ou de surveillance mais en termes de gestion. En appliquant ce terme à l'espace, cela concerte plusieurs activités comme la propreté, la sécurité, la fluidité et l'ambiance des sites et espaces urbains (Arab et al., 2020). Les activités de gestion peuvent être visibles comme les activités de nettoyage ou invisibles aux usagers à l'exemple des activités de sécurité qui s'appuient sur des appareils de vidéos surveillances. Ces activités échappent de ce fait, dans certains cas, à la conscience des destinataires de ces services. D'après certains travaux, les activités de gestion contribuent même à la constitution des espaces en leur rajoutant une valeur symbolique. Par exemple, la gestion de certains quartiers peut augmenter leur attractivité ainsi que la valeur immobilière des bâtiments. « Les gestionnaires doivent opérer une sorte de « magie sociale » (selon l'expression de Pierre Bourdieu, 1975) visant à accroître la valeur économique et symbolique des immeubles. » (Arab et al., 2020).

Nous avons choisi d'employer, dans cette recherche, le terme exploitation plutôt que gestion car le terme d'exploitation est beaucoup plus retreint que celui de gestion qui désigne en même temps les activités de coordination des projets et celle des destinataires des artefacts produits (Fenker, 2017). Nous définissons l'exploitation, dans cette recherche, comme toutes les activités nécessaires pour assurer des services, énergétiques. Ces activités sont guidées par des principes de maîtrise, de

[50] Source : https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/exploitation/32280
[51] La Gestion Technique Centralisée.
[52] La Gestion de maintenance assistée par ordinateur (Computerized maintenance management system).

performance et de rationalité des actions réalisées. Dans le cas de l'exploitation des systèmes énergétiques, ces activités peuvent relever de : la réalisation d'audits, la gestion des flux d'énergies et fluides, la maîtrise des coûts d'exploitation, l'organisation de l'espace de travail, le déploiement de plates-formes techniques (monitoring énergétique) et enfin, le suivi de divers contrats. Nous considérons que ces activités comprennent également les actions de maintenance des systèmes intégrés que ce soit la maintenance préventive (entretien courant) ou corrective (grosses réparations) (Certu et Dguhc, 2014)[53]. Mis à part certaines actions visibles comme le nettoyage de panneaux solaires, l'acheminent de la biomasse, etc., ces activités sont pour la plupart invisibles au sein des projets car elles sont réalisées dans des locaux techniques et se révèlent aux destinataires et usagers qu'en cas de défaillances (partie 1.1). En effet, ce n'est qu'après les défaillances que s'ouvre la boite noire de constitution des objets sociotechniques (Callon, 2006 ; Latour, 1996a). Les activités d'exploitation sont considérées comme des activités continues de services contrairement aux activités de construction qui sont, quant à elles, des activités discontinues de production (Carassus et Bougrain, 2003). Elles représentent, au-delà des enjeux économiques de réduction des coûts d'exploitation, des enjeux sociotechniques et de durabilité des projets.

Au-delà de la définition des activités d'exploitation, l'enjeu est d'analyser leur prise en compte en phase de conception. Le constat réalisé, dans cette enquête, est que l'exploitation n'est pas mobilisée ou convoquée en phase de conception, par les acteurs de l'aménagement, comme une catégorie identifiée ou une pratique claire ou encore l'objet d'actes juridiques ou techniques précis. La recherche doctorale a consisté donc à identifier, dans les processus d'aménagement, les manifestations d'idées, de questions, de choix et de décisions qui pourraient relever de l'exploitation telle que définie théoriquement ici. Par exemple, il n'était pas question immédiatement et formellement de mobiliser, dans notre analyse, un expert de l'exploitation ou un contrat d'exploitation, car les différents enjeux d'exploitation se manifestent de manière moins formalisée et pas toujours explicite. Le défi dans cette recherche doctorale a consisté donc à trouver un procédé scientifique permettant de rendre compte de cette émergence de l'exploitation dans la conception à travers différentes manifestations. Les processus sociaux observés et l'attention portée aux acteurs, qui introduisent des renvois explicites ou implicites de l'exploitation, ont conduit à utiliser deux procédés scientifiques :

- Forger la catégorie intermédiaire de « préoccupations » : intermédiaire car elle désigne bien un ensemble d'enjeux, de questions et de pistes de réponses à des problèmes auxquels sont confrontés les acteurs observés, sans que cet ensemble ne soit formalisé comme tel. Il s'agit d'une catégorie intermédiaire entre l'inquiétude face aux problèmes et la solution formalisée à ces problèmes. Les préoccupations visées ici faisant échos à l'exploitation comme définie au début de cette partie. Par conséquent, elles disent des intentions encore partielles ou partiellement formalisées allant dans le sens de la définition de l'exploitation (assurer un service, dans la durée, l'organiser socialement, financièrement et juridiquement …).

- Ordonner les manifestations de ces « préoccupations » dans des indicateurs ou des types d'indicateurs permettant à la fois de donner corps à ces « choses » intermédiaires que sont les préoccupations et surtout les ordonner dans un paysage lisible et analysable car ils peuvent être nombreux, foisonnant et prendre des formes multiples.

Ainsi, par ces deux procédés méthodologiques, la recherche doctorale pouvait avancer dans l'exploration de l'hypothèse principale sur les effets de cette exploitation émergente sous forme de préoccupations dans la conception. Plusieurs préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques ont été abordées par nos interlocuteurs lors de la réalisation de notre enquête empirique, nous en distinguons cinq qui sont revenus de manière récurrente : la performance des systèmes installés, la facture énergétique des usagers (bailleurs/habitants), les contrats d'exploitation des systèmes énergétiques, les pratiques énergétiques des usagers et l'aménagement des locaux techniques. Nous considérons ainsi ces thématiques comme des indices relevant des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques. Identifier ces indices, dans cette recherche, ne signifie absolument pas de réaliser une évaluation de l'activité des acteurs ou encore de développer une approche normative des actions à mener pour aborder l'exploitation. L'enjeu est d'identifier des indicateurs qui nous permettent, dans la suite de notre exposé, de saisir les moments et les scènes de négociation des préoccupations d'exploitation des SE par les acteurs. À quels moments des projets ces enjeux émergent ? Par qui ces enjeux sont-ils portés ? Pourquoi ? À travers quels supports/outils sont-ils négociés ? Quels sont les effets sur les choix de conception ? Avant d'aller plus loin, attardons-nous donc sur ces cinq indices d'intégration des préoccupations d'exploitation en amont des projets :

- **La performance des systèmes installés** : réfléchir aux conditions d'exploitation énergétique des projets amène ainsi les acteurs à s'interroger sur trois enjeux pour éviter des pannes pendant leur usage : les caractéristiques des objets techniques, leurs dimensionnements et réglages, et l'entretien en exploitation. En effet, les caractéristiques des objets déterminent fortement leur exploitation en engendrant des défaillances techniques, en nécessitant diverses actions de maintenances préventives et correctives, ce qui impacte par conséquent l'activité des professionnels. Au-delà de leurs caractéristiques intrinsèques, le bon dimensionnement de ces systèmes est un point important car le surdimensionnement ou le sous-dimensionnement peuvent entrainer des défaillances techniques et des coûts considérables en exploitation. Enfin, la mise en fonctionnement et le réglage précis de ces systèmes sur chantier, activité appelée commissioning, sont des activités qui préoccupent les opérationnels, les écarts de réglages pouvant engendrer de l'inconfort thermique pour les usagers ou encore des défaillances des systèmes. Nous considérons ainsi les objets techniques, dans ce travail, comme des actants (Akrich, Callon et Latour, 2006) qui jouent un rôle important dans l'activité d'exploitation des projets durables.

- **La facture énergétique des usagers (bailleurs/habitants)** : la maîtrise de l'exploitation revient notamment à la maîtrise des coûts de cette activité dans les projets et plus précisément à porter une attention particulière à la facture énergétique des usagers (habitants ou bailleurs). La facture énergétique, composée d'une part variable relative aux consommations énergétiques et d'une part fixe relative à l'abonnement (intégrant les charges d'exploitation, les travaux d'entretien et de renouvellement et le remboursement des installations), est ainsi un élément important pour appréhender les charges d'exploitation des projets. Pour prendre en considération ces coûts (donc la maîtrise de la facture globale), certains acteurs tentent par exemple de porter une réflexion en coût global des systèmes intégrés, une démarche impliquant de prendre en considération les coûts de fonctionnement, en plus des coûts d'investissements, dans la réalisation des bilans financiers des projets (voir partie 2.3.2).

- **La contractualisation des systèmes énergétiques** : la structure des contrats de gestion des systèmes énergétiques influence directement les conditions d'exploitation de ces objets. La gestion dépend, dans un premier temps, du contenu des contrats (le type d'objets techniques intégrés). Par exemple, l'exploitation d'un parc de panneaux solaires ou l'exploitation d'un réseau de chaleur ne vont pas poser les mêmes enjeux. Dans un second temps, elle dépend de la portée des contrats. C'est-à-dire, les étapes sur lesquelles intervient et contractualise l'exploitant, que ce soit en conception/réalisation, en marché global, en marché de partenariat ou en marché classique suivant la loi MOP. En effet, selon le type d'intervention des exploitants en amont ou en aval, cela impacte fortement la gestion des systèmes. Enfin, ces contrats peuvent également porter des obligations de résultats ou de moyens, ce qui oriente la gestion des systèmes techniques (voir partie 2.3.2).

- **Les pratiques énergétiques des usagers** : penser l'exploitation pose également pour les acteurs la nécessité de réfléchir aux pratiques énergétiques des usagers. Cette dimension d'usage est importante car les pratiques énergétiques des usagers déterminent la facture d'énergie de ces derniers ainsi que l'atteinte des objectifs en terme d'EnR. Cette dimension d'usage peut être appréhendée par les acteurs selon divers moyens : l'intégration des habitants à la conception énergétique, la réalisation d'actions de sensibilisation de ces derniers, la rédaction de guides à destination des occupants concernant les économies d'énergie, etc. (voir partie 2.3.1).

- **L'aménagement des locaux techniques** : la taille et la localisation des locaux techniques sont également des préoccupations concernant l'exploitation des systèmes énergétiques. L'intégration des objets techniques s'accompagne de nombreuses normes d'exploitation : accessibilité, hauteur et surface des locaux, isolation sonore, etc., ce qui pose la question des stratégies de leur intégration technico-spatiale. Cette question se pose notamment dans le cas des projets urbains en milieux denses et déjà soumis à diverses contraintes foncières, techniques et économiques. L'intégration des objets techniques et leurs impératifs d'usages

associés, dans la spatialité des projets, amène ainsi de nouvelles contraintes dans l'activité de conception spatiale.

Finalement, pour résumer ces indicateurs, nous pouvons dire que réfléchir à l'exploitation de ces systèmes en phase de conception conduit à réfléchir à cinq dimensions en même temps :

- Une dimension technique : type des systèmes et performance, dimensionnement, réglages, réparations, mise en conformité et commissioning sur chantier ;
- Une dimension juridique : gouvernance et contractualisation, propriété juridique des systèmes, garantie de moyens ou de résultats de la performance énergétique ;
- Une dimension économique : coût global de l'infrastructure, facture énergétique des usagers ;
- Une dimension d'usage : intégration des habitants à la conception, sensibilisation des habitants, qualité du service énergétique ;
- Une dimension spatiale : emprise spatiale, taille des locaux techniques, accessibilité, normes, etc.

En somme, l'objectif est d'explorer l'intégration de ces dimensions d'exploitation des systèmes énergétiques dans les cas d'études analysés dans le cadre de cette thèse. En outre, l'intégration des questions énergétiques, et plus récemment des préoccupations d'exploitation, exercent une pression de plus en plus importante sur l'activité de conception en introduisant de nouvelles préoccupations à prendre en considération. L'avènement de ces enjeux questionne notamment l'organisation de la conception vers plus de coordination entre les différents acteurs (Biau et Tapie, 2009 ; Debizet et Henry, 2009). La partie suivante présente ainsi les travaux qui ont analysé l'organisation du projet face à l'avènement des enjeux de durabilité et d'exploitation.

1.5 Crise de l'organisation de projet face à l'avènement des enjeux énergétiques et d'exploitation

Au-delà de réinterroger l'évolution des savoirs et savoir-faire de la production de la ville durable, l'avènement des questions énergétiques et des préoccupations d'exploitation des artefacts conçus interrogent également la coordination des acteurs ainsi que l'organisation « traditionnelle » de la production urbaine. En effet, la production urbaine suit un modèle linéaire et hiérarchique d'organisation, ce qui accentue la fragmentation entre les activités de conception, de réalisation et d'exploitation des projets. Pourtant, si ce schéma est fortement critiqué depuis plusieurs années et que d'autres modèles d'organisation sont proposés, il reste largement dominant dans la fabrique urbaine. L'enjeu dans cette recherche est notamment d'interroger si l'intégration des préoccupations d'exploitation incite vers une meilleure coordination entre les acteurs et notamment entre les architectes et les ingénieurs, des acteurs fortement concernés par l'avènement des enjeux énergétiques et d'exploitation (Henry et Puybaraud, 2009 ; Tribout, 2017).

d) Critique du modèle linaire et hiérarchique de production urbaine

Avant de s'intéresser à l'organisation de la production urbaine, rappelons que l'activité de construction en France est découpée en trois phases : la programmation qui correspond à la rédaction de la commande par la maîtrise d'ouvrage ; la conception qui représente la réponse à cette commande en associant la maîtrise d'œuvre spatiale et technique et les assistants à maîtrise d'ouvrage ; et la réalisation qui représente la construction matérielle des ouvrages conçus. J. Carassus (2003) rajoute à ces trois phases, celle de réception des ouvrages. L'auteur parle notamment de filières de production pour caractériser ce processus. Notons ainsi que l'exploitation constitue une activité à part entière non incluse dans ce processus.

Dans cette recherche, nous avons choisi de porter notre attention sur la phase conception des projets (avec une attention particulière portée sur la phase de conception), en l'interrogeant au prisme des préoccupations d'exploitation. Dans certains cas, nous serons également amenés à parler de phase amont des projets urbains que nous désignons ici comme la phase qui démarre de la décision politique d'engager le projet et qui s'arrête à la fin de la conception de l'exécution. Nous considérons, ce faisant, que la phase aval démarre du début de la phase chantier jusqu'à la mise en service et l'exploitation des artefacts urbains. L'usage du terme « phase » peut être critiquable car il est souvent associé au fonctionnement du schéma linéaire et séquentiel de la production urbaine (Arab, 2004). Nous faisons toutefois le choix d'employer ce dernier car il renvoie notamment à la logique diachronique du fonctionnement du projet urbain. De plus, ce terme n'indique pas forcément la linéarité du processus de conception car les acteurs de l'aval peuvent être intégrés en amont et *vice-versa*.

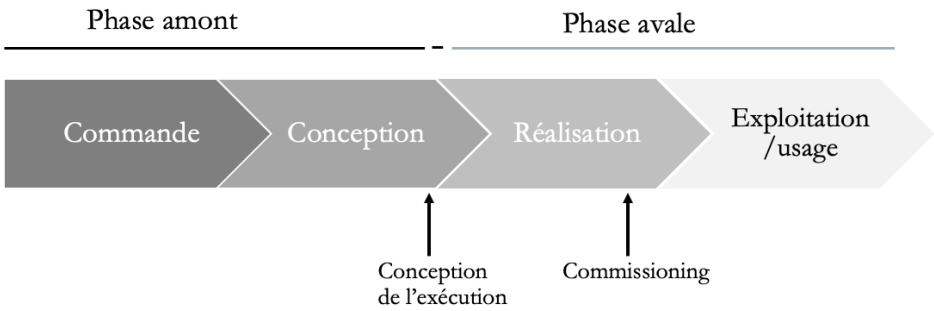

Figure 1. 4. Schéma désignant le processus de conception urbaine et le périmètre des phases amont et aval considérées dans cette recherche. Réalisation personnelle.

L'organisation de la construction des ouvrages publics est formalisée par la loi MOP (loi du 12 juillet 1985 sur la maîtrise d'ouvrage publique et ses rapports à la maîtrise d'œuvre privée). Progressivement, cette division formelle du travail s'est diffusée dans l'ensemble du secteur du bâtiment et même dans le secteur de l'aménagement urbain. Ce modèle de conception en distinguant trois figures d'acteurs : le maître d'ouvrage, mandataire du projet ; le maître d'œuvre, responsable de la conception ; et l'entreprise chargée de la réalisation des ouvrages[54], est décrit comme fragmenté et cloisonné et pose souvent des problèmes de coordination. Cette remise en cause, depuis plusieurs années maintenant, de ce modèle, décrit comme « linaire » et

[54] En effet, même si la loi MOP concerne les ouvrages publics, elle est également appliquée aux projets privés.

« hiérarchique », se traduit par une évolution des représentations des acteurs selon deux ordres : la première est la nécessité d'une logique d'intégration entre les différentes phases de la production urbaine (conception, réalisation, exploitation) et la seconde est l'idée selon laquelle cette intégration doit s'opérer dès les phases amont des projets (Arab, 2001).

> « On assiste ainsi à une remise en cause du modèle classique de production défini comme un système cloisonné, sectoriel, linéaire, hiérarchique et standardisé. Cette remise en cause, portée par le renouvellement des enjeux urbains et la recomposition du système d'acteurs, se traduit par une évolution des représentations attachées aux modes opératoires. Ces représentations sont structurées par deux axes majeurs. Le premier considère que l'action urbaine doit procéder de l'intégration de toutes les logiques qui participent à la fabrication, à la gestion et à l'usage de la ville. Le second consiste à penser que l'intégration de ces logiques doit s'opérer dès la phase de définition des actions. Cette représentation est partagée aussi bien par ceux qui se préoccupent de la légitimité que de la performance de l'action. En dernière analyse, cela signifie que dans le processus de production - conception, réalisation, gestion - c'est fondamentalement la phase d'élaboration des actions qui est interrogée » (Arab, 2001, p. 75).

Les questions énergétiques et environnementales ont renforcé « l'inadaptation du modèle séquentiel aux nouveaux défis qui s'offrent à la construction car elles requièrent une vision transversale et donc l'abandon d'une séquentialisation poussée des tâches » (Haller, 2019, p. 50). L'intégration des aspects énergétiques est considérée aujourd'hui comme partie intégrante de la qualité architecturale des projets (Lautier et Biau, 2009). En effet, si la prise en charge des enjeux énergétiques repose fortement sur les innovations technologiques, elle requière également diverses innovations institutionnelles, sociales et surtout organisationnelles (Deshayes, 2012 ; Forest et Hamdouch, 2015).

e) Le modèle de l'ingénierie concourante

La critique du modèle linéaire a invité à s'interroger sur d'autres modèles de coordination. Diverses recherches font ainsi le parallèle entre la nécessité d'une plus forte coordination des acteurs de la conception et de la construction et le développement d'un modèle concourant (Debizet et Henry, 2009). Le modèle de l'ingénierie concourante met ainsi l'accent sur la coordination des acteurs tout le long du processus de conception et de réalisation (Midler, 1998 ; Midler et Ben Mahmoud Jouini, 1996). C. Midler explique que le schéma concourant combine en même temps une coordination procédurale (forte relation inter-métiers, instruments de coordination favorisant le dialogue, outils de validation des choix et d'évaluation) et une coordination par les objectifs de résultats dans les projets (avec notamment un recours important à la contractualisation). Ce processus est notamment caractérisé par une irréversibilité des choix réalisés au fur et à mesure de l'avancement du projet (Midler, 1998, 2002) :

> « Le modèle de la concourance rompt la linéarité et la séquentialité de la conception taylorienne en introduisant un dialogue et une négociation entre les différentes expertises tout au long du processus de conception. Le modèle linéaire ne permet pas de trouver les bons compromis car l'irréversibilité empêche les acteurs de l'aval de peser dans les choix. Dans l'ingénierie concourante, la coordination cherche à permettre l'expression de tous les points de vue très tôt. Son maître mot est l'anticipation. Elle tend à une conception en trois phases bien

> distinctes (Midler 1993) : une phase d'exploration des possibilités et des contraintes ; une phase de verrouillage, où l'ensemble des variables du projet sont gelées (cahier des charges, choix techniques produit et process, planning, ...) et une phase de passage à l'acte rapide ». (Midler, 1997, p. 7).

N. Arab synthétise ainsi trois apports des sciences de gestion au projet en urbanisme : l'irréversibilité du processus ; la dialectique connaissance/action et le phasage des enjeux et modes de pilotage (Arab, 2007b). Dans un premier temps, une situation de conception d'un projet industriel a un début et une fin, ce qui induit le fait que le projet suit une dynamique irréversible de convergence vers un objectif défini au départ. Cette irréversibilité place ainsi le projet dans un espace-temps paradoxal (Arab, 2018 ; Midler, 2002).

> « Cette irréversibilité structure un cadre d'action dans lequel l'avancement du projet industriel procède de l'articulation entre deux processus fondamentaux. D'une part, un processus d'exploration et d'acquisition d'informations et de savoirs qui permet d'accumuler des connaissances sur le projet et, d'autre part, un processus d'action (ou de décision) qui réduit l'étendue des marges de manœuvre au fur et à mesure que des choix sont opérés. Cela signifie que l'on passe d'une situation où l'on peut tout faire mais où l'on ne sait rien à une situation où l'on sait tout mais où il ne reste plus guère de degrés de liberté » (Arab, 2007a, p. 156).

Dans un second temps, la dialectique connaissance/action renvoie au fait qu'au départ du projet, la capacité d'action des acteurs est importante mais le niveau de connaissance sur ce dernier est faible, et plus la connaissance sur le projet augmente, plus les capacités d'actions se réduisent. Enfin, ce modèle concourant tend à la construction d'un processus en trois phases distinctes : une phase d'exploration large des possibles ; une phase de verrouillage qui va geler les choix du projet et, enfin, une phase de réalisation rapide du projet (Midler, 2002). Ce modèle permet ainsi de s'adapter plus fortement aux caractéristiques de la conception intégrant divers acteurs avec des finalités et des objectifs différents. Ce modèle s'appuie notamment sur divers instruments de conception à l'exemple des objets intermédiaires pour la construction de compromis et la facilitation de la communication inter-métiers (Jeantet, 1998 ; Vinck, 2009)[55].

Enfin, G. Debizet et E. Henry expliquent, de leur côté, que l'objectif de la conception concourante est « d'aboutir au projet le plus cohérent possible, intégrant au mieux contraintes, ressources et points de vue de tous les acteurs en tenant compte de l'économie de l'ouvrage et des besoins pressentis des utilisateurs » (Debizet et Henry, 2009, p. 147). Cependant, ce modèle n'a jamais pu se généraliser dans ce secteur (malgré le succès des expérimentations) alors qu'il est devenu une règle dans l'industrie (Midler, 2002 ; Midler et Ben Mahmoud Jouini, 1996). En effet, même si ce dernier est source d'économies financières, il alourdit et allonge fortement le processus de conception face à la multiplication des acteurs intervenants. Face à ce constat, G. Debizet et E. Henry (2009) proposent ainsi un autre modèle, appelé « séquentiel-concourant », en référence au management de la qualité et du management environnemental. Ce dernier se base sur : l'exploration collective et la co-conception entre les acteurs, la recherche de compromis et la

[55] N. Arab résume ainsi que la mobilisation des approches des sciences de gestion et le modèle de l'ingénierie concourante permet de considérer le projet comme « 1/ une activité de conception collective qui 2/ repose sur une logique d'anticipation, 3/ suppose une structuration contingente de l'action mais fondée sur une logique de coopération et de négociation sur la définition des finalités… » (Arab, 2001, p. 69).

construction d'outils de pilotages visant l'efficacité et la qualité. Ce modèle garderait ainsi une distribution successive des tâches mais tendrait à insuffler plus de collaboration en proposant « un pilotage en duo : maître d'ouvrage et architecte à l'amont du processus de conception puis architecte et OPC ou entreprise générale à l'aval » (Debizet et Henry, 2009, p. 12).

En somme, l'objectif escompté par la mobilisation de ces travaux est d'interroger l'organisation du processus de conception énergétique et spatiale suite à l'intégration des enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques. Précisons toutefois qu'il ne s'agit en aucun cas de réaliser une évaluation de ce processus et encore moins de porter une comparaison avec le modèle industriel, mais l'enjeu est plutôt de retenir une grille de lecture de l'organisation de la conception urbaine.

2 Hypothèses de recherche

Pour aborder notre objet de recherche présenté ci-dessus, portant sur les effets de l'intégration des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques sur l'activité de conception ainsi que les apprentissages des acteurs associés à ces enjeux, nous avons besoin d'un cadre d'analyse qui nous permettra de nuancer, vérifier ou amender nos observations théoriques à partir des cas empiriques. Cette section présente le cadre analytique de cette recherche structuré selon 4 hypothèses de recherche respectivement autour : des motivations des acteurs derrière la prise en charge des enjeux d'exploitation dans la fabrique urbaine ; les effets de cette prise en charge sur le contenu et l'organisation de la conception ; et, enfin, les apprentissages et l'évolution des compétences des acteurs autour de ces enjeux et leurs conséquences sur l'activité de conception.

f) Les motivations des acteurs pour porter les enjeux d'exploitation

Si les préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques sont mises en avant par les acteurs, on peut s'interroger sur les motivations de ces démarches. En effet, l'appropriation des enjeux par les opérateurs urbains ne va pas de soi et on peut questionner, par exemple, les motifs qui poussent un grand promoteur comme Bouygues Immobilier à s'intéresser à ces préoccupations. En outre, nous avons montré, plus haut, que ces pratiques émergent en réaction aux différents dysfonctionnements rencontrés pendant l'exploitation de divers projets immobiliers et urbains durables. Comment donc ce constat empirique et très spécifique est-il devenu un enjeu et un objectif affiché dans les projets aujourd'hui ? Quels enjeux opérationnels, économiques, communicationnels ou politiques pour les acteurs ? Nous supposons, de ce fait, que :

H1 : les acteurs portent diverses motivations dans les projets qui expliquent la prise en charge des enjeux d'exploitation au-delà des enjeux assurantiels.

- H1.1 les enjeux d'exploitation sont saisis par les opérateurs urbains pour des motivations de marketing urbain vert et de création de nouveaux marchés.

- H1.2 : l'intégration des enjeux d'exploitation est également poussée par les exploitants énergétiques pour s'introduire dans l'aménagement en développant de nouvelles offres de services.

g) Les effets de l'intégration des enjeux d'exploitation sur la conception

Les travaux sur la conception ont montré que cette activité est soumise à des impératifs importants de production, suivant notamment la triptyque qualité-coûts-délais. L'intégration des enjeux d'exploitation en phase amont des projets se réalise, entre autres d'après le discours des professionnels, dans l'objectif de réduire les défaillances en exploitation. Les notions de « qualité » et de « performance » des services énergétiques sont de plus en plus portées par les acteurs publics et privés, notamment face aux nombreuses plaintes des habitants des premiers projets durables. On peut s'interroger, ce faisant, sur les effets de l'intégration des préoccupations d'exploitation des objets de l'énergie sur les choix techniques de conception pour réduire les défaillances techniques en exploitation. Nous supposons donc que :

H2 : l'intégration des enjeux d'exploitation dans les projets réoriente les choix de conception vers la facilité de l'exploitation des systèmes énergétiques.

- H2.1 : les caractéristiques techniques des objets de l'énergie, que nous appelons également ici actants, jouent un rôle important dans l'orientation des choix réalisés par les acteurs.
- H2.2 : l'intégration des enjeux d'exploitation des SE serait une manière de réduire des incertitudes pesant sur la conception des objets sociotechniques.

D'autre part, notre troisième hypothèse porte sur l'organisation de la conception suite à l'intégration des enjeux d'exploitation. La littérature sur l'organisation de la conception a montré la nécessité de dépasser le modèle linéaire et hiérarchique existant dans la production urbaine aujourd'hui pour plus d'interactions entre les acteurs. L'avènement des questions énergétiques a requestionné la coordination entre les acteurs vers plus d'échanges et d'interactions pour maîtriser la complexité des projets et la diversité des thématiques à prendre en considération (gestion de l'eau, de l'énergie, performance des bâtiments, etc.). Cependant, plusieurs travaux montrent que si l'avènement des enjeux de durabilité a engendré de fortes interactions, notamment entre les architectes et les ingénieurs pendant les premiers projets durables, la conception a très vite repris son organisation séquentielle et hiérarchique après la réduction des incertitudes en matière de conception des projets (Haller, 2019 ; Henry et Puybaraud, 2009). L'avènement des enjeux d'exploitation des objets techniques réinterroge-il la relation entre les spécialistes des questions énergétiques et spatiales ?

H3 : l'intégration des objets techniques fait émerger de nouveaux enjeux (notamment d'exploitation) qui incitent vers plus d'échanges entre les acteurs de la conception énergétique et spatiale.

- H3.1 : l'intégration des objets techniques et de leurs enjeux d'exploitation associés rajoute des moments d'interaction et d'échange au sein de l'organisation du processus de conception urbaine.
- H3.2 : Cette intensité des relations entre les architectes et les ingénieurs s'impose d'autant plus dans des milieux urbains denses et contraints par le manque d'espace, ces objets venant créer des conflits d'usages.

h) L'apprentissage des acteurs et l'évolution de leurs modes d'action pendant la conception

Enfin, on peut s'interroger sur l'influence des apprentissages réalisés sur divers projets durables autour des objets de l'énergie sur l'activité de conception. Nous avons vu, dans les parties précédentes, que plusieurs recherches montrent la constitution de milieux professionnels en recomposition, constitués de réseaux de personnes, de projets démonstrateurs et de références au sein desquels se pose la question de l'accumulation des retours d'expériences et la constitution de nouveaux savoirs et savoir-faire. Quels sont les apprentissages et les enseignements accumulés au fil des projets durables? Quelle évolution des savoirs et savoir-faire des professionnels de l'urbain autour des enjeux d'exploitation ? Dans quelle mesure ces apprentissages impactent-ils la conception ? Notre quatrième hypothèse est :

H4 : l'intégration des enjeux d'exploitation des SE par les acteurs s'inscrit dans une dynamique d'apprentissage des acteurs concernant la conception, la réalisation et l'exploitation des systèmes énergétiques, des apprentissages qui sont des moteurs de la transformation de la conception.

- H4.1 : Les apprentissages contribuent à initier l'introduction de l'exploitation dans la conception, la mettre à l'agenda du programme de travail et même parfois à la modifier.
- H4.2. : L'apprentissage des acteurs interrogent l'évolution des modes d'action des acteurs ainsi que la répartition traditionnelle des fonctions avec des acteurs de l'aval qui interviennent de plus en plus en amont et des acteurs de l'amont qui se positionnent de plus en plus sur l'aval des projets.

3 Outils théoriques

Cette section présente les ressources théoriques et conceptuelles mobilisées pour répondre à nos questionnements de recherche. Nous allons dans un premier temps mobiliser la sociologie de l'acteur réseau (Akrich, Callon et Latour, 2006) pour analyser notre objet de recherche en prenant en considération les acteurs humains et les objets techniques participants au processus de conception. En effet, notre sujet portant sur les objets de l'énergie, la prise en compte de la dimension matérielle dans l'analyse est fondamentale pour appréhender l'intégration de l'exploitation au sein d'un réseau d'acteurs et d'actants intervenant dans la conception. La mobilisation du concept de cadrage-débordement va notamment nous aider à analyser l'évolution de ce processus au prisme de l'intégration des préoccupations d'exploitation. D'autre part, nous

avons mobilisé la littérature sur l'apprentissage organisationnel (Koenig, 2006 ; Nonaka, 1998) et inter-organisationnel (Knight, 2002 ; Verhage et al., 2012) pour appréhender le processus d'apprentissage et d'accumulation des connaissances par les acteurs dans le cadre de la réalisation d'une succession de projets durables. Ces travaux vont nous aider à proposer des schémas d'explications des apprentissages des acteurs. Un de nos objectifs dans cette recherche sera notamment d'interroger le rôle que jouent les objets de l'énergie dans ces processus d'apprentissage des acteurs. Le schéma suivant résume la construction de notre réflexion.

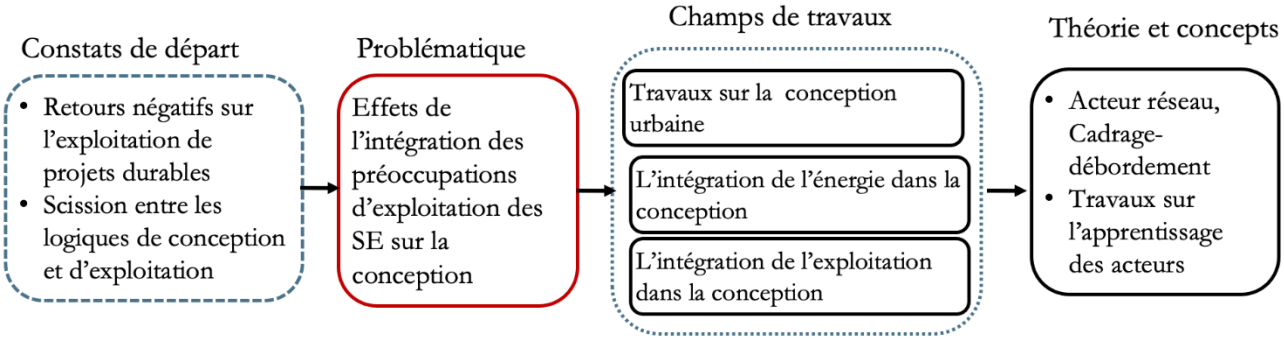

Figure 1. 5. Schéma résumant la démarche de la recherche. Réalisation personnelle.

3.1 Une approche sociotechnique pour appréhender la matérialité des objets de l'énergie

3.1.1 La sociologie de l'acteur réseau

L'ANT, ou sociologie de la traduction, a été créée en réaction à la sociologie traditionnelle, appelée « sociologie du social » qui étudie les associations. Les auteurs de cette approche (Akrich, Callon et Latour, 2006) affirment ainsi que les sciences sociales se contentent de décrire la société et les sciences naturelles se contentent de décrire et d'étudier la nature. L'objectif de l'ANT est ainsi d'éviter le réductionnisme sociologique ou technologique en étudiant les collectifs hybrides humains et nonhumains (Callon, 2006, p. 275). Bruno Latour affirme ainsi de manière virulente que « adherents of the [sociology of the social] have simply confused what they should explain with the explanation. They begin with society or other social aggregates, whereas one should end with them » (Latour, 2005, p. 8).

L'ANT a été créée au départ pour l'analyse des innovations techniques. Elle s'est notamment intéressée aux raisons de la réussite ou de l'échec de ces dernières (Callon, 2001). Elle propose d'analyser les systèmes techniques « en train de se faire » et fonde son analyse sur trois principes de méthode : une position d'« agnosticisme » où le chercheur ne doit pas avoir d'idées préconçues sur la constitution du social ; une symétrie généralisée dans la description de la nature et/ou de la

société et la « libre association » qui autorise les réseaux à lier des acteurs humains ou non humains appelés également « actants » (Callon, 1986)[56].

La théorie s'oppose aux analyses par niveaux micro ou macro ou toute autre forme de hiérarchie (distance géographique, spatialité) pour expliquer les phénomènes analysés et propose la notion de « réseau » pour analyser le social. "The notion of network allows us to dissolve the micro-macro-distinction that has plagued social theory from its inception"(Latour, 1996a, p. 5). Le social y est ainsi défini de manière « plate », composé d'un réseau d'acteurs et d'actants dont les relations évoluent dans le temps et dont l'action ne peut être comprise que par leur connexion au sein de tels réseaux. M. Callon explique : « Mais c'est dans le processus de conception, le développement et la diffusion d'un artefact avant la mise en boite noire que se dévoilent les ajustements et négociations entre actants humains et non humains. C'est donc la notion de réseau sociotechnique qui est placée au cœur de l'analyse. » (Callon, 2006, p. 271). L'auteur donne l'exemple de l'automobile pour expliquer ce positionnement :

> "Technology can be analyzed the same way as the scientific facts. Example of the automobile that function in a sociotechnical network that include roads, taxes, maintenance services, motorway operating companies, traffic rules. The network defines what is the driver (a driver choosing a destination) and what he can do. When the driver triggers the engine, he triggers a collective action. The entities comprising the network are called Actants: they silently and invisibly participate in the driver's action. We can say that the collective action has been black-boxed in a form of an artefact which is the automobile" (Callon, 2001, p.64).

Il s'agit ainsi de suivre les éléments du réseau à travers le nombre de connexions qu'ils entretiennent et d'analyser comment ils deviennent stratégiques, avec l'augmentation des connexions qu'ils contrôlent, et comment ils perdent de l'importance en perdant ses connexions. Les réseaux sont ainsi caractérisés par leur longueur, leur stabilité et degré d'hétérogénéité[57]. Pour expliquer l'émergence des objets sociotechniques, la sociologie de la traduction mobilise des concepts de « déplacement », « intéressement », « enrôlement » ou « porte-parole ». Elle identifie quatre étapes qui caractérisent ce processus, appelé également processus de traduction (Callon, 1986) :

- La problématisation : cela concerne la formulation d'un problème par les concepteurs et la définition des entités concernées,
- L'intéressement ou la construction des alliances, cela concerne la stabilisation du réseau d'acteurs imaginé pendant la problématisation et les déplacements que cela implique,

[56] Ce troisième principe de libre association a fait l'objet de diverses controverses que nous n'entendons pas développer car cela dépasse le cadre de notre recherche.
[57] L'ANT ne tente donc pas d'expliquer l'existence d'un réseau, mais elle s'intéresse davantage à la manière dont se forme, évolue ou se désagrège le réseau notamment selon un processus de traduction (Callon, 1986).

- L'enrôlement des acteurs, cela concerne la définition des rôles attribués aux acteurs du réseau. La mobilisation consiste à repérer des alliés ou des porte-paroles pour représenter le réseau sociotechnique[58],
- La mise en boite noire est le moment où les entités du réseau sociotechnique ne sont plus discutées ou remises en question. Ce qui revient à dire que l'objet conçu est achevé. Toutefois, la mise en boite noire n'est pas définitive. Tout questionnement peut engendrer une réouverture et relancer ainsi le processus de traduction.

L'un des principaux apports de l'ANT à l'analyse de la conception est l'analyse fine et contingente de ce processus d'émergence d'un système sociotechnique (Blok, 2013). Le second apport est la nécessité de prendre en compte la matérialité des artefacts urbains dans l'analyse de la conception urbaine. Elle montre ainsi que le processus de conception est un processus complexe et fragile qui nécessite l'alignement des éléments d'un projet sociotechnique et d'un monde social (la réponse de l'objet à une demande, performance de l'objet technique, représentativité des porte-paroles) (Blanchard, 2018). L'ANT est d'ailleurs de plus en plus mobilisée dans les travaux en urbanisme. Ces recherches ont porté sur les réseaux d'acteurs du bâtiment (Gournet et Beslay, 2015), les assemblages énergétiques dans l'architecture durable (Blok, 2013), la fabrication des quartiers durables (Tabourdeau et Debizet, 2017)[59], les communautés énergétiques (Aubert, 2020) ou encore l'analyse de la conception énergétique à l'échelle urbaine (Blanchard, 2017). Au-delà de la conception urbaine, de plus en plus de travaux prennent en considération les objets techniques dans le cadre des analyses de l'évolution de la fabrique et de la gestion urbaine (Ferchaud et al., 2020 ; Seguin et Barataud, 2021 ; Toussaint et Vareilles, 2019, 2020). F. Ferchaud, S. Jaglin, L. Kennedy et J. Robert (2020) réalisent par exemple une entrée par les dispositifs sociotechniques, définis comme des « combinaisons d'objets techniques, juridiques et cognitifs, toujours composites et conjoncturelles, saisies dans et par des jeux de pouvoir et d'intérêts situés » pour analyser les effets du numérique sur la production urbaine. Ils expliquent ainsi que cette méthode est pertinente, car ces objets ont le potentiel de modifier les modalités d'interaction des acteurs tout en constituant des outils et des ressources pour prendre en charge les difficultés rencontrées.

> « Une entrée par les outils s'avère particulièrement pertinente pour analyser les effets du numérique. Les technologies de l'information et de la communication ont le potentiel de modifier les modalités d'interaction entre individus, leurs conditions d'accès à de nombreux services comme leur rapport à l'espace, à la mobilité, au travail ... Elles fournissent aussi de nouvelles ressources pour résoudre des problèmes ou apporter des réponses à des besoins exprimés par les sociétés urbaines, donnant lieu à des innovations qui sont toujours techniques et sociales. En modifiant les rôles et relations entre les différents acteurs (fournisseurs et opérateurs, usagers, pouvoirs publics, régulateurs), elles bousculent les rapports de pouvoir et suscitent résistances et conflits ».

[58] La sélection des porte-paroles est très importante notamment concernant la représentativité de ces derniers.
[59] Tabourdeau et Debizet (2017) proposent de concilier les ressources *in situ* mobilisées dans les projets d'écoquartiers et grands réseaux d'énergie en conceptualisant la notion de *nœud socio-énergétique* définie comme « ensemble d'éléments, qui collecte, convertit et/ou distribue de l'énergie, construit par un acteur décisionnel en interaction avec des actants ».

En mobilisant l'ANT pour l'analyse de la conception urbaine, nous souhaitons prendre en considération dans l'analyse aussi bien les acteurs humains que les objets techniques. Il s'agit de dépasser les approches prônant un déterminisme technique ou social pour analyser précisément les incertitudes, les relations et les agencements qui émergent dans le cadre de la conception urbaine intégrant un réseau d'acteurs et d'actants. Appréhender la matérialité des objets de l'énergie, en les considérant comme actants, va nous aider à comprendre les enjeux concrets que pose l'intégration des préoccupations d'exploitation dans la conception des projets que ce soit en termes d'emprise spatiale, d'usage technique, de coût d'investissement et d'exploitation ou encore de propriété juridique de ces objets. Nous mobiliserons quand cela se révèle opportun dans le cadre de notre enquête le vocabulaire de l'ANT pour analyser notre terrain : boite noire, traduction, enrôlement, intéressement, etc.

3.1.2 Le concept de cadrage-débordement

Nous allons également nous appuyer, dans ce travail, sur le concept de cadrage-débordement développé par M. Callon (Callon, 1999, 2017) pour l'analyse de la conception urbaine. En effet, au-delà de la traduction d'une commande que suscite l'activité de conception, nous souhaitons nous intéresser au changement et aux bifurcations de trajectoires qui surviennent au cours de cette activité. Le concept de cadrage-débordement est originellement utilisé dans le domaine de la sociologie économique pour expliquer les mécanismes sociotechniques de régulation des marchés. B. Bernard (2005) met l'accent sur l'utilité de ce concept pour la compréhension du changement. Il entend par ce concept « l'ensemble des éléments humains ou non humains contribuant à délimiter l'espace du jeu et des interactions entre acteurs. Pour le dire brièvement, le concept intéresse par son ambivalence : les « cadrages » ne désignent pas uniquement la clôture de ces jeux et de ces interactions et portent en eux des opportunités de « débordements », des facteurs de changement » (Bernard, 2005, p.1). Ce concept permet ainsi de se départir d'une approche structuraliste qui surestime l'effet des contraintes et écrase l'indépendance des acteurs pour s'intéresser en même temps aux règles du jeu et aux moments de bifurcation de ces dernières. L'auteur affirme que c'est cette circularité entre la structure et les interactions entre les acteurs qui permet de repérer les moments déterminants du changement.

Le concept de cadrage-débordement nous apparaît comme particulièrement pertinent pour analyser la conception et l'évolution des choix technico-énergétiques tout le long du développement des projets suite à l'intégration des enjeux d'exploitation. En effet, l'activité de conception énergétique est encadrée de diverses manières et à diverses échelles, que ce soit nationale avec les réglementations thermiques, les labels et les différentes subventions économiques pour les technologies ; ou à l'échelle locale avec l'urbanisme contractuel (Haller, 2019 ; Tardieu, 2015). La mobilisation du concept de cadrage-débordement permet de mettre la lumière sur le cadrage énergétique et urbain à l'échelle des projets, la traduction de la commande ainsi que sur les facteurs de débordement qui viendraient réinterroger le cadrage initial. Il s'agit de comprendre quelle place prend l'exploitation dans le processus de cadrage-débordement de la

conception. Les sujets d'exploitation sont-ils intégrés dans les cadrages énergétiques ? provoquent-ils des évolutions ou des débordements de ces cadrages ?

3.2 L'apprentissage organisationnel et inter-organisationnel et les objets de l'énergie

En second lieu, nous allons mobiliser la littérature sur l'apprentissage pour appréhender les dynamiques d'apprentissage et d'accumulation des connaissances des acteurs dans le cadre des projets urbains durables. Plusieurs travaux ont montré l'intérêt du projet urbain durable pour l'analyse des apprentissages des acteurs, ce dernier étant considéré comme un « espace d'incubation et de révélation de nouvelles manières de faire la ville face aux enjeux énergétiques » (Guilhem, 2017, p.31). Au-delà de l'analyse des effets de l'intégration des préoccupations d'exploitation sur la conception, nous souhaitons donc analyser les apprentissages des acteurs ainsi que l'évolution de leurs compétences et de leurs organisations. En effet, nous considérons l'intégration des enjeux d'exploitation par les acteurs comme un indice révélateur de l'évolution des modalités de la fabrique urbaine.

C. Argyris et D. Schon (1978) ont défini l'apprentissage comme un processus dans lequel les acteurs adoptent leurs comportements selon les évaluations de leurs actions antérieures. Ils ont notamment développé l'idée de l'apprentissage en simple et en double boucle. Les acteurs fixent des objectifs, agissent pour les réaliser, évaluent par la suite les résultats, et, en fonction de ces derniers, ils adaptent leurs activités (simple boucle) ou leurs objectifs et stratégies d'action (double boucle). Toutefois, cette définition a été critiquée car considérée comme une vision linéaire (et même positive) du processus d'apprentissage. Depuis, il y a eu plusieurs travaux sur l'apprentissage, que ce soit au sein d'une organisation, appelé apprentissage organisationnel, ou entre divers acteurs appartenant à différentes structures, appelé apprentissage inter-organisationnel.

3.2.1 L'apprentissage organisationnel

En analysant la diffusion des savoirs et savoir-faire au sein d'une organisation, I. Nonaka (1998) montre que ce processus suit une conversion des connaissances individuelles aux connaissances collectives et des savoirs tacites en savoirs explicites. Il explique que la nature tacite d'une forte part des savoirs rend très complexes leur acquisition et transmission. L'apprentissage est ainsi un double processus d'intériorisation et d'extériorisation des savoirs, qui suit diverses itérations et qui met l'accent sur l'importance des échanges entre les acteurs. G. Koening (2006) distingue, quant à lui, quatre lieux de l'apprentissage organisationnel : les mémoires individuelles, qui ne sont pas toujours faciles à mobiliser et qui se perdent au départ des individus ; les dispositifs de capitalisation appelés aussi les systèmes d'archivage ; les procédés d'exécution, qui sont des schémas/outils construits pour répondre à une commande ; et les structures elles-mêmes, ce qui dépend de l'agencement des parties de l'organisation (organigramme, proximité spatiale de certains services, etc.). Il précise également qu'il faut faire la différence entre la gestion des opérations, où il s'agit de gérer l'expérience par accumulation des savoirs au sein de l'organisation ; et

l'apprentissage par projets expérimentaux, où il s'agit de construire une réflexivité de l'expérimentation.

> « La gestion des opérations est conduite dans des systèmes bien identifiés et transitoirement stabilisés. Des perturbations surviennent, des incidents apparaissent. Mais, aussi gênants qu'ils puissent être, ces événements n'impliquent ni de redéfinir l'activité, ni de repenser les dispositifs destinés à la contrôler. Certes, la reproduction ne se fait pas à l'identique, des adaptations mineures sont effectuées, des améliorations sont réalisées, mais le cadre général reste le même. À l'inverse, le projet est précisément ce qui modifie le cadre, régénère le système, transforme la définition des activités. Il ne se développe ni ne se contrôle de la même manière que les opérations » (Koenig, 2006, p. 297).

F. Petitbon et al (2020) résument la complexité de l'apprentissage organisationnel comme « la difficulté et la subtilité du passage du *knowledge*, conçu comme une ressource, un élément identifiable et tangible, au *knowing*, conçu comme un processus continu qui infuse les niveaux de l'organisation et s'articule entre les individus, les équipes et les structures. » (Petitbon, Bastianutti et Montaner, 2020).

3.2.2 L'apprentissage inter-organisationnel

Le travail de L. Knight sur l'apprentissage vient élargir ces définitions en montrant que l'apprentissage se réalise à divers niveaux, dépassant alors les analyses centrées sur l'individu, le groupe ou l'organisation. Il parle ce faisant d'apprentissage inter-organisationnel. Il explique que ce processus est profondément situé et se réalise au sein de l'action et à partir de l'action (Knight, 2002). D'autre part, le concept de « communauté de pratique » a été utilisé pour analyser l'apprentissage au sein d'un groupe dans le domaine des sciences de gestion. En effet, Etienne Wenger (1998) explique que l'apprentissage ne se fait ni au niveau de l'individu, ni au niveau de l'organisation mais plutôt au sein d'un réseau d'individus unis par la pratique. Il distingue ainsi trois dimensions associées au concept de « communauté de pratique » :

- Une entreprise conjointe : dans le sens d'un domaine d'activité partagé entre les acteurs,
- Un engagement mutuel : avec la participation récurrente à une activité commune favorisant ainsi les échanges entre les membres,
- Un répertoire partagé qui désigne la construction de ressources, d'objets et de valeurs partagées au fil du temps entre les acteurs (Bourdon, Teissier et Kimble, 2011 ; Wenger, 1998).

Ce concept a notamment été appliqué à la production de la ville (Rydin, 2010). Toutefois, ces travaux ont souligné les limites de ce dernier (Rydin, 2010 ; Verhage et al., 2012). Dans un premier temps, ce concept ne prend pas en considération l'hétérogénéité des acteurs au sein d'une équipe de projet, les travaux de Wenger s'étant essentiellement appliqués aux acteurs au sein d'une même organisation qui essaient de faire correspondre leurs objectifs et leurs identités. *A contrario*, les acteurs au sein d'un projet urbain sont réunis autour d'un projet commun et ne partagent pas forcément les mêmes objectifs. Dans un second temps, ce concept minore les relations de pouvoir

qui peuvent exister au sein d'un projet, en mettant l'accent sur la coopération, alors que les conflits peuvent également être moteurs d'apprentissages. Face aux limites de ce concept L. Lindkvist (2005) propose le concept de « collectivité de pratique » pour désigner un ensemble d'acteurs qui coopèrent pour réaliser un projet commun. S'intéressant au projet industriel, il explique que les équipes-projet n'ont besoin que d'un minimum de connaissances communes pour travailler ensemble, leurs valeurs restent ainsi très diverses et hétérogènes :

> « Les membres du groupe ont une tâche commune à mener à bien : pour cela, une base minimale de connaissances communes suffit, les valeurs des acteurs restent très hétérogènes. Le moteur des collectivités de pratique n'est pas l'apprentissage mais le projet commun […] Les acteurs ont une idée fine de ce que chacun des autres membres sait (ou sait faire) : ils peuvent alors, sur une base minimale de connaissances communes (et non pas d'une culture commune), mobiliser la connaissance collective nécessaire pour mener à bien leur tâche. Le ciment du groupe est l'efficace coordination entre ses membres » (Verhage et Leroy, 2014).

Là aussi, R. Verhage et al (2012) expliquent que même s'il y a divers acteurs analysés, ils appartiennent toujours à une même organisation. Ce qui n'est pas le cas des projets urbains durables où les acteurs peuvent être très hétérogènes[60]. En effet, la littérature sur la production de la ville a montré que l'apprentissage se réalise au sein d'un réseau d'acteurs interdépendants.

Enfin, les travaux sur l'apprentissage ont également montré que les enseignements accumulés sont plus au moins pérennes dans le temps et même réversibles, ce qui peut également complexifier l'étude de ce phénomène « L'acquisition d'une compétence nouvelle est un processus réversible. Ce qui a été appris peut être difficile à mobiliser ou tout bonnement oublié. Mais en même temps ce qui a été appris influence les apprentissages à venir en orientant l'attention et en influençant les interprétations ultérieures » (Koenig, 2006, p. 302). La littérature sur les apprentissages réalisés dans les projets durables explique quant à elle que les enseignements sont difficiles à appréhender d'un point de vue méthodologique, et ceci d'autant qu'il n'y a pas de modèles de savoir stabilisés de la production architecturale et urbaine. Les enseignements étant notamment éminemment liés aux contextes de leur production (Fenker, 2015).

Dans le cadre de cette recherche, nous ne parlerons pas de communautés de pratiques ou de collectivités de pratiques pour caractériser les collectifs d'acteurs analysés dans le cadre de la production urbaine durable (Verhage et Leroy, 2014 ; Wenger, 1998). L'objectif est d'appréhender les apprentissages réalisés par un réseau d'acteurs et organisations travaillants régulièrement ensemble dans la réalisation de projets immobiliers et urbains ambitieux sur les questions énergétiques. Un des objectifs de cette recherche est d'interroger le rôle des objets techniques dans ces processus d'apprentissage et de capitalisation des enseignements par les acteurs. En effet, nous avons expliqué plus haut qu'en adoptant une approche sociotechnique, l'importance est de considérer la matérialité de ces artefacts dans notre analyse.

[60] Ils expliquent ainsi qu'il est important de rajouter la dimension inter-organisationnelle à ce concept pour l'appliquer dans l'analyse de la fabrique urbaine.

3.3 Synthèse du cadre théorique : une analyse en deux niveaux

Après avoir présenté notre cadre conceptuel, il s'agit maintenant de voir comment le mobiliser pour réaliser notre analyse. En effet, notre cheminement articulé autour des notions de conception et d'exploitation nous a permis d'explorer la littérature, d'effectuer un certain nombre de choix, de positionnements et de construire à partir de là un modèle d'analyse en deux niveaux :

- Le premier niveau (micro) de notre analyse consiste à suivre l'activité de conception énergétique et spatiale des projets urbains étudiés au prisme de l'intégration des enjeux d'exploitation. Pour ce faire, nous allons mobiliser les travaux caractérisant l'activité de conception et son organisation (Arab, 2007a ; Arab et Bourdin, 2017 ; Midler, 2002). La mobilisation de l'ANT va notamment nous aider à appréhender le réseau d'acteurs et d'actants du processus de production urbaine et de l'impact de l'intégration des préoccupations d'exploitation sur ce dernier. Enfin, le concept de cadrage-débordement va nous aider à mettre l'accent sur les règles du jeu définies dans les projets et les moments de dépassement et d'évolution de ces dernières.

- Le second niveau (macro) consiste à analyser la capitalisation des connaissances des acteurs suite à la réalisation de projets durables. Premièrement, nous accorderons une attention particulière aux contenus des apprentissages réalisés sur les enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques au fil des projets expérimentaux. Dans un second temps, au-delà des équipes projets, l'objectif est de comprendre l'évolution des compétences des acteurs sur les enjeux énergétiques et d'exploitation (Arab et al., 2020 ; Biau et Tapie, 2009 ; Peynichou, 2020). La mobilisation des travaux sur l'apprentissage organisationnel et inter-organisationnel nous aideront à appréhender les modalités, les leviers et les freins des apprentissages de divers acteurs intervenants sur une variété de projets durables depuis une quinzaine d'années de production urbaine durable. Enfin, un de nos objectifs dans cette recherche est d'interroger le rôle des objets de l'énergie dans ces processus d'apprentissage diachronique.

Encadré 1. 2. Récit – faire une thèse sur l'intégration des enjeux d'exploitation dans la conception après une formation d'architecte urbaniste

Au départ de cette recherche, mon ambition était de réaliser une thèse sur les projets urbains et l'énergie. Étant de formation d'architecte urbaniste, je me suis intéressée aux questions énergétiques et écologiques dès l'école d'architecture en ayant notamment réalisé deux mémoires sur les enjeux des écoquartiers dans la ville d'Alger et sur la transition énergétique du port autonome de Strasbourg. J'ai pu approfondir mes compétences sur les questions énergétiques en ayant, par la suite, travaillé deux ans au sein d'un projet de recherche appelé « Villes et Transitions Énergétiques » au Latts. Mes missions portaient notamment sur l'analyse des stratégies urbaines de transition énergétique de plusieurs territoires en région Ile-de-France. À mes compétences de conception spatiale, d'organisation fonctionnelle des projets et de

diagnostic urbain, j'ai pu ainsi appréhender les approches sociotechniques pour l'analyse aussi bien des matérialités urbaines que des stratégies d'acteurs.

C'est donc tout naturellement que je me suis lancée dans une thèse qui avait comme question de recherche l'impact de l'intégration des objets de l'énergie sur les formes et les matérialités urbaines et sur l'activité de conception des acteurs. Cependant, lors de mon immersion au sein du terrain d'enquête qui est Bouygues Immobilier, ses filiales et partenaires, ce sont les enjeux d'exploitation de ces systèmes techniques qui sont apparus comme sujet majeur dans l'activité des acteurs. Le sujet de recherche a donc évolué pour interroger les effets de l'intégration des enjeux d'exploitation des objets de l'énergie sur l'activité de conception. Pour aborder ce questionnement, j'ai fait le choix de donner une importance particulière à la matérialité des objets techniques et des enjeux qu'ils soulèvent, dans l'analyse de la conception spatiale et énergétique des projets. Pour m'aider à penser ce sujet, je mobilise également (comme expliqué plus haut) divers travaux sur la sociologie de la conception, la sociologie des techniques et les travaux sur l'apprentissage des acteurs. Je souhaite cependant préciser qu'il ne s'agit là absolument pas de se positionner en tant que sociologue des techniques, de l'action ou des professionnalités dans cette recherche, mais bien de se saisir de ces travaux comme des boites à outils qui vont m'aider à penser mon sujet de recherche. Cette approche doit permettre de démontrer qu'au-delà de l'impact sur la conception des projets durables, l'analyse de l'intégration des objets techniques et de leurs enjeux d'exploitation est révélatrice de l'évolution des acteurs et de leurs modes d'action dans la fabrique de la ville durable.

4 Posture de recherche et méthode

Cette section porte sur la méthodologie suivie dans cette recherche. Nous présenterons, premièrement, le processus de sélection de nos études de cas. Rappelons également que cette thèse est réalisée dans le cadre d'un partenariat entre l'École des Ponts ParisTech et le promoteur privé Bouygues Immobilier. Nous avons été intégrés de novembre 2018 à novembre 2021 au sein de la direction innovation du promoteur. Le partenariat avec cette entreprise nous a permis d'avoir un accès privilégié au terrain, ce qui va également guider la sélection de nos cas d'études. Ensuite, nous présenterons brièvement les terrains de recherche (5.1). Puis, nous expliquerons le protocole de recherche en annonçant les sources mobilisées ainsi que la méthode suivie pour l'analyse de ces matériaux (5.2). Nous présenterons, enfin, le promoteur Bouygues Immobilier ainsi que la démarche d'intégration des questions énergétiques et, plus récemment, des enjeux d'exploitation dans les projets de l'entreprise. En effet, les deux études de cas sélectionnées dans cette recherche représentent deux zooms, dans un continuum de projets, portées par cette structure et ses filiales (5.3).

4.1 Des études de cas afin de comprendre l'intégration des enjeux d'exploitation en amont des projets

4.1.1 Une approche de recherche empirique et inductive

Afin d'explorer nos questionnements, nous avons suivi une démarche inductive. Contrairement à la méthode hypothético-déductive, il ne s'agit pas de vérifier des hypothèses sur le terrain mais bien de démarrer la recherche à partir d'observations empiriques jugées pertinentes (Paillé, 2011). Les principes de la démarche inductive sont : de classer les données empiriques dans un format synthétisé ; de réaliser des liens entre les catégorises émergeantes de ces données et les objectifs de la recherche ; et, enfin, de développer un modèle à partir de ces données pour monter ainsi en généralité (Blais et Martineau, 2006). Il faut également noter que l'une des caractéristiques majeures de cette approche est la simultanéité entre la collecte des données et leurs analyses. Le chercheur se situe ainsi dans une logique de questionnement tout le long des observations de terrain : « Le geste fondamental de ce type de démarche est une demande constante de compréhension : en interviewant, en observant, en lisant les transcriptions d'entrevues ou les documents recueillis, le chercheur est analyste et l'analyste est chercheur, tentant de toujours mieux comprendre, cerner, expliciter, théoriser le phénomène faisant l'objet de son étude, que celui-ci apparaisse dans ses données ou sur le terrain même » (Paillé, 2011, p. 152). Cette approche s'inscrit ainsi dans une posture compréhensive où il s'agit de « trouver en quoi (les acteurs) ont raison de faire, dire ou penser ce qu'ils font, disent et pensent. Cela exige du chercheur qu'il […] renonce à avoir le dernier mot sur les acteurs et à prendre au sérieux leurs sentiments, leurs opinions et leurs comportements » (Friedberg, 1993, p. 269).

Pourquoi une étude de cas ?

La problématique choisie dans ce travail nous impose une entrée par étude de cas de projets urbains durables plutôt qu'une entrée par les acteurs, les discours ou encore les hypothèses explicatives. Il s'agit en effet, d'analyser comment les enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques sont pris en compte pendant la conception des projets, ce qui ne peut se faire qu'en concentrant l'attention sur cette phase amont du projet urbain/immobilier lui-même. En d'autres termes, suivant notre problématique, nous ne pouvons analyser les acteurs porteurs des enjeux d'exploitation indépendamment de l'analyse de leurs rôles dans les différentes étapes des projets analysés, tout comme nous ne pouvons extraire les effets des enjeux d'exploitation sur la conception, du contexte et de la réalité qui les entoure.

N. Roy définit l'étude de cas comme « une approche de recherche empirique qui consiste à enquêter sur un phénomène, un événement, un groupe ou un ensemble d'individus, sélectionné de façon non aléatoire, afin d'en tirer une description précise et une interprétation qui dépasse ses bornes. Le cas étudié est donc bien délimité, mais forme un sous-système dont l'analyse permet de mieux comprendre un système plus large. Ainsi, on s'intéressera aux composantes qui forment le cas, y compris son contexte immédiat, son histoire et ses différentes dimensions » (N. Roy, 2009,

p. 207). Contrairement aux études portant sur les échantillons qui traitent un grand nombre de sujets, les études de cas se restreignent à l'étude de quelques sujets en profondeur. L'étude de cas est ainsi un moyen puissant afin de développer la théorie à partir de situations particulières (Flyvbjerg, 2006 ; N. Roy, 2009).

Se pose par la suite le nombre d'étude de cas à privilégier (Yin, 2013). Cette question nous a tracassés pendant toutes les deux premières années de la recherche. Il n'était dès le départ pas question de réaliser une monographie, ce qui n'était pas adapté à nos questionnements et restreignait fortement les matériaux à explorer face à la richesse de notre terrain. Il n'était également pas pertinent de réaliser un panorama vaste de cas sans rentrer dans le détail d'aucun des projets. En effet, il ne s'agit pas de mener une analyse à travers une liste d'indicateurs définis au préalable, mais de rentrer dans le détail des négociations et les arrangements concernant l'intégration des enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques dans les phases amont des projets. De plus, l'objectif ne consiste pas à chercher la représentativité en multipliant le nombre de cas d'étude, une tâche impossible à réaliser. Nous avons par conséquent fait le choix d'une solution intermédiaire qui consiste à réaliser deux études de cas et d'apporter des éclairages par d'autres projets quand cela se révèle pertinent.

4.1.2 La sélection des cas d'étude

Pour sélectionner nos études de cas, nous avons réalisé un panorama de plusieurs projets urbains à l'échelle de la France et de la Suisse. En effet, nous avons également regardé du côté de la Suisse dans le but d'apporter des éclairages étrangers dans d'autres contextes socio-économiques et réglementaires. Les critères d'entrée ont été : les acteurs porteurs du projet, son échelle urbaine ou architecturale, son état d'avancement, les artefacts énergétiques installés et les modalités de gouvernance et de gestion de l'énergie. Dans un premier temps, la sélection des cas d'étude français a été réalisée à travers différents moyens : la consultation de descriptions des projets labélisés ou primés : les quartiers labélisés Écoquartiers (de 2011 à 2018) sur les différentes étapes d'avancement de ces projets [61], les quartiers labélisés HQE-Aménagement[62], « HQE Performance » lancé par l'ADEME[63] et les démonstrateurs industriels pour la ville durable[64]. Dans le cas Suisse, nous nous sommes concentrés sur les écoquartiers labélisés sites 2000 watts qui récompensent et accompagnent les quartiers à forte ambition énergétique (voir encadré 1.3).

[61] Le label écoquartier est fondé sur 20 engagements et compare quatre étapes du projet « Au démarrage de la phase d'étude du projet, le label étape 1 marque l'engagement des porteurs du projet dans la démarche. L'étape 2 accompagne le projet lorsque le chantier est engagé. Le label étape 3 correspond à l'ÉcoQuartier achevé. Enfin, trois sans après la livraison de l'opération et l'obtention du label 3, le label 4 vient récompenser un ÉcoQuartier vivant que les habitants ont su s'approprier », source : « Ecoquartiers : lancement de la 6e campagne de labellisation », Le Moniteur, 16/02/2018.

[62] HQE aménagement est une démarche de certification par Certivea.

[63] Voir la page « HQE performance quartier » du site, http://www.hqegbc.org/amenagement/nos-campagnes/hqe-performance-quartier/ , (consultée le 31/07/21).

[64] Voir la page « Démonstrateurs industriels pour la ville durable » du site du PUCA, http://www.urbanisme-puca.gouv.fr/demonstrateurs-industriels-pour-la-ville-durable-r90.html , (consultée le 31/07/21).

Encadré 1. 3. Présentation du label Suisse 2000 watts

Le concept 2000 watts est un modèle de politique énergétique initié par l'École polytechnique fédérale de Zurich. Il a pour objectif de diviser les consommations énergétiques consommées par personne en Suisse (et en Occident en général) qui est de 6000 watts par 3 pour arriver à 2000 watts. Ce concept se décline à différentes échelles à travers les certifications *cité de l'énergie* à l'échelle communale, *Minergie* à l'échelle du bâtiment et *sites 2000 watts* à l'échelle des quartiers.
Le certificat 2000 watts a été conçu par l'Office fédérale de l'énergie (OFEN) dans le cadre de son programme SuisseEnergie[65]. Le label sites 2000 watts certifie les quartiers sur la base de la société 2000 watts en ayant particulièrement un focus sur la dimension énergétique (efficacité énergétique et production d'énergie dans les quartiers), ce qui a motivé notre intérêt pour cette labélisation. Il existe d'autres certifications à l'échelle du quartier, à l'exemple du label « One Planet Living » qui a été créé par le WWF[66] et l'organisation BioRegional, dont l'origine remonte à l'écoquartier BedZed réalisé en 2002, mais ce dernier aborde une approche plus générale de biodiversité dans les projets. Les critères de sélection du label couvrent ainsi 6 domaines : gestion, communication et coopération, urbanisme et utilisation du site, approvisionnement et élimination, bâtiments et mobilité[67]. À l'échelle de la Suisse, 26 quartiers ont été certifiés en 2019, 19 en phase de développement et sept en phase d'exploitation[68] .

Par la suite, nous avons sélectionné des projets où il y avait une diversité d'artefacts énergétiques qui mobilisent, selon les projets, différentes sources d'EnR. En effet, nous faisons l'hypothèse que la mobilisation de divers artefacts énergétiques requiert l'anticipation de diverses organisations d'exploitation. Effectivement, l'entretien de quelques panneaux solaires, la gestion d'une chaufferie biomasse à l'échelle du quartier ou l'entretien de plusieurs PACs décentralisées à l'échelle de chaque bâtiment ne nécessitent pas les mêmes contraintes spatiales, techniques ou contractuelles à anticiper pendant les phases amont des projets. Pour bien identifier les systèmes techniques installés, nous avons recherché le nom de chaque écoquartier associé à un mot clé type : réseau, production d'EnR, panneaux solaires, géothermie, cogénération, etc.

Puis, nous avons tenu à sélectionner différents types de portages contractuels de la solution énergétique. En effet, l'organisation du schéma de gouvernance des projets est un critère déterminant sur les conditions d'exploitation des artefacts énergétiques. Nous avons repéré pendant la réalisation de notre panorama quatre modalités de gestion de l'énergie [69]:

---

[65] Alors que l'OFEN est propriétaire du label, c'est l'association cité de l'énergie (commission indépendante) qui suit et gère le processus de certification des sites.
[66] Voir le site du WWF, https://www.wwf-ge.ch , (Consulté le 06/10/21).
[67] SuisseEnergie, 2019 « Manuel relatif au certificat pour les Sites 2000 watts », 77p.
[68] Voir la page « Qu'est-ce que la Société à 2000 watts ? » https://www.local-energy.swiss/fr/programme/2000-watt-gesellschaft.html#/ , (consultée le 06/10/21).
[69] Cette liste n'est pas exhaustive, d'autres modalités existent. Nous pouvons citer également les *Enery Services Compagnies* ESCo qui sont des modes de gestion de l'énergie récurrents dans le monde anglo-saxon. N'ayant pas croisé ces montages dans notre panorama, nous ne les avons pas traités. Pour plus d'information sur les modes de gestion de l'énergie des réseaux de chaleur en France, voir la page « Création de réseaux de chaleur : grands

- Exploitation en régie par la collectivité,
- Délégation de service public (DSP) [70],
- Exploitant privé à l'échelle du quartier
- Fournisseur local d'énergie comme Elektrizitätswerk Der Stadt Zürich (EWZ) ou services industriels de Genève (SIG) (spécifique au cas Suisse),
- Création d'un nouvel acteur comme l'opérateur de services urbain (OSU) porté par Embix.

Parallèlement à la réalisation de notre panorama de projets, nous avons réalisé quelques entretiens exploratoires avec divers acteurs. En effet, très vite après avoir intégré Bouygues Immobilier, nous avons été déroutés par le nombre d'acteurs intervenants sur les questions énergétiques et leur exploitation et avec lesquels l'entreprise interagissait. Nous avons ainsi réalisé plusieurs entretiens exploratoires pour repérer les projets intégrants les questions énergétiques et les préoccupations d'exploitation des systèmes techniques : la direction technique du promoteur, les filiales de l'entreprise qui s'occupent des enjeux d'exploitation des systèmes techniques à l'échelle de l'immobilier d'entreprise (Aveltys) et à l'échelle des quartier (Embix), certains bureaux d'étude en énergie avec lesquels le promoteur travaillait (le Burgeap ou E-nergy) et, enfin, on nous a également incités à voir du côté de Losinger marazzi, la filière immobilière de Bouygues Construction en Suisse qui s'est également positionnée, depuis quelques années, sur la réalisation de quartiers à très fortes ambitions énergétiques (voir tableau 1.1).

Tableau 1. 1. Liste des entretiens exploratoires réalisés. Réalisation personnelle.

Catégorie	Structure	Personnes interrogées
Promoteurs	Promoteur-Bouygues Immobilier	Ancien directeur innovation Ancien responsable technique conception
	Losinger Marazzi	Directeur de l'ingénierie Directeur Technique Suisse Romande Responsable conception et déploiement BIM
Bureaux d'études techniques	Burgeap	Directeur du département Eau, Energie, Ville et Territoire
	BET- E-nergy	Directeur de l'agence
Exploitant d'immeubles tertiaires	Aveltys	Président
Opérateurs de services urbains	Embix	Responsable pôle stratégie Smart Energy & Smart City

Après ces entretiens exploratoires et en nous appuyant sur certaines études de REX de projets durables (voir section 1.1), nous avons classé les projets identifiés selon 3 catégories de cas suivant le degré d'anticipation des enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques au sein de ces derniers.

principes juridiques, financiers et techniques » du site du Cerema, http://reseaux-chaleur.cerema.fr/creation-de-reseaux-de-chaleur-grands-principes-juridiques-financiers-et-techniques, (consultée le 06/10/21).

[70] En effet, les collectivités peuvent avoir recours à une gestion en régie des réseaux ou à des délégations en passant par des marchés publics, dits marchés de réalisation-exploitation-maintenance «REM » ou des marchés de conception-réalisation-exploitation-maintenance « CREM » (Ortega, 2020).

- Catégorie 1 : des projets plus récents qui ont affiché la volonté d'intégrer les enjeux de gestion des SE dès l'amont à travers divers indices : en intégrant un acteur qui prend en charge ces sujets (un gestionnaire énergie, opérateur urbain, etc.), en limitant la facture énergétique des habitants, en réalisant une contractualisation en marché global CREM, etc.
- Catégorie 2 : des projets plus anciens, qui n'ont pas affiché l'intégration des enjeux d'exploitation, en amont et sur lesquels il existe des retours d'expériences négatifs sur l'exploitation des systèmes énergétiques.
- Catégorie 3 : des projets ayant intégré ces enjeux en cours de route (sans affichages de la prise en des enjeux de gestion des AE) et/ou qui n'ont pas rencontré de problèmes particuliers en rapport à l'exploitation des systèmes. Ils peuvent être des projets déjà réalisés ou en cours de développement. Certains sont considérés, par les acteurs interrogés, comme de bons exemples à l'instar de certains projets Suisses (voir tableau 2).

Tableau 1. 2. Projets recensés en France et en Suisse. Légende : catégorie 1 (gris), catégorie 2 (jaune) et catégorie 3 (bleu). Réalisation personnelle.

Quartier	**Artefacts énergétiques de production, distribution et stockage de l'énergie**	**Acteur porteur du projet**	**Échelle du projet**	**Avancement du projet**	**Modalité d'exploitation des SE**
Nanterre Cœur Université	• Objectif EnR :55%, Réalisé 40% • Chaleur : production mixte : un réseau de chaleur 4 tubes (60°c pour le chaud et 8°c pour le froid), 90 sondes sèches à 150m, Un Thermo-frigo-pompes (TFP), 6 centrales de cogénération, 2 Chaufferies à gaz en appoint chaud centralisé, PAC pour la récupération chaleur sur eaux usées • Électricité : panneaux photovoltaïques, cogé. • Smart grid thermique et électrique à l'échelle du quartier	Bouygues Immobilier	Quartier	En réalisation	Exploitant privé à l'échelle du quartier (intégré en amont du projet)
Sollys-(Lyon)	• Objectif : Énergie positive • Chaleur : production centralisée : cogé bois et RCU • Froid : Groupe froid à absorption • Électricité : panneaux photovoltaïques, cogénération, Blockchain et autoconsommation collective	Bouygues Immobilier et Linkcity	3 Ilots	En réalisation	Opérateur de services urbain (intégré en amont du projet)

Triangle Eole Évangile (Paris)	• Objectif : Énergie positive • Chaleur : production décentralisée : PAC et récupération de chaleur sur les eaux usées • Électricité : panneaux photovoltaïques en autoconsommation	Nexity	1 Îlot	En développement	Opérateur de services urbain (intégré en amont du projet)
Hikari (Lyon)	• Objectif : Énergie positive • Chaleur : production centralisée : cogé huile de colza, chaudière gaz d'appoint et RCU, • Froid : machine à absorption, un système de rafraichissement à compression couplé à un échangeur dry • Électricité : panneaux photovoltaïques, cogé et batteries.	Bouygues Immobilier	1 Ilot	En fonctionnement depuis 2016	Exploitant privé
Clichy-Batignolles (Paris)	• Objectif : 85% d'EnR, (76% en exploitation) • Chaleur : production centralisée : centrale géothermique sur l'Albien et RCU connecté à celui de la ville • Froid : décentralisé, clim interdite • Électricité : panneaux photovoltaïques • Ensemble d'outils Smart Grids	Paris Métropole Aménagement	Grand projet urbain	En fonctionnement	Délégation de service public (DSP)
Quartier Hoche (Nanterre)	• Objectif : 80% d'EnR • Chaleur : production centralisée : RCU, chaufferie au bois et appoint chaufferie au gaz • Électricité : panneaux photovoltaïques • Dispositifs de suivi des consommations	Établissement public d'aménagement Paris La Défense	Quartier	En fonctionnement depuis 2015	Délégation de service public (DSP)
Fort d'Issy-les-Moulineaux	• Chaleur et froid : production centralisée : RCU, sondes et réseau géothermiques (2 puits albien), géothermie intermédiaire (boucle d'eau tempérée), PAC en sous-stations de chaque immeuble • Électricité : panneaux photovoltaïques • Domotique, réseau de collecte	Bouygues Immobilier	Quartier	En fonctionnement depuis 2014	Coopération inter-entreprises

	pneumatique				
Ginko, (Bordeaux)	• Objectif :100 EnR pour la chaleur et l'ECS. • Chaleur : production centralisée : boucle d'eau tempérée, chaufferie biomasse, système de récupération de la chaleur fatale issue de la production de froid. • Électricité : panneaux photovoltaïques	Bouygues Immobilier	ZAC	En fonctionnement	Exploitant privé en tant que concepteur et exploitant
ZAC Nice Mérida (Nice)	• Chaleur : réseau de chaleur sur géothermie à basse ou très basse température, • Électricité : panneaux photovoltaïques • Smart grid thermique et électrique.	L'EPA Plaine du Var (Aménageur), la Métropole Nice Côte d'Azur	ZAC	En livraison depuis 2015	Délégation de service public (DSP)
ZAC Claude-Bernard (Paris)	• Objectif : 42% d'EnR • Chaleur : production centralisée : puit géothermie profonde sur le Dogger (1600m), panneaux solaires thermiques, PAC, réseau de chaleur • Climatisation : Thermofrigopompe • Electricité : panneaux photovoltaïque	SEMAVIP	ZAC	En fonctionnement pour une partie	Délégation de service public (DSP)
Cap Azur (Roquebrune - Cap Martin)	• Chaleur et froid: production décentralisée : PAC en bas de chaque immeuble pour le chauffage[71], PAC pour la récupération de chaleur sur eau épurée, réseau de chaleur en boucle d'eau tempérée • Électricité : panneaux photovoltaïque	Bouygues Immo	Quartier	En fonctionnement depuis 2016	Exploitant privé à l'échelle du quartier)
Greencity, (Zurich)	• Chaud et froid : production décentralisée: PAC sur boucle d'eau, 40% eaux souterraines, 60% sondes géothermiques • Électricité : 20% photovoltaïque, 80% énergies achetées certifiées.	Losinger M	Quartier	En réalisation	Fournisseur local d'énergie (*contracting* énergétique)

[71] Association française des professionnels de géothermie, 2014, « Écoquartier Cap Azur. Chauffage et rafraichissement par géothermie sur eaux usées », 2p.

Sihlbogen, (Zurich)	• Chaleur : production décentralisée : combinaison de chauffages à pellets, au biogaz, de pompes à chaleur et d'un système de récupération des rejets thermiques. • Froid : équipements frigorifiques. • Électricité : panneaux photovoltaïque	BG Zurlinden	Quartier	En fonctionnement	?
Quai Vernets (Genêve)	• Chaleur et froid : production centralisée : RCU avec perspective de raccordement au réseau de chaleur urbain de la ville • Électricité : PV (70%) et complétée par l'offre 100% hydraulique des SIG.	Losinger & Pillet SA et 7 investisseurs	Quartier	En conception	Fournisseur local d'énergie (*contracting* énergétique)

Durant nos entretiens exploratoires et lors de plusieurs échanges informels au sein de Bouygues Immobilier, les acteurs nous ont présenté d'innombrables projets urbains « incontournables » à analyser et sur lesquels se sont fortement posés les enjeux d'exploitation des systèmes techniques. On nous a incités, dans un premier temps, à observer des projets ayant réalisé un monitoring/suivi de la performance énergétique après la livraison comme Hikari et Clichy-Batignolles[72]. Par la suite, on nous a présenté de bons exemples à analyser comme les cas suisses et le projet Sollys à Lyon (sur lequel intervenait la direction Innovation en animant des Workshops chaque mois). Ce projet de trois îlots est présenté comme innovant en ayant capitalisé sur les anciens projets, et ce en intégrant un acteur dédié sur les enjeux d'exploitation des SE. *À contrario*, certains projets ont été désignés, par les acteurs, comme des « échecs » ou de mauvais exemples à ne pas étudier comme le projet NCU. Un projet de quartier qui a souffert du partenariat complexe avec l'énergéticien malgré des efforts d'intégration des enjeux d'exploitation en amont du projet.

Au terme de ce travail de sélection, nous sommes arrivés à la short liste suivante (tableau 3). Les cinq projets présentent diverses échelles, étapes d'avancement, solutions techniques et modalités d'exploitation de l'énergie. Nous avons ainsi réalisé des fiches détaillées pour chacun de ces projets qui sont ressortis comme des cas cruciaux de chaque catégorie. Dans ces fiches, nous avons détaillé le contexte des projets, les différents acteurs intervenants sur les sujets énergie, l'évolution de la solution énergétique proposée et, enfin, la manière par laquelle ont été appréhendés les enjeux d'exploitation.

Tableau 1. 3. Short liste des cas d'études. Réalisation personnelle.

Terrains	Porteurs du projet	Date de conception-livraison	Modalité de gestion de l'énergie	Étude sur les usages
Sollys	Bouygues Immobilier	En développement	Opérateur de services urbains	-

[72] Le monitoring sur Hikari a été réalisé sur deux ans par le BET Manaslu et le monitoring sur Clichy-Batignolles a été réalisé par la filiale Embix du promoteur Bouygues Immobilier.

	+ Linkcity			
Nanterre	Bouygues Immo	En réalisation	Exploitant privé à l'échelle du quartier	-
Hikari	Bouygues Immobilier	En fonctionnement	Coopération inter- entreprises	Monitoring de deux ans
ClichyBatignolles [73]	Aménageur Paris & Métropole Aménagement	En fonctionnement	Délégation de service public (DSP)	Monitoring de 3 ans
Quais Vernets	Losinger Marazzi+ Pillet SA +7 investisseurs	En développement (PC en attente)	Fournisseur local d'énergie (*contracting* énergétique)	-

Si l'on rajoute à notre grille de sélection des cas, des questions d'accessibilité au terrain[74], de mise à disposition de documents de conception des projets (un sujet important pour comprendre la réalisation des choix énergétiques et le degré de prise en compte des enjeux d'exploitation) ainsi que le temps imparti à une thèse de trois ans ; le choix s'est arrêté sur les projets Sollys et Nanterre Cœur Université comme études de cas principales. Effectivement, il était très compliqué pour nous de rentrer dans le détail des choix énergétiques et des négociations relatives à l'intégration des préoccupations d'exploitation dans tous ces projets.

Les deux cas retenus sont complémentaires. Ils sont tous les deux portés par le promoteur Bouygues Immobilier, ils sont à des échelles et à des étapes d'avancement différents et ils représentent deux zoomes sur deux moments particuliers au sein d'un continuum de projets portés par le promoteur. En effet, NCU, est un projet de quartier conçu entre 2014 et 2017 qui était en cours de livraison pendant notre enquête ; tandis que Sollys est un projet immobilier de trois îlots qui était en développement pendant notre enquête (conçu entre 2017 et 2020). Enfin, les deux cas ont appréhendé de différentes manières les modalités d'exploitation des systèmes énergétiques en amont de leur développement. NCU a intégré dès la phase concours une entreprise énergétique pour l'exploitation des objets de l'énergie (Dalkia SB). Quelques années plus tard, Sollys a créé et intégré un nouvel acteur pour la prise en charge des questions énergétiques et des enjeux d'exploitation. L'analyse des deux cas, nous permettra ainsi d'appréhender l'impact de l'intégration des enjeux d'exploitation dans les projets ainsi que l'évolution des compétences et les apprentissages des acteurs dans le cadre de la fabrique urbaine durable.

4.1.3 Pourquoi une mise en perspective de deux cas ?

Notre démarche relève d'une mise en perspective et non d'une analyse comparative de deux cas. En effet, l'objectif consiste à mettre en perspective un cas ancien (NCU) avec un cas d'étude plus

[73] Le promoteur Bouygues Immobilier a également réalisé un immeuble de bureaux (Enjoy) au sein de ce quartier.
[74] Les deux projets sélectionnés sont conçus et réalisés au sein de Bouygues Immobilier, l'entreprise qui cofinance cette thèse, ce qui nous permet d'avoir un accès facilité aux porteurs des projets, aux différents documents d'étude et d'assister à certaines réunions de travail.

récent (Sollys) qui a bénéficié des apprentissages du cas précédent. Nous avons opté pour une mise en perceptive plutôt qu'une comparaison car la comparaison implique une certaine systématisation de la démarche et doit notamment s'appuyer sur une théorie encadrant l'observation des cas (Gautier, 2009). Dans notre cas, l'objectif consiste à rentrer dans le détail des négociations, des traductions et des arrangements, au sein des projets, à la suite de l'intégration des enjeux d'exploitation. D'après D. Lorrain (2011a), réaliser une mise en perspective est beaucoup plus convaincante quand la spécificité de chaque terrain a été analysée.

En plus de ces deux cas principaux, plusieurs éclairages seront également réalisés à partir des trois autres projets de notre short liste. En effet, nos entretiens exploratoires nous ont révélé la richesse de ces derniers, pour compléter ponctuellement les deux cas principaux. Plus généralement, l'objectif est de mettre les projets analysés en perspective avec d'autres projets au sein d'une échelle socio-temporelle de plus d'une quinzaine d'années, afin d'interroger l'évolution des approches d'intégration des enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques ainsi que l'apprentissage des acteurs. Cette mise en perspective nous permet ainsi de considérer la variété des cas, en apportant des éclairages de projets, dans un objectif de démultiplier l'analyse et d'ouvrir de nouvelles voies d'exploration. Effectivement, l'objectif de la thèse n'est pas de rendre compte de manière quantitative d'un processus avec ses chaines de causalités mais de caractériser l'apprentissage et l'évolution des compétences des acteurs pour intégrer les questions énergétiques et l'exploitation des systèmes techniques dans la fabrique urbaine. Avant de présenter notre protocole de recherche, présentons brièvement les terrains de recherche retenus (voir figure 1.6).

4.1.4 Présentation des cas d'étude

Notre recherche repose donc sur deux cas principaux et trois cas d'éclairages. La présentation détaillée de nos deux cas principaux NCU et Sollys sera réalisée plus en détail, respectivement, dans les chapitres 2 et 4. Le schéma ci-dessous présente les temporalités de développement et de réalisation des projets. En effet, l'enjeu, en mobilisation les cas d'éclairage, consiste à accorder une attention particulière aux dynamiques d'apprentissages, de circulation des expériences entre les projets ainsi qu'à l'évolution des manières de faire des acteurs (voir figure 1.6).

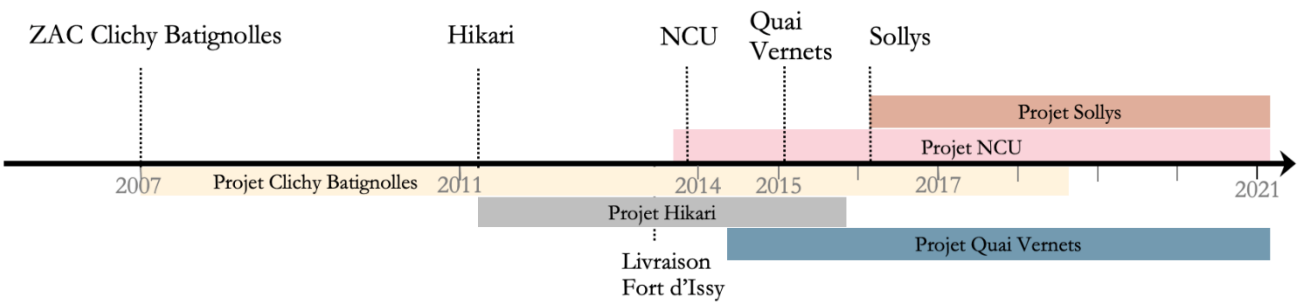

Figure 1. 6. Chronologie de réalisation des terrains d'étude. Réalisation personnelle.

i) Présentation du projet NCU

Le projet s'inscrit dans la ZAC Seine Arche en Île-de-France. La ZAC seine arche est portée, depuis sa création en 2007[75], par L'Établissement public Paris La Défense, anciennement appelé Établissement public d'aménagement de La Défense Seine-Arche (Epadesa). Il a comme objectif d'aménager une grande zone depuis la Défense à la Seine[76]. Le projet NCU représente la seconde partie de la phase Nanterre cœur université au sein de la ZAC. Un concours d'opérateurs a été lancé par Paris La Défense en 2013. Il a été remporté par la filiale d'aménagement du promoteur Bouygues Immobilier appelée UrbanEra.

Le projet est composé de six lots comprenant 497 logements (35 000 m²), 27 000 m² de bureaux, 14000 m² de commerces[77], et quelques équipements culturels dont un cinéma, faisant en tout 76 000 m² SDP. Il dispose également de 770 places de stationnement automobile, dont environ 650 ouvertes au public. L'enjeu premier du quartier a été de créer un quartier métropolitain mixte en lien avec le tissu urbain existant (voir figure 1.14). Après avoir gagné le concours d'opérateurs en 2014, UrbanEra a lancé plusieurs concours d'architecture pour sélectionner les architectes des différents lots. Le développement s'est réalisé de 2014 à 2018 et le projet, quant à lui, est en fin de livraison au moment où nous écrivons ce texte. Ce projet est un des cas d'étude principaux de cette recherche. Les deux prochains chapitres sont consacrés respectivement aux concours d'opérateurs et d'architectes (chapitre 2) et aux phases développement et chantier de ce dernier (chapitre 3).

Le quartier est très ambitieux sur les questions énergétiques en visant 40% d'EnR à l'échelle du quartier avec une mutualisation entre les programmes. Son originalité tient également à l'intégration, par la maîtrise d'ouvrage privée UrbanEra, du partenaire énergétique Dalkia Smart Building et de sa filiale Embix, dès la phase concours. La solution énergétique du projet est assez complexe et peut être résumée comme suit : une boucle d'eau tempérée raccordée à 90 sondes géothermiques sèches à une profondeur de 150m. Plusieurs panneaux photovoltaïques sont installés sur les immeubles de bureaux pour produire de l'électricité. Enfin, six centrales de cogénération à l'huile de colza sont intégrées afin de compléter la production de chaleur et d'électricité[78].

---

[75] En effet, les villes de Nanterre, Courbevoie, la Garenne-Colombe, et Puteaux ont confié l'aménagement de l'opération à cet acteur.

[76] La ZAC, elle-même, s'inscrit dans le périmètre de l'Opération d'Intérêt National Nanterre-La Garenne Colombes.

[77] Une trentaine de commerces et treize restaurants.

[78] Il y a eu un choix d'installer plusieurs petites cogénérations (6 au total) au lieu de deux grandes cogé car cela permet de mieux s'aligner à la demande de chaleur des bâtiments.

Figure 1. 7. Photo de la tranche 1 du projet NCU. Source : photo prise par l'auteur, 11/2020.

j) Présentation du projet Sollys

Le projet Sollys est un projet immobilier de trois îlots mixtes comprenant 11 bâtiments de 33000 m² SDP, situé à Lyon Confluence. Ce projet s'inscrit dans un projet porté par la SPL Lyon Confluence et le groupe Bouygues en réponse à l'appel à projet de démonstrateurs industriels pour la ville durable, lancé par le ministère de l'Écologie et du Logement et dédié au soutien de projets urbains innovants. En effet, le projet, initié par ces deux acteurs, est appelé « Lyon living lab Confluence », il a été lauréat en 2016. Le projet vise ainsi à développer un opérateur de services urbains (OSU) et à proposer divers services à l'échelle de Sollys (services énergétiques, de santé, etc.) afin de s'élargir, par la suite, à l'échelle de la métropole de Lyon. Le programme est le suivant : 12 800 m² de bureaux, 16 000 m² de logements, 1 300 m² de commerces et 1 200 m² constituant une maison de santé.

Il faut également noter que le projet Sollys n'a pas fait l'objet d'un concours d'opérateurs urbains mais d'une cession des charges foncières de gré à gré par la SPL Lyon Confluence, aménageur de la ZAC Lyon Confluence, au groupe Bouygues. En effet, après la réalisation de l'îlot Hikari au sein de la ZAC par Bouygues Immobilier, le promoteur a gardé de bonnes relations avec l'aménageur, ce qui a notamment été l'origine de la naissance du projet. La maîtrise d'ouvrage privée du projet est partagée entre deux promoteurs : Bouygues immobilier et Linkcity, filiale de Bouygues Construction. La sélection des architectes du projet n'a également pas fait l'objet de concours d'architectes mais d'une consultation ouverte. Le développement du projet s'est réalisé de 2016 à 2020. Il est aujourd'hui en phase de chantier. Le chapitre 4 est consacré à l'analyse du développement de ce projet.

Le projet est également très ambitieux sur les questions énergétiques en visant l'énergie positive à l'échelle des trois îlots et en expérimentant l'autoconsommation collective d'électricité à l'échelle de deux de ces îlots. L'originalité du Sollys renvoie donc à son ambition de créer un acteur dédié à l'exploitation des services énergétiques et à d'autres services urbains qui serait intégré au sein des projets dès l'amont de la conception. La solution énergétique du projet représente un réseau de chaleur inter-ilots alimentée par une cogénération au gaz vert et raccordée au réseau de chaleur de la Confluence, gérée par Dalkia ELM. Plusieurs panneaux photovoltaïques compètent la production d'électricité du projet. L'électricité de la cogénération est autoconsommée à l'échelle de deux îlots du projet.

Figure 1. 8. Rendus 3D du projet Sollys. Source: Vera et Associés.

k) Présentation de l'îlot Hikari

Le projet immobilier Hikari est un îlot à énergie positive de 18.000m², composé de 3 bâtiments mixtes de logements, bureaux et commerces, lancé en 2011 et livré fin 2015. Initié à la Confluence dans le cadre d'un partenariat entre la métropole de Lyon et le Nédo (équivalenent de l'ADEME français), le projet est confié à Bouygues Immobilier (après avoir remporté un concours d'opérateurs) qui conçoit le projet avec son équipe composée de l'architecte japonais Kengo Kuma du le bureau d'études Manaslu Ing. L'objectif des acteurs du projet Hikari consiste à réaliser un démonstrateur durable afin de préfigurer les prochaines opérations à la Confluence. Le projet avait comme ambition d'être le premier îlot à énergie positive de France. Plusieurs technologies énergétiques ont été intégrées dans ce projet (encadré 1.1). Le système de production de chaleur à Hikari est composé d'une cogé à l'huile de colza et d'une chaudière à gaz en appoint. Plusieurs dispositifs de stockage de la chaleur et de l'ECS sont également prévus [79]. Des panneaux solaires photovoltaïques installés sur les toitures et les façades des bâtiments viennent compléter la

[79] Le stockage comporte une cuve de 30m3 de stockage de l'huile et 7 ballons de stockage de l'ECS pour un max de 28 m3. La production de froid est assurée par un groupe à absorption (qui fonctionne grâce à la chaleur de la cogénération et de la nappe phréatique) et par un groupe froid à sustentation magnétique. Un stockage frigories de 5m³ a été prévu. L'aéro-refroidisseur du groupe froid à sustentation est de type adiabatique, il est positionné en toiture du bâtiment HIGASHI. « Le mode « Free-chilling » est possible en reliant directement l'échangeur dry adiabatique avec les plafonds rayonnant des bureaux via un échangeur à plaque » (Guyot, Corgier et Mollard, 2018, p.20).

production d'électricité de la cogénération[80] (Guyot, Corgier et Mollard, 2018, p.16). L'exploitation des artefacts énergétiques du projet a été confiée à Engie Axima missionné par l'ASL de l'îlot. Le contrat d'approvisionnement de l'huile de colza est passé avec un agriculteur local. Cependant, ce projet a connu plusieurs problématiques en exploitation comme le montre le monitoring énergétique du projet réalisé par le BET Manaslu (Encart 1.1). Ce projet a été une référence fortement citée pendant notre enquête, il représente un moment d'apprentissage très important pour les acteurs.

Figure 1. 9. Photo de l'îlot Hikari. Source : https://www.ecologikmagazine.fr/energie-vitale-a1169

l) Présentation du quartier Clichy-Batignolles

La ZAC de Clichy-Batignolles est un projet mixte, située à Paris dans le 17ème arrondissement sur une ancienne friche ferroviaire. La ZAC intègre la ZAC Cardinet-Chalabre, le lotissement Saussure et les terrains au nord des voies ferrées. Elle est divisée en trois zones : Est, Ouest et Nord. Lancé en 2007, le projet a été livré en 2018. Les acteurs principaux, lors de la création du projet, sont la Ville de Paris, l'État, la SNCF et RFF (propriétaire historique des terrains) dans le cadre de la cession des emprises foncières à la ville. La SPL Paris et Métropole Aménagement (P&MA), anciennement appelée SEMAVIP, a coordonné l'aménagement de la ZAC Clichy-Batignolles depuis sa création. L'ambition énergétique de la ZAC a émergé avec la candidature de la ville aux Jeux olympiques, et elle a, plus tard, été formalisée dans le Plan Climat de Paris de 2007 qui voulait faire de la ZAC « un quartier exemplaire ». En effet, bien que la ville de Paris n'ait pas été retenue pour les Jeux olympiques ; elle a, avec l'État, poursuivi le projet dans une optique de créer un quartier à dominante résidentielle (dont 50% de logements sociaux) et à forte ambition énergétique. Le programme est constitué de 350.000 m² de surface construite, dont 204.000 m² de logements, 140.000 m² de bureaux, 31.000 m² de commerces (inclus culture & loisirs) et 38.000 m² d'équipements publics.

Le projet a été réalisé selon deux phases, la zone Est, réalisée entre 2012 et 2014, et la zone Ouest, réalisée entre 2014 et 2018. Le secteur Est a été réalisé en plusieurs lots successifs en suivant la

[80] Pour plus de détails sur ce projet, voir le chapitre sur le principe de mutualisation énergétique appliqué dans ce projet dans la thèse de Z.Hampikian (2016).

libération du foncier, et, afin d'assurer la cohérence de l'ensemble de l'opération, la conception des lots du secteur Ouest a été réalisée simultanément selon une organisation en workshops (Tardieu, 2015).

Les objectifs énergétiques de la ZAC sont très ambitieux, ils vont même au-delà des préconisations du plan climat en visant notamment près de 85% production d'EnR (Tardieu, 2015). Le système énergétique du projet présente une boucle d'eau tri- tubes alimentée par la géothermie profonde sur la nappe de l'albien et connectée au réseau de chaleur de Paris. C'est Eau de Paris[81], la régie municipale en charge de la gestion de l'eau pour la ville de Paris (production et distribution) qui a investi et qui gère le forage géothermique. Le réseau de chaleur est géré, quant à lui, par la Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain (CPCU), un acteur historique sur le territoire parisien. Le réseau de la CPCU constitue ainsi un appoint au projet en cas de fortes demandes et permet de valoriser l'énergie excédentaire en cas de fortes productions (voir figure 1.10). Le Projet Européen CoRDEES a suivi la performance du projet entre 2016 et 2019 sur le secteur Ouest du projet. Ce projet, largement médiatisé en France, et, ayant réalisé une évaluation après sa livraison, est également fortement revenu dans le cadre de notre enquête.

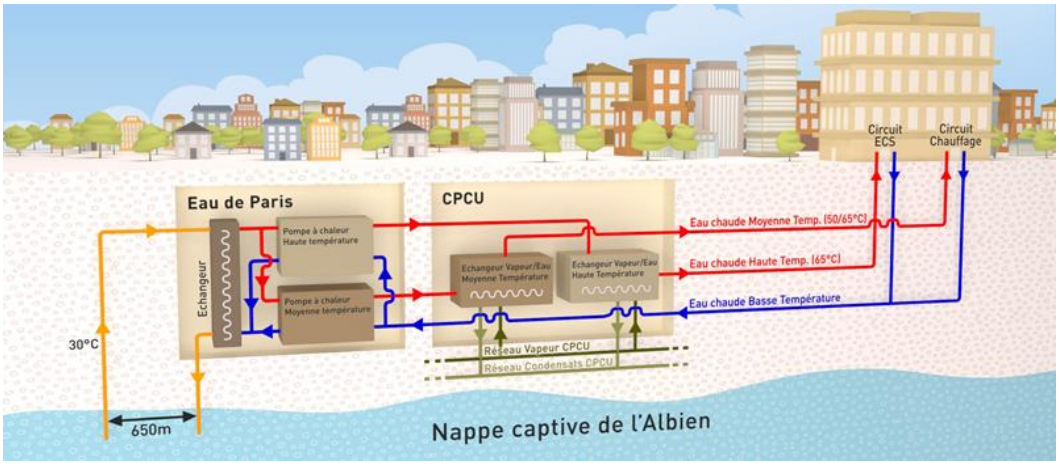

Figure 1. 10. Schéma du réseau de chaleur à Clichy-Batignolles. Source : https://www.paris.fr/pages/clichy-batignolles-un-quartier-entier-chauffe-par-la-geothermie-4582

m) Présentation du projet Quai Vernets

Le projet Quai Vernets est un projet urbain de 6 ha situé à Genève, il constitue la première étape du grand projet Praille Acacias Vernets (PAV), une ancienne zone industrielle et artisanale située sur le territoire des communes de Genève, Carouge et Lancy. Ce territoire représente l'un des plus grands potentiels de création de logements dans le canton de Genève, un contexte urbain caractérisé par la rareté du foncier. Le programme du projet est mixte comprenant :130.000 m² de

[81] Il faut également noter que le puit géothermique n'aurait pas été possible sans la contribution financière de cet acteur. Ce dernier a notamment vu dans ce projet une occasion de réaliser un 6ème puit de secours pour l'eau potable pour Paris.

logements (1500 log) ; 26.400 m² d'activités (hôtel) et commerces de proximité ; 3300 m² d'équipements publics[82].

L'Etat de Genève, en collaboration avec la ville, a lancé un double concours d'architectes et d'opérateurs urbains en 2014 : le concours d'architectes a été remporté par l'atelier Fruehauf, Henry & Viladoms, situé à Lausanne et l'atelier Descombes Rampini, situé à Genève. L'appel d'offre investisseurs a été gagné par un groupement appelé l'Équipe d'Ensemble qui est chargé du développement, du financement, de la construction et de l'exploitation de l'opération. Ce groupement est composé d'un Pilote (Pillet SA), d'un Développeur–Constructeur (Losinger Marazzi[83]) et de huit investisseurs : Suisse Life AG, Fondation de la ville de Genêve pour le logement social (FVGLS), Coopérative de l'habitat associatif (CODHA), Société Coopérative d'Habitation Genève (SCHG), Caisse de Prévoyance de l'Etat de Genève (CPEG), Mobilière Suisse Société d'assurances SA, Caisse Inter-Entreprises de Prévoyance Professionnelle (CIEPP) et la Coopérative de logement pour personnes en formation (CIGUË). L'entreprise Losinger Marazzi, filiale de Bouygues Construction, est donc chargée de la coordination de l'ensemble, du développement et de la réalisation du projet. En effet, cet acteur est à la fois développeur immobilier et entreprise générale de construction. Après les concours d'architectes et d'opérateurs, le projet est développé depuis 2015 et est, aujourd'hui, en phase chantier.

Figure 1. 11. De gauche à droite : plan de masse du projet Quai Vernets. Source: Plan localisé du quartier "les Vernets", CSD ingénieurs ; et vue 3D du projet. Source : Losinger Marazzi.

Afin de comprendre les éclairages apportés sur ce projet dans cette recherche, expliquons très brièvement le contexte énergétique Suisse. La politique énergétique Suisse est réalisée à l'échelle de la conférence des directeurs cantonaux de l'énergie (EnDK). Les cantons Suisses collaborent ainsi au sein de cette instance pour créer un modèle de prescription énergétique des cantons (la dernière

[82] La validation du plan localisé de quartier a été réalisée en 2017, le dépôt des autorisations de construire en 2020 et la livraison du projet est prévue en 2022–24 :
[83] Losinger Marazzi est une filiale Suisse de Bouygues Immobilier. L'entreprise est en même temps entreprise de construction et promoteur immobilier.

version est le MOPEC 2014). Ces prescriptions sont ensuite déclinées au niveau des différents cantons avec plusieurs variantes locales[84]. Précisons également que l'alimentation énergétique en Suisse est décentralisée en étant située à l'échelle des cantons, contrairement au modèle énergétique centralisé Français. Dans le cas du canton de Genève, notons que, contrairement à d'autres cantons où il y a plusieurs énergéticiens locaux qui se font concurrence, il existe un monopole de l'énergéticien local appelé les Services Industriels de Genève (SIG). Cet acteur est ainsi fournisseur de gaz, de chaleur et d'électricité. Il est également producteur de chaleur et d'électricité. Nous verrons, plus loin, son rôle stratégique dans le cas de Quai Vernets.

Ce projet est très ambitieux sur les questions énergétiques en visant le label 2000 watts sur toutes les phases du projet. Le projet a été labélisé site 2000 watts en phase programmation et développement (voir encadré 1.3). La solution énergétique proposée en phase concours par le groupement d'Ensemble a été très innovante en présentant une boucle d'eau tempérée alimentée par la récupération de chaleur d'une usine Rolex, située à proximité du projet, et d'un complément de chaud et de froid, réalisé par des sondes de géothermie superficielle sur site. Les PV installés au niveau des immeubles de logements sont prévus pour être en regroupement d'autoconsommation propre (équivalent de l'autoconsommation collective de l'électricité en France). Pour concrétiser cette solution, un concours d'opérateurs énergétiques a été réalisé et SIG a été retenue. Cependant, en avançant dans le projet, la solution innovante en termes de production de chaleur a été abandonnée en faveur d'un raccordement du projet au réseau de chaleur de l'énergéticien local SIG (chapitre 2 et 3). Cet éclairage est intéressant car il va montrer d'autres manières d'intégrer les préoccupations d'exploitation par les acteurs dans un autre contexte socioéconomique et réglementaire. Il nous permettra d'interroger la circulation des expériences entre les acteurs et entre les filiales de Bouygues particulièrement.

L'enjeu, en mobilisant les trois terrains complémentaires, consiste à compléter notre analyse ou/et d'ouvrir le champ des perspectives quand cela est nécessaire dans les trois prochains chapitres empiriques. Après cette brève présentation des terrains de recherche, présentons désormais les sources et la méthode suivie pour l'analyse des matériaux empiriques.

4.2 Protocole de recherche : sources et méthode d'analyse des matériaux

4.2.1 Trois matériaux empiriques

[84] Dans le MOPEC 2014, nous pouvons retenir plusieurs particularités et différences avec le contexte français. Par exemple, la consommation énergétique des nouvelles constructions est limitée à 35 kWh/m2 (contre 50 kWh EP/m².an pour la RT2012) et il y a une obligation de produire 30% d'eau chaude sanitaire à partir d'ENR dans les nouveaux projets urbains. Plusieurs autres particularités sont également pertinentes à relever : le chauffage électrique dans les projets de rénovation ou les projets neufs est interdit, de même que la climatisation, il faut ainsi disposer d'une autorisation pour en installer dans les bâtiments. Un autre acteur important sur les questions énergétiques c'est la Société des Ingénieurs et des Architectes (SIA), qui s'occupe quant à elle de fixer les normes relatives à la construction.

Avant d'avancer dans l'analyse empirique de notre objet de recherche, il nous faut présenter les sources que nous avons mobilisées afin de mener notre investigation. Notre méthodologie s'appuie essentiellement sur l'analyse de deux corpus : d'une part des entretiens semi-directifs avec les différents acteurs intervenants sur les questions énergétiques et d'exploitation des SE, et, d'autre part, sur des documents graphiques (plans, coupes, façades) et rapports techniques produits dans le cadre des projets. Enfin, la participation à quelques événements et la réalisation de certains échanges informels au sein de l'entreprise nous ont également apporté des informations complémentaires.

n) Une soixantaine d'entretiens semi-directifs

Être intégrée au sein de la direction innovation du promoteur Bouygues Immobilier a été un réel atout afin de mener notre enquête de terrain. Le processus d'intégration consistait à identifier les acteurs clés travaillant sur nos cas d'étude, au sein de Bouygues, pour réaliser des échanges avec ces derniers et récupérer des documents de travail sur les projets (études énergétiques, documents graphiques, contrats avec les prestataires, CR de réunions, etc.). Par la suite, il s'agissait de suivre les indications qu'ils nous donnaient pour poursuivre notre enquête avec d'autres interlocuteurs de l'entreprise. L'intégration au sein de l'entreprise nous a permis notamment d'aller au-delà du discours public des acteurs (qui consistait souvent en un discours de marketing sur les projets et les solutions techniques mobilisées) pour comprendre ainsi les cadres d'action, les arènes de négociation et les freins qu'ont rencontrés les acteurs. Il faut préciser au passage que ce travail de recherche d'interlocuteurs a été assez compliqué dans le cas du projet de NCU, la plupart des acteurs ayant été à l'origine du projet n'étaient plus au sein des organisations qui sont intervenues sur le projet que ce soit au sein de Bouygues Immobilier ou de ses BET énergie, ces structures connaissant un *turn over* important des employés. Plusieurs acteurs ont donc été contactés sur le réseau professionnel LinkdIn, ce qui nous a permis de rencontrer ces derniers alors qu'ils ne faisaient plus partie des entreprises qui ont porté le projet.

Notre enquête s'est ainsi centrée sur tous les acteurs intervenant sur les projets analysés: collectivités, aménageurs, promoteurs, architectes et urbanistes, bureaux d'étude énergie, énergéticiens et mainteneurs des équipements techniques. Les usagers et les associations n'ont pas été intégrés au processus de conception, nous n'avons donc pas cherché à les rencontrer. En effet, bien que dans le cas de Sollys, il y eut l'intégration de quelques habitants dans le cadre de la conception de quelques logements participatifs, cette démarche n'a pas abordé les questions énergétiques. Dans le cas de NCU, une démarche de sensibilisation des habitants a été portée par l'aménageur au moment de la livraison des derniers bâtiments mi 2021, cette démarche étant arrivée au moment où nous avons arrêté notre enquête, nous ne l'avons pas abordée. Une autre limite de notre travail pourrait être le fait que nous n'avons pas interrogé les élus. En effet, nous avons fait le choix, dans cette recherche, de nous concentrer sur la vision des acteurs opérationnels et techniques intervenants sur les phases amont et aval des projets. Le tableau 1.4 présente le nombre d'entretiens réalisés sur chaque projet et la figure 1.12 indique le type d'acteurs interrogés.

Le guide de la grille d'entretiens comprenait différentes questions : quels sont les acteurs intervenants dans la conception énergétique et spatiale? Quelles sont les prescriptions énergétiques et architecturales réalisées par la maîtrise d'ouvrage publique des projets ? Dans quelle mesure les enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques ont-ils été abordés? Par quels acteurs ces enjeux ont-ils été portés ? Quel impact ont-ils eu sur les choix de conception énergétique et spatiale ? Quels effets sur l'organisation de ce processus ? quelle évolution des produits immobiliers et des espaces urbains ? Quels apprentissages et évolution des compétences des acteurs (maîtrise d'œuvre, promoteurs, exploitants) sur ces enjeux ? La figure 1.13 résume les projets analysés et les acteurs rencontrés.

Tableau 1. 4. Nombre d'entretiens réalisés sur les cas d'étude principaux et les éclairages.

Projet	Nombres d'entretiens réalisés
Nanterre Cœur Université	27
Sollys (dont 7 ont abordé Hikari)	21
Clichy-Batignolles	3
Quai Vernets	9
Total	**60**

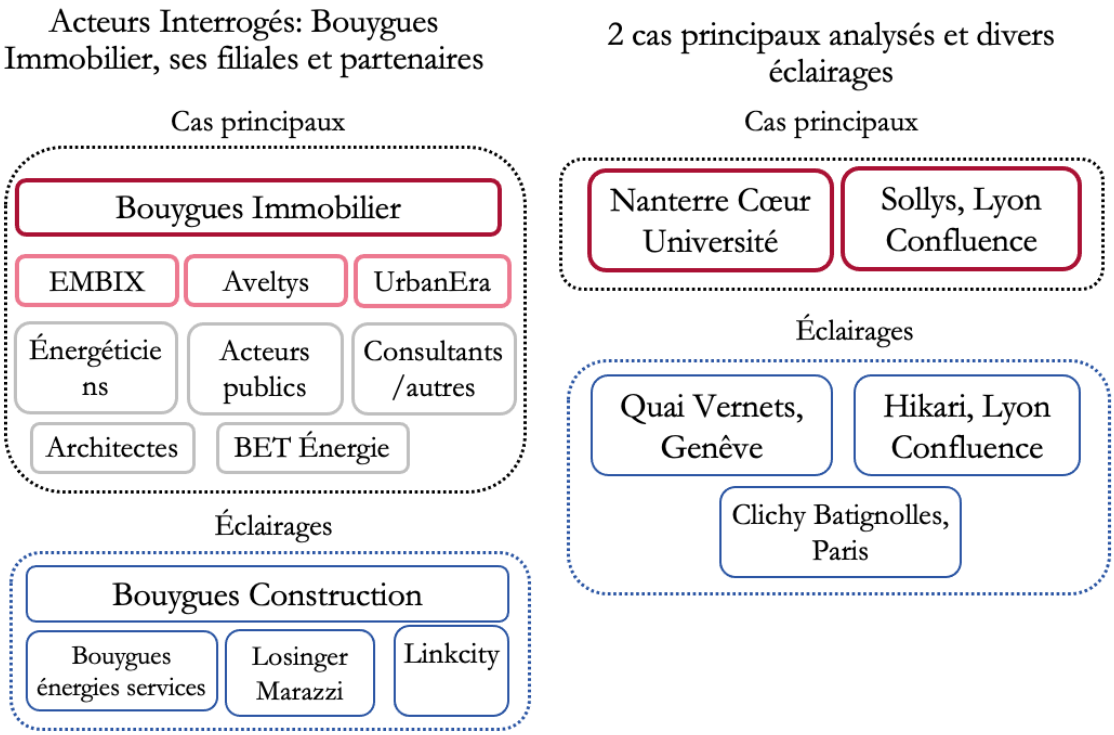

Figure 1. 12. Terrains de recherche et acteurs interrogés. Réalisation personnelle.

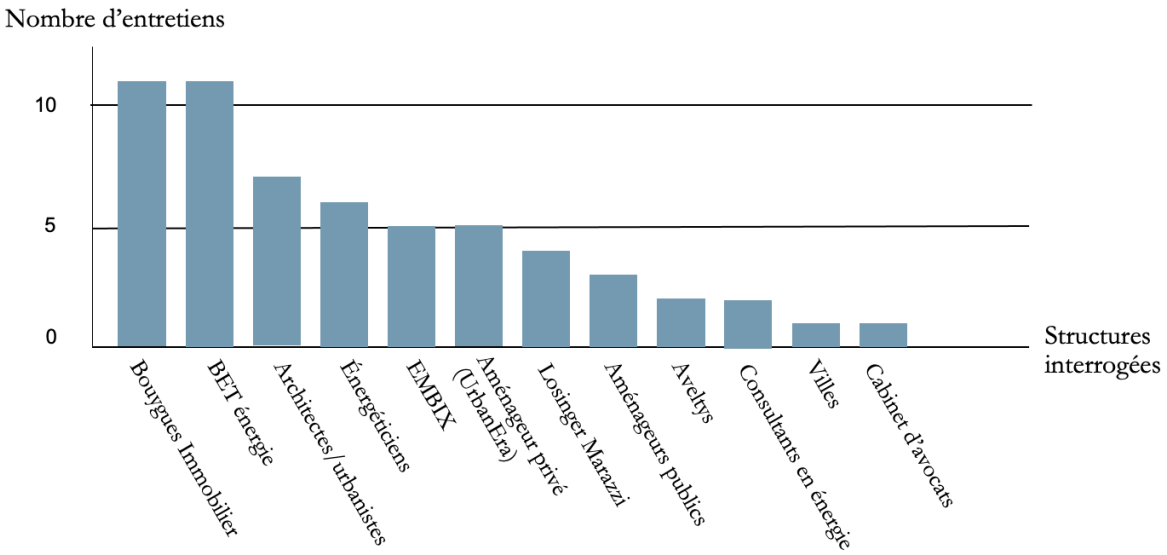

Figure 1. 13. Liste des entretiens réalisés. Réalisation personnelle.

o) Les documents produits dans le cadre des projets

En parallèle au travail précédent, nous avons recueilli les documents de travail et les études réalisées dans le cadre des deux projets. La récupération puis l'analyse des documents ont systématiquement été réalisées sur les deux études de cas principales Sollys et Nanterre. Nous avons ainsi récupéré et analysé divers documents :

- Les cahiers des charges des prescriptions environnementales et énergétiques et des prescriptions architecturales et urbaines,
- Les notes et les études énergies réalisées par les bureaux d'études énergie et les assistants à maîtrise d'ouvrage sur toute la durée des études,
- Les comptes rendus de plusieurs réunions structurantes entre les collectifs de conception,
- Des présentations PPT des projets réalisés par les acteurs dans le cadre du projet : présentation publique du projet, demandes de subventions, démarches de labélisations, etc.,
- Le dossier graphique des projets comportant les: plans d'architecture, coupes, façades, redus 3D, etc., et ceci à diverses phases des projets APS[85], APD[86], PRO[87] et DCE[88],.
- Dans le cas de NCU les documents relatifs à la phase concours ont également été récupérés : cahier des charges du concours et le dossier de réponse à consultation porté par Bouygues Immobilier et ses équipes. Les contrats relatifs à l'exploitation des systèmes énergétiques ont aussi été récupérés (contrat de bail des réseaux et contrats d'abonnement)[89].

[85] Avant-projet sommaire.
[86] Avant-projet définitif.
[87] PROjet.
[88] Dossier de consultation des entreprises.
[89] Dans le cas de Sollys, ces contrats étaient en cours d'élaboration pendant notre enquête.

Pour les éclairages, ceci s'est réalisé selon les opportunités avec soit, des documents remis par les acteurs, ou trouvés sur internet. Dans le cas de Clichy-Batignolles et Hikari, les études de monitoring énergétique ont été récupérées. Pour le cas de Quai Vernets nous avons récupéré les documents relatifs à la phase concours d'architecture et le dossier du dépôt du permis de construire du projet. Les cahiers des prescriptions environnementales et énergétiques ont été récupérés pour tous les projets[90] à l'exception de Quai Vernets. Les discours et les documents recueillis ont été analysés au fur et à mesure de l'enquête de manière à orienter et approfondir la réflexion au cours des entretiens suivants.

p) Participation à certaines réunions, échanges informels et observations au sein du promoteur Bouygues Immobilier

Nous avons ainsi été intégrés, pendant les trois ans de cette recherche, à la direction innovation de l'entreprise Bouygues Immobilier. Le service est rattaché hiérarchiquement à la direction générale Innovation et Transformation Digitale. L'équipe est composée de 6 personnes avec des profils de commerciaux et de designers. L'équipe travaille, par exemple, en support des directions opérationnelles pour proposer des réponses innovantes dans le cadre de réponses à consultations urbaines, ou, dans le cadre du développent de certains projets comme la proposition de nouveaux acteurs, de nouveaux services, d'applications numériques, etc. Par exemple, la direction a porté la création d'une application numérique appelée « entre-voisin » qui propose de créer du lien social entre les habitants au sein des résidences du promoteur. L'équipe réalise également une veille et une exploration de nouvelles offres et services sur lesquelles pourrait se positionner le promoteur. La direction porte par exemple le programme BIRD qui est une société de capital venture, créée en 2015, dont l'objectif consiste à découvrir de nouvelles *start-up* innovantes sur divers usages immobiliers et urbains et de prendre des participations minoritaires (de 10 à 15%) dans ces dernières[91].

Nous n'avons pas pu appliquer une méthode ethnographique dans le cadre de notre recherche. En effet, le projet NCU était en cours de livraison pendant notre enquête et la plupart des acteurs intervenus en phase amont du projet n'étaient plus au sein de Bouygues Immobilier et d'UrbanEra. Les acteurs qui les ont remplacés n'étant pas au courant de l'historique du projet. Dans le cas de Sollys, le projet a été porté par UrbanEra puis transféré à Bouygues Immobilier Rhône-Alpes, notre domiciliation à Paris ne nous a pas permis de suivre de près la phase de conception. Il faut également préciser qu'au cours de cette recherche, beaucoup d'efforts ont constamment été déployés pour décrocher des entretiens ou intégrer des réunions avec des acteurs

[90] Le CPE a été récupéré juste pour l'un des lots pour le cas de Clichy-Batignolles. En effet, les prescriptions énergétiques ne sont pas à l'échelle de la ZAC, mais individualisées pour chaque lot.

[91] Voir la page « BIRD, notre filiale qui soutient les start-up » du site de Bouygues Immobilier, https://www.bouygues-immobilier-corporate.com/fr/innovation/bird-notre-filiale-qui-soutient-les-start , (consultée le 14/10/2021).

souvent submergés par leurs activités quotidiennes. Dans certains cas, malgré plusieurs sollicitations, nous n'avons pas pu assister à certaines réunions de négociation.

Nous sommes toutefois intervenus dans plusieurs consortiums mensuels organisés par la direction innovation sur le projet Eurêka Club à la SPL Lyon Confluence, qui abordait en partie le projet Sollys. Nous avons également pu assister à certains événements (réunions et visites de sites) et réaliser plusieurs échanges informels avec les différentes directions du promoteur (voir annexes). Ces réunions et échanges nous ont ainsi permis de compléter notre enquête. Les résultats de notre recherche ont été présentés de manière institutionnalisée et régulière (rapports de recherche, supports de communication, documents de synthèse) tout le long de l'enquête à l'équipe et aux trois directions de Bouygues Immobilier (Innovation, Urbanera, la direction technique de l'immobilier d'entreprise), et, enfin, sa filiale du promoteur d'Embix. Les retours des professionnels sur ces rendus intermédiaires nous ont également permis d'enrichir notre réflexion. Le schéma suivant résume les terrains de recherche étudiés ainsi que les acteurs interrogés.

4.2.2 Analyse et restitution des matériaux de recherche

Après avoir recueilli nos matériaux, nous avons suivi une démarche d'analyse selon quarte étapes en suivant l'approche inductive : la codification, la catégorisation, la mise en relation des catégories et leur intégration, la modélisation et, enfin, la théorisation (Blais et Martineau, 2006). L'analyse des données récoltées, dans notre cas, a été facilitée par l'utilisation du logiciel NVIVO qui permet d'interroger les données qualitatives. Ce logiciel assiste le chercheur dans l'organisation du matériau, puis dans le traitement des données en créant des catégories d'analyse (des codes) et en les croisant par la suite. Toutefois, il faut préciser que si le logiciel fournit plus de précisions dans la codification des données et leur mise en relation, il ne permet en aucun cas leur analyse. Le récit de nos études de cas a été construit avec les catégories réalisées dans le logiciel : les motivations des acteurs pour l'intégration des préoccupations d'exploitation, l'activité de conception énergétique, l'activité de conception spatiale, les moments d'intégration et de négociation des préoccupations d'exploitation, les critères de constitution des équipes de maîtrise d'œuvre et, enfin, les apprentissages et l'évolution des compétences des acteurs. En effet, l'objectif consiste à identifier la prise en compte des préoccupations d'exploitation qui sont portées par différents acteurs et sur différentes séquences de conception et de réalisation des projets.

Une fois le matériau a été recueilli et analysé, s'est posée la question de sa restitution et présentation. En général, la restitution du travail suit, soit une présentation par terrain indépendamment, soit une lecture transversale des terrains par hypothèses (Hampikian, 2016). Nous avons opté, dans notre cas, pour une organisation par terrain et par phase de projet et ceci pour deux raisons principales : dans un premier temps, nous avons souhaité suivre la chronologie des projets pour appréhender les apprentissages et l'évolution des méthodes de faire des acteurs au fil de la réalisation de projets démonstrateurs. Par exemple, ce n'est qu'après plusieurs apprentissages sur NCU que les acteurs tentent de faire évoluer leurs méthodes de faire sur le projet Sollys. Dans un second temps, ce choix a été essentiellement motivé par une volonté de

garder la richesse de notre matériau empirique sur les projets analysés. En effet, l'objectif consistait à suivre de manière fine les motivations et les stratégies des acteurs, les négociations et les arrangements entre ces derniers suite à l'intégration des objets de l'énergie et de leurs enjeux d'exploitation à chaque phase de conception au sein des projets. De plus, cette restitution nous a notamment permis de mettre l'accent sur la matérialité de ces objets ainsi que les contraintes des milieux urbains denses qui rentrent parfois en conflit avec des objectifs énergétiques et environnementaux très ambitieux. Enfin, dans le cas du projet NCU, la phase concours a été traitée distinctement des phases développement et chantier car ces moments particuliers des projets, représentent des moments révélateurs de plusieurs logiques de communications, de collaborations, de compétitions, de tentions et parfois de contractions entre les acteurs (Tribout, 2019) dont les choix, à cette période, ont des conséquences fortes sur les autres phases des projets.

La thèse est ainsi structurée en six chapitres. Après un premier chapitre d'introduction générale et de cadrage conceptuel de la recherche, le second chapitre est consacré à l'analyse de l'intégration des enjeux d'exploitation en phase concours du projet NCU. Le chapitre 3 sera consacré à l'analyse de l'intégration des enjeux d'exploitation dans le projet NCU en ayant notamment eu recours à un partenariat avec une entreprise énergétique. Le chapitre 4 sera consacré à l'analyse de l'intégration des enjeux d'exploitation dans le projet Sollys après la création d'un nouvel opérateur de services urbains dédié à ces enjeux. Le chapitre 5 met en perspective les études de cas pour rendre compte des effets de l'intégration des enjeux d'exploitation sur les activités de conception énergétique et spatiale. Enfin, le chapitre 6 réalise une analyse critique des modalités, des leviers et des freins de l'apprentissage des acteurs. Plus généralement, le chapitre interroge l'évolution des compétences et de l'organisation des acteurs concernant l'intégration des enjeux d'exploitation des SE.

4.3 De la conception à l'exploitation des systèmes énergétiques au sein de Bouygues Immobilier

Le promoteur Bouygues Immobilier réalise, depuis maintenant quelques années, plusieurs projets durables qui sont de plus en plus ambitieux sur les questions énergétiques. Plus récemment c'est les sujets d'exploitation des artefacts énergétiques qui sont considérés. Les deux projets analysés, dans le cadre de cette thèse, lancée en 2014 pour NCU et 2016 pour Sollys sont des exemples parlants de cette démarche. Nous nous intéresserons donc dans un premier temps à la démarche d'intégration des questions énergétiques au sein des projets de Bouygues (4.3.1), puis nous présenterons l'évolution de cette démarche vers l'intégration des préoccupations d'exploitation des artefacts énergétiques (4.3.2).

4.3.1 Intégration des questions énergétiques au sein de Bouygues Immobilier

Bouygues Immobilier est la filiale de promotion immobilière du groupe Bouygues[92], un grand groupe français, coté en bourse, et qui regroupe une variété de filiales dans la construction (Bouygues Construction, Bouygues Immobilier et Colas), les télécoms (Bouygues Télécom), les médias (TF1) et l'énergie (Alstom)[93]. Bouygues Immobilier a été créé en 1956 en ayant comme cœur de métier la production de logements. Son activité s'est élargie avec le temps à d'autres fonctions comme l'immobilier d'entreprises et l'immobilier commercial. Il intervient également depuis quelques années dans l'aménagement et la réalisation de quartiers entiers intégrant diverses activités. Bouygues Immobilier est structuré autour de cinq grandes directions[94] : logements, Immobilier d'entreprise (qui regroupe les unités de maîtrise d'ouvrage technique conception et réalisation, l'unité BIM et de service après-vente), commerces, UrbanEra et la direction Grands Projets. Autour de ces dernières, gravitent d'autres directions fonctionnelles : Innovation, développement durable, communication, Marketing stratégique, développement foncier, services informatiques, et les ressources humaines (Voir figure 1.14).

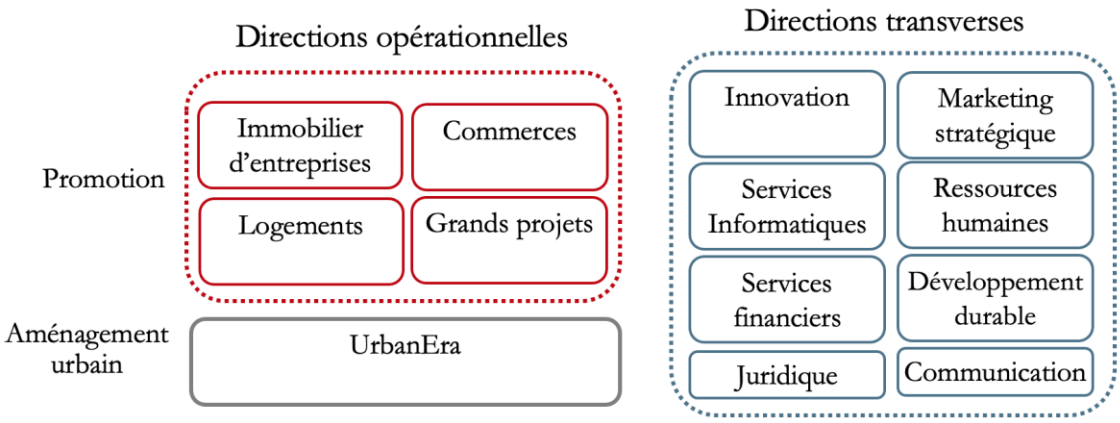

Figure 1. 14. Organisation du promoteur Bouygues Immobilier. Réalisation personnelle.

D'après notre enquête, l'investissement du promoteur Bouygues Immobilier sur les questions énergétiques a suivi dans un premier temps l'évolution du cadre réglementaire. En effet, la plupart de nos enquêtés nous expliquent que l'évolution du cadre réglementaire est un facteur très important qui incite les acteurs à intégrer les enjeux énergétiques. La RT2005, puis la RT 2012, arrivées sept ans plus tard, ont permis d'améliorer considérablement les performances énergétiques des bâtiments (de 350-400 kWh/m2/an à 50 kWh/m2/an). Depuis, la RE 2020[95] vient pousser cette logique encore plus loin avec une obligation d'arriver à un bilan d'énergie positive pour toutes les nouvelles constructions. Les labels et certifications ont notamment joué un rôle important pour l'anticipation des réglementations, à l'exemple de l'adoption des labels Effinergie RT2012-20% afin d'anticiper la RT2012 ou encore plus récemment le label E+C- pour anticiper la RT2020. Le schéma suivant montre l'évolution des réglementations thermiques (de la

[92] Pour plus d'informations sur l'entreprise Bouygues, voir l'article de E. Campagnac (1992) « Système d'organisation et culture d'entreprise : l'histoire de Bouygues ».
[93] Bouygues Construction, 2016, « Dossier de presse institutionnel », *rapport*, 50p.
[94] Cette description correspond à l'organisation de l'entreprise en 2019. En effet, il y a eu plusieurs évolutions par la suite que nous n'avons pas suivi dans le détail.
[95] La réglemention va renter en vigueur le 1er janvier 2022.

RT2005 à la RT2020) ainsi que l'évolution de certains labels[96]. Les acteurs de la fabrique urbaine adoptent, par conséquent, souvent une position d'anticipation des nouvelles réglementations. Le directeur du département énergie au sein du BET environnement et énergie Burgeap nous explique :

> « Définir un besoin énergétique c'est le plus difficile parce qu'on est, depuis 2005 et encore plus depuis 2012, sur une instabilité complète des référentiels et des objets qui sont produits. On a vu apparaitre progressivement des réglementations thermiques et à chaque fois qu'une RT est mise en place, les gens sont déjà sur le coup d'après…On anticipe de plus en plus des réglementations qui ne sont pas connues (30/01/2019).

L'expérimentation et l'intégration des questions énergétiques, au sein du promoteur, a commencé à petite échelle avec la réalisation de son premier bâtiment bureau à énergie positive à Meudon (lancé depuis 2007 et livré en 2011). Depuis, une quinzaine de Green Offices ont été réalisés par l'entreprise essentiellement en île de France. En 2008, le promoteur crée son propre label appelé « Green Office » en réaction à la multiplication des labels à l'époque (HQE, BREEM, etc.). Ce label est ainsi en même temps une marque de grand immobilier de bureaux (plusieurs milliers de m^2) et un label qui atteste de la performance énergétique de ces produits. La création de ce label s'inscrit ainsi dans une volonté d'anticiper la RT 2012 par le promoteur. D'après l'ancien directeur Innovation de l'entreprise : « Les labels sont faits pour gagner de l'argent, avant Cerqual, puis Cerivéa et maintenant Cerema. Nous, avec Green Office, on a dit stop, on a notre propre label et on est au-dessus. C'est notre marque. En plus, les labels sont validés en trois étapes pour ainsi payer à chaque fois. ». (09/07/19). Le label Green Offices repose ainsi sur un cahier des charges très strictes qui prend en charge les différents périmètres de conception et notamment l'électricité spécifiques (contrairement à la RT2012)[97].

[96] Toutefois, il faut noter que si ceci est vrai sur les réglementations thermiques (Voir H. Nessi, 2021, à paraitre), c'est tout le contraire sur la réglementation concernant l'autoconsommation collective, où les acteurs ont porté plusieurs lobbys pour faire avancer cette dernière. Ce constat a été partagé par plusieurs acteurs et ceci que ce soit en France ou en Suisse où nous avons également interrogé plusieurs acteurs sur le poids de la réglementation énergétique.

[97] Les consommations d'électricité spécifique sont difficiles à prévoir car elles sont intimement liées aux modes de vie et comportements des occupants (consommation des ordinateurs, de la télévision, la machine à laver, etc.), c'est pour cela d'ailleurs qu'elles ne sont pas intégrées dans les calculs de la RT2012.

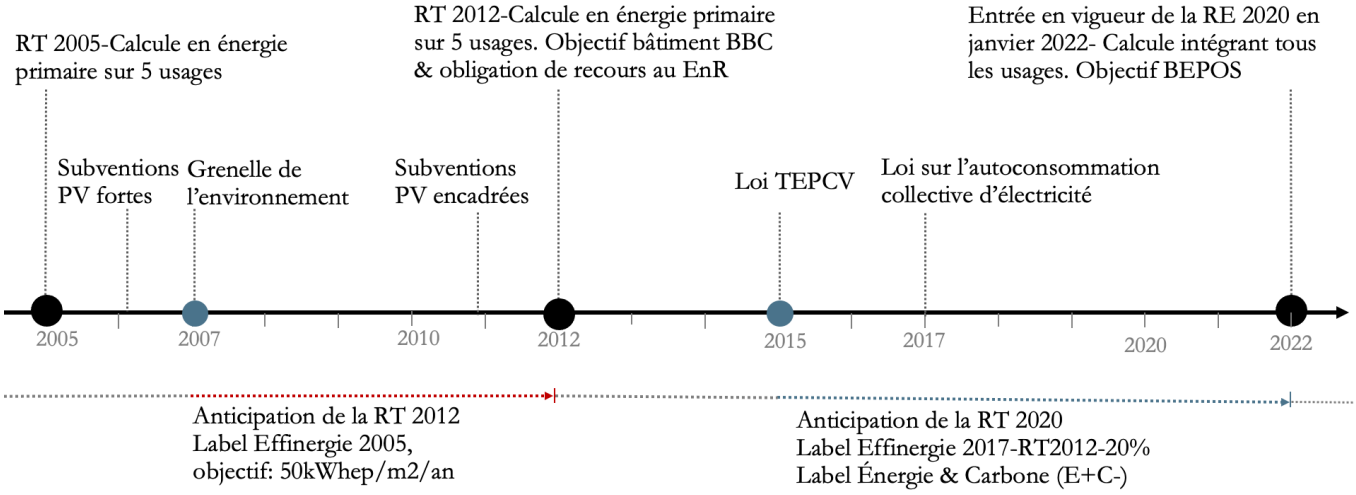

Figure 1. 15. Évolution des RT et des labels associés en France. Réalisation personnelle.

Le premier Green office, réalisé à Meudon, constitue un véritable démonstrateur technologique. Dans un premier temps, un travail important a été réalisé sur la conception bioclimatique du bâtiment. En effet, plusieurs standards de la conception des bureaux ont été questionnés par les concepteurs d'après notre enquête : la compacité du bâtiment, la largeur des plateaux de bureaux, l'aménagement des sous-plafonds, etc. Dans un second temps, le bâtiment mobilise d'innombrables systèmes techniques pour la production d'énergie renouvelable. Il est alimenté en électricité et en chaleur par une cogénération à l'huile de Colza et dispose d'une grande surface de panneaux solaires tapissés sur les toits et les façades pour la production d'électricité. Le bâtiment dispose également de plusieurs systèmes passifs pour le rafraichissement en mobilisant la fraicheur de la forêt de Meudon : des ouvrants de ventilation motorisés pour faire du free-cooling la nuit, des brasseurs d'air, des pales, etc. Le surcoût des systèmes technico-énergétiques a représenté ainsi près de 18% du prix du bâtiment.

> « On a pu avoir une réflexion extrêmement poussée sur l'orientation, la forme du bâtiment, l'épaisseur des bureaux et des façades… C'était une des premières fois où il y avait une réflexion systémique du bâtiment en disant par exemple quelle est la bonne épaisseur des façades puisque plus c'est épais, plus c'est performant du point de vue de la consommation chaud froid. Cependant, plus un bâtiment est compact, plus il faut compenser l'absence de lumière naturelle dans les parties centrales par de la lumière artificielle. Il y a eu tout un calcul qui a abouti à un optimum. On a comparé la performance thermique avec la performance d'éclairage par ex. À ma connaissance, ce sont des choses qui sont rarement faites aussi parce qu'il y a des standards internationaux de largeur, d'épaisseur de bâtiments, parfois, en effet, il faut sortir des sentiers battus » (Président, Aveltys, 09/04/2019).

L'aspect esthétique des panneaux photovoltaïques en façade sur tous les toits du bâtiment et même sur les ombrières des parkings est mis en valeur. Le marketing sur ce projet démonstrateur est passé ainsi par l'affichage architectural des objets techniques. Le président d'Aveltys nous affirme que le promoteur est allé chercher des architectes qui mettent en avant l'esthétique *high tech* dans leurs conceptions afin de mettre en avant la performance énergétique de ce projet démonstrateur. « Justement, une des caractéristiques principales du Green Office Meudon, c'est

que BI est allé chercher un architecte qui a accepté de se mettre au service de la technicité du bâtiment et pas dans l'autre sens. Ça a fait un objet qui assume très fortement sa technologie » (Président, Aveltys, 09/04/2019). Le second Green office à Rueil, livré en décembre 2014, suit également la même stratégie de conception bioclimatique et de mobilisation d'une variété de systèmes énergétiques[98]. Il est alimenté par des thermo-frigo-pompes sur géothermie avec des appoints réalisés par des pompes à chaleur. Tous ces objets étant gérés par des systèmes sophistiqués de gestion techniques des bâtiment (GTB). Nous retrouvons ainsi ce type de solutions architecturales et techniques dans la plupart des Green Office qui suivront (voir figure 1.16).

Figure 1. 16. De gauche à droite: Le Green Office Meudon. Source : http://www.ateliers115.fr/index.php/etudes-realisations/bureaux/13-green-office-meudon-92. Le Green Office Rueil. Source : http://www.green-office.fr/fr/realisations/rueil/rueil-architecture

L'expérimentation au sein du promoteur s'est élargie à l'échelle du quartier avec la réalisation de l'écoquartier Ginko à Bordeaux lancé en 2006[99] (qui a eu le prix de la sobriété en 2006) et la réalisation de deux démonstrateurs qui sont l'écoquartier du fort d'Issy-les-Moulineaux en 2013, en partenariat avec une dizaine de partenaires industriels et d'Hikari en 2016 également fruit d'un partenariat entre le Grand Lyon et le NEDO (équivalent l'ADEME) japonais à Lyon Confluence. Le projet Hikari a été labélisé premier îlot à énergie positive de France[100]. Là aussi, la communication sur la durabilité des projets du promoteur passe par la mise en visibilité des objets techniques avec une intégration démonstrative des panneaux solaires en façade du projet. Nous pouvons également citer l'exemple de la chaufferie bois du projet Ginko à Bordeaux qui a été traitée comme un véritable monument artefacts urbain.

[98] Le système de distribution de chaleur et de froid se fait sur dalles actives réversibles.
[99] Les travaux du quartier ont été lancés en 2010, le quartier a été livré en quatre phases 2012 – 2014 – 2017 – 2020.
[100] Le coût de conception et de réalisation du quartier s'éleve à 53M€. L'investissement dans les systèmes techniques sera pris financièrement en charge par le NEDO, toutefois Toshiba reste propriétaire des technologies le temps de la démonstration qui dure 2 ans. L'objectif des acteurs et notamment du promoteur était alors de réaliser un démonstrateur pour préfigurer ses prochaines opérations.

L'engagement du promoteur Bouygues Immobilier sur les questions énergétiques se matérialise ainsi à travers la réalisation de plusieurs projets démonstrateurs testant plusieurs technologies énergétiques en partenariat avec des industriels, depuis une quinzaine d'années. Il faut également noter que cette intégration des questions énergétiques et environnementales est partie intégrante d'une démarche d'affichage et marketing vert de l'entreprise. Le sujet énergétique est ainsi mobilisé par le promoteur comme un argument de différenciation des autres concurrents de la production urbaine. D'autre part, d'après les acteurs interrogés au sein du promoteur, l'objectif également de cette stratégie de durabilité, consiste à suivre les subventions associées aux projets démonstrateurs/durables et les technologies de production d'EnR. Par exemple, la mobilisation des panneaux photovoltaïques dans les projets a suivi la courbe d'évolution des subventions financières de cette technologie [101](Cointe, 2016). Enfin, il faut également noter le poids important des prescriptions énergétiques réalisées des collectivités qui incitent également les promoteurs à prendre à bras le corps les sujets énergétiques. En effet, ces documents peuvent exiger, des objectifs de production d'énergie renouvelable ou de performance énergétique des bâtiments très importants allant au-delà de la réglementation thermique. Un ancien directeur technique au sein d'UrbanEra nous résume ainsi les motivations du promoteur pour intégrer les questions énergétiques dans ses projets :

> « À l'échelle de BI, à l'échelle du quartier, elles sont d'abord guidées par les évolutions réglementaires, RT 2005, puis 2012 et bientôt 2020, à minimum il faut qu'on arrive à coller à ces réglementations pour répondre à l'obligation qui nous est faite. Pour coller à cette réponse, il faut anticiper. Avant que la réglementation s'impose, avoir réfléchi aux différents systèmes pour y répondre. C'est le premier point purement réglementaire. 2 : on a des cahiers des charges, des ambitions locales qui fixent des cahiers de charges supérieurs à la réglementation et qui préfigurent le coup d'après bien souvent. Tout ça adossé à des incitations fiscales. Donc la stratégie de BI se bâtit autour de 3 points. Coller à la réglementation, coller aux besoins de nos clients, collectivités et autres, et la volonté qui est notre ADN d'être pionniers sur certains thèmes dont celui de l'énergie » (30/04/2019).

Enfin, au-delà de la stratégie d'affichage, il faut noter que cette stratégie d'expérimentation s'inscrit également dans une volonté de dépassement et d'évolution des pratiques de l'entreprise sur les questions énergétiques et environnementales. L'apprentissage se réalise ainsi au fil de l'expérimentation de projets démonstrateurs. Nous rejoignons ainsi H. Haller qui affirme enfin, que les justifications de faire des bâtiments performants par les acteurs s'expliquent par 3 hypothèses principales : la volonté des acteurs d'anticiper la réglementation thermique, la volonté de développer une image d'entreprises pionnières sur les enjeux environnementaux et la recherche d'un certain dépassement par ces derniers (Haller, 2019). Nous rajoutons ainsi à ces trois éléments, l'importance des prescriptions réalisées par les collectivités locales qui incitent également fortement les acteurs à intégrer ces enjeux. La question qui reste en suspens est ainsi : de quelle manière le passage des préoccupations énergétiques aux préoccupations d'exploitation des artefacts énergétiques s'est-il réalisé au sein de Bouygues Immobilier ?

[101] Notons par exemple que si les tarifs de rachat qui ont baissé dans les années 2010, ils redeviennent intéressants ces dernières années, ce qui explique notamment la mobilisation très importante des PV au sein des projets plus récents.

4.3.2 Des questions énergétiques à l'émergence des enjeux d'exploitation

Après la livraison du premier Green Office Meudon, s'est posée la question de l'exploitation de tous les systèmes énergétiques intégrés dans les projets et ceci d'autant plus que ces objets techniques sont pour la plupart très pointus et requièrent une maintenance et une exploitation spécialisée. Ceci a été suivi par des problématiques survenues pendant la livraison des projets du Fort d'Issy, de Ginko et d'Hikari. Ce qui accentuera l'intérêt que portera l'entreprise pour la phase d'exploitation.

Afin de prendre en charge ces problèmes, l'entreprise a ainsi créé en 2012, en partenariat avec Schneider Electric, à l'échelle des immeubles de bureaux, une filiale appelée Aveltys qui est chargée de l'exploitation de ces bâtiments avec une mission spécifique sur la gestion des systèmes énergétiques. Cette startup propose la garantie de charges locatives dont les charges énergétiques dans ces bâtiments (voir chapitre 4 sur l'activité d'Avetys). La prise des enjeux d'exploitation par l'entreprise commence ainsi par la création du *Spin-off* Aveltys à l'échelle du bâtiment.

Cet investissement se prolonge à l'échelle du quartier dans le cadre de l'intervention du promoteur sur le Fort d'Issy-les-Moulineaux. En effet, très rapidement après la livraison du projet en 2013, plusieurs plaintes ont été émises par les habitants du projet suite à plusieurs défaillances techniques des systèmes géothermiques et au coût important de leurs factures énergétiques[102]. Même si le promoteur n'est pas présent durant l'exploitation de l'ouvrage, sa réputation dépend du bon fonctionnent des bâtiments et systèmes livrés. Le promoteur s'est donc trouvé dans l'obligation de s'investir pendant l'exploitation du projet en réalisant notamment des travaux d'entretien du système géothermique. Ceci a nécessité une nouvelle contribution financière des promoteurs (1M€) et une renégociation du contrat avec Dalkia, exploitant du réseau pour parvenir à une baisse de sa durée et des charges d'exploitation. Finalement, les promoteurs ont pris en charge une partie importante des investissements en plus de la rallonge de contrat à l'issue des premières années d'exploitation (4M€ au total) [103]. C'est dans le cadre de ce projet que le promoteur décide ainsi de créer sa filiale Embix, chargée de la gestion de l'énergie à l'échelle du quartier[104]. Les différentes défaillances en exploitation au fort d'Issy ont ainsi incité le promoteur à élargir ses réflexions sur les phases d'exploitation à l'échelle du quartier. De plus, il faut noter que l'investissement sur l'exploitation ne s'arrête pas aux questions énergétiques. En effet, l'entreprise a investi également dans la gestion des parkings ou des bornes de recharges de véhicules éclectiques au sein de ce

[102] En effet, d'après notre enquête, pendant l'exploitation du système géothermique, l'eau présente dans la nappe attaquait les conduites de géothermie moyenne profondeur, ce qui a causé diverses perturbations dans l'alimentation énergétique du quartier. Plusieurs plaintes ont été portées par les habitants à l'encontre du promoteur Bouygues Immobilier. Nous allons nous attarder plus en détail sur cet acteur dans le chapitre 4.

[103] Bouygues Immobilier, 2018 « Définition d'une stratégie énergie carbone dans les aménagements urbains de Bouygues Immobilier », *étude interne commanditée au BET Burgeap*, 34p.

[104] Comme on va le montrer dans la suite de notre récit, les missions de cet acteur vont beaucoup évoluer pour devenir un ensemblier sur les questions énergétiques et proposer une garantie des charges énergétiques à l'échelle du quartier.

projet. Le schéma figure 1.17 résume les différents projets portés par l'entreprise depuis une quinzaine d'année.

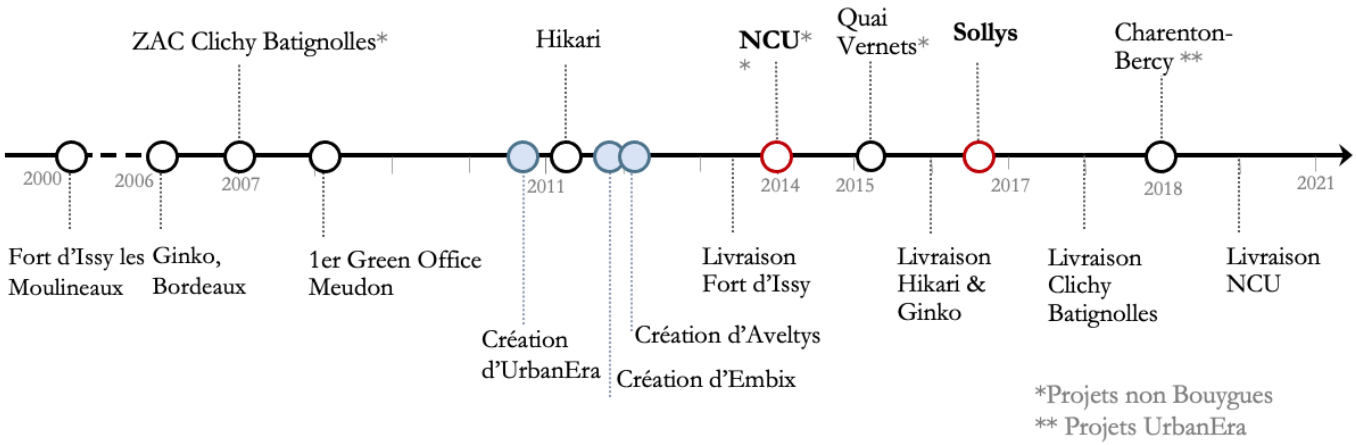

Figure 1. 17. Dates de lancement et livraison des projets portés par Bouygues Immobilier ainsi que les dates de création de ses filiales. Réalisation personnelle.

Nous pouvons dire à ce stade que l'intégration des enjeux d'exploitation par l'entreprise s'explique ce faisant essentiellement par des motivations assurantielles afin de garantir la bonne exploitation des projets livrés. L'objectif pour le promoteur consiste à absolument éviter les plaintes des habitants ou encore les articles de presse qui mettent le doigt sur les dysfonctionnements techniques au sein des projets. Nous verrons, toutefois, dans les trois chapitres suivants qu'il existe également d'autres motivations qui incitent cet acteur à se positionner sur ces enjeux.

5 Synthèse

La première partie du chapitre a été consacrée à la revue de littérature autour de l'intégration des questions énergétiques et des préoccupations d'exploitation dans la conception des projets durables. Nous avons commencé ce chapitre par présenter les différents dysfonctionnements rencontrés pendant l'exploitation des quartiers durables pour, ensuite, montrer qu'il y a aujourd'hui une montée de l'importance accordée aux enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques que ce soit dans le monde opérationnel ou académique. Pour bien appréhender notre objet scientifique de recherche, nous avons mobilisé trois ensembles de travaux. Premièrement, nous avons mobilisé les travaux sur la conception urbaine, des travaux qui nous ont permis de caractériser cette activité comme une pratique collective, cognitive et productive. Puis, nous avons exploré les travaux ayant abordé l'intégration des questions énergétiques et environnementales dans l'activité de conception. Ces travaux ont montré que l'avènement des enjeux énergétiques et de durabilité ont interrogé les savoirs et les savoir-faire des professionnels de l'urbanisme. Ensuite, nous avons abordé les travaux qui ont traité de l'intégration des préoccupations d'exploitation urbaine dans la conception. Ces travaux sont disparates et peu nombreux contrairement au foisonnement de la littérature sur l'intégration des questions énergétiques dans la conception. De plus, ces recherches n'interrogent pas les effets de l'intégration des préoccupations d'exploitation sur la conception et c'est cet angle mort que souhaite explorer cette recherche. L'objectif de cette

recherche est ainsi de s'inscrire dans la continuité de ces travaux en analysant l'impact de l'intégration des préoccupations d'exploitation sur l'activité de conception urbaine. D'autre part, nous avons vu que l'avènement des questions énergétiques et, plus récemment, la montée des préoccupations d'exploitation interroge l'organisation linéaire de la conception vers une meilleure coordination entre les acteurs. La mobilisation de ces travaux sur l'organisation de projet (notamment le modèle de l'ingénierie concourante) va nous aider à réaliser une lecture du processus de conception urbaine au prisme de l'intégration des enjeux d'exploitation (1).

La seconde partie du chapitre a été consacrée au cadrage théorique et conceptuel afin d'aborder notre recherche. Dans un premier temps, nous nous appuyons sur la sociologie de l'acteur réseau pour prendre en considération les acteurs humains et non humains dans l'analyses. Le concept de cadrage-débordement va nous aider à mettre l'accent sur les règles du jeu dans les projets ainsi que sur les moments de débordement dans les processus de conception. Dans un second temps, nous mobilisons les travaux sur l'apprentissage organisationnel et inter-organisationnel pour appréhender la capitalisation et la sédimentation des enseignements des acteurs et des organisations suite à la réalisation d'une filiation de projets durables. L'objectif est ainsi de s'intéresser en même temps aux contenus des apprentissages ainsi qu'aux leviers et aux freins de la capitalisation des enseignements par les acteurs.

La troisième partie a porté par la suite sur les hypothèses et sous-hypothèses qui constituent notre grille analytique de cette recherche. Enfin, la dernière section a porté sur la posture et la méthode de recherche. Afin de comprendre finement les mécanismes d'anticipation des enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques dans la conception des projets, nous avons sélectionné à partir d'un panorama d'une douzaine de projets, deux études qui ont fortement mis en avant l'intégration de ces enjeux. Les deux cas d'étude qui sont Nanterre Cœur Université et Sollys présentent deux exemples de temporalités distinctes de la production des projets urbains durables au sein de Bouygues Immobilier. Nanterre a été lancé en 2013/2014 dans un contexte où les questions énergétiques étaient très fortement débattues dans la ville, et Sollys a été lancé en 2016/2017 dans un contexte où commence à émerger un ensemble de retours d'expériences sur les questions énergétiques et les enjeux d'exploitation de ces derniers. Ces cas seront complétés par plusieurs éclairages d'autres projets durables. Ensuite, nous avons présenté la démarche d'intégration des questions énergétiques et, plus récemment, des enjeux d'exploitation par le promoteur Bouygues Immobilier, maitre d'ouvrage des cas d'études dans cette recherche. Les deux cas d'analyse représentent ainsi deux zooms, dans un continuum de projets, portées par cette structure et ses filiales. Au-delà des effets, de la prise en charge des préoccupations d'exploitation sur la conception, c'est donc l'apprentissage et l'évolution des compétences de cet acteur, ses filiales et partenaires que nous allons interroger. Le chapitre suivant va s'intéresser à l'intégration des préoccupations d'exploitation des artefacts énergétiques dans la phase concours du projet NCU.

Chapitre 2 : L'intégration balbutiante des enjeux d'exploitation en phase concours. Le cas de Nanterre Cœur Université (NCU)

L'objectif de ce chapitre est d'interroger les effets de la prise en compte des enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques en phase concours d'opérateurs et d'architectes. Ces moments particuliers du projet de quelques semaines, qui concentrent une intensité des échanges entre les acteurs, sont des fenêtres d'observation intéressantes de leurs activités. En effet, ils représentent des moments révélateurs de plusieurs logiques de communication, de collaboration, de compétition, de tentions et parfois de contractions entre les professionnels de la fabrique urbaine (Tribout, 2019). Ce chapitre s'appuie, d'une part, sur le cas d'un concours d'opérateurs urbains (essentiellement promoteurs) organisé en 2013 par l'aménageur Paris la Défense à l'échelle du quartier NCU et, d'autre part, sur l'analyse d'un concours d'architecte organisé par UrbanEra (lauréat du concours de NCU) à l'échelle d'un des bâtiments bureaux du projet (lot 6), lancé en 2015. En effet comme expliqué dans le chapitre 1 (section 4.3.1), après avoir gagné le concours d'opérateurs en 2014, UrbanEra a lancé plusieurs concours d'architecture pour sélectionner les architectes des différents lots du projet NCU. Le développement de NCU s'est réalisé de 2014 à 2018 et le projet est en livraison depuis 2019. La figure ci-après présente les étapes du développement du projet NCU avec en pointillé, les séquences qui seront analysées dans ce chapitre. Un éclairage sera apporté par le concours d'opérateurs urbains (promoteurs et entreprises totales faisant de la promotion et de la réalisation) du projet genevois Quai Vernets. L'analyse se base sur les cahiers des charges des concours (les cahiers de prescriptions architecturales et urbaines, les cahiers des prescriptions énergétiques), les documents des réponses à consultations des lauréats et, enfin, sur divers entretiens avec les acteurs intervenus à ces périodes.

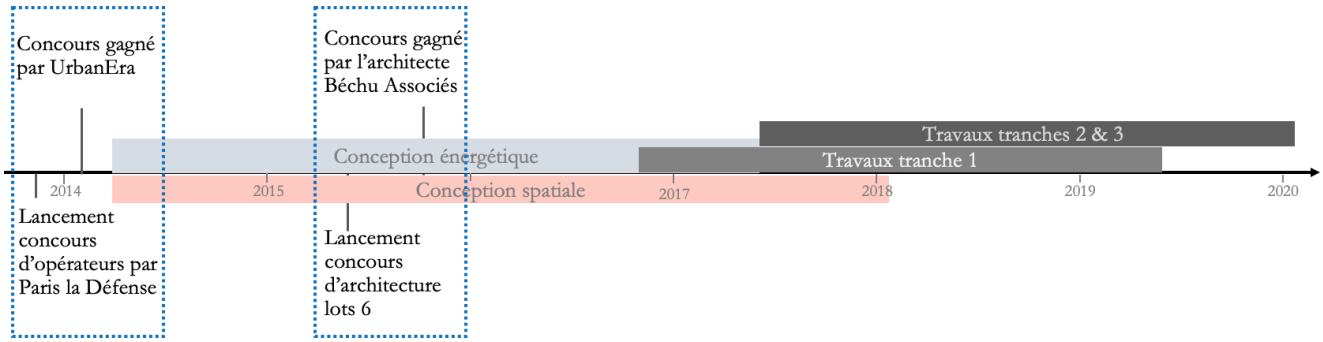

Figure 2. 1. Les étapes du développement du projet NCU. Réalisation personnelle

Ce chapitre est articulé autour de quatre parties. Dans un premier temps, nous interrogerons l'intégration des préoccupations d'exploitation dans les cadrages énergétiques et architecturaux des projets, réalisés par la maîtrise d'ouvrage urbaine. En effet, l'analyse de ces documents est éclairante car de par leur nature prescriptive, ils peuvent orienter ou non l'activité des acteurs vers la prise en charge de l'exploitation dans la conception (1). Puis, nous analyserons les effets de la prise en charge des enjeux d'exploitation des SE sur l'activité de conception énergétique de NCU afin de saisir concrètement les impacts sur les choix techniques de conception (2). Par la suite, nous interrogerons les motivations qui sous-tendent la sélection des partenaires et prestataires, par l'opérateur privé UrbanEra, pour prendre en charge les questions énergétiques et d'exploitation. En effet, l'analyse du type de prestataires sélectionnés, au prisme de leurs compétences sur l'exploitation, va nous donner des éléments d'explications sur la prise en charge des préoccupations d'exploitation des SE par UrbanEra et ses équipes (3). Enfin, nous analyserons l'intégration des préoccupations d'exploitation dans l'activité de conception architecturale et urbaine. Nous verrons que l'intégration d'une pluralité d'objets techniques et de leurs préoccupations d'exploitation impacte également l'activité de conception spatiale (4).

1 Une faible intégration des préoccupations d'exploitation dans les cadrages énergétiques et urbains

Dans cette section, nous présentons, dans un premier temps, le projet NCU ainsi que le contexte du lancement de la consultation urbaine du projet en 2013 (1.1). Dans un second temps, nous nous interrogerons sur l'intégration des préoccupations d'exploitation des SE dans les cahiers de prescriptions énergétiques et urbaines de plusieurs projets immobiliers et urbains durables (NCU, Hikari, Clichy-Batignolles, Quai Vernets et Sollys). En effet, l'analyse de l'intégration des enjeux d'exploitation dans ces documents, que nous appelons des cadrages énergétiques et urbains des projets, est déterminante pour saisir, par la suite, les logiques de la prise en charge de ces enjeux par les acteurs dans la conception. Nous accorderons une attention particulière à l'évolution des approches dans l'intégration des préoccupations d'exploitation, dans le cadre de la production de ces documents, suite à l'accumulation des expériences des acteurs sur les projets (2.1).

1.1 Le contexte de lancement de la consultation d'opérateurs du projet Nanterre Cœur Université

Le projet NCU s'inscrit dans la ZAC Seine Arche, un projet d'envergure qui a comme objectif d'aménager une grande zone depuis la Défense à la Seine[105]. Le projet est porté, depuis sa création en 2000[106], par L'Établissement public Paris La Défense, anciennement appelé Établissement public d'aménagement de La Défense Seine-Arche (Epadesa). Il présente la seconde partie de la phase Nanterre cœur université au sein de la ZAC. L'enjeu premier du quartier a été son

[105] La ZAC s'inscrit elle-même dans le périmètre de l'Opération d'Intérêt National Nanterre-La Garenne Colombes.
[106] En effet, les villes de Nanterre, Courbevoie, la Garenne-Colombe, et Puteaux ont confié l'aménagement de l'opération à cet acteur.

désenclavement et son ouverture aux infrastructures existantes qui l'entourent. En effet, il s'agit de créer un quartier métropolitain mixte en lien avec le tissu urbain existant. Le projet compte 497 logements (35 000 m²), 27 000 m² de bureaux, 14000 m² de commerces[107], et des équipements culturels dont un cinéma. Il dispose également de 770 places de stationnement automobile dont environ 650 ouvertes au public. Il est construit en zone ANRU, ce qui a fortement contraint le prix de sortie des logements ; il est composé de 40% de logements sociaux, de 10% de logements intermédiaires, 10% en accession encadrée et 40% en accession libre. Une première tranche du projet a été livrée en 2019. Le projet est en fin de livraison au moment où nous écrivons ce texte (voir figure 2.2).

L'aménageur Paris La Défense et la ville de Nanterre ont donc lancé une consultation d'opérateurs pour cette phase 2 en 2013. Cette opération est caractérisée par le fait qu'elle regroupe plusieurs lots et qu'elle ne soit pas subdivisée en parcelles comme ce que font traditionnellement les aménageurs. De ce fait, l'objectif consistait à désigner un opérateur unique pour les 6 lots du projet. D'après un responsable aménagement à Paris La Défense, deux raisons principales ont incité la maîtrise d'ouvrage à confier ce quartier à un opérateur privé. La première relève de la volonté de constituer un cœur de ville avec des commerces de proximité au sein du projet. En effet, d'après l'aménageur, réaliser un découpage traditionnel du projet en petits lots, confiés à des promoteurs privés, n'attire pas les investisseurs commerciaux et se matérialise souvent par des quartiers occupés par des services (banques, bijouteries, etc.) avec très peu de commerces de proximité. À contrario, avoir un RDC mutualisé permet de désigner un investisseur principal pour les commerces, qui pourrait, à l'avenir, louer à des petits preneurs variés. En effet, le cahier des charges de la consultation impose même aux opérateurs de répondre avec un investisseur sur les commerces. La seconde raison relève de la volonté de créer une assiette de parkings commune et mutualisée entre les différents lots avec une grande partie qui serait également ouverte au public, ce qui s'avère difficilement réalisable si les lots étaient séparés. Par conséquent, le mot d'ordre du concours en 2013 renvoyait à la mutualisation des services.

[107] Une trentaine de commerces et treize restaurants.

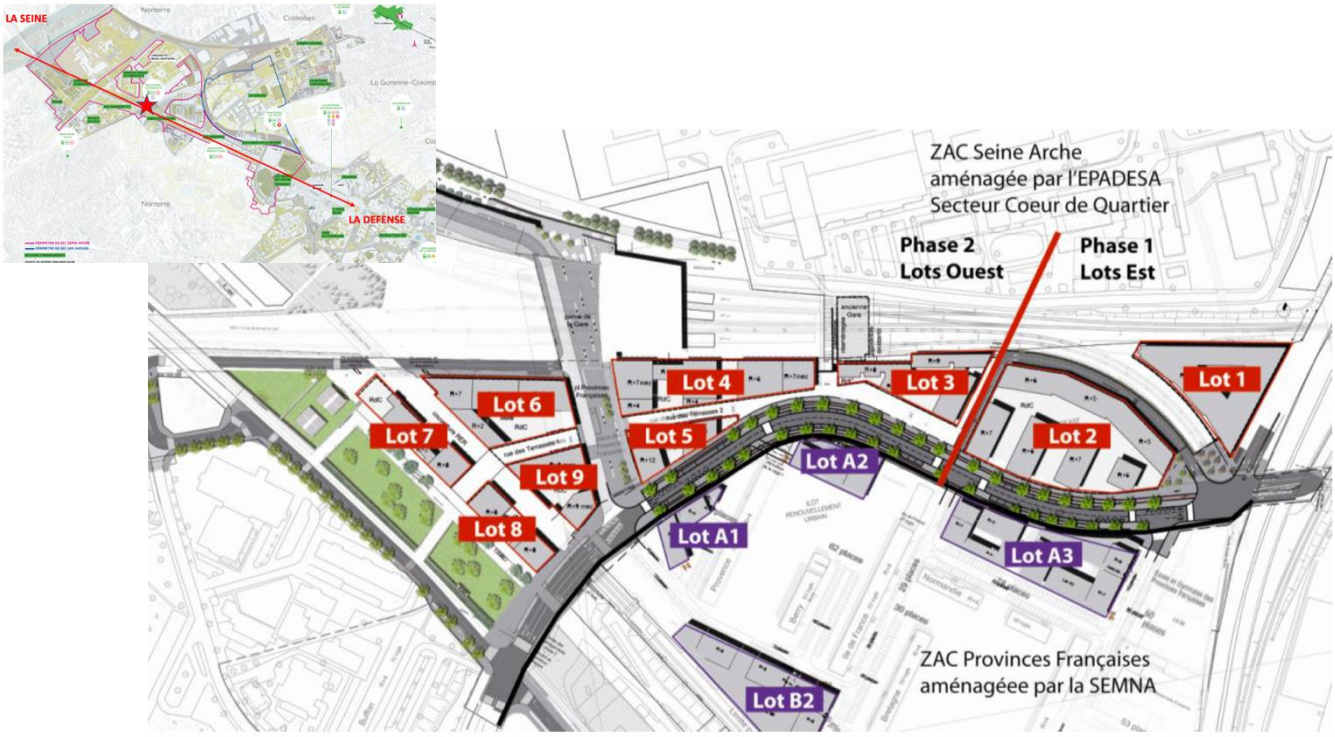

Figure 2. 2. Situation urbaine du projet et plan de masse des deux phases du projet Nanterre cœur université. Source : CPAU de NCU, Paris La Défense, 2013.

Concernant les aspects énergétiques, la ZAC dispose d'une délégation de service public DSP portée par le Syndicat mixte de Chauffage Urbain de la Défense (Sicudef), aujourd'hui appelé GENERIA. Ce syndicat regroupe le département des Hauts-de-Seine et les communes de Courbevoie, Nanterre et Puteaux. Le réseau de chaleur est géré par Enertherm (filiale d'IDEX) depuis 2002. Il est alimenté par du gaz et du fioul lourd essentiellement. Le réseau est en cours de verdissement depuis 2020 en utilisant une chaudière biomasse[108].

D'après l'entretien que nous avons eu avec l'aménageur, quand ce dernier est allé demander le raccordement de NCU au réseau d'Enertherm, l'énergéticien a affirmé ne pas avoir les moyens financiers pour étendre le réseau afin d'alimenter le projet NCU. D'ailleurs, la phase 1 du projet Nanterre Cœur Université, confiée à Anteria et Eiffage, n'a également pas été raccordée au réseau et dispose de sa propre production de chaleur. Une autre réflexion a été lancée par l'aménageur pour raccorder le projet au quartier des Provinces françaises, un projet de renouvellement situé au sud du projet. Toutefois, d'après l'aménageur, deux raisons l'ont contraint à abandonner cette piste. La première est que la chaufferie du quartier est sous-dimensionnée pour alimenter un projet aussi dense comme NCU et la seconde est que cette chaufferie appartient à un office HLM de la ville de Nanterre, ce qui pose un problème d'un point de vue de la contractualisation et du portage

[108] Voir la page « La construction du syndicat » du site de Generia », https://www.generia.fr/decouvrez-generia/ , (consulté le 29/11/2020).

financier de l'extension du réseau. Un responsable au sein de l'aménageur Paris La Défense nous explique ainsi :

> « Historiquement, l'EPADESA se sont posés la question de comment étendre le réseau pour desservir les différents programmes immobiliers, et le Sicudef assez vite a dit ça m'intéresse d'étendre mon réseau et d'avoir plus de clients mais je ne sais pas comment payer l'extension. Ce qui est quand même dommage pour un concessionnaire notamment comparé à ENEDIS ou GRDF qui étendent leurs réseaux à tout va. Le Sicudef, ils attendent que les autres trouvent des solutions pour eux. À cause de ça, très peu de programmes de la ZAC Seine Arche ont été raccordés au réseau, mis à part ceux qui se trouvent vraiment à proximité de ce dernier... La phase 2, on s'était posé la question de la raccorder au quartier des Provinces française, un quartier des années 50 au sud du projet et qui possède sa propre chaufferie. Sauf que la chaufferie n'était pas dimensionnée pour. De plus, elle appartenait à l'office HLM de la ville de Nanterre, donc un autre bazar pour réaliser une extension de ce réseau. Même si on trouvait une solution technique pour augmenter la puissance de cette chaufferie, il aurait fallu trouver une solution de montage juridique pour voir comment répartir le coût de l'investissent entre les logements existants et futurs. C'était tout un bazar et on le sentait pas du tout » (03/04/2020).

Compte tenu de l'indisponibilité des réseaux à proximité du projet et de la complexité de la réalisation d'extension des réseaux plus lointains, l'aménageur aurait pu organiser lui-même la desserte énergétique du projet en constituant notamment une délégation de service public (DSP). Toutefois, d'après un responsable aménagement à Paris la Défense, que nous avons interrogé, plusieurs sujets les ont dissuadés:

- Le manque d'espace physique pour l'installation d'une chaufferie urbaine, la question de son installation en sous-sol impliquait une imbrication très complexe avec les lots du projet et notamment les parkings mutualisés dont la gestion sera confiée au privé,
- L'incompatibilité du calendrier d'un réseau de chaleur et d'un projet immobilier,
- Le coût important que représentait le portage sur le long terme d'un tel équipement par l'aménageur.

L'aménageur a donc opté pour laisser aux opérateurs privés le choix de proposer des solutions « innovantes » d'alimentation énergétique du projet. A la suite de ces difficultés, nous ajoutons le poids du manque d'espace en zone urbaine dense dans l'orientation des choix énergétiques.

> « Les lots immobiliers prenaient toute l'emprise au sol, on ne pouvait pas faire une chaufferie séparée des lots. On aurait pu imaginer un volume dans le sous-sol pour la chaufferie, seulement si on faisait la chaufferie avant Bouygues Immobilier, l'imbrication allait être compliquée, sinon on aurait pu demander au promoteur de la construire pour nous, ça revenait donc à débourser de l'argent pour l'affecter au promoteur. Et en plus, on a l'expérience, on sait que c'est difficile de dimensionner les chaufferies par rapport aux consommations des futurs bâtiments. Souvent, il y a des problèmes de dimensionnement. Parfois on prend trop de sécurité donc ça coûte plus cher aux habitants, on ne voulait pas se louper. On n'était pas équipés pour dimensionner la chaufferie, le plus simple c'est de donner au privé pour qu'il trouve une solution » (Responsable aménagement, Paris La Défense, 03/04/2020).

Au dossier de consultation d'opérateurs du projet NCU sont annexés, entre autres, le cahier des prescriptions architecturales et urbaines et le cahier de prescriptions environnementales. Il faut également noter que ces documents ont une portée contractuelle et toute dérogation est soumise à

des sanctions financières par l'aménageur. Nous considérons ainsi ce document comme les cadrages architectural et énergétique du projet NCU. Il faut également noter que l'aménageur a imposé, entre autres, aux opérateurs de répondre avec une équipe de maîtrise d'œuvre composée d'un architecte coordinateur des différents lots et d'un AMO qualité environnementale.

1.2 Des cahiers de prescriptions urbaines et énergétiques centrés sur la performance énergétique

L'objectif dans cette sous-section est d'analyser l'intégration des préoccupations d'exploitation dans les cadrages énergétiques et architecturaux. En effet, avant d'analyser de quelle manière sont appréhendés les préoccupations d'exploitation par les acteurs de projet NCU en phase concours, il s'agit d'interroger au préalable si ces enjeux sont une contrainte des cahiers des charges. Rappelons également qu'il s'agit de chercher les « traces » et les « préoccupations » qui relèvent de l'exploitation des artefacts énergétiques car l'exploitation n'est pas désignée en tant que catégorie à part entière par les acteurs (chapitre 1).

1.2.1 Des cahiers de prescriptions architecturales et urbaines qui orientent l'intégration esthétique des artefacts énergétiques

La ville de Nanterre en collaboration avec l'aménageur Paris la Défense ont missionné en 2013 l'urbaniste Treuttel Garcias Treuttel (TGT) afin de réaliser un cahier de prescriptions architecturales et urbaines (CPAU) pour le projet NCU. Ce document, d'une quarantaine de pages, est structuré en trois parties : il présente, d'abord, le contexte urbain du site (situation du projet, schéma de principes des espaces publics, schémas des accès motorisés et piétons, etc.) ; ensuite, les prescriptions architecturales (implantation des constructions, volumétries, typologies, traitement des façades, principes de distribution des îlots, etc.) et, enfin, les fiches de lots et les documents graphiques du projet urbain (plan de situation, plan des contraintes, plan de nivellement, coupes, etc). Le document comporte ainsi diverses prescriptions et principes d'organisation qui orientent les formes urbaines du projet. Notons par ailleurs que les volumes des bâtiments n'ont pas été définis en se basant sur une étude d'optimisation des apports solaires[109] mais suivant divers principes : la cohérence architecturale, l'atténuation de l'effet massif et dense du projet, l'optimisation de la lumière du jour dans les bâtiments, la création de vues dégagées, etc. Concernant le traitement architectural des bâtiments, le document encourage la mise en œuvre d'architectures variées afin de ne pas rester sur des architectures lisses et uniformes comme le style architectural des bâtiments de la Défense et ceci notamment pour les programmes de bureaux.

> « Pour éviter un effet trop massif, les volumes sont scindés en divers éléments à partir de R+1… Dans tous les cas de figure la volumétrie des niveaux supérieurs doit être découpée et scindée par des failles en profondeur. Le long des emprises ferroviaires (lot 3,4 et 6) des transparences visuelles seront privilégiées afin de préserver le caractère d'écran anti-bruit.

[109] Une étude d'ensoleillement a été commanditée par l'EPADESA et réalisée en 2006 par son urbaniste TGT, elle s'est focalisée sur plusieurs secteurs de la ZAC mais pas sur le projet NCU lot Ouest qui nous intéresse.

> L'objectif est non seulement d'atténuer l'effet massif des bâtiments, mais aussi ménager des vues, de créer des pièces d'angle, des doubles orientations, des traversées visuelles et des transparences à travers les lots. L'éclairage naturel étant privilégié, les failles permettent d'augmenter l'ouverture des différents espaces notamment des circulations vers l'extérieur. Une répartition discontinue des failles et des découpages des volumes à l'échelle d'un bâtiment doit être recherchée » (Source : Cahier des prescriptions architecturales et urbaines de NCU, Ville de Nanterre, Paris la Défense, 2013, p. 19).

Concernant l'intégration des artefacts énergétiques, le CPAU introduit également quelques prescriptions. Il est exigé d'accorder, par exemple, une attention particulière au traitement de la 5ème façade, cette dernière doit être traitée soit en terrasses accessibles (avec un traitement de sol adapté), soit en terrasses végétalisées. Dans le cas de l'intégration d'équipements techniques, ces émergences doivent être couvertes et intégrées dans l'architecture des bâtiments.

> « Les toitures seront visibles depuis les tours du quartier d'affaire de la Défense et depuis les grands bâtiments institutionnels tels que la Préfecture, mais aussi depuis les bâtiments de l'opération même. Elles constitueront une véritable cinquième façade et devront être traitées avec la plus grande attention. Les toitures terrasses seront soit accessibles et traitées avec un matériau de surface fini tel que dallage, soit exécutées en toitures végétalisées horizontales. Toutes les émergences techniques, centrales d'aérations, exutoires de fumées, machineries d'ascenseur et autres seront intégrés dans des éléments architecturaux coordonnés. Elles devront être incorporées, sans excroissance, dans la volumétrie d'ensemble. Les toitures terrasses végétalisées contribueront à la rétention des eaux pluviales, et au maintien des conditions de confort (régulation thermique...). » Source : Cahier des prescriptions architecturales et urbaines de NCU, Ville de Nanterre, Paris la Défense, 2013, p. 19).

Enfin, le cahier des charges exige une réflexion particulière à accorder à la pérennité et à l'usage des objets architecturaux et techniques intégrés dans le projet. Par exemple, il est stipulé que l'ensemble des boitiers contenant les réseaux et les équipements techniques doivent être intégrés dans l'épaisseur des murs. De ce fait, nous constatons, qu'au-delà des formes architecturales et urbaines, la question de la pérennité des objets produits (que ce soit des bâtiments ou des systèmes techniques intégrés) est un sujet important traité dans le CPAU. Cependant, en faisant une recherche par occurrence de mots, aucun des termes « gestion » ou « exploitation » n'ont été évoqués dans le document. Les indices de prise en compte des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques, que nous avons énumérés dans le chapitre 1, n'ont également pas été évoqués dans ce document.

Aussi, nous retrouvons ce constat en analysant le CPAU du Projet Sollys (voir chapitre 4). En effet, quand les systèmes techniques sont abordés, dans les deux CPAU, c'est au sujet de leur intégration discrète sur les toits des bâtiments. Ces documents se concentrent sur les orientations de conception architecturale et urbaine des bâtiments et des espaces publics. Une de nos hypothèses explicatives est que la méconnaissance, en amont des solutions énergétiques, accentue la mise au second plan des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques par rapport à d'autres impératifs comme la conception bioclimatique des bâtiments par exemple. Et ceci d'autant plus que les questions énergétiques sont censées être traitées de manière approfondie dans des cahiers des prescriptions énergétiques associés aux prescriptions architecturales. L'hypothèse serait de dire alors que ces questions seraient abordées dans les cahiers des

prescriptions énergétiques. À la suite de cette réflexion, nous allons donc explorer l'intégration des enjeux d'exploitations des systèmes énergétiques dans les cahiers des prescriptions énergétiques du projet NCU ainsi que d'autres cas d'éclairage, ces documents étant exclusivement centrés sur les questions énergétiques.

1.2.2 Une faible intégration des enjeux d'exploitation dans les cahiers des prescriptions énergétiques et environnementales

Le CPE de NCU a été réalisé par l'AMO environnement de l'aménageur public LesEnR. C'est un document d'une trentaine de pages qui contient des prescriptions sur des thématiques qui traitent de : l'énergie, l'eau, les déchets, les transports, les espaces naturels et la biodiversité, le confort des espaces, les matériaux de construction, la mixité sociale (en proposant des services durables mutualisés), l'organisation du chantier et la mutabilité et la gestion. Après quelques études réalisées par l'AMO de l'aménageur LesEnR, un objectif de 55% d'EnR, tous postes confondus, a été imposé à l'échelle du quartier avec une obligation de réaliser une mutualisation énergétique entre les différents programmes (bureaux, commerces, logements). De plus, le cahier des charges imposait des performances minimums pour les bâtiments « Logements et bureaux : Passif (Passivhaus) et RT2012 -30%, Commerces : RT2012 à minima » et la nécessité de réaliser des STD pour valider les objectifs fixés. Aussi, le cahier des charges ne mentionne aucun réseau énergétique à proximité, ni même les réseaux de chaleur et de froid de la ZAC Seine Arche.

La ville de Nanterre est une ville assez engagée sur les questions énergétiques. C'est l'une des premières villes à avoir réalisé un plan climat en 2007. Son second plan climat, élaboré en 2013, a pour objectif de réaliser des écoquartiers à haute performance environnementale. Cependant, d'après notre enquête, les ambitions énergétiques n'étaient pas une priorité pendant la réalisation du cadrage du projet. En effet, un responsable aménagement de Paris La Défense nous explique que la question énergétique s'est posée progressivement pendant la rédaction des cahiers des charges de la consultation d'opérateurs et notamment le cahier des prescriptions énergétiques et environnementales. À la période du concours en 2012, il y avait beaucoup de débats autour de la mutualisation énergétique dans la ville, ce qui a ainsi orienté l'aménageur à porter cette prescription dans le cahier des charges. Selon cet interlocuteur, l'objectif était assez ouvert et pas très contraignant pour les promoteurs. Néanmoins, nous verrons, dans la suite de notre récit, que cette imposition jugée comme faiblement contraignante par l'aménageur a été vécue comme très contraignante par les acteurs privés chargés de réaliser le projet. Elle a notamment été le sujet de plusieurs renégociations, ce qui a fortement orienté le choix de la solution énergétique.

> « Quand on a vu qu'on voulait commercialiser tout ça d'un coup, on s'est dit ça serait trop bête de passer à côté du sujet énergie. Il faut qu'on demande aux promoteurs aussi d'étudier des solutions… je crois que l'objectif était assez ouvert, on disait juste production d'énergie renouvelable pour assurer une partie des besoins énergétiques des programmes immobiliers. Mais on laissait libre les candidats de proposer des façons de faire » (03/04/2020).

Il y a donc une volonté de l'aménageur d'être innovant dans le cahier des charges sur la question énergétique en proposant un taux d'EnR ambitieux avec une mutualisation énergétique entre les différentes fonctions du quartier. Toutefois, l'analyse du document montre que les préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques ne sont pas abordées. En effet, mis à part une incitation vers le suivi numérique des usages énergétiques, aucun autre volet d'exploitation des artefacts énergétiques n'a été abordé. Les seules préoccupations d'exploitation qui reviennent dans le document concernent la gestion des espaces verts et des espaces extérieurs, la gestion des eaux pluviales et des déchets, sans aucune imposition relevant de l'exploitation des systèmes énergétiques.

Dans les documents de la consultation, il est également imposé de répondre avec des investisseurs des parkings en sous-sol et des commerces[110], mais il n'y a aucune imposition d'avoir un investisseur sur les systèmes énergétiques. Nous ignorons les motivations derrière la non-imposition d'un investisseur/exploitant énergétique, mais l'absence d'une telle imposition peut être expliquée par les manières de faire de l'époque. En effet, la recherche de définition d'ambitions environnementales était en elle-même des sauts qualitatifs et des innovations majeures et l'exploitation des artefacts énergétiques, relevants souvent de technologies très innoantes, n'était pas encore considérée comme une problématique à anticiper dans les documents.

Même s'il existait déjà en 2012 quelques retours d'expériences sur l'exploitation des artefacts énergétiques, ce sujet ne serait pas apparu pour l'aménageur public et son AMO, comme un enjeu primordial et ceci contrairement à la gestion des espaces verts, des déchets ou des eaux pluviales qui sont des sujets traités depuis plusieurs années et sur lesquels il existe suffisamment de recul pour réaliser diverses prescriptions de conception (Thébault, 2019 ; Tribout, 2017). En outre, il faut noter qu'à la différence de la gestion des espaces verts et des déchets, la gestion de l'énergie est souvent déléguée à Enedis/EDF pour l'électricité et à d'autres exploitants locaux ou non pour la chaleur. Ces acteurs prennent en charge les questions énergétiques, les résolvent et assurent l'exploitation sans que cela ne soit évoqué ou traité localement. Le fait que la gestion soit internalisée ou déléguée à des organismes qui sont éloignés ou proches du local influence fortement la manière dont sont perçus ces enjeux par les acteurs publics. L'exploitation des systèmes énergtiques ne serait pas perçue comme une problématique locale à traiter mais un sujet à déléguer le plus souvent aux acteurs privés. Dans le cas de NCU, cette question n'étant pas abordée dans le cahier des charges, il revient donc à l'opérateur urbain de trouver une solution pour l'exploitation des systèmes énergétiques.

Au-delà du projet NCU, nous avons analysé les cahiers de prescriptions énergétiques des projets Hikari, du Lot O8 à Clichy-Batignolles[111], et de Sollys au prisme des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques. Là aussi, hormis quelques orientations pour la réalisation de guides

[110] Concernant les commerces, en plus d'un gestionnaire, il était imposé un investisseur qui s'engage sur le portage des commerces à long terme (plus de cinq ans).
[111] Le cadrage énergétique du projet Clichy-Batignolles a été réalisé à l'échelle de chaque lot suivant l'avancement du projet.

d'exploitations des systèmes ou de guides pour la sensibilisation des habitants aux bonnes pratiques énergétiques, les préoccupations d'exploitation des SE ne sont que rarement abordées. Le tableau 2.1 résume l'analyse de ces documents. Notons, toutefois, quelques différences de prescriptions du projet Sollys par rapport aux autres.

Tableau 2. 1. L'intégration des préoccupations d'exploitation dans les cahiers des charges des projets Hikari, LOT O8 -Clichy-Batignolles, NCU et Sollys. Réalisation personnelle.

Sujets d'exploitation des AE pris en compte	Cahier des charges de qualité environnementale (HQE) Hikari (2011)	CPEDD LOT O8 -Clichy-Batignolles (2012)	CPE NCU (2013)	Cahier des charges bâtiment durable Sollys (2016)
Gouvernance	Non abordé	Non abordé	Non abordé	Non abordé
Bilan économique global	Non abordé	Non abordé	Non abordé	Incitation à la maîtrise de la facture énergétique
Usage technique	Non abordé	Non abordé	Incitation à l'installation de systèmes de suivi des bâtiments performants	Incitation à la sobriété des AE mobilisés
Usage spatial	Expliciter les conditions d'accessibilité aux ouvrages, locaux techniques, et réseaux afin de faciliter les opérations de maintenance[112]	Non abordé	Non abordé	Non abordé
Volet garantie de performance énergétique globale	Pas de garantie de performance Objectif BEPOS	Pas de garantie de performance	Pas de garantie de performance Objectif 55% EnR tous usages	Pas de garantie de performance Objectif TEPOS
Volet usages énergétiques des habitants	Inclus un guide d'entretien et d'usage du bâtiment.	Fournir un guide de bonnes pratiques aux usagers. Suivi pendant 1 an des usages énergétiques des occupants	Non abordé	Incitation à la sensibilisation des habitants

Le CPE de Sollys est le plus récent des documents analysés, il est rédigé par l'AMO Tribu qui a notamment réalisé le CPE de Hikari et a suivi la conception du projet. Par conséquent, une de nos hypothèses renverrait à avancer que cet acteur a profité des retours d'expériences sur Hikari pour réaliser ce document. Ainsi, en analysant le CPE au prisme des enjeux d'exploitation, nous constatons que trois volets sur six ont été abordés et qui se trouvent être les suivants :

[112] Nous retrouvons dans le CPE : « Assurer une parfaite accessibilité pour le personnel d'entretien aux locaux et gaines techniques, réseaux divers (courants forts et faibles, chauffage, ventilation, sanitaires ...). Eviter les réseaux encastrés, prévoir des locaux d'entretien en quantité et en taille suffisante pour faciliter le travail des équipes d'entretien » (Source : cahier des charges de qualité environnementale (HQE) Hikari, 2011, P.57).

l'usage technique des systèmes énergétiques, le bilan économique global et les usages énergétiques des habitants[113]. Toutefois, si les objectifs en matière de performance énergétique sont présentés sous forme chiffrée et prescriptive (Tardieu, 2015) à l'exemple de l'objectif d'aboutir à un bilan TEPOS sur tout le projet, les préoccupations d'exploitation des SE sont plutôt présentées sous forme d'orientations à prendre en considération. À titre d'exemple, le CPE comporte des préconisations sur l'intérêt à accorder à la facture des habitants sans plafonner cette dernière. L'usage des systèmes de production d'énergie n'est pas encouragé qu'après avoir épuisé toutes les autres possibilités de réduction des consommations énergétiques, mais le document n'en proscrit aucun. Enfin, le CPE incite aussi à la réalisation d'une démarche de sensibilisation et d'accompagnement des occupants sur leurs usages énergétiques après la livraison du projet Sollys. Les volets d'usages spatiaux des SE ou de gouvernance énergétique ne sont, quant à eux, pas abordés. On retrouve ainsi dans le document :

> « Lyon Confluence quartier exemplaire en ce domaine développe depuis plus de 14 ans des bâtiments permettant de préfigurer les bâtiments bas-carbone de demain. Cet objectif n'est envisageable que si les solutions mises en œuvre prennent en compte les futurs usages, charges et mode de vie des habitants et usagers de ces bâtiments. Ainsi la priorité des choix est donnée aux solutions liées à la sobriété énergétique, les kWh non consommés développée notamment par l'association « Négawatt ». Les choix techniques doivent eux prendre en compte la durabilité et la gestion future des systèmes mais également les charges induites. Le recours aux énergies renouvelables constitue le choix permettant d'atteindre le bilan énergétique positif possible sur ce type de forme urbaine à la seule condition d'avoir réduit tous les autres paramètres » (CPE, Sollys, 2015, p.12/21).

Si les préoccupations d'exploitation des SE sont donc affichées comme une volonté pour être prises en compte dans le projet Sollys (voir chapitre 4), elles ne sont pas intégrées dans le CPE du projet. Par ailleurs, nous faisons l'hypothèse que les acteurs publics qui réalisent les CPE considéreraient que les préoccupations d'exploitation seraient très dépendantes des comportements des habitants, ou encore qu'ils seraient de la compétence des exploitants, ce qui ne les inciterait pas à réaliser un cadrage de ces problématiques et ceci même si l'AMO Tribu est considéré comme un acteur très engagé sur les questions énergétiques. Le CPE de Sollys suit donc celui d'Hikari en poussant les ambitions un peu plus loin sur la performance énergétique[114] au risque de complexifier davantage l'exploitation du projet.

Au cours de notre enquête, nous avons interrogé les acteurs sur les raisons qui expliquent par exemple le non plafonnement de la facture énergétique des futurs usagers dans ces documents. Un sujet important comme nous l'avons vu qui peut engendrer plusieurs mécontentements et plaintes de la part des habitants. D'après les acteurs, ceci s'explique également par les incertitudes concernant la solution énergétique et ses impératifs d'exploitation.

[113] Il faut toutefois noter une légère évolution dans le cahier des charges de Tribu en évoquant l'importance même brièvement les enjeux de gestion des AE, ce qui n'est pas le cas des prescriptions énergétiques d'Hikari par exemple.

[114] Le CPE de Sollys va plus loin que celui d'Hikari par exemple concernant l'objectif BEPOS qui concerne tous les postes de consommation et notamment l'électricité spécifique sur Sollys.

> « [le plafonnement de la facture] ce n'est jamais demandé dans un appel d'offres de marché public ou de marché privé… On peut se donner un objectif, mais après il faut savoir de quoi est composée la facture énergétique, qu'est-ce qu'il y a dedans, si c'est de l'électricité, de l'énergie verte, etc. Et en fonction du type d'équipement qu'on va installer, du type de ressources EnR qu'on peut calculer la facture. La facture énergétique n'est pas composée des mêmes choses. Il faut toujours qu'on arrive à une facture qui soit en dessous d'un logement classique français dans la zone sélectionnée là où on se met » (Chef de projets Montages, Dalkia Smart Building, 13/10/2020).

Mis à part quelques indices, cette analyse de divers CPE nous montre ainsi que les préoccupations d'exploitation ne sont pas intégrées dans les cadrages réalisés par la maîtrise d'ouvrage publique. En effet, ces documents se concentrent essentiellement sur la définition des ambitions énergétiques des projets. Après avoir présenté les cadrages énergétiques, architecturaux et urbains, nous allons analyser dans la partie suivante la traduction de ces cadrages dans la proposition de l'aménageur privé Urbanera et son équipe dans le contexte particulier des concours du projet NCU. Conséquemment, l'objectif consiste à analyser la conception énergétique et spatiale à la lumière de l'intégration des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques.

2 Les questions énergétiques et d'exploitation comme moyen de distinction

Dans cette section, nous interrogerons l'intégration des préoccupations d'exploitation dans la conception énergétique du projet NCU. Nous analyserons les indices relevant de l'intégration des préoccupations d'exploitation (chapitre 1) dans la conception énergétique afin de comprendre dans quelle mesure l'intégration de ces enjeux impact les choix techniques de conception (2.1). Puis, nous étudierons la mise en scène des préoccupations d'exploitation des SE dans les discours des acteurs ainsi que dans les documents de réponse à consultation du projet. L'enjeu est d'interroger la dimension accordée à ces enjeux à des moments très en amont des projets et où ils ne sont habituellement pas abordés (2.2).

2.1 Des enjeux d'exploitation qui n'impactent pas les choix techniques en phase concours

Après le lancement du concours d'opérateur par Paris la Défense et la ville de Nanterre, plusieurs opérateurs urbains ont répondu à la consultation. Le principe d'une réponse à consultation est le suivant : dans un premier temps, l'opérateur (souvent un promoteur) analyse les cahiers des charges de la collectivité ou de l'aménageur pour comprendre les attentes, et évaluer la pertinence de son positionnement sur le projet et ses chances de succès. Puis, si l'opérateur estime positive la pertinence de sa candidature, il constitue une équipe adéquate pour répondre à ce programme composé d'un architecte/urbaniste, de différentes structures de maitrise d'œuvre (BET structure, BET énergie et environnement, BET bois, OPC, etc.) et de partenaires exploitants/investisseurs (dans le cas de locaux commerciaux, de bureaux, parkings, etc.). L'opérateur construit enfin, avec ses partenaires et prestataires, une proposition architecturale et urbaine, technique et financière.

Dans le cas de NCU, le promoteur Bouygues Immobilier décide de répondre à cette consultation urbaine avec son unité de conception des quartiers durables Urbanera, créée en 2013, et avec de François Leclercq et Associés en tant qu'architecte coordonnateur du projet. Pour l'investissement dans les locaux commerciaux et le parc de stationnement, Bouygues se propose lui-même comme investisseur. Il propose également la SEMNA, société d'économie mixte d'aménagement de la ville de Nanterre, qui réalise également, de l'exploitation et de la gestion de parking dans la ville de Nanterre, comme partenaire et gestionnaire du parc de stationnement. Plusieurs acteurs sont proposés sur les questions énergétiques : l'assistant à maîtrise d'ouvrage (AMO) développement durable Greenaffair, les entreprises Embix et Aveltys et l'une des entreprises énergétiques qui est Dalkia Smart Building (DSB), anciennement appelée EDF OS, comme partenaire investisseur et gestionnaire du réseau de chaleur. (Nous expliquerons les motivations de la sélection de ces acteurs dans la partie 2.3).

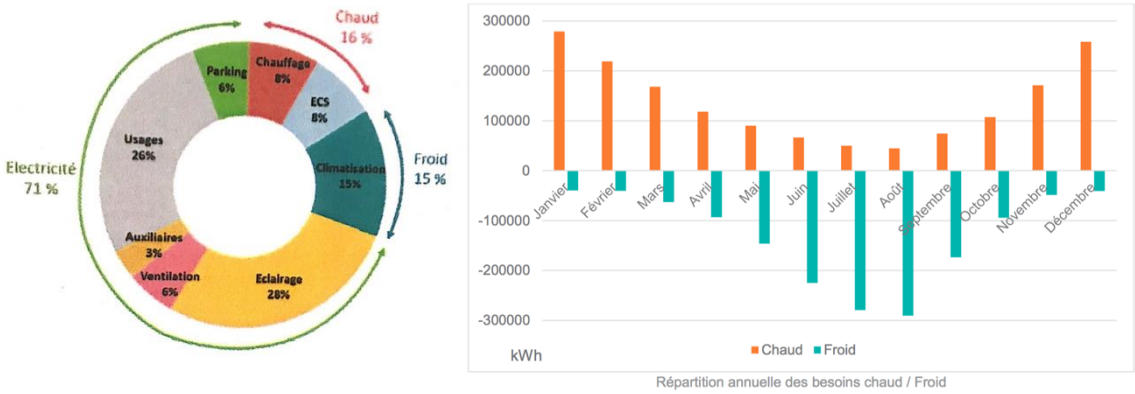

Figure 2. 3. De gauche à droite : répartition des besoins énergétiques du quartier par usages; répartition annuelle des besoins chaud et froid. Source: dossier de réponse à consultation d'opérateurs, Bouygues Immobilier, 2013.

Dans le dossier de réponse au concours, un document nommé « carnet technique » est annexé au dossier principal de la proposition. Ce carnet technique regroupe les différentes notes techniques détaillées de la proposition du concours : des notes techniques (structure, sécurité incendie, réseau d'eaux pluviales) (28p), une note acoustique (14p), une note concernant le phasage du projet (7p), une note de développement durable (50p) et une note énergie (35p) pour le quartier. Nous trouvons ainsi dans la notice développement durable, réalisée par Greenaffair, qu'un objectif de 55% d'EnR est visé à l'échelle du quartier, ce qui répond exactement au cadrage énergétique réalisé par l'aménageur. La note énergie a été réalisée par DSB et son BET technique Anteagroupe[115]. Elle comporte une explication du dispositif énergétique du projet, une notice du montage juridique du réseau d'eau tempérée et, enfin, une note sur l'approvisionnement énergétique. De ce fait, nous constatons en analysant les documents de réponse à consultation qu'il y a une forte importance accordée aux questions énergétiques avec plusieurs documents détaillants ces enjeux.

[115] L'énergéticien DSB a missionné le BET anteagroup pendant la réponse au concours pour le dimensionnement des sondes géothermiques.

2.1.1 De l'estimation des besoins à la sélection des artefacts énergétiques

La solution énergétique a été définie par l'AMO DD Greenaffair et DSB. Avant de réaliser la conception de la solution énergétique qui alimentera le quartier, l'équipe procède d'abord à la réalisation d'une estimation des besoins du projet, une chose qui n'est pas simple dans une phase concours où l'architecture est en cours de définition. La maîtrise d'œuvre définit ce faisant les besoins énergétiques du quartier en s'appuyant sur les volumes des bâtiments déterminés pendant cette phase. En effet, une volumétrie grossière des bâtiments est réalisée par l'aménageur fixant notamment certaines hauteurs et gabarits.

D'après un ingénieur du BET E-nergy[116], réaliser les estimations énergétiques est très important pour procéder ensuite à l'estimation financière des infrastructures, un point très regardé par la maîtrise d'ouvrage publique en phase concours. Il faut noter, par ailleurs, que l'estimation des besoins énergétiques est délicate, car elle est prise entre les impératifs physiques d'une estimation correcte des besoins pour éviter tout sous-dimensionnement des installations et des impératifs de maîtrise des coûts des infrastructures. Autrement dit, le promoteur ou l'opérateur qui réalisera les installations attend du BET des prévisions au plus juste des besoins pour qu'il ne se retrouve, en cours du projet, pas face à des installations sur-dimenssionnées ou encore face à des augmentations des coûts pour des installations sous-dimenssionnées. Il faut également noter qu'à cette étape le besoin énergétique des projets n'est défini que grossièrement car il n'y a ni le temps ni les moyens pour réaliser des simulations thermiques dynamiques poussées, et ceci d'autant plus que les groupements d'acteurs en phase concours travaillent sans rémunération dans l'espoir d'être retenus.

> « La conception du réseau intervient en phase d'avant l'intervention des programmes, en général on conçoit le réseau en fonction de gabarits identifiés en phase concours. Ils ne sont jamais définitifs mais grosso-modo, pour gagner un concours vous êtes obligés d'aborder la question financière et pour cela il faut savoir combien on va construire. Donc pour concevoir un réseau, il faut d'abord savoir ce qu'on a au-dessus, identifier un besoin et le traduire par la suite dans une solution compétitive. C'est l'importance d'avoir une donnée d'entrée » (Directeur, E-nergy, 08/03/2019).

Les besoins électriques du projet représentaient à cette période 71% des besoins énergétiques contre 16% pour les besoins de chaleur et 15% pour les besoins de froid. La répartition annuelle des besoins dans le graphique à droite montre qu'il y a ainsi un fort potentiel de mutualisation des besoins de chaleur et froid au sein du projet.

Après l'estimation des besoins, les acteurs réalisent des scénarios d'alimentation énergétique du projet. Un bilan des contraintes et des opportunités d'utilisation de certaines technologies énergétiques a été donc été réalisé. Il s'agit ainsi d'examiner dans cet ordre : l'existence de réseaux de chaleur ou de froid à proximité, le potentiel de récupération de chaleur sur différentes sources,

[116] Ce BET énergie interviendra plus tard dans le développement du projet Nanterre Cœur Université.

la présence de sources renouvelables comme la géothermie (profonde, sur nappe, superficielle), la biomasse, la méthanisation, etc.

Cette démarche de désignation des artefacts énergétiques est régulièrement revenue lorsque nous interrogions les ingénieurs sur leurs approches en matière de définition d'une stratégie d'alimentation énergétique de projets urbains. Il ne s'agit pas d'une démarche bien formalisée et rigide mais plutôt d'un protocole logique et efficace suivi par ces derniers. L'enjeu est d'explorer, dans un premier temps, les ressources locales disponibles ou les plus proches pour optimiser la mobilisation des ressources locales puis d'élargir, par la suite, la sélection vers les artefacts énergétiques ayant le plus faible impact sur la spatialité des projets. Dans le cas de NCU, la récupération de chaleur sur un data center a été écartée, compte tenu de l'éloignement du data center du projet. La géothermie profonde a été également écartée car les besoins énergétiques du projet n'étaient pas très importants pour amortir le lourd investissement dans les forages. Quant à la méthanisation, elle n'est pas possible à cause du manque de gisements locaux. Dans le cas de la biomasse ou de la cogénération, deux raisons ont incité les acteurs à écarter ces deux solutions. Nous allons voir ici que cette manière de faire « par protocole » partagée dans les BET éclaire les raisons pour lesquelles l'exploitation n'apparaît pas dans les critères de sélection des systèmes énergétiques.

Cette démarche, appliquée à NCU, permet dès le départ d'écarter certaines solutions inadaptées au projet et ceci pour diverses raisons (voir tableau 2.2). La première est l'investissement important que requièrent ces technologies (avec des aides attribuées sous forme d'appel à projet) mais la raison principale revient au manque d'espace nécessaire pour le stockage de la biomasse. En effet, nous remarquons ici que l'espace disponible est une donnée d'entrée importante à prendre en considération dans l'organisation de l'alimentation énergétique des projets urbains denses. Par conséquent, les solutions qui peuvent potentiellement être explorées sont donc : la géothermie superficielle sur nappe ou sur sondes, la récupération de chaleur sur les parkings du projet (aérothermie), le raccordement à des réseaux existants et le solaire thermique. Le solaire thermique sera toutefois abandonné très tôt à cause de la présence de gisements géothermiques[117]. Un scénario d'usage d'une cogénération sera notamment exploré avant d'être écarté.

[117] La quantité de chaleur qui sera produite par la géothermie étant plus abondante et moins chère que l'installation de panneaux solaires thermiques.

Tableau 2. 2. Solutions énergétiques envisagées dans le projet. Source: note d'approvisionnement énergétique, dossier de réponse à consultation d'opérateurs, Bouygues Immobilier, 2013.

TECHNOLOGIE	FAISABILITE	AVANTAGES	INCONVENIENTS
Production de chaleur			
Raccordement au réseau existant	A voir en fonction du devenir du réseau	- TVA plus faible pour une production EnR> 50% - Possibilité de faire évoluer le mix énergétique sur le long terme pour une adaptation à de nouvelles technologies	- Coûts de raccordement élevés du fait de la traversée d'une zone dense. - Utilisation exclusive des énergies fossiles dans le mix actuel du réseau (installations neuves)
Géothermie Profonde	Non	Besoins énergétiques trop faibles en comparaison des 10MW nécessaire pour rentabiliser l'opération de forage	
PAC sur nappe superficielle	**Oui**	**- Aquifère avec un assez bon potentiel présent au droit du site**	**- Aléa géologique important - Interférences possibles avec d'autres installations alentour**
PAC sur eaux usées	Non	Collecteur à proximité du site	Collecteur unitaire (diamètre élevé au regard des débits et températures des eaux usées plus faibles)
Sondes géothermiques	**Oui**	**- Peu d'aléa technique et géologique**	**- Nombre de sondes à réaliser relativement important**
Chaufferie Biomasse (avec ou sans cogénération)	Non	- Meilleur stabilité du coût de la chaleur dans le temps pour les clients - Ressources de biomasse importantes en IDF - Mix énergétique très vertueux - Pertinence de la cogénération	- Investissement élevé - Subventions de l'ADEME accordées sous forme d'appel à projets uniquement dorénavant - Surface foncière insuffisante
Méthanisation	Non	- Gisements locaux proches trop faibles pour permettre de subvenir à une part conséquente des besoins énergétiques du secteur - Solution non adaptée à la taille du projet	
Récupération de chaleur sur parking	Oui	Température quasiment constante	Technologie limitée à l'échelle de l'ilot
Récupération d'énergie sur Data Center	Non	Data Center à 400 m environ du secteur	- Nécessité d'avoir un réseau de chaleur (raccordement à l'existant ou à créer) - Gestion compliquée (Data Center privé)
Solaire thermique	Oui	- Solution intéressante pour les bâtiments résidentiels	- Le recours à cette solution a pour conséquence directe la baisse de la densité énergétique dans le cadre d'un raccordement à un réseau de chaleur - Adaptée aux logements uniquement

Ce tableau nous montre ainsi que la conception énergétique, après la définition des besoins de chaleur, d'ECS et de froid, est explorée dès la phase concours par type de technologies énergétiques à utiliser afin de mobiliser des ressources d'énergie renouvelable[118]. En effet, selon un BET énergie « La technique c'est la première partie, qui est compliquée, mais à laquelle tout le monde pense. Est-ce que je vais faire un réseau de chaleur ou pas ? est-ce que je fais une solution

[118] Ceci rejoint également la conclusion de G. Blanchard concernant la recherche de solution d'approvisionnement de chaleur de la ZAC Bordeaux Saint-Jean Belcier (Blanchard, 2018).

biomasse ou géothermique ? Tout le monde y pense, il y a une conception technique de la chose » (Ingénieur, Burgeap[119], le 22/07/2019).

Ce dernier passage montre bien que le choix des solutions techniques est central pendant cette phase. Le choix se réalise essentiellement en se basant sur des critères de disponibilité des ressources énergétiques, de disponibilité foncière pour intégrer les technologies et de coût d'investissements dans ces objets. À aucun moment par exemple, le coût d'exploitation et d'entretien maintenance de ces objets n'est évoqué. Notre hypothèse est que cette manière de faire systématique « par protocole » partagée dans les BET explique les raisons pour lesquelles l'exploitation n'apparaît pas ici. Si les protocoles partagés entre professionnels n'intègrent pas l'exploitation, cette dernière n'est pas appréhendée. Le protocole est ici mis en œuvre d'une manière mécanique, d'autant plus, qu'en situation de concours, les acteurs n'ont ni le temps ni les moyens d'explorer d'autres manières de faire ou d'autres sujets comme les enjeux d'usages des artefacts conçus. Nous allons, ce faisant, voir dans le cas de NCU que ce sont d'autres acteurs qui introduiront les sujets hors protocole comme l'exploitation.

2.1.2 La réalisation de plusieurs scénarios énergétiques en phase concours

Le besoin énergétique du quartier étant estimé, en s'appuyant notamment sur l'étude du potentiel de développement des énergies renouvelables du site réalisée par LesEnR pour la ville de Nanterre, trois scénarios ont été étudiés par Greenaffair[120]. Les trois scénarios mobilisent, chacun, différentes EnR et donc différentes solutions technologiques. Le premier est un scénario de référence qui présente des solutions de géothermie individuelle (géothermie sur sonde verticale individuelle, PAC sur air) à l'échelle de chaque bâtiment ; le second présente une boucle d'eau tempérée sur des sondes géothermiques à l'échelle du projet et le troisième est une boucle alimentée par une cogénération à l'huile végétale à l'échelle du projet (voir figure 2.4).

[119] Ce BET interviendra en phase de développent du projet Nanterre Cœur Université.
[120] Cette étape est réalisée en parallèle avec le tableau des technologies réalisé précédemment.

	Scénario 1 Solutions individuelles	Scénario 2 Boucle d'eau à basse température sur nappe	Scénario 2 Boucle cogénération (huile végétale)
Système de base	• **Bureaux**: géothermie individuelle sur sondes verticales • **Commerces**: PAC air/eau sur parking • **Logement**: PAC air/eau sur air extrait	• **Bureaux**: Thermo-frigo-pope (TFP) • **Commerces**: TFP • **Logement**: PAC	Boucle cogé dimensionnée soit à 80% sur le chauffage, soi sur la couverture EnR • Bur/Log/Com=Chaud: échangeur sur la boucle • Bur/Com: froid=GR et PAC sur parking
Appoint	**Bureau:** Chaud=gaz, Froid= Groupes froid	**Bureau:** Chaud=gaz, Froid = Groupes froid	**Appoint gaz sur la boucle** (ou pas d'appoints selon les cas-voir résultats)
ECS	• **Bureau**: Gaz • **Logements**: Ballons thermodynamiques	• **Bureau**: Gaz • **Logements**: seconde PAC sur boucle	Échangeur sur la boucle
Electricité	Photovoltaïques	Photovoltaïques	Photovoltaïques Cogénération

Figure 2. 4. Scénarios étudiés par Greenaffair. Source: Notes d'approvisionnement énergétique, dossier de réponse à consultation d'opérateurs, Bouygues Immobilier, 2013.

Un bilan global énergétique a été réalisé afin d'estimer la part d'EnR et les émissions de CO_2 de chaque scénario. Par la suite, une analyse des points forts et des points faibles de chaque scénario a été réalisée afin de sélectionner la solution optimale. L'électricité photovoltaïque a été estimée d'après la surface des toitures disponibles sur le quartier et ceci en retranchant les surfaces nécessaires aux cheminements et aux systèmes techniques. Un des points forts de la solution géothermique et de la cogénération est que les deux réalisent une mutualisation énergétique au sein des différentes activités du projet contrairement au premier scénario. Toutefois, la cogénération a été écartée car elle nécessite de grands espaces pour les installations de production et pour le stockage de l'huile (400m² en tout d'après nos entretiens), ce qui réduisait énormément les surfaces utiles du projet. Ce sujet montre encore une fois comment les pressions foncières en milieu dense orientent les choix techniques. Par ailleurs, en plus de sa forte emprise spatiale, la cogénération implique des va-et-vient constants de camions et soulève des questions de concurrence d'usage de l'huile avec la filière alimentaire, des sujets qui ont également encouragé vers l'abandon de cette solution. En effet, les enjeux d'exploitation de cette technologie, en impliquant des aller-retours de camions, ont également orienté les choix énergétiques. Nous verrons toutefois que le sujet de la cogénération, rapidement écarté à cette période, reviendra au fil des études et finira par s'imposer partiellement dans l'alimentation énergétique de NCU.

> « On a aussi étudié ça [le scénario cogénération]. Sauf que ça nous nécessitait de mobiliser une emprise trop importante sur le projet, entre 400-500m² et ça nous bouffait trop de m2 par

> rapport à d'autres produits qui allaient nous rapporter de l'argent, car il fallait financer tout ça. En plus ça posait la problématique de l'approvisionnement de la cogé…Ce qu'on avait regretté d'ailleurs, parce que je pense que c'était la solution la plus simple à mettre en œuvre et sans doute la moins contraignante en termes de maintenance. Et puis la cogé n'était pas une solution expérimentale, il y avait déjà eu des programmes qui ont été lancés avec cette technologie par des aménageurs publics en France » (Directeur Grands Projets, UrbanEra, 29/11/2019).

Enfin, certains acteurs interrogés nous expliquent que la question de l'esthétique de la centrale biomasse a également présenté un frein à leur sélection à NCU. « La solution biomasse a été écartée pour des questions d'image architecturale, la belle cheminée qui serait au milieu des immeubles et qui ferait un magnifique totem n'a pas été souhaitée. Après je ne vous cache pas qu'en région parisienne, la réglementation au niveau des émissions de polluants contraint l'usage de la biomasse. Ça sous-entend parfois d'augmenter la hauteur des cheminées, ce qui n'est pas tolérée » (ancien Ingénieur, Ingerop, 21/01/2020).

La solution géothermique présentait également plusieurs points faibles : son taux d'EnR, le fort investissement dans l'infrastructure (réseaux, sondes), la nécessité de recourir à des appoints et, enfin, le manque de gisements géothermiques. En effet, les études ont montré que la nappe géothermique est très sollicitée par plusieurs constructions qui avoisinnent le projet. A terme, le scénario 2 impliquant la géothermie a été sélectionné. Plus tard, deux solutions ont été analysées par Anteagroupe (BET missionné par DSB) : la géothermie sur nappe (eau) et la géothermie sur sondes verticales (sèche). La dernière option a été privilégiée. Concrètement, la demande de chaleur et de froid répondant surtout à une demande saisonnière, le stockage de la chaleur dans le sol est donc une question importante qui a été étudiée en amont pour la géothermie. La solution privilégiée est ainsi un stockage en sous-sol par conduction en utilisant les sondes géothermiques contrairement à un stockage directement dans la nappe d'eau. En effet, cette dernière solution est plus sensible aux aléas géologiques comme le manque d'eau, d'éventuelles interférences avec des équipements avoisinants, des évolutions dans le temps des performances de pompages ou de rejet dans la nappe. Le besoin thermique du réseau d'eau tempérée est estimé à 935 MWh en chaleur prélevée sur la boucle, et 2 535 MWh de chaleur rejetée (Source : dossier de réponse à consultation NCU, 2013).

De ce fait, nous remarquons que les préoccupations d'exploitation des technologies énergétiques n'ont pas été retenues comme critères de sélection de ces dernières. En effet, mises à part les contraintes d'exploitation d'un scénario d'une chaufferie biomasse (transport du bois ou de l'huile par camions), l'exploitation des systèmes énergétiques n'est en aucun cas un critère discriminant dans le choix des systèmes énergétiques, en tout cas pendant la phase concours. Les artefacts énergétiques sont sélectionnés en fonction des intérêts afin d'exploiter les gisements locaux, de leur performance technico-économique et de l'espace disponible pour leur intégration. Cependant, si ces actants semblent neutres à cette étape, nous verrons qu'ils feront émerger diverses préoccupations d'exploitation pendant la phase conception. Là aussi les explications que nous avançons sont que les cadres cognitifs, les protocoles partagés entre les professionnels centrant

leurs protocoles sur l'exploration de solutions optimales selon des critères d'optimisation énergétique et technico-économique pour répondre à un programme (Objectif de 55% d'EnR en réalisant une mutualisation énergétique avec l'existant, performance énergétique des bâtiments…), ainsi que les effets attendus pour le rendu en phase concours, qui sont la proposition d'une solution innovante et compétitive, amènent les acteurs à mettre au second plan les préoccupations d'exploitation des objets techniques conçus à cette étape.

2.2 Des enjeux énergétiques et d'exploitation mis en avant pour gagner la consultation

2.2.1 La mise en avant des enjeux d'exploitation après divers apprentissages sur les projets durables

L'innovation en termes d'intégration des préoccupations d'exploitation va fortement être introduite par UrbanEra dans le projet NCU et non pas par les BET énergie ou l'exploitant DSB. Cette partie vise ainsi à montrer le rôle important d'UrbanEra dans la prise en charge des préoccupations d'exploitation. En outre, cette section montre que cette volonté d'innovation s'inscrit également dans une stratégie de différentiation par rapport aux concurrents. Les enjeux énergétiques et d'exploitation des objets techniques ont été mis en avant comme des éléments d'affichage et de distinction de l'offre de l'opérateur.

A la suite de différentes études énergétiques, la solution technique retenue est celle d'une boucle d'eau tempérée, alimentée par 146 sondes géothermiques à 200 m de profondeur, qui dessert des pompes à chaleur situées dans les sous-stations de chaque lot. Cette solution est considérée comme décentralisée car, la production de l'énergie se réalise à travers des d'équipements énergétiques dans chaque lot et non au travers d'un seul équipement centralisé. UrbanEra s'engage ainsi sur la production de 55% d'EnR, tous postes confondus. Ce taux peut aller, d'après le document présenté lors de l'oral du concours, jusqu'à 80% d'EnR couvert par la géothermie. Afin d'atteindre ce taux, UrbanEra s'est engagé à explorer les possibilités de mutualisation énergétique avec les quartiers voisins et notamment avec une piscine à proximité du projet. En effet, deux autres scénarios ont aussi été étudiés : l'un se limite à l'emprise du quartier et l'autre intègre la piscine de l'université Paris Ouest située à proximité du projet. L'intégration de la piscine, qui aurait une puissance d'appel de 107kw, permettrait ainsi d'améliorer la productivité des sondes géothermiques. De plus, il est également prévu de faire en sorte qu'elle s'efface en cas de forte demande sur le réseau.

D'après un développeur qui a porté la réponse au concours à UrbanEra en 2013, la problématique à laquelle se confrontait le promoteur était la nécessité d'être innovant pour se démarquer des autres candidats. Dans un contexte où il y avait beaucoup de débats autour de la mutualisation énergétique en ville, les acteurs et notamment l'énergéticien, ont proposé d'explorer d'éventuelles

mutualisations avec l'existant et ceci, notamment, avec la piscine située à proximité du projet, en plus de la mutualisation des six lots du projet imposée dans le programme.

> « …la grosse problématique qu'on avait c'est qu'il fallait être innovant, la question qui nous préoccupait, qui a été soulevée par DSB était : comment optimiser les flux énergétiques entre différentes fonctions avec la problématique des déperditions de la chaleur qu'on aurait potentiellement pu stocker ? On avait regardé comment lier la piscine à l'ensemble du programme. L'objectif était de faire passer des réseaux qui réinjectaient la partie chaude dans la piscine en été et de récupérer une partie de la chaleur dégagée par la piscine en hiver et la réinjecter dans les programmes pour faire diminuer la consommation et les appels de puissances notamment dans les logements. » (Directeur Grands Projets, UrbanEra, 29/11/2019).

Enfin, Bouygues Immobilier s'engage également sur le suivi numérique de la performance au niveau du quartier avec l'entreprise Embix. Il propose même, sur le document de présentation du concours, une réduction des factures des usagés estimées à 20%. La figure 2.5 présente, dans un rendu 3D du projet, tous ces engagements. Il faut toutefois préciser qu'UrbanEra ne s'est pas engagé sur ces questions de réduction de la facture. En effet, le souhait d'arriver à 80% d'EnR et de réduire les factures énergétiques de 20%, ou encore d'étendre le réseau ne sont que des objectifs proposés sur la diapo du concours. Le seul engagement d'UrbanEra porte sur 55% d'EnR tous postes confondus avec un suivi des consommations grâce à Embix. Le document de réponse à consultation stipule ainsi :

> « Pour le projet de développement de l'îlot Cœur Université, Embix, Greenaffair et DSB ont travaillé étroitement pour définir dès cette phase projet quelle pourrait être LA solution la plus « smart » au regard des objectifs environnementaux (production énergétique locale, taux d'EnR optimum, émissions de GES, etc.), des objectifs économiques (garantie des coûts de l'énergie dans le temps) et des objectifs d'engagement face à une précarité énergétique bien souvent subie par les usagers. » (2013, p.94).

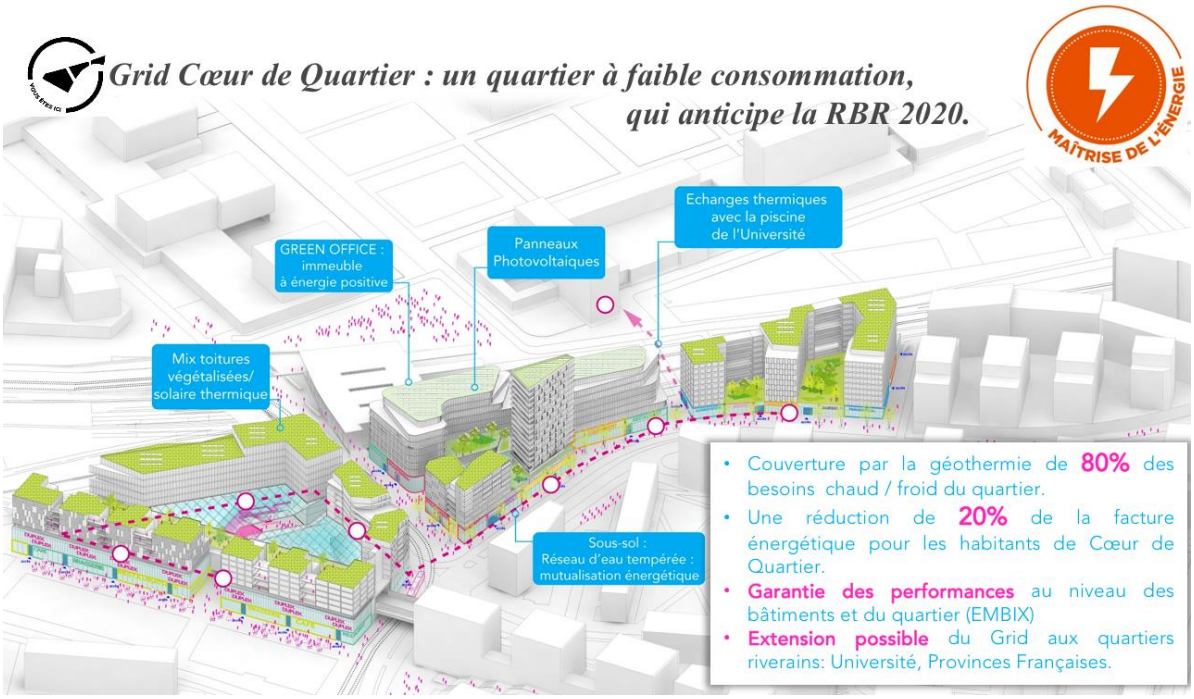

Figure 2. 5. Vue 3D du projet Nanterre cœur Université. Source: PPT de présentation orale du projet NCU, Bouygues Immobilier, 2013.

En analysant la 3D (figure 2.5), nous constatons également que des panneaux photovoltaïques sont positionnés sur le Green Office (un programme de bureaux à énergie positive) et un mix de toitures solaires végétalisées et de panneaux solaires thermiques est prévu sur le second programme de bureaux. Faisons remarquer toutefois qu'il est étonnant de proposer des panneaux solaires thermiques pour un immeuble de bureaux sachant qu'il y a très peu de demande d'eau chaude sanitaire (ECS) dans l'immobilier d'entreprise et que cette solution conviendrait davantage à des immeubles de logements. Nous faisons ainsi l'hypothèse que cette proposition de l'aménagement de la toiture a été faite par des non experts sur les questions énergétiques. Nous supposons donc que les schémas sont réalisés par les spécialistes de la conception spatiale pour, notamment, mettre en évidence les enjeux esthétiques du projet.
L'implication des futurs habitants dans la conception du projet a été proposée en spécifiant que des « animations et des sensibilisations spécifiques » seront développées en fonction des sujets qui émergeront dans le projet. Les sujets d'intégration des habitants à la conception énergétique ou leur sensibilisation aux éco-gestes en phase exploitation, n'ont pas été abordés dans les documents.

Quant au montage juridique de l'opération, il est précisé, dans un premier temps, qu'un contrat concernant la conception, la réalisation et l'exploitation et de maintenance du réseau (selon la période nécessaire pour l'amortissement des investissements) sera à négocier entre le promoteur et l'énergéticien DSB. Par la suite, « Il sera constitué une ASL pour la gestion des ouvrages et installations d'intérêt commun et notamment du Réseau d'Eau Tempérée. La propriété des ouvrages et installations du Réseau d'Eau Tempérée pourra le cas échéant être transférée à l'ASL. L'ASL soumettra au vote de la première assemblée générale de l'ASL l'adoption des conventions entre le Prestataire et l'ASL. »[121]. Toutefois, aucune contractualisation ou engagement n'a été réalisé entre les deux acteurs pendant cette phase concours. Ce non partage des responsabilités entre les deux acteurs va notamment revenir comme un sujet central dans la phase conception (voir chapitre suivant). En matière de pilotage énergétique, un smart grid est proposé pour suivre les consommations énergétiques et mettre les informations sur les consommations énergétiques à disposition des différents acteurs (usagers, de la collectivité, des opérateurs de réseaux et de services). Ce réseau contribuera ainsi à la mutualisation énergétique des ressources[122].

La réponse d'UrbanEra et son équipe était doublement innovante à l'époque. D'une part, en proposant une solution décentralisée sur géothermie superficielle (solution peu courante à l'époque) avec une possible mutualisation avec l'existant et, d'autre part, en intégrant deux acteurs sur les questions énergétiques : l'opérateur énergétique Dalkia Smart Building (DSB), chargé de concevoir, réaliser et gérer la boucle d'eau tempérée ; et l'entreprise Embix, chargée de porter une garantie de la performance énergétique du projet. L'intégration de ces acteurs montre de ce fait l'importance donnée, par l'aménageur privé, à la phase d'exploitation des bâtiments et des systèmes énergétiques et ceci dès la phase concours du projet NCU. Aussi, nous pouvons avancer

[121] Source : Dossier de réponse à consultation d'opérateurs, Bouygues, 2013.
[122] Idem.

que la prise en compte des enjeux d'exploitation à NCU se traduit par un élargissement du cercle d'acteurs en introduisant des acteurs de l'exploitation (Campagnac, 2017). Le collectif de conception a ainsi mis en avant les questions énergétiques et d'exploitation comme des facteurs de distinction par rapport aux autres candidats.

Bien que la solution énergétique soit fortement investie en phase concours, plusieurs sujets restaient flous et imprécis durant cette période. Le directeur Grands Projets de l'époque nous confie par exemple que pour arriver aux objectifs, la proposition n'intègre pas le cinéma dans les calculs énergétiques du réseau d'eau tempérée à l'échelle du quartier et aucune indication n'a été fournie concernant son alimentation énergétique. Plusieurs raisons expliquent cette situation. La première est que les besoins d'un cinéma sont très ponctuels, il est donc très compliqué de les prévoir. La seconde est que son intégration aurait dégradé fortement la performance du réseau à cause des importants besoins de l'équipement que ce soit en termes de chaleur et surtout de froid à des périodes ponctuelles de sa fréquentation par le public. Enfin, la direction commerces de BI - créée en 2013- et participant au concours met dès le départ sur la table le risque économique d'intégrer un cinéma dans une boucle énergétique commune, qui, en cas de dysfonctionnement, mettrait en péril l'équipement. UrbanEra a souhaité par conséquent dès le départ garder le cinéma autonome énergétiquement et laisser le futur investisseur gérer son alimentation. Le Directeur Grands Projets de l'époque nous précise que « de toute façon, le problème de ce genre de concours c'est que si vous commencez à pousser tous les curseurs, vous ne rendez pas le dossier dans les temps, et finalement vous n'êtes plus concurrentiel et intéressant. Car les concurrents vont faire des réponses toutes jolies, toutes belles et un beau chiffre pour l'offre financière et voilà. Ils vont s'interdire de trop aller dans le détail, car plus on détaille, ça engendre des conséquences multiples... » (UrbanEra, 29/11/2019). Ainsi, durant cette période, il s'agit de trouver le fin équilibre entre le fait de détailler certains sujets et celui de rester suffisamment général pour avoir la liberté de porter des propositions originales et concurrentielles.

En somme, le développement du projet NCU montre l'apparition de plusieurs préoccupations faisant écho à l'exploitation : la place des habitants, la possibilité de réduire les factures d'énergie, la gouvernance énergétique du projet et le suivi numérique de la solution énergétique ; ce qui montre l'intérêt des acteurs, et notamment de l'opérateur urbain, pour ces enjeux. En effet, même s'il n'y a pas eu de proposition de démarche de participation des habitants au projet par exemple, l'information et la sensibilisation de ces deniers a été abordée. Ceci est également le cas de la facture énergétique où même s'il n'y a pas d'engagement sur le coût des factures, ce sujet a bel et bien été traité et mis en avant. Notre hypothèse explicative de cette volonté d'UrbanEra de prendre en charge les préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques est le fait que Bouygues Immobilier profite en parallèle du projet NCU, des apprentissages accumulés pendant l'exploitation de certains projets qu'il a réalisés comme les Green Offices et les quartiers du Fort d'Issy-les-Moulineaux et Ginko (chapitre 1), pour faire évoluer ses pratiques et savoir-faire en matière de conception des projets urbains durables. L'enjeu, à cette époque, était par exemple de réaliser le suivi numérique des consommations énergétiques des usagers de NCU pour

l'amélioration de la détection des défaillances pendant les usages et par conséquent l'efficacité de l'exploitation ; une démarche qui a émergé dans le projet du fort numérique d'Issy-les-Moulineaux et qui va se matérialiser quelques années plus tard dans le projet d'Issy Grid. En effet, le suivi numérique des consommations était perçu comme une manière d'améliorer l'exploitation et de maîtriser les factures énergétiques des habitants. En outre, cette analyse montre toute la stratégie de mise en avant des questions énergétiques et d'exploitation comme levier de distinction de l'offre d'UrbanEra. Les enjeux d'exploitation s'inscrivent ainsi dans la continuité de la stratégie d'affichage des enjeux de durabilité par Bouygues Immobilier enclenchée depuis maintenant près d'une vingtaine d'années (chapitre 6).

2.2.2 L'opérateur urbain retenu pour la qualité du projet et l'originalité de la proposition énergétique

À la suite de l'appel à candidature, trois opérateurs seront retenus afin de réaliser une remise d'offre. Par la suite, une audition orale a été réalisée pour ne garder que les deux candidats UrbanEra et Nexity. D'après notre enquête avec l'aménageur Paris la Défense, la plupart des candidats ont proposé une solution énergétique mutualisée en exploitant les énergies renouvelables. UrbanEra sera retenu lauréat en janvier 2014. Même si nous n'avons pas pu avoir des informations précises sur les raisons du choix d'UrbanEra par rapport à Nexity, certains acteurs au sein d'UrbanEra nous affirment cependant que c'est la solution énergétique originale et audacieuse proposée à cette étape qui a fait pencher la balance vers leur proposition.

Plusieurs acteurs nous expliquent que, depuis quelques années maintenant, les questions énergétiques deviennent des critères importants de sélection pendant les concours d'urbanisme. Ceci est également le cas du concours d'opérateurs du projet Quai Vernets, où le curseur énergie a été poussé loin par l'opérateur urbain afin de remporter la consultation. Le directeur du département énergie au sein du bureau d'études Burgeap affirme ainsi :

> « Et clairement nous, ce qu'on a vu c'est que cette dimension énergétique s'est mise à peser très lourd dans les concours, beaucoup plus lourd que sa réalité de valeur, il y a un côté surpondération. Quand on regarde le coût du système énergétique dans son ensemble par rapport à l'ensemble du projet, ce n'est que quelques pourcentages, on ne dépasse jamais 5% de l'ensemble du coût de construction d'un quartier ou d'un bâtiment. Mais quand on regarde la place que ça prend dans les concours, dans les décisions, dans le fait de gagner ou pas un quartier c'est un élément majeur » (30/01/2019).

Nous n'avons cependant pas pu savoir si la mise en avant des enjeux d'exploitation et de gestion, en proposant plusieurs acteurs, a vraiment pesé sur le choix du promoteur[123]. Il faut néanmoins noter que l'analyse de la seconde étape du dossier de réponse à consultation de Bouygues (2ème oral), montre que plusieurs précisions/modifications ont été apportées sur les intentions architecturales et urbaines du projet. Cependant, le dossier ne revient pas sur les engagements énergétiques ou l'exploitation des systèmes proposés durant la première étape de la consultation.

[123] D'après C. Tardieu, les opérateurs immobiliers dans le projet Clichy-Batignolles ont été retenus par rapport à la charge foncière proposée, à leurs références et à la méthode de travail proposée (Tardieu, 2015).

Nous faisons l'hypothèse que le promoteur a convaincu la maîtrise d'ouvrage avec sa proposition énergétique innovante et ambitieuse et a, également, rassuré cette dernière en intégrant deux acteurs pour l'exploitation des objets de l'énergie. Notons aussi que l'intervention d'un énergéticien très en amont comme le cas du projet NCU est assez rare à l'époque. En effet, souvent les concours d'opérateurs urbains sont portés par des opérateurs urbains et leurs équipes de maîtrise d'œuvre sans l'intervention d'exploitants énergétiques. D'après notre enquête, la recherche d'opérateurs énergétiques, dans les années 2010,[124] se fait souvent pendant le développement des projets, à des phases donc un peu plus avancées que l'étape des concours. Ceci est notamment le cas du projet Quai Vernets qui a procédé différemment du projet NCU pour mettre en avant les enjeux d'exploitation en phase concours.

2.2.3 La mise en avant des questions énergétiques et dans une moindre mesure des enjeux d'exploitation dans le concours d'opérateurs de Quai Vernets

L'objectif de cet éclairage est de montrer une attention grandissante accordée par les acteurs à l'intégration des préoccupations d'exploitation en phase concours. Nous verrons que l'intégration de ces enjeux prend des formes différentes selon les contextes et les acteurs qui les portent.

La solution énergétique proposée en phase concours par le groupement d'Ensemble au sein de Quai Vernets, est une boucle d'eau tempérée alimentée par la récupération de chaleur d'une usine Rolex située à proximité du projet et d'un complément de chaud et froid réalisé par des sondes de géothermie superficielle sur site. Des PV sont prévus pour la production d'électricité. Le concept énergétique très innovant, en mettant l'accent sur la récupération de chaleur fatale, a été fortement mis en avant dans le dossier de réponse à consultation (en réalisant des descriptifs et des schémas de la solution). En plus de cette solution innovante, les acteurs s'engagent également à respecter la labélisation 2000 watts (voir encadré 1.4). Les développeurs rencontrés au sein de l'entreprise Losinger Marazzi nous affirment ainsi que les questions énergétiques ont été mises en avant car ils savaient pertinemment que c'était un critère important de sélection des lauréats par l'État de Genève.

> « Il y a donc un appel d'offre investisseurs qui a été lancé et qui laissait finalement une assez grande liberté. Il disait « On veut un quartier durable ». En gros, les objectifs énergétiques que nous nous sommes fixés sont les critères liés à la labellisation « Société à 2 000 watts ». Nous avons fait notre grille de lecture de ce label...On s'inscrit donc dans une politique publique, puisque la ville de Genève est une cité de l'énergie, donc éligible à faire des projets 2 000 watts. On s'inscrit donc là-dedans même si ce n'était pas une obligation du dossier d'appel d'offres. Mais, on sait bien que c'était un critère d'adjudication. Le pouvoir adjudicateur s'attendait donc à ce que nous ayons une réponse ambitieuse sur ce sujet-là. C'est l'une des questions sur lesquelles on a pu faire la différence par rapport aux autres candidats » (Directeur de projet, Losinger Marazzi, 14/05/2020).

Les développeurs du projet au sein de Losinger M expliquent ainsi que les enjeux d'exploitation ont également été intégrés, à cette étape, et ceci en s'engageant à obtenir la labélisation 2000 watts à l'échelle du quartier en phase exploitation. Concrètement, un des 6 critères de labélisation est

[124] On va voir un peu plus loin dans ce chapitre que ce constat est en train d'évoluer aujourd'hui.

intitulé « gestion » qui porte sur le monitoring de l'énergie et l'exploitation des systèmes[125]. Le label évalue ainsi la performance énergétique des projets selon deux phases de développement et d'exploitation[126]. L'évaluation en phase d'exploitation se fait deux ans après la livraison des projets avec une re-certification tous les 4 ans. En effet, si nous avons expliqué dans le chapitre 1 que les labels réalisent souvent des évaluations *ex ante*, ce dernier suit les projets pendant plusieurs années en exploitation. « Le certificat Site 2000 watts se différencie des standards énergétiques utilisés jusqu'à présent par une vérification régulière et une certification périodique des sites en cours d'exploitation même après les phases de développement et de réalisation. La saisie des résultats pour le justificatif quantitatif s'effectue sur la base du Standard de monitoring pour les bâtiments »[127]. Un Directeur de projet au sein de Losinger Marazzi nous explique: « La « Société à 2 000 watts », c'est un engagement qui porte sur la conception de l'ouvrage, mais aussi sur son exploitation. Nous sommes donc engagés à concevoir un ouvrage durable, avec des énergies 100 % renouvelables dans la durée. Nous n'allons pas pouvoir mettre une énergie non renouvelable au bout de dix ans, parce que ça nous arrange, ou que ce serait économiquement plus intéressant. Nous sommes engagés vis-à-vis de l'Etat de Genève, pour respecter les critères de la « Société à 2 000 watts » » (14/05/20).

En plus du label 2000 watts, l'exploitation et la gestion des artefacts énergétiques ont été appréhendées par les acteurs, en évoquant le recours à un *contarcting* énergétique dans la phase de développement du projet. L'entreprise s'engage ainsi, si elle venait à gagner le projet, à lancer un appel d'offre afin de retenir un exploitant capable de gérer la solution technique innovante mise en avant. Cette solution de *contracting* n'est pas une nouveauté pour cette entreprise. En effet, la plupart des projets de quartiers durables portés par cet acteur sont réalisés en *contracting* énergétique avec des exploitants. À cet effet, nous pouvons dire que, à l'instar du cas de NCU, les questions énergétiques ont été mises en avant dans le projet Quai Vernets. De plus, même si les enjeux d'exploitation n'ont pas été aussi approfondis que NCU, ces préoccupations ont néanmoins été abordées. Une de nos hypothèses explicatives est qu'il y a une prise en compte de l'importance de l'exploitation des systèmes énergétiques au sein de cette entreprise et ceci en s'appuyant notamment sur la capitalisation de projets antérieurs réalisés par cette dernière. En outre, notre enquête à Quai Vernets montre que ce sont les opérateurs urbains qui portent les préoccupations d'exploitation des objets de l'énergie. En effet, les ingénieurs énergie appliquent souvent des méthodes et des protocoles bien établis pour répondre au mieux aux objectifs énergétiques et ne sont pas forcément porteurs d'innovations en matière d'intégration des préoccupations d'exploitation.

---

[125] Les critères de sélection du label couvrent 6 domaines : gestion, communication et coopération, urbanisme et utilisation du site, approvisionnement et élimination, bâtiments et mobilité.

[126] Il y a deux étapes de labélisation : développement transformation (à renouveler tous les deux ans) et exploitation (à renouveler tous les quatre ans).

[127] Source : SuisseEnergie, 2017, « Objectifs 2000 watts pour les sites. Recommandations pour les communes et les cantons », 18 p.

Au-delà de ces deux projets, le projet « Lyon living lab Confluence », porté par la SPL Lyon Confluence et le groupe Bouygues a également mis en avant les sujets d'exploitation des services proposés afin de remporter l'appel à projet démonstrateur industriel pour la ville durable DIVD en 2016. Les acteurs du projet ont ainsi proposé de créer un opérateur de services urbains à l'échelle du projet immobilier Sollys qui peut s'élargir à l'échelle de la métropole afin de gérer divers services urbains ; que ce soit les services liés à l'énergie, le transport, la gestion des places de parking ou encore la santé (chapitre 4). Nous faisons ainsi l'hypothèse que ces projets sont les prémices d'une évolution des méthodes de faire dans la fabrique urbaine vers une intégration des enjeux d'exploitation et ceci très en amont des projets. Cette hypothèse sera discutée dans le chapitre 6 consacré aux apprentissages et à l'évolution des compétences des acteurs. La partie suivante montre qu'au-delà des enjeux d'affichage, l'intégration des questions d'exploitation répond également à d'autres motivations par les opérateurs urbains.

3 Une sélection des prestataires et partenaires fondée sur l'interconnaissance

L'objectif, dans cette section, est d'interroger les critères de sélection, par Bouygues Immobilier, du collectif de réponse à consultation. Nous analyserons, de ce fait, dans quelle mesure la constitution de ce collectif répond à une volonté de prise en charge des enjeux d'exploitation dans le projet NCU. Qui sont les acteurs responsables de porter ces enjeux ? La prise en charge des préoccupations d'exploitation induit-elle un élargissement du cercle d'acteurs de la fabrique urbaine ?

En plus de l'AMO DD qui a été demandé dans le cahier de consultation, UrbanEra répond donc avec plusieurs acteurs. Afin de mettre en valeur sa candidature, elle présente en détail, dans le dossier de réponse à consultation, les missions de ces acteurs dans le projet en mettant l'accent sur les questions énergétiques et les préoccupations d'exploitation des systèmes techniques.

- Greenaffair est un AMO assez généraliste chargé de prendre en charge toutes les questions environnementales autour de NCU. Le promoteur affirme ainsi que cet AMO sera présent de la conception jusqu'à l'exploitation du projet afin de suivre les questions environnementales aux moyens d'indicateurs « de progrès et d'engagements techniques ».
- Aveltys sera chargé d'assurer une mission d'AMO en « Economies d'Energie et Commissionnement pour le conseil en énergétique bâtiment, le pilotage et le suivi des performances, de la conception à l'exploitation » pour l'un des deux immeubles bureaux proposé qui est un Green Office.
- Embix a été mobilisé afin de mettre en œuvre « des services d'optimisation de la performance énergétique au niveau du quartier ». Le but est de réaliser simultanément une mission de BET smart Grid pour optimiser la conception énergétique et de porter par la suite une mission de pilotage de la solution énergétique à l'échelle du quartier.
  - Le concessionnaire réseau, qui est Dalkia Smart Building (DSB), a été sélectionné pour assurer l'investissement, la réalisation et l'exploitation du réseau de chaleur mutualisé. DSB

est une filiale de Dalkia créée en 2009 (groupe EDF)[128] qui propose la conception et la construction de solutions énergétiques et numériques avec une garantie de résultat. Il combine ainsi des prestations de bureau d'études et d'entreprise générale spécialisée dans les lots techniques[129]. Cet acteur s'engage sur l'exploitation et la maintenance du réseau NCU, mais concrètement, il ne réalise pas l'exploitation mais sous-traite dans la plupart des cas à la maison maire Dalkia[130].

La question qui nous intéresse à présent est : quels sont donc les critères de sélection ce cette équipe de réponse à consultation ?
Dans le cas de la sélection de Greenaffair, le chef de projets urbains NCU en phase concours de l'époque nous explique que le promoteur sélectionne en général les BET et les AMO qu'il connaît et avec lesquels il a auparavant travaillé. Greenaffair a notamment beaucoup travaillé avec le promoteur sur la conception énergétique de plusieurs Green Offices.

> « En phase concours, globalement on part avec des gens qu'on connait, qui sont capables d'avoir des approches globales assez rapides et puis c'est des connaissances. Moi je n'étais pas là au début, Greenaffair, je sais qu'on les connaissait et on bossait beaucoup avec eux. Et quand on commence à répondre au concours, on se dit qui est dispo ? qui est bon ? Après, la spécificité de Greenaffair est qu'ils pouvaient adresser tous les sujets et on a besoin d'avoir une approche assez généraliste pour faire une offre globale sur les sujets environnementaux… On peut chercher aussi des acteurs partenaires qui pourraient prendre ensuite la gestion de certains services notamment EDF Optimal Solution » (Chef de Projets Urbains, Urbanera, 19/02/2020).

Au sujet de la sélection de l'énergéticien DSB, d'après un ancien directeur Innovation de BI, il y avait à l'époque des réflexions au sein de Bouygues Immobilier pour porter l'exploitation du système énergétique du projet NCU, toutefois la direction centrale a jugé que c'était risqué de s'engager seul sur la réalisation et l'exploitation d'une solution énergétique de cette ampleur. L'énergéticien DSB a ainsi été considéré comme plus connaisseur et compétent pour ce travail. En effet, la sélection d'un énergéticien en phase concours est intéressante car elle permet de définir très tôt certains sujets d'exploitation qui peuvent conditionner fortement le projet, mais elle permet surtout aux opérateurs urbains de partager les risques d'exploitation des systèmes techniques avec un acteur plus « sachant » sur le sujet. En effet, la définition du partenariat « se fonde sur le principe d'association et de partage, pour la définition des objectifs, comme pour les « bénéfices » et pour les risques » (Campagnac, 2006, p. 11). Par ailleurs, un Chef de projets Montages chez DSB nous explique que l'énergéticien a l'habitude de réaliser des partenariats avec le promoteur Bouygues, DSB s'étant notamment occupé de la conception, réalisation et exploitation du réseau d'eau tempérée de l'écoquartier Cap Azur porté par Bouygues Immobilier à

[128] Dalkia a été racheté par le groupe EDF en 2014.
[129] Voir le site internet de Dalkia Smart Building, https://www.dalkiasmartbuilding.fr/notre-histoire , (consulté le 06/10/2021).
[130] DSB a déjà l'expérience de l'exploitation de plusieurs réseaux de chaleur à l'exemple du réseau de chaleur biomasse de l'écoquartier Camille Claudel.

Roquebrune-Cap-Martin. Nous retrouvons là aussi, le principe d'intégration, par UrbanEra/Bouygues Immobilier, d'acteurs avec lesquels il a déjà l'habitude de travailler.

> « … avec Bouygues Immobilier, on a toujours travaillé pour développer des partenariats. On le fait aussi parfois avec d'autres promoteurs…En fait, on peut leur apporter, à ce moment-là, un appui et une valeur particulière. Et dans le cadre d'un partenariat, on a un développement de notre solution en des objectifs pour bien maîtriser les budgets, des objectifs de performance pour pouvoir s'engager dans la durée. » (Chef de projets Montages, Dalkia Smart Building, 13/10/2020).

Concernant le choix d'Aveltys, d'après nos échanges avec la direction Immobilier d'entreprise (IE) de BI, le promoteur propose systématiquement les services de sa filiale à ses clients des Green Offices. L'entreprise explique ainsi à ses clients que la garantie de performance sur ces bâtiments doit être suivie automatiquement par le respect de leurs conditions d'usages et d'exploitation que porte Aveltys (voir partie suivante 2.1). Enfin, l'entreprise Embix a été mobilisée, d'après notre enquête, pour mettre en place une nouvelle offre de service de pilotage de l'énergie à l'échelle du quartier. En effet, l'objectif est de suivre le modèle d'Avelys à l'échelle de l'immobilier d'entreprise pour s'élargir à celui du quartier. Bouygues Immobilier (à travers sa filiale UrbanEra) se saisit ainsi de l'opportunité du concours pour en même temps positionner ses filiales et expérimenter de nouvelles offres de services (ex Embix). En effet, d'après notre enquête au sein de Bouygues Immobilier, bien que les professionnels ne soient pas forcément obligés d'intégrer ces filiales, ils y sont incités par la direction. L'intégration d'Aveltys et d'Embix sont ainsi une manière pour le promoteur Bouygues de se positionner en exploitation que ce soit dans le cadre de l'exploitation des bâtiments ou des systèmes énergétiques.

La pluralité des acteurs intégrés sur les enjeux d'exploitation montre en même temps l'intérêt que porte Bouygues et ses filiales à ces enjeux, mais également le tâtonnement de ces derniers pour l'intégration des enjeux d'exploitation. En effet, en plus de ces acteurs, UrbanEra porte un engagement sur le taux d'EnR avec des propositions sur la mutualisation énergétique et sur la limitation de la facture des habitants. En effet, si le projet NCU montre une prise en charge importante des préoccupations d'exploitation par le collectif de réponse à consultation, nous verrons dans le chapitre suivant que la pluralité des acteurs et des engagements engendrera diverses complexités sociotechniques et frictions entre les acteurs pendant le développement du projet.

D'autre part, nous pouvons dire aussi que cette motivation d'intégrer ces filiales rejoint également le souhait de partage d'expériences et de valeurs communes entre Bouygues et ses partenaires participants à ses projets. La forte habitude qu'ont ces acteurs de travailler avec le promoteur faciliterait ainsi la coopération au sein des projets. En effet, d'après notre enquête, UrbanEra sélectionne ses prestataires ou ses partenaires, en phase concours, en fonction d'expériences et des savoir-faire partagés entre ces derniers. Les collaborations antérieures créent des relations de confiance entre les acteurs, ce qui les incite à vouloir réitérer ces collaborations notamment dans le

cadre de la réalisation de projets démonstrateurs et innovants[131]. Ceci rejoint également H. Haller qui affirme que souvent la maîtrise d'ouvrage privée privilégie, dans la sélection de la maîtrise d'œuvre, le partage de valeurs (ex performance énergétique) et de savoir-faire (ex la construction de quartier).

> « Les relations avec la maîtrise d'œuvre font l'objet d'une attention particulière de la part de la maîtrise d'ouvrage. La stratégie de la maîtrise d'ouvrage privée semble de privilégier des professionnels avec lesquels les repères sont partagés, qu'il s'agisse d'habitudes de travail de fait d'expériences précédentes communes ou du contenu à conférer à un projet. Ces repères sont recherchés comme garantie de la performance énergétique. » (Haller, 2016, p. 178).

Nous pouvons même parler, à ce stade, d'un « réseau d'acteurs » qui est le vecteur et le lieu où s'organisent l'apprentissage et l'accumulation de savoir-faire par les expériences. Ces liens et interconnaissances tissent le réseau et confortent son existence (chapitre 6). Au-delà du partage des expériences entre les acteurs dans le cadre de la réalisation de projets communs ainsi que du partage de valeurs sur les enjeux de performance énergétique, nous faisons également l'hypothèse du partage de valeurs entre les acteurs sur la nécessité d'intégrer les préoccupations d'exploitation en amont des projets. En effet, les mauvaises expériences rencontrées lors de l'exploitation de certains projets inciteraient les acteurs à vouloir intégrer les enjeux d'exploitation. Cette hypothèse va être explorée plus en profondeur dans les deux prochains chapitres.

4 La primauté des aspects esthétiques dans la conception spatiale

Après avoir exploré la conception énergétique du projet NCU, nous allons ici interroger l'activité de conception spatiale au prisme des enjeux d'exploitation. Nous avons distingué ces deux activités car elles sont constamment décrites, par les acteurs, comme étant séparées et se déroulant de manière disjointe. Nous analyserons dans cette section dans quelle mesure l'intégration de ces enjeux impacte l'activité des architectes qui se trouvent à intégrer de plus en plus de dispositifs techniques dans les projets (4.1). Puis, nous étudierons les critères de sélection des architectes par la maîtrise d'ouvrage. Ces acteurs sont-ils désignés par rapport à leurs compétences sur les questions énergétiques et environnementales ou encore l'intégration des objets techniques ? (4.2). Enfin, nous questionnerons les interactions entre les acteurs de la conception énergétique et spatiale du projet NCU pendant la phase particulière des concours, notamment dans le cadre de l'intégration des objets techniques et de leurs enjeux d'exploitation. En effet, une de nos hypothèses présume que l'intégration des objets techniques rapprocherait les concepteurs des questions énergétiques et spatiales (4.3).

[131] Nous allons notamment explorer, dans le chapitre suivant consacré à l'analyse du développement du projet NCU, les critères de sélection du reste des partenaires qui vont arriver dans le projet.

4.1 Prédominance des approches formelles dans l'activité de conception architecturale

Rappelons dès le départ que le dessin de la forme urbaine est encadré par le cahier des charges des prescriptions architecturales et urbaines. De plus, un plan de masse du projet a été déjà réalisé par l'aménageur Paris la Défense dans le cadre de sa stratégie d'aménagement de la ZAC Seine Arche. A partir de ces contraintes, l'urbaniste F. Leclercq s'est chargé de la localisation des programmes et de l'architecture des lots. L'urbaniste affirme qu'il y a eu une réflexion sur l'énergie dans le projet, toutefois ces questions n'ont pas primé dans la conception du projet. « De toute façon dans le cahier des charges d'un tel concours, il fallait vraiment qu'on ait une réflexion sur l'énergie et ça faisait partie du programme mais ce n'est pas ce qui a primé sur la conception du concours. On avait un AMO développement durable intégré par UrbanEra à l'époque et il y avait une note en environnementale qui a été rendue et voilà ».

En analysant les documents graphiques du concours (divers plans d'architecture, rendus 3D et schémas réalisés), nous avons constaté que les artefacts énergétiques ne sont pas visibles ou représentés sur ces derniers. En effet, la plupart des toitures des balcons des bâtiments sont végétalisées et n'intègrent pas de panneaux solaires, par exemple, et ceci même si l'usage de cette technologie a été cité plusieurs fois dans les études énergétiques. La seule fois où les technologies photovoltaïques apparaissent, c'est dans la 3D de la présentation de la solution énergétique (figure 2.5), présentée pendant l'oral du concours. D'après l'urbaniste du projet : « En concours, il y a une espèce de *greenwashing* concours qui fait qu'on végétalise toutes les toitures. En réalité, je crois qu'au moment du concours, il était prévu 50% des toitures occupées en photovoltaïques… c'est graphiquement non représenté mais il faut vérifier dans la note énergie. Mais il fallait vraiment qu'on ait une réflexion sur l'énergie, ça faisait partie du programme. » (11/02/2019)[132]. En effet, au-delà de l'intégration des systèmes énergétiques et leurs enjeux d'exploitation associés, c'est l'aspect esthétique du projet qui capte l'attention des architectes et des urbanistes.

Précisons, enfin, que le dessin du premier sous-sol, qui est prévu pour accueillir les parkings mutualisés, intègre également tous les locaux techniques nécessaires pour la géothermie. En effet, la solution énergétique décentralisée requiert plusieurs locaux techniques pour accueillir les thermo-frigo-pompes (TFP) ou les PAC qui gèrent les températures en bas d'immeuble ; une question qui a donc été prévue par les acteurs dès la phase concours (voir la figure 2.6)[133]. D'après les acteurs interrogés, la priorité a été accordée à la conception bioclimatique pour répondre au cahier des prescriptions architecturales, urbaines et énergétiques. En effet, les questions énergétiques sont appréhendées, par les architectes et les urbanistes, plutôt en termes de conception bioclimatique de la forme urbaine : ensoleillement, ventilation naturelle, orientation

[132] Au sujet de l'intégration du développement durable dans les concours d'architecture, voir (Tribout, 2015).
[133] Nous verrons par la suite, que la bifurcation de la solution énergétique du projet en phase développement va nécessiter d'autres types d'espaces techniques qui n'ont pas été prévus au départ, ce qui fera l'objet d'une controverse que nous détaillerons dans le chapitre 4.

des bâtiments, etc. La production d'énergies renouvelables ou encore les enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques sont des sujets laissés à l'AMO Environnement du promoteur.

> « Nous en tant qu'agence d'architecture et d'urbanisme, au stade du concours, ce qui a primé c'est des enjeux plutôt sur le développement durable, CAD l'ensoleillement, la composition des volumes, etc. C'est la conception bioclimatique qui a une incidence sur notre manière de concevoir le projet urbain et qu'on prend en compte. Sur la production d'énergie proprement dite, dans le cahier des charges il devait y avoir un RCU, donc il y a un local technique ou une sous station, en sous-sol ou en parking. » (Urbaniste, Leclercq Associés, 11/02/2019).

S'il y a donc certaines discussions autour des objets de l'énergie en phase concours, la plupart des acteurs s'accordent pour dire qu'il y a une primauté accordée à l'esthétique du projet à cette phase. Un ingénieur nous explique, à ce propos, qu'il y a des discussions, en phase concours, sur l'esthétique d'une façade mais jamais sur son aspect technique ou son coût, qui peut même être plus important que le coût du système énergétique.

> « Quand UrbanEra gagne un concours, il promet des choses fantastiques en termes d'énergie, mais personne ne va discuter de l'infrastructure du parking, du détail de la composition du béton, de la structure du toit, etc. Il y a un peu de discussions sur la forme des façades mais pas sur le coût du vitrage qui pèse bien plus cher que l'énergie. La façade est chère et à part son aspect esthétique, personne ne discute de son aspect technique » (Directeur département énergie, Burgeap, 30/01/2019).

L'importance accordée à l'aspect esthétique des bâtiments incite, par conséquent, les architectes à sur-travailler ces aspects, quitte parfois à mettre au second plan les réflexions sur les enjeux d'exploitation des artefacts proposés. Ce résultat rejoint également les conclusions de plusieurs auteurs qui montrent la faible prise en considération des architectes des destinataires de leurs productions au bénéfice de l'œuvre architecturale (Camus, 2001 ; Collet, 2017 ; Tribout, 2017). Les enjeux énergétiques sont notamment abordés par les architectes essentiellement dans le cadre de la conception bioclimatique des projets. Cependant, mis à part quelques locaux techniques prévus pour recevoir les équipements techniques, l'exploitation des objets techniques est peu prise en compte dans la conception spatiale.

Au-delà du concours d'opérateurs du projet NCU à l'échelle du quartier, nous nous sommes également intéressés au concours d'un projet architectural de bureaux Green Offices intégrés dans le projet NCU, qui porte une très forte ambition énergétique. En effet, ce projet vise deux labels : Green Office et Effinergie Bepos. Rappelons également que le cahier des charges du label Green Office est très strict et encadre fortement la conception, la réalisation et l'exploitation de ces projets, et ceci d'autant plus qu'il existe plusieurs retours d'expérience sur l'usage et l'exploitation de ces bâtiments. Dans quelle mesure sont intégrés les enjeux d'exploitation des artefacts énergétiques dans la conception des Green Offices ? L'intégration des questions énergétiques et des préoccupations d'exploitation des systèmes techniques rentre-elle dans les critères de sélection des architectes ?

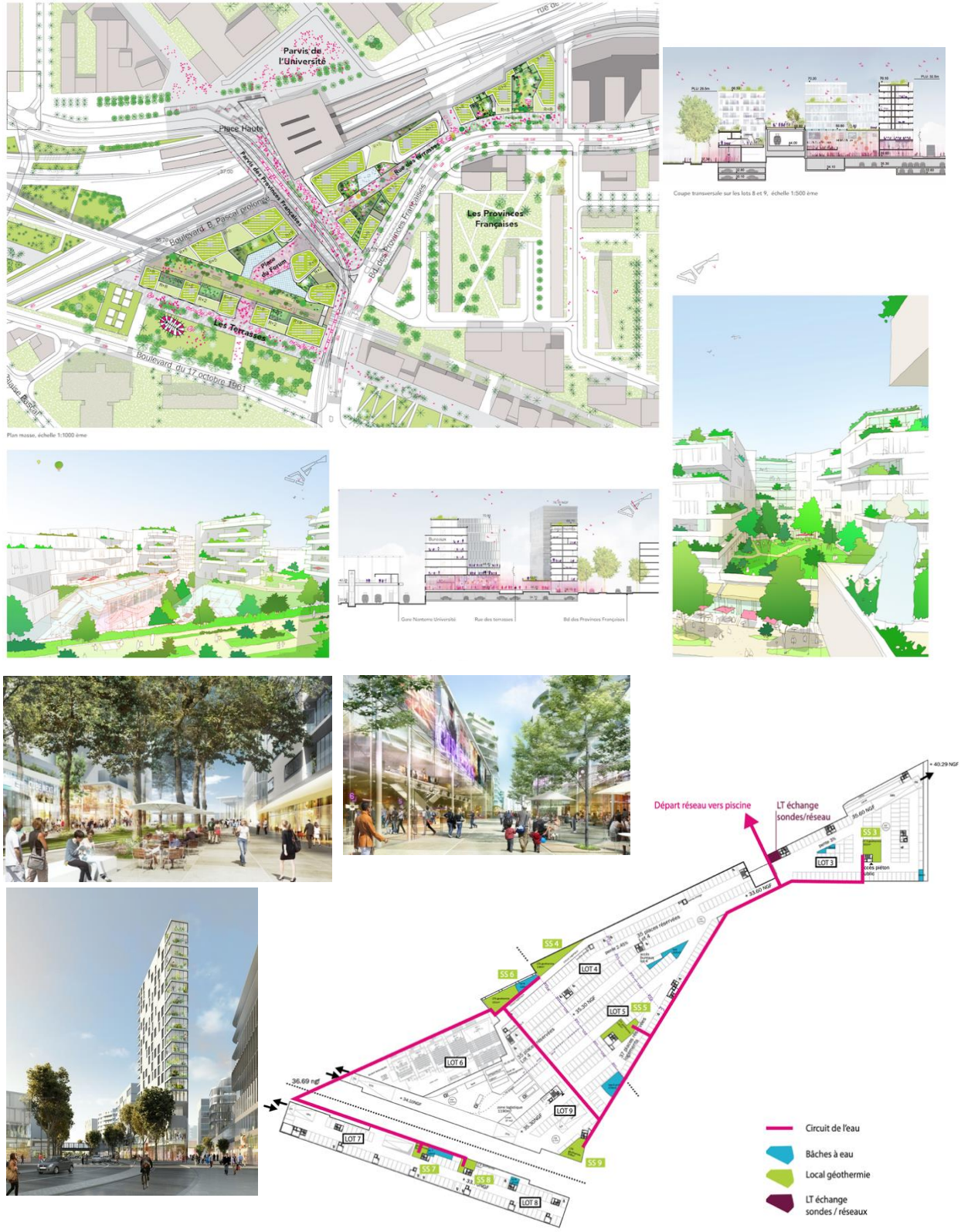

Figure 2. 6. Plan de masse, coupes, vues 3D et plan R-1 du projet NCU. Source : dossier de réponse à consultation d'opérateurs, Bouygues Immobilier, 02/2014.

4.2 La sélection des architectes qui réfère à la qualité de leurs productions architecturales

Nous sommes en juin 2015, et un concours d'architecture est lancé par Bouygues Immobilier sur l'immeuble bureau lot 4. Si François Leclercq a été chargé de la conception urbaine du quartier, plusieurs lots ont fait l'objet de concours d'architecture. Les préconisations environnementales, réalisées par UrbanEra pour répondre aux deux labels cités plus haut, insistaient sur trois sujets : la conception bioclimatique du bâtiment, l'optimisation de l'organisation des toitures pour l'intégration de différents usages et l'intégration de locaux techniques au sous-sol pour prévoir le raccordement au réseau commun. Notons par ailleurs que les préconisations du label Green Office de Bouygues Immobilier implique d'être à énergie positive pendant 10 ans d'exploitation du bâtiment. Pour aider les architectes à répondre à la consultation, une stratégie énergétique d'alimentation du lot 4 a été réalisée par l'AMO DD Greenaffair, en se basant notamment sur ses retours d'expériences sur d'autres bâtiments Green offices qu'il a conçus pour le promoteur Bouygues Immobilier (Green Offices Go Rueil et Spring). Le document a été annexé à la fiche de lot du projet. Pour compenser la consommation énergétique du projet[134], le document précisait la surface de 2583 m² de PV nécessaire pour arriver à un bilan énergétique positif et ceci tout en intégrant des espaces verts sur les toitures pour des sujets de gestion des eaux pluviales. Concernant l'exploitation des artefacts énergétiques (question traitée dans la rubrique vie du bâtiment), l'accent est mis sur la simplicité des systèmes intégrés, ainsi que sur la conception adaptée des locaux pour leur maintenance et leur accessibilité.

> « Maintenance des systèmes techniques : les dispositions techniques et architecturales devront permettre une maintenance et un entretien aisé des systèmes techniques sans dégradation du bâti ni gène des occupants. Les réseaux seront les plus simples possibles. L'ensemble des locaux techniques seront suffisamment grands de manière à permettre tous travaux de maintenance et de manutention. Dans les plateaux de bureaux, les armoires CFO et CFA seront accessibles depuis les circulations » [135].

Les préoccupations d'exploitation ont donc été évoquées dans le cahier des charges de ce projet architectural contrairement au cahier des charges de NCU à l'échelle urbaine. Trois agences d'architecture ont répondu au concours : Demians & Associés, Saison Menu & Associés et Béchu & Associés. Nous avons pu avoir accès à la proposition du lauréat Béchu que nous allons présenter brièvement ici. La proposition de l'agence Béchu a beaucoup mis en avant les questions énergétiques et environnementales. Une triple stratégie est mise en place pour répondre à l'objectif Green Office[136] :

- Minimiser les besoins : en travaillant la conception bioclimatique du bâtiment (compacité du bâtiment, profiter de l'inertie des planchers béton pour le rafraichissement, travail du

[134] La forte consommation énergétique s'explique par le fait que le bâtiment contient un restaurant inter-entreprises (RIE), ce qui a engendré une forte demande d'ECS.
[135] Source : Fiche du lot 4, F. Leclercq, 2015.
[136] Source : document de réponse au concours, Béchu & Associés, 2015.

développé de la façade pour l'accès à la lumière naturelle et la protection solaire par des stores mobiles),

- Réduire les consommations à compenser : réduire les pertes des réseaux aérauliques de ventilation, utilisation de panneaux rayonnants pour économiser l'utilisation d'électricité par les ventilo-convecteurs classiques, installation d'éclairage basse consommation,
- Compenser les consommations : une surface de 2583m2 de panneaux solaires en sur-toiture est prévue, les panneaux en façades sont écartés pour leur faible productivité.

Schémas, dessins et 3D mettent en avant les principes de l'architecture bioclimatique des bâtiments, en plus d'une réflexion sur les espaces verts intégrés dans les terrasses du projets (voir figure 2.7). Le projet intègre également une canopée qui supporte les panneaux PV sur le toit. Une attention particulière a été accordée au traitement esthétique de cet élément qui constitue la signature architecturale de ce bâtiment durable. Au-delà de l'affichage écologique en phase concours, les enjeux énergétiques ont constitué des principes importants de conception du bâtiment pour répondre au programme des Green Offices. Ce cas montre, ce faisant, que l'intégration des questions énergétiques et des objets de l'énergie est, dans certains cas, fortement investie par les architectes notamment pour répondre à la commande de la maîtrise d'ouvrage. Nous rejoignons ainsi Tribout qui affirme qu'il y a dans le cadre des concours « une adaptation étroite des grammaires de projet en fonction de celles mobilisées par la commande » (Tribout, 2019, p. 7) ; tout en expliquant qu'il existe souvent une volonté de dépassement des exigences par les acteurs avec, par exemple ici, la proposition d'une toiture photovoltaïque très originale par l'architecte.

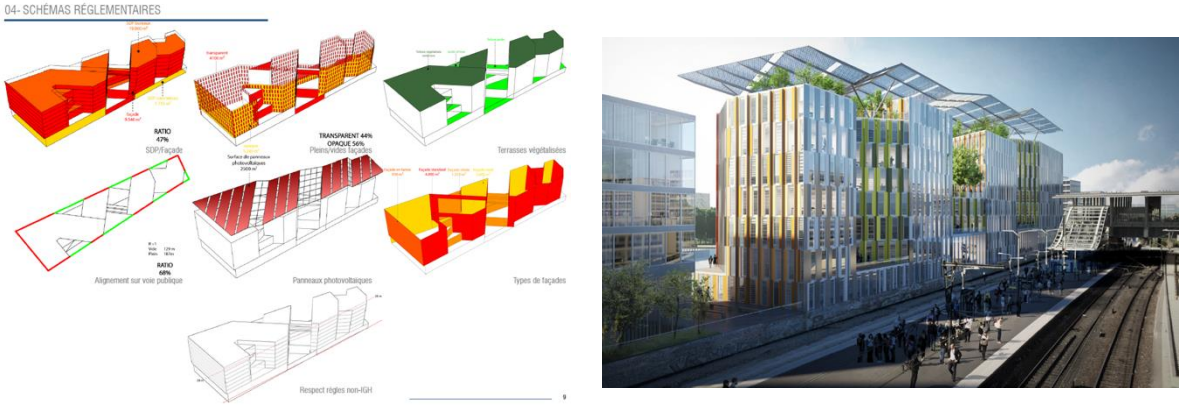

Figure 2. 7. La proposition de Béchu au concours d'architecture. Source : Agence Béchu.

Les volets environnementaux et techniques des réponses au concours ont été analysés par l'AMO Greenaffair, Embix et Ingerop[137]. Divers sujets ont été scrutés : la conception bioclimatique, le

[137] Ingerop est un BET énergie qui sera retenu par le promoteur au début du développement du projet NCU pour réaliser la conception de la solution énergétique. Il aura également plusieurs autres missions dans le projet à l'échelle des bâtiments.

respect des labels, le traitement des façades[138], le travail de la sur-toiture (la surface de PV proposée, l'accès et la maintenance de la centrale PV), la prise en compte d'autres équipements techniques nécessaires au fonctionnement des bâtiments (l'accès et l'exploitation de ces objets) et, enfin, l'arrosage des espaces verts sous-jacents.

Pour arriver à intégrer l'importante surface de PV, les trois architectes ont proposé une sur-toiture sur le bâtiment. La contrainte du programme a ainsi influencé clairement la matérialisation architecturale de la solution énergétique. Les surfaces des panneaux photovoltaïques proposées par les trois architectes sont relevées dans le tableau d'analyse des réponses comme un critère de sélection important. S'agissant de l'intégration de l'exploitation de ces systèmes, la sur-toiture de Béchu est décrite comme complexe en risquant notamment de créer des masques sur les espaces verts, contrairement aux propositions des deux autres candidats qui sont décrites comme plus simples à mettre en œuvre. L'accès aux PV n'est également pas spécifié sur les documents graphiques de l'agence Béchu. Pour la proposition de Demians, la toiture est accessible, ce qui ne pose pas de problèmes de sa maintenance. Ceci est également le cas pour la toiture proposée par Saison Menu avec des parties de la toiture, organisées sur plusieurs niveaux mais avec des schémas d'accessibilité à ces objets clairement définis. L'analyse des propositions montre cependant que les trois propositions n'intègrent pas certains équipements techniques comme les centrales d'air CTA et les Dry ou même l'arrosage des espaces verts.

Tableau 2. 3. Extrait du tableau de l'évaluation des réponses à concours des agences d'architecture Béchu, Demians et Saison Menu. Sources : Bouygues Immobilier, 2015.

TITRE	AGENCE BECHU	AGENCE DEMIANS	AGENCE SAISON MENU
Proposition de mise en œuvre de panneaux PV permettant de couvrir 100% des besoins. Quelles hypothèses prises pour la surtoiture ? Surface utile de panneaux ou surface brute ? **Comment se passera l'arrosage des espaces verts sous jacents** **prise en compte des équipements type CTA et dry ?** **Accès et maintenance…? (bechu)**	Surfaces PV de 2 500 m² 20 kWhef/m²/an à 28 kWhef/m²/an selon hypothèses soit 90% à 125% des consos de GO Rueil Attention complexité surtoiture et prise en compte équipements RET (dry). Masques sur espaces verts ??	Surfaces PV de 2 000 m² 16 kWhef/m²/an à 22 kWhef/m²/an selon hypothèses soit 73% à 100% des consos de GO Rueil Avantage surtoiture simple Attention prise en compte équipements RET (dry) et masques sur espaces verts	Surfaces PV de 2 200 m² 18 kWhef/m²/an à 25 kWhef/m²/an selon hypothèses soit 80% à 110% des consos de GO Rueil Avantage surtoiture simple Attention prise en compte équipements RET (dry) et nacelles
Accès en toiture	Sur-toiture avec PV, indication d'accès en périphérie et entre nappe mais non visible sur les éléments graphiques	Pas de sujet	Toitures terrasse à plusieurs niveaux
Maintenance de la centrale PV (toiture, façades)	Voir ci-dessus	Toiture accessible maintenance, pas de précision	En toiture
Arrosage automatique des espaces végétalisés	Non précisé à ce stade	PV au dessus de la toiture végétalisée	Non précisé à ce stade
Nettoyage et maintenance des façades : le projet sera conçu de façon à ce que tous les éléments vitrés des façades et les protections solaires extérieures soient accessibles dans le respect des prescriptions liées aux voies RER	Volet avec coursives a priori accessible (à confirmer) Indication de stores extérieurs, mais évocation de BSO sur les perspectives, pas d'indication concernant la maintenance sur ces parties.	Brises soleils extérieurs en bois résine, accès par passerelle extérieure, évocation de nacelles à confirmer	Stores extérieurs en façade Sud, nettoyage par nacelle (1 nacelle nécessaire par plot)

[138] Ce qui est analysé, concernant les façades, c'est le développé de la façade. Plus une façade dispose de plusieurs décrochements et retraits, le linéaire de cette dernière devient important, ce qui engendre plus de déperditions thermiques. Ce qui est reproché par exemple à la proposition de l'agence Saison menue c'est la présence de beaucoup de décrochements contrairement à la proposition de Demians qui présente un bâtiment compact.

Cette analyse montre que les préoccupations d'exploitation des artefacts énergétiques sont très peu intégrées dans les propositions des trois agences d'architecture. En effet, comme le cas de NCU, c'est les aspects esthétiques qui dominent à ce stade du projet. Le travail sur l'esthétique de la canopée est ainsi plus important que l'anticipation de son exploitation. La sélection de l'architecte Béchu n'est donc pas basée sur l'intégration des préoccupations d'exploitation des artefacts énergétiques, et ceci même s'il s'agit d'un Green Office avec de très fortes ambitions énergétiques et plusieurs retours d'expériences sur l'exploitation de ces bâtiments.

D'après un Directeur Technique Conception chez Bouygues Immobilier, la sélection des architectes est stratégique dans les projets. Elle est d'ailleurs réalisée par la direction générale du promoteur et parfois par les développeurs au sein d'UrbanEra, et c'est à la suite de la sélection des architectes que les directeurs techniques constituent les équipes de maîtrise d'œuvre. Elle se base essentiellement, d'après ce dernier, sur la capacité de l'architecte de répondre aux enjeux urbains, politiques et médiatiques des projets :

> « L'architecte et le prestataire stratégique numéro qui sont désignés par la Direction générale ou les développeurs, mais souvent, c'est intimement lié. La stratégie numéro un, c'est que l'architecte réponde à un enjeu politique de ville. C'est-à-dire que, lorsqu'on dépose un permis de construire, on le dépose sur une commune donc auprès d'un maire. Ce dernier a des idées sur la politique de sa ville. Donc notre DG qui est en contact avec ces maires, c'est leur boulot de savoir ce qui est attendu. En fonction de ce qui est attendu, on va orienter le choix de l'architecte » (Directeur central technique, IE, Bouygues Immobilier, 10/09/2020).

Au-delà de répondre à la demande politique, c'est la qualité architecturale et l'esthétique des projets qui est revenue comme une motivation de sélection des architectes. Un architecte au sein de l'agence Béchu nous explique ainsi : « C'était un concours avec trois confrères architectes, et on a gagné à l'unanimité pour les capacités à : répondre à des besoins de la ville, répondre au marché, et répondre aussi à l'idée du Maire pour ce nouveau quartier. Tout ça avec des idées assez claires pour installer un bâtiment assez massif sur une petite parcelle très contrainte vis-à-vis de ce qui l'entoure : le RER du côté Est, et l'Allée de Corse du coûté ouest qui sépare le bâtiment du lot de logements » (Architecte, Béchu & associés, le 09/07/2020). D'après nos échanges informels au sein du promoteur, la sélection de l'architecte coordonnateur F. Leclercq sur NCU revient également à la qualité architecturale du projet proposé et de son insertion dans les enjeux portés par la ville de Nanterre et notamment les aspects de nature en ville. Enfin, d'après un des architectes du projet Quai Vernets, c'est la qualité des espaces publics proposés et la densité du projet qui a permis à l'architecte de gagner le projet. En effet, même si la forme urbaine, très massive du projet, a été critiquée par plusieurs acteurs interrogés, la mise en avant des espaces publics de qualité et la réponse au programme très contraint porté par l'état de Genève (objectif de faire 1500 log sur le site), a orienté vers la sélection des architectes Fruehauf, HEnRy & Viladoms et Descombes Rampini (voir figure 2.5). Les architectes interrogés sur ce projet nous confient notamment qu'ils sont beaucoup plus contraints, dans leurs activités, par l'importance des programmes que par les questions énergétiques et encore moins les enjeux d'exploitation des systèmes techniques.

En conclusion, nous pouvons dire que les architectes ne sont donc pas sélectionnés selon l'intégration des questions énergétiques (sauf si c'est un élément fort du programme comme le cas du Green Office) et encore moins des enjeux d'exploitation. Nous rejoignons ainsi plusieurs travaux qui expliquent la prégnance des enjeux esthétiques en phase concours. E. Campagnac et Deffintaies affirment également dans le cas de projets en PPP « qu'au terme de certains dialogues compétitifs, les critères de sélection auront été modifiés *in extremis* pour que le choix objectif corresponde à la préférence des décideurs politiques, notamment esthétique, architecturale, et symbolique… Le prix s'oubliera, tandis que la qualité est destinée à rester ? » (Campagnac et Deffontaines, 2013, p. 73-74). Enfin, C. Tardieu qui explique également que, dans le cas des concours d'architecture réalisés sur plusieurs lots du secteur Est de Clichy-Batignolles, le jury des projets, composé essentiellement d'élus, a priorisé les choix esthétiques dans la sélection des projets au détriment des enjeux énergétiques (Tardieu, 2015)[139].

D'autre part, il faut également noter que plusieurs études montrent à *contrario* que l'organisation de concours favorise la qualité architecturale[140] des projets. En effet, E. Macaire et J. Zetlaoui-Léger, en s'appuyant sur une enquête qualitative et quantitative sur les concours d'architecture en France qui s'étale sur une dizaine d'années, expliquent que certains acteurs affirment que « l'exigence conjointe de qualité de fonctionnement, d'usage, d'écriture architecturale, d'insertion urbaine et paysagère que peut susciter le concours, favorisait la réduction des coûts de gestion ultérieure pour le bailleur et le locataire… » (Macaire et Zetlaoui-Léger, 2019, p.8). Dans cette perspective, les préoccupations d'exploitation sont considérées comme une conséquence d'un raisonnement autour de la qualité des ouvrages. Certains architectes et ingénieurs, interrogés au sein de cette recherche, affirment ainsi que « le concours facilite le développement ultérieur du projet, y compris le dépôt d'un permis de construire, car il apporterait une certaine légitimité au choix du parti retenu » (Macaire et Zetlaoui-Léger, 2019, p.7).

4.3 La phase concours qui favorise de fortes interactions entre acteurs

Dans le cadre de notre enquête, nous nous sommes également intéressés à l'organisation du processus de conception pendant la consultation d'opérateurs et notamment le lien entre la conception énergétique et spatiale pour l'intégration des objets de l'énergie et de leurs enjeux d'exploitation associés. D'après les acteurs interrogés, de manière générale, c'est pendant les concours que se réalisent le plus d'échanges entre les architectes et les ingénieurs, car une fois le projet avancé, il est très compliqué d'intégrer de nouvelles contraintes. Dans le cas de l'intégration des objets énergétiques, un ingénieur chez Ingerop[141] nous explique que la procédure habituelle est que les ingénieurs réalisent des tableaux Excel recevant les divers locaux techniques et les

[139] Enfin, même si cela n'a pas été explicitement mentionné par les acteurs, le statut de l'architecte par rapport à l'importance des projets est également un critère important. Plusieurs projets ne respectant pas les critères bioclimatiques (en ayant par exemple beaucoup de décrochements dans la forme de l'enveloppe) ont par exemple été retenus.

[140] Même si ce terme ne fait pas consensus entre les acteurs, entre ceux qui associent cette notion à des considérations esthétiques et ceux qui lui donnent une définition plus large.

[141] Les BET Ingerop et Burgeap vont intervenir par la suite dans le développement du projet NCU.

contraintes liées à l'intégration des systèmes techniques (accès aux locaux, isolation, sécurité incendie, entretien des systèmes). Ces documents sont par la suite transmis aux architectes pour intégrer ces enjeux dans leurs projections spatiales.

> « Nos clients embarquent des architectes et nous on discute avec eux sur la compétition sur la 5ème façade, la conception bioclimatique, etc. Et ces sujets se discutent souvent, très facilement, en phase très amont du projet. Une fois que l'architecture est fixée, on n'a plus trop le choix. » (Ingénieur, BET Burgeap, 05/08/2019).

> « Si [une chaufferie biomasse] ne peut pas être en sous-sol, on le dira à l'architecte au démarrage d'un concours ou d'une esquisse. On fait un tableau Excel des besoins en termes de locaux techniques suivant le dimenssionnement des installations qu'on a déjà réalisées. On va dire sur ce tableau, j'ai besoin de telle surface pour telle production de froid, tels équipements doivent être en plein air, etc. » (Ancien ingénieur, BET Ingerop, 21/01/2020).

Dans le cas du projet NCU, les discussions entre les architectes et les ingénieurs du projet ont ainsi porté sur : la conception bioclimatique, l'intégration spatiale des systèmes énergétiques proposés ou encore le traitement de la cinquième façade. Les architectes intègrent par la suite les différents enjeux dans leurs propositions. Nous rejoignons ainsi les travaux de E. Macaire et J. Zetlaoui-Léger qui expliquent qu'un des principaux atouts des concours c'est qu'ils permettent de fédérer les acteurs autour d'un projet commun et à réaliser notamment une coopération étroite entre les acteurs très en amont des projets. « Il encouragerait une plus grande collaboration entre collectivités, aménageurs, opérateurs privés par son formalisme et la publicisation qui y est associée. Il obligerait les uns et les autres à s'engager officiellement et susciterait une attention collective autour d'un projet » (Macaire et Zetlaoui-Léger, 2019, p.7). Notons toutefois que les préoccupations d'exploitation des SE n'ont pas été abordées au cours de ces échanges d'après notre enquête. Le schéma 2.8 résume l'organisation de la conception en phase concours.

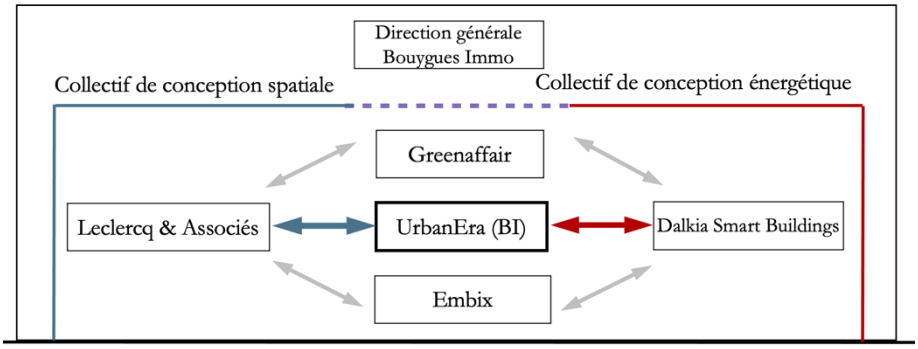

Figure 2. 8. Organisation des cercles de conception énergétique et spatiale en phase concours. Réalisation personnelle.

En somme, l'organisation de concours favorise les échanges entre un réseau d'acteurs collaborant pour la réalisation d'un projet commun et contribue, de surcroit, à l'accumulation des expériences, des apprentissages et à l'évolution des manières de faire des acteurs.

5 Synthèse

Nous avons montré, dans un premier temps, la faible intégration des préoccupations d'exploitation dans les cadrages énergétiques réalisés par les acteurs publics. En effet, si les demandes des collectivités intègrent de plus en plus de fortes exigences énergétiques, notamment en termes de productions d'EnR, les préoccupations d'exploitation des systèmes techniques ne sont quasiment jamais abordées. Par ailleurs, dans le cas où certains enjeux d'exploitation comme la sensibilisation des habitants ou le plafonnement de la facture énergétique des usagers sont évoqués, cela prend plutôt la forme d'orientations que de prescriptions.

Dans un second temps, l'analyse du concours du projet NCU montre que l'intégration des préoccupations d'exploitations dans le projet NCU s'est matérialisée à travers trois points : l'intégration de deux acteurs (DSB et Embix) pour l'exploitation des systèmes énergétiques, la proposition d'un troisième pour la garantie des charges énergétiques dans les immeubles de bureaux (Aveltys) et la volonté de plafonner la facture énergétique des habitants. Le recours à Embix constitue une innovation importante dans le projet, avec une volonté des acteurs de suivre et de s'engager sur la performance énergétique dès la phase concours à l'échelle du quartier. Le tableau ci-dessous résume ainsi les préoccupations d'exploitation intégrées dans le projet NCU.

D'autre part, nous avons montré que la prise en compte des préoccupations d'exploitation n'impacte pas les choix techniques réalisés à cette étape. D'ailleurs, les volets techniques et d'usages des artefacts énergétiques ne sont presque pas abordés. Les artefacts énergétiques sont sélectionnés en fonction des intérêts pour utiliser les gisements énergétiques locaux de leur performance technico-économique, et de l'espace disponible pour leur intégration. L'analyse démontre en conséquence que les enjeux d'exploitation ont été mobilisés, *à l'instar* des questions énergétiques comme un moyen de marketing urbain vert et de distinction des autres candidats par l'aménageur privé UrbanEra. Les aspects écologiques de végétalisation du projet, de production d'EnR ou de facture énergétique des habitants ont été ainsi fortement mis en avant dans les documents de réponse à consultation d'UrbanEra. Au-delà de cette volonté d'affichage, l'analyse montre l'importance des premiers retours d'expérience sur l'exploitation des projets durables sur l'évolution des manières de faire des opérateurs urbains. En effet, ce n'est qu'après les différents constats des défaillances en exploitation que les acteurs vont commencer à prendre en charge les préoccupations d'exploitation des objets techniques.

Tableau 2. 4. Anticipation des préoccupations d'exploitation des artefacts énergétiques dans le concours d'opérateurs du projet NCU. Réalisation personnelle.

Préoccupations d'exploitation des AE prises en compte	**Phase concours**
Gouvernance et contractualisation	Partenariat avec Dalkia pour l'exploitation du réseau et avec Embix pour le suivi de la performance

(Garantie de performance énergétique globale)	Proposition d'Aveltys pour la garantie de performance sur les Green Offices Suivi des consommations énergétiques avec Embix à l'échelle du quartier Engagement sur 55% d'EnR tous postes confondus
Bilan économique global	Réduction de la facture énergétique évoquée comme objectif mais pas d'engagements
Usage technique	Non abordé
Usage spatial	Positionnement de locaux techniques sur les plans du premier sous-sol
Usages énergétiques des habitants	La sensibilisation des habitants est évoquée comme objectif mais pas d'engagements

Ensuite, l'analyse de la constitution du groupement de réponse à consultation montre une sélection des prestataires par la maitrise d'ouvrage privée, essentiellement basée sur l'interconnaissance et le partage d'expériences précédentes dans le cadre de la réalisation de projets ambitieux sur les questions énergétiques. Au-delà du partage d'expériences entre les acteurs, nous faisons également l'hypothèse du partage progressif de valeurs entre les acteurs sur la nécessité d'intégrer les préoccupations d'exploitation en amont des projets. En effet, les mauvaises expériences, rencontrées lors de l'exploitation de certains projets, incitent progressivement les acteurs à vouloir intégrer les enjeux d'exploitation. En outre, nous avons montré que les enjeux d'exploitation sont également utilisés par le promoteur Bouygues (à travers sa filiale UrbanEra) comme une opportunité de positionner les filiales de l'entreprise à l'exemple d'Aveltys ou l'offre de garantie de la performance énergétique portée par Embix. En effet, les séquences des concours deviennent la scène de fortes évolutions des manières de faire des acteurs notamment en matière d'intégration des enjeux d'usage et d'exploitation (Hébert et Moreil, 2017 ; Meunier, Redoutey et Zetlaoui-Leger, 2018). Nous allons nous attarder sur ces évolutions dans le chapitre 6.

Enfin, l'analyse de l'activité de conception spatiale a montré l'existence d'une primauté accordée aux aspects esthétiques des projets en phase concours et ceci souvent au détriment de l'intégration des enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques. De plus, l'analyse du processus de sélection des architectes montre que les motivations derrière le choix de ces acteurs se basent souvent sur la qualité de leurs propositions architecturales et l'adéquation de leurs positionnements avec les enjeux politiques et territoriaux des projets. En effet, en aucun cas, ces acteurs sont sélectionnés en référence à l'intégration des questions énergétiques ou des préoccupations d'exploitation. Notons cependant que l'étape des concours d'opérateurs est considérée comme positive par divers acteurs ; car elle favorise l'échange entre différents acteurs et notamment entre les architectes et les ingénieurs dans le cadre de l'intégration des objets de l'énergie. Ces derniers collaborent et échangent fortement pendant ce court laps de temps pour la réalisation d'un projet commun. Notons par ailleurs que ceci est très différents dans le cas de concours d'architecture où les architectes sont mis en concurrence pour répondre indépendamment aux cahiers des charges de la maitrise d'ouvrage.

En résumé, l'analyse du concours du projet NCU montre qu'il s'agit là du début de l'histoire de l'intégration des préoccupations d'exploitation par Bouygues Immobilier et ses filiales. En effet, la

pluralité des acteurs intégrés sur l'exploitation des systèmes énergétiques montre en même temps l'intérêt que portent les professionnels à ces enjeux mais également le tâtonnement de ces derniers pour l'intégration des préoccupations d'exploitation. Nous verrons dans les deux chapitres suivants que cette faible répartition des tâches entre les acteurs, à cette étape, créera plusieurs problèmes au sein du projet.

Au terme de cette analyse, confrontons donc ces résultats à nos quatre hypothèses. Nous répondons affirmativement à notre première hypothèse en montrant que les enjeux d'exploitation sont saisis par les opérateurs urbains, au-delà des motivations assurantielles, par des motivations d'affichage et de différenciation par rapport aux concurrents, ainsi qu'une volonté de création de nouveaux services. Nous répondons cependant négativement à notre seconde hypothèse. En effet, les préoccupations d'exploitation des objets de l'énergie n'ont pas réorienté les choix techniques réalisés dans la conception énergétique pendant cette phase concours. Cette hypothèse sera explorée plus en profondeur dans les deux chapitres suivants centrés sur la phase conception. Nous répondons de manière affirmative à la troisième hypothèse en affirmant qu'il y a une forte interaction entre les concepteurs des questions énergétiques et spatiales en phase concours et ceci notamment autour de l'intégration des objets de l'énergie. En effet, l'étape des concours d'opérateurs favorise les échanges entre les acteurs, d'après notre enquête, avant que les choix de conception ne soient arrêtés, réduisant ainsi les capacités d'action des acteurs. Enfin, le projet NCU constituant le début des expérimentations sur l'intégration des enjeux d'exploitation, notre quatrième hypothèse sera explorée dans la suite de notre récit. L'objectif dans les deux chapitres suivants est d'analyser les effets de l'intégration des préoccupations d'exploitation des SE dans les phases conception des projets NCU et Sollys.

Chapitre 3. L'intégration complexe des enjeux d'exploitation par une entreprise énergétique. Le cas de NCU

Nous avons vu, dans le chapitre précédent, comment ont été appréhendées les préoccupations d'exploitation dans la phase concours du projet Nanterre Cœur université (NCU). Dans le présent chapitre, nous allons nous intéresser aux effets de l'intégration des préoccupations d'exploitation en phase conception et, dans une moindre mesure, à la phase chantier du projet NCU.

Le chapitre est découpé en cinq grandes parties. Nous analyserons, en premier lieu, la conception énergétique du projet du début du développement du projet en 2014, et cela après avoir gagné la consultation d'opérateur en décembre 2015. Nous nous attarderons sur les débordements du cadrage énergétique initial du projet après diverses négociations entre les acteurs (1). Nous continuerons ensuite le récit de la solution énergétique jusqu'à sa validation fin 2016. Nous verrons qu'il y a eu, au bout de deux ans de conception, une seconde évolution du cadrage énergétique du projet ainsi qu'une bifurcation de la solution technique. Nous interrogerons spécialement les raisons des bifurcations des choix techniques ainsi que la part que prennent les préoccupations d'exploitation dans ces évolutions (2). Suite à quoi, nous analyserons les enseignements du partenariat avec une entreprise énergétique. En effet, la réalisation d'un partenariat avec une entreprise énergétique a été complexe dans le projet, la logique d'exploitation des infrastructures rentrant parfois en conflit avec une logique de production urbaine. Nous accorderons une attention particulière à l'analyse de la dimension contractuelle dans le cadre de la prise en charge des préoccupations d'exploitation des objets de l'énergie (3). Puis, l'analyse portera sur les effets de l'intégration d'une pluralité d'objets techniques sur la spatialité du projet NCU. Nous interrogerons notamment la relation entre l'activité de conception énergétique et spatiale suite à l'intégration de ces objets ainsi que leurs préoccupations d'exploitation. En effet, si nous avons montré, dans le chapitre précédent, que la réalisation d'un concours a contribué à rapprocher ces acteurs, qu'en est-il de la phase de développement ? (4). Enfin, nous verrons que c'est à partir des différents enseignements réalisés à NCU, et en s'inspirant du modèle économique de l'entreprise Aveltys à l'échelle de l'immobilier d'entreprise, que l'opérateur Bouygues Immobilier va tenter de faire évoluer ses pratiques sur la prise en charge des enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques à l'échelle du quartier (5).

Pour une meilleure compréhension, les grandes étapes de la conception énergétique du projet NCU sont représentées dans la frise ci-dessous. Nous reprenons le récit dans ce chapitre de la conception énergétique du post-concours en 2014 jusqu'à la phase chantier en 2019 en passant par l'avant-projet sommaire fin 2015, le lancement d'une consultation d'opérateurs énergétiques début 2016 et la finalisation de l'APD de la solution énergétique fin 2016.

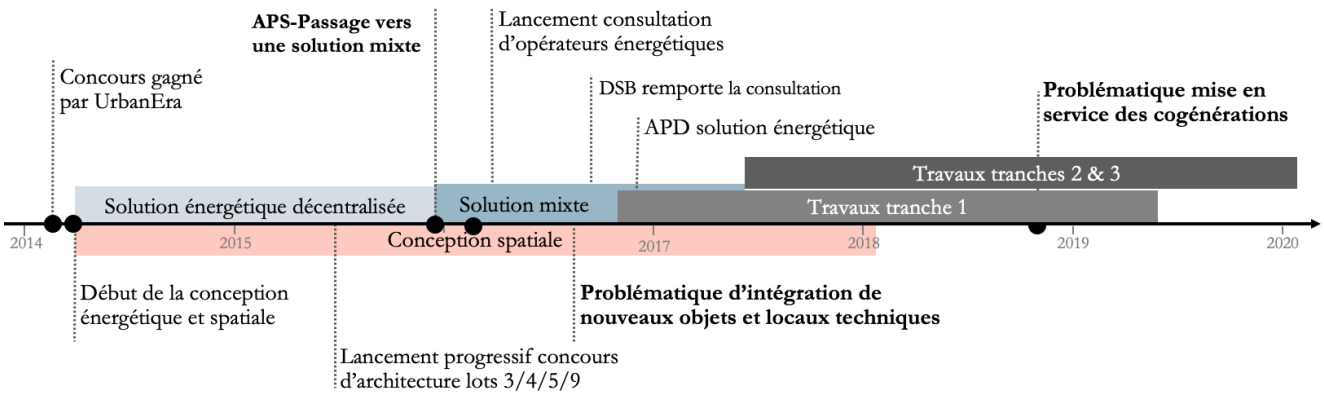

Figure 3. 1. Évolution de la conception énergétique et spatiale du projet NCU. Réalisation personnelle.

1 Évolution du cadrage énergétique pour intégrer les préoccupations d'exploitation

Dans cette section, nous présenterons la conception énergétique du projet NCU après avoir gagné la consultation d'opérateur en février 2014 jusqu'en décembre 2015 (figure 3.1). Ainsi, nous verrons que le collectif de conception a eu beaucoup de mal à aboutir aux objectifs énergétiques ambitieux affichés en phase concours et particulièrement dans un milieu dense et contraint par la présence de diverses infrastructures. Il y a eu, par conséquent, plusieurs renégociations entre les acteurs publics et privés pour redéfinir le cadrage énergétique du projet (1.1). Dans un second temps, en nous appuyant sur un éclairage par le projet Clichy-Batignolles, nous allons montrer que les acteurs publics commencent progressivement à intégrer les enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques dans les cadrages énergétiques des projets urbains (1.2).

1.1 Renégociation des objectifs énergétiques à la baisse face aux incertitudes sociotechniques

Après avoir gagné le concours, l'opérateur immobilier commence, en février 2014, à affiner ses propositions architecturales et énergétiques**.** Rappelons que la conception énergétique s'est réalisée selon une principale donnée d'entrée du cahier des charges énergétiques qui est l'objectif de produire localement 55% d'EnR tous postes confondus, et ce en réalisant une mutualisation énergétique entre les programmes du projet. La solution énergétique proposée en phase concours était, pour rappel, une boucle d'eau tempérée alimentée par des sondes de géothermie superficielle.

1.1.1 Organisation de la conception énergétique et spatiale en parallèle

L'équipe de conception énergétique était composée du promoteur (plus précisément de son entité d'aménagement UrbanEra et de l'entité Immobilier d'entreprise), de l'AMO environnement Greenaffair, de Embix, de l'énergéticien Dalkia Smart Building (DSB) et du bureau d'étude fluide Ingérop qui a rejoint le collectif. Les réunions de conception intégraient ainsi entre sept et neuf personnes. Notons qu'il n'y avait pas de collectif de conception spatiale en tant que tel, l'architecte coordonnateur François Leclercq réalisait la conception de son côté et partageait, par la suite, son

avancement avec UrbanEra. Plus tard, de nombreux architectes vont arriver au fur et à mesure de l'organisation des concours d'architecture sur les différents lots[142]. D'après les acteurs interrogés, la conception des formes urbaines se réalisait en parallèle de la conception énergétique pour intégrer les différents enjeux du projet. Un ancien directeur grands projets nous explique que « Pour les questions énergie, on les traite conjointement [avec la conception spatiale], on affine le nombre de logements, les cages d'escaliers, le passage de gaines, des réseaux, tout le monde travaille en parallèle en fait. On rentre dans le dur, dans le détail et c'est là qu'on se rend compte que c'est compliqué. » (UrbanEra, 29/11/2019).

UrbanEra définit à cette période, de manière plus précise, le rôle et la mission de chaque acteur intervenant sur les questions énergétiques. Greenaffair va réaliser l'estimation des besoins et les simulations thermiques dynamiques détaillées (STD) à l'échelle du quartier. Ingerop va s'occuper de la conception du système de récupération de chaleur sur les eaux usées, il est également BET fluide sur certaines parties du projet. DSB s'occupera, pour sa part, de la conception du réseau d'eau tempérée et, enfin, Embix se chargera de l'intégration des PV, du pilotage énergétique du Smart Grid ainsi que du suivi des engagements du projet. On verra toutefois que ces rôles vont beaucoup évoluer tout le long du processus de conception (voir figure 3.2).

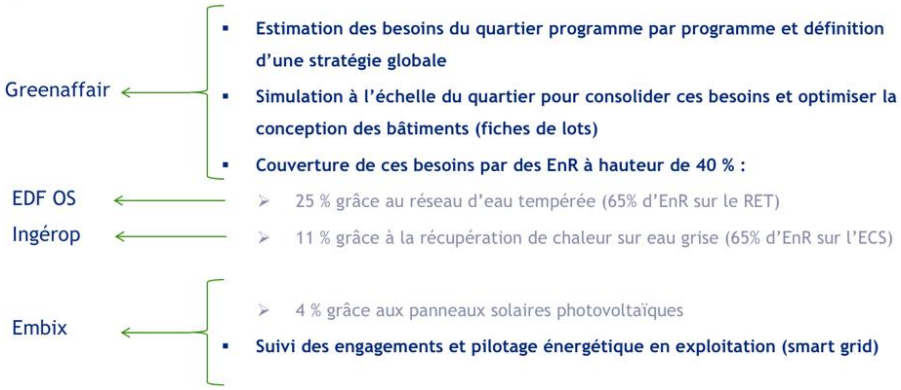

Figure 3. 2. Le rôle des différents acteurs de la conception énergétique. Extrait du PPT synthétisant les études énergétiques du projet NCU. Source : Bouygues immobilier, 2014.

Un chef de projet NCU à UrbanEra de l'époque était chargé de piloter les expertises de ces différents acteurs et de faire la liaison avec les directions des programmes du promoteur (logements, bureaux, commerces). Il était également l'interlocuteur unique avec la maîtrise d'ouvrage publique. « C'est moi qui pilotais Ingerop, Embix et E-nergy sur cette partie approche énergie. J'étais le point de contact et je venais me réassurer derrière que ça convenait pour chaque direction de programme pour ainsi avoir une approche globale quartier. » (Ancien chef de Projets Urbains, UrbanEra, 19/02/2020). Le principe d'organisation de la conception était alors que les bureaux d'études avancent de leur côté et viennent, par la suite, présenter l'évolution des études à UrbanEra. D'après le chef du projet NCU au sein d'UrbanEra, les discussions de départ

[142] La conception des lots se répartit comme suit : lot 3 et 5 : Agence OXO Architectes, lot 4 : Agence Béchu et Associés, lots 7 et 6 : Agence Leclercq Associés, lot 8 : Agence a+ Samueldelmas Architectes, le lot 9 : Agence Randja Architectes.

s'appuyaient sur des schémas et des principes de fonctionnement et, après validation, les BET reviennent avec des plans plus détaillés et des descriptifs des solutions proposées.

1.1.2 La complexité de la matérialisation des objets techniques en milieu urbain dense

Au cours des études de dimensionnement du réseau d'eau tempérée en 02/2014[143], l'équipe de conception a rencontré beaucoup de difficultés pour arriver à la performance énergétique visée. A cette période, d'autres solutions, qui ont été écartées en phase concours, ont été rediscutées comme la possibilité de recourir à une cogénération pour l'alimentation énergétique du quartier. Toutefois, ces options ont été rapidement écartées par DSB qui préférait une solution mutualisée sur géothermie, d'autant plus que l'entreprise ne maîtrisait pas la technologie des cogénérations contrairement à la géothermie. La question du recours à d'autres sources d'énergie, notamment grâce au raccordement du réseau à la piscine de Nanterre (option proposée en phase concours), a également été discutée. Le raccordement de la piscine paraissait intéressant car cela permettait d'améliorer l'équilibre production-consommation du réseau, grâce à une demande constante de chaleur surtout l'été, au lieu de réinjecter cette chaleur dans le sous-sol. De plus, l'utilisation de cette chaleur créait des recettes financières pour l'exploitant du réseau. Toutefois, cette piste a été très vite abandonnée à cause de deux types de complications : la nécessité d'obtenir plusieurs servitudes et autorisations de passage des réseaux privés sous les voies publiques ; ainsi que la nécessité de réaliser des forages sous des voies RATP pour le passage des réseaux. C'est cette seconde raison qui a mis fin à cette piste car les forages risquaient de créer des affaissements de voies RATP. Les questions juridiques de propriété des voies et de sécurité dans un milieu urbain dense, caractérisé par une imbrication de réseaux divers, ont ainsi constitué un frein important pour la mutualisation énergétique avec les formes urbaines existantes.

> « L'idée était vachement séduisante mais on s'est heurté à des problématiques toutes bêtes. Il y a d'une part la question des servitudes et le passage de réseaux privés sous les voiries publiques et, d'autre part, et c'est la problématique qui a arrêté toute la réflexion, c'est qu'on devait passer et forer sous des voies SNCF. Techniquement ce n'est pas un problème, on sait faire mais je crois que les problématiques de sécurité de la SNCF sont telles qu'ils ne peuvent pas prendre le risque d'avoir un affaissement des voies… De plus, je crois qu'il fallait interrompre le trafic de trains pour faire les travaux. Ça devenait un truc complétement impossible en fait, juste pour des raisons de sécurité. Quand on dit juste de sécurité, en soi c'est important, je pense qu'il y a aussi d'autres raisons … On a juste eu le sentiment que la SNCF ne voulait pas non plus faire beaucoup d'efforts pour permettre une forme d'innovation assez majeure. » (Ancien Directeur Grands Projets, UrbanEra, 02/12/2019).

Par ailleurs, l'aménageur public n'était également pas très enthousiaste à l'idée de réaliser cette solidarité énergétique avec la piscine. D'après un directeur aménagement à Paris la Défense, si la conception du réseau de chaleur était dépendante de cette mutualisation énergétique avec la piscine, cela risquait de mettre en péril l'aboutissement du réseau d'eau tempérée. L'objectif était que le modèle financier du réseau soit indépendant de toute mutualisation avec l'existant. Cette séquence montre, de ce fait, la complexité d'aboutir à des objectifs énergétiques ambitieux fixés en

[143] La conception du réseau a duré de 02/2014 à mi 2017.

phase concours dans un milieu dense et très contraint par les infrastructures énergétiques. Face à l'incertitude et à la complexité de la conception des objets sociotechniques, UrbanEra va, alors, réaliser plusieurs renégociations du cadrage énergétique du projet.

1.1.3 Renégociation des objectifs énergétiques à la baisse face aux incertitudes sociotechniques

UrbanEra retourne donc voir la maîtrise d'ouvrage, une première fois, pour essayer de négocier les objectifs énergétiques à la baisse. D'après notre entretien avec le directeur de projet NCU de l'époque, Bouygues Immobilier soupçonnait même l'AMO de Paris la Défense, qui a réalisé le cahier de prescriptions environnementales, d'avoir fait une erreur en fixant l'objectif très ambitieux de 55% d'EnR sur tous les postes de consommations, y compris la consommation d'électricité spécifique[144]. Une erreur que Paris la Défense n'a jamais voulu reconnaître d'après le développeur.

> « C'était très compliqué, tout ça est venu du fait que dans le cahier des charges rédigé par Paris la Défense demandait 55% d'EnR tous postes confondus. Il y avait une énorme bêtise là-dedans et en fait c'était une erreur ou une coquille de leur BET qui n'a pas été corrigée par Paris la Défense. On s'était aperçu que c'était impossible d'atteindre ça tous postes confondus. Il fallait mettre des curseurs…ça nous obligeait à optimiser dans tous les cas le plus possible la manière de concevoir l'alimentation énergétique du quartier. » (Ancien Directeur Grands Projets, UrbanEra, 29/11/2019).

Toutefois, pendant les premiers échanges, la maîtrise d'ouvrage urbaine est restée ferme sur ces prescriptions énergétiques à l'échelle du projet. En effet, le cadrage énergétique réalisé par l'aménageur et considéré comme peu ambitieux, s'est tout de suite trouvé confronté à la matérialité des artefacts urbains et énergétiques et à toutes les incertitudes relatives à la conception de ces actants. Pour convaincre la maîtrise d'ouvrage publique, UrbanEra a réalisé, avec son équipe de conception énergétique, un *crash test* pour prouver la complexité d'atteindre l'objectif de 55% EnR tous postes confondus à l'échelle du quartier. Dans un premier temps, des simulations thermiques dynamiques ont été réalisées pour mieux appréhender les besoins du quartier. Le calcul des besoins s'est réalisé suivant quatre hypothèses de calculs (hypothèses confort : bureaux & commerces : 19/26°C, logements : 22°C ; le climat à Paris ; l'enveloppe des bâtiments et les systèmes de ventilation et éclairage). La figure 3.3 présente la répartition des besoins énergétiques par usages et par programmes du quartier. En regardant la répartition des besoins par programme des surfaces occupées, nous constatons que les besoins électriques d'éclairage sont très importants tout particulièrement dans le cas des commerces. Ces derniers consomment 55% de l'énergie du quartier pour seulement 15% de la surface construite, alors que l'habitat représente 26% des besoins pour 46% de la surface. Les bureaux représentent, quant à eux, 19% des besoins pour 36% de surface (voir figure 3.3).

[144] L'électricité spécifique représente l'électricité utilisée par les services qui ne peuvent être réalisés que par l'électricité (les appareils producteurs de froid, les postes audiovisuels et multimédias, etc.). Ces consommations, peu prédictibles, ne sont pas incluses dans la RT2012.

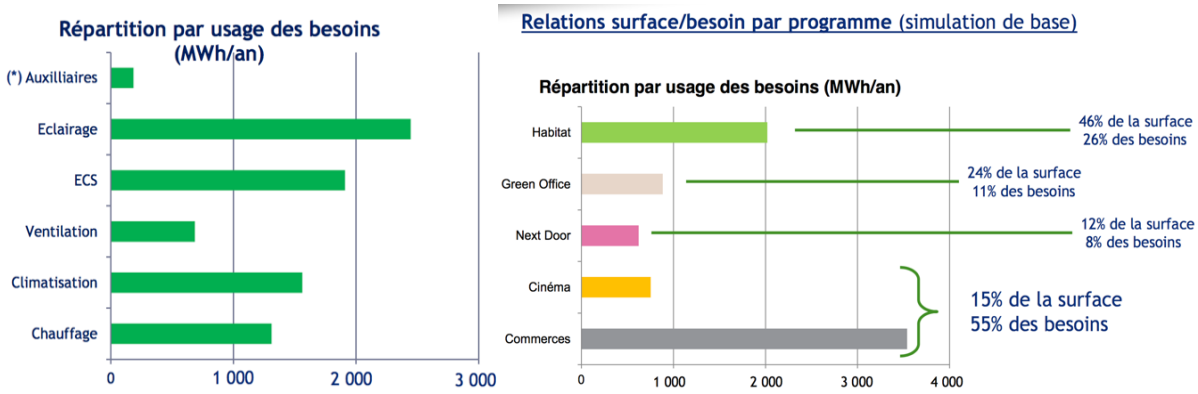

Figure 3. 3. Répartition des besoins par usage. Source : études énergétiques du projet NCU, Bouygues Immobilier, 2014.

Le *crash test* met en lumière deux sujets : le premier est que le potentiel géothermique n'est pas très important (1GWh en chaud et 1.2 GWh en froid pour tout le quartier). En effet, même si la question de l'incertitude sur le potentiel géothermique n'est pas nouvelle, ayant notamment été mise en avant dès la phase concours, elle reviendra plusieurs fois dans les études notamment comme moyen de justification des choix d'UrbanEra. Le second sujet mis en avant est que les besoins électriques du projet et particulièrement l'éclairage des commerces qui sont très importants et imprévisibles. Le directeur de projet de l'époque explique que cette forte consommation des commerces n'était pas du tout anticipée par le collectif de conception. En effet, les commerces engendrent des besoins importants d'éclairage et donc des surchauffes des locaux commerciaux qui vont, par conséquent, nécessiter un recours important à la climatisation. Notons par ailleurs que même s'il y a eu une volonté d'anticiper ces demandes d'énergie, cela aurait été compliqué face aux besoins imprévisibles de ces activités. En effet, au départ de la conception, l'occupation précise des surfaces commerciales n'est pas encore connue, ce qui complique l'estimation de ces usages énergétiques pendant la conception. On verra dans la partie 3 de ce chapitre que ces futurs usages seront connus au fur et à mesure de l'avancement de la conception détaillée, faisant notamment remonter des impératifs d'exploitation.

> « Personne n'avait d'expertise en commerces et on n'avait pas imaginé la consommation que générerait l'éclairage des vitrines des commerçants et la puissance nécessaire pour à la fois climatiser et chauffer le cinéma. Parce que même si on fait un plan de marchandising, où on imagine positionner au mieux les cellules commerciales, on ne peut jamais savoir à l'avance quelle enseigne prendra au final telle ou telle cellule. On ne sait donc pas à l'avance de quelle puissance lumineuse un commerçant aura besoin dans sa boutique. Sachant qu'une boutique de vêtement ne peut pas être trop chaude ou trop froide. Si on est dans l'alimentaire, il y a des vrais problèmes de chauffage, de renouvellement de l'air, de réfrigération, de puissances liées à tout ce qui est congélateur à prévoir » (Ancien Directeur Grands Projets, UrbanEra, 29/11/2019).

Le collectif de conception réalise donc, dès février 2014, une liste des écarts qui reprend les exigences du cahier des charges énergétiques et propose quelques ajustements (voir figure 3.4). Concernant la performance énergétique des bâtiments, tous les programmes respectent le cahier

des charges mis à part le Next Door[145] qui présente des niveaux de consommation inférieurs aux exigences du cahier des charges (RT2012-20% au lieu de RT2012-30%). D'après UrbanEra, la performance énergétique du Next Door, s'explique par l'usage spécifique qui est fait dans ces produits avec une forte occupation des plateaux de bureaux pour des activités de *coworking*. Concernant les exigences de climatisation et d'éclairage des commerces fixées par le CPE de l'aménageur, UrbanEra estime ne pas avoir la main sur ce sujet car, ce sont les futurs preneurs des commerces qui installent leurs propres systèmes techniques. L'opérateur s'engage toutefois sur deux points : la limitation de l'éclairage aux horaires d'ouvertures des commerces et la limitation de la puissance à 15w/m² dans les espaces de circulation contre 10w/m² comme exigé dans le CPE. Concernant les objectifs énergétiques du quartier, UrbanEra propose 40% d'EnR à l'échelle du quartier sur les postes réglementaires de la RT 2012 au lieu de 55% tous postes confondus et sur 65% d'EnR à l'échelle du réseau d'eau tempéré[146].

Exigence CPE	Engagement Bouygues Immobilier	Justification écart
Performance énergétique des bâtiments **Logements et bureaux :** Passif et RT2012 -30% (niveau de performance énergétique équivalent au niveau TP du référentiel HQE®, soit Cep < Cepmax RT2012 - 30%, sans compter l'éventuelle compensation réalisée par la production d'énergie renouvelable) **Commerces :** RT2012 à minima	✓ Logements niveau passif : 15 kWh/m²/an de chauffage * ✓ Lot 4 : GreenOffice niveau BEPOS * ✓ Lot 6 : Next Door niveau RT 2012 -20% ** ✓ Commerces: Niveau RT 2012 ** *L'atteinte de ces objectifs sera démontrée en phase conception grâce à un calcul de Simulation Thermique Dynamique. [BEPOS : production EnR locale finale – conso RT2012 finale > 0] ** L'atteinte de ces objectifs sera démontrée en phase conception grâce à au calcul réglementaire RT 2012 [* ** L'atteinte des objectifs de performance énergétique et de taux de couverture d'EnR sera également démontrée en phase exploitation au travers de la fonction monitoring Smart Grids]	La moindre performance du bureau Nextdoor s'explique par son usage atypique qui entraîne notamment une forte densité. Elle est compensée par une surperformance du second lot de bureaux, le lot 4 qui accueillera un immeuble niveau BEPOS.
Taux de couverture en EnR de 55% avec recours aux échanges chaud / froid entre éléments de programmes	✓ 40% d'ENR sur les postes réglementaires à l'échelle du quartier ✓ 65 % d'ENR sur le réseau tempéré ✓ 65 % d'ENR pour la production d'ECS	Un taux de couverture à 55% n'est pas réalisable dans la limite du périmètre du quartier. L'engagement proposé permet d'atteindre le meilleur optimum énergétique tout en garantissant un niveau de charges énergétiques avantageux pour l'usager final.
Commerces : *- Limiter la puissance de climatisation dans les espaces de vente à maximum 80 W/m² (hors froid commercial).* *- Limiter la puissance de l'éclairage artificiel à 10W/m² dans les espaces dédiés à la circulation des clients (mails commerciaux, espaces de circulation …).* *- Limiter la puissance de l'éclairage artificiel à **50W/m² p**our les espaces dédiés à la vente.* *- Limiter les consommations énergétiques liées à l'éclairage des enseignes, vitrines et façades (par des systèmes économes type led par exemple, en réduisant voir arrêtant l'éclairage en dehors des heures d'ouvertures des commerces) ; d'une manière générale, utilisation de matériel économe en énergie (par exemple pour les meubles frigorifiques).*	Hormis les points suivants, il n'y a pas d'engagement précis sur les performances des commerces : - Limiter la puissance de l'éclairage artificiel à 15W/m² dans les espaces dédiés à la circulation des clients (mails commerciaux, espaces de circulation …). - Limiter les consommations énergétiques liées à l'éclairage des enseignes, vitrines et façades (par des systèmes économes type led par exemple, en réduisant voir arrêtant l'éclairage en dehors des heures d'ouvertures des commerces) ; d'une manière générale, utilisation de matériel économe en énergie (par exemple pour les meubles frigorifiques). Néanmoins, les espaces de commerces sont intégrés dans les objectifs de performances globaux du quartier, et respecteront la RT 2012. NB - [] = information post PSV	Ces éclairages seront mis en œuvre par les preneurs eux-mêmes. Bouygues Immobilier n'a donc pas la main sur les puissances installées et ne peut garantir l'atteinte d'un objectif de performances trop ambitieux.

Figure 3. 4. Situation des hypothèses du projet NCU par rapport au CPE. Source : études énergétiques du projet NCU, Bouygues Immobilier, 2014.

Après avoir réalisé son *crash test* et rassemblé un certain nombre d'arguments, UrbanEra et son équipe retournent ainsi voir l'aménageur, une seconde fois, pour expliquer qu'arriver à l'objectif de 55% d'EnR sur tous les postes de consommations est très compliqué et que cela engendre plusieurs autres conséquences. L'équipe de conception explique ainsi que si cet objectif venait à se

[145] Nextdoor, créée en 2014 et devenue Wojo en 2019, est une joint-venture entre Accor & Bouygues Immobilier. Cette offre d'immobilier tertiaire a notamment été expérimentée dans le quartier du Fort d'Issy.
[146] Il y a donc une distinction importante entre l'échelle du réseau et celle du quartier car tous les bâtiments ne seront pas raccordés au réseau. Nous y reviendrons plus en détail plus loin dans ce chapitre.

concrétiser, il va falloir rajouter près de 1000m² de panneaux photovoltaïques en plus pour couvrir une partie des besoins électriques, une question qui peut engendrer un fort impact économique mais également une conséquence forte sur l'architecture des bâtiments. En effet, occuper toutes les toitures en PV rentre en concurrence avec la gestion des eaux pluviales en toiture, et mettre du PV en façade engendre un coût important et pose des sujets d'esthétique des bâtiments.

> « On a négocié auprès de Paris la Défense pour redéfinir le cahier des charges en proposant ce qu'on a appelé « une lise des écarts ». Au début, ils nous ont dit non, prouvez-nous que ce n'est pas possible les 55%. On a donc fait un *crash test*. On leur a dit voilà ce que peut donner la géothermie 1GW, pas plus, on est donc obligé d'aller chercher ailleurs. On a donc la géothermie, la récupération sur eaux usées et 3000 m² de PV en tout... On leur a dit avec tout ça, on s'engage sur 40% des postes RT. Si vous voulez 55% tous postes, il faut tartiner environ 1000m² de PV en plus, donc vos exigences de gestion des eaux pluviales s'écroulent (car il fallait aussi végétaliser les toitures) et les façades vont être moches car elles vont aussi recevoir des PV. Ils comprennent très vite en réalité que ce n'est pas très intelligent de tartiner du PV. Il y a des sujets carbones mais aussi des sujets architecturaux. Je pense que même les architectes n'auraient pas été pour cette option de toute façon. On se tape donc dans la main sur 40% d'EnR qu'au final on respecte largement, on doit être a plus de 50% aujourd'hui. Mais on ne voulait pas mettre la barre trop haute pour être sûr d'atteindre nos objectifs » (Ingénieur, Greenaffair, 12/03/2020).

Pour convaincre l'aménageur de revoir les ambitions énergétiques du projet après un premier refus de négocier, le collectif réduit ainsi le champ des possibles à deux options : une qui n'est clairement pas acceptable (couvrir les façades avec du photovoltaïques) et une autre qui semble beaucoup plus réalisable et favorable (réduire le taux d'EnR). Nous constatons ainsi qu'UrbanEra a mobilisé les études énergétiques comme moyen d'objectivation de ses demandes. Il s'agit de présenter la boîte noire (Latour, 2005) des études énergétiques pour expliquer le manque d'énergie géothermique et convaincre, de la sorte, les maîtres d'ouvrage. Face aux arguments d'UrbanEra et son équipe, la ville de Nanterre a rapidement mis en avant, dans les négociations, les enjeux d'exploitation des artefacts énergétiques et plus précisément la limitation de la facture énergétique des usagers. En effet, d'après notre enquête, les plaintes émises de la part d'habitants d'éco-quartiers déjà réalisés dans la ville de Nanterre concernant l'importance de leurs factures énergétiques[147], ont incité cet acteur à anticiper ce sujet à NCU. En effet, Les acteurs interrogés nous expliquent notamment que ce sujet est fortement porté par le maire de la ville Patrick Jarry. La ville de Nanterre a même tenu à l'époque à communiquer sur le projet NCU en précisant le plafonnement des charges énergétiques pour les habitants.

> « Le maire est très sensible à ce sujet car il y a eu des expériences malheureuses précédemment. C'est le cas de la ZAC Saint Geneviève, où l'aménageur la SEMNA[148] a développé une solution de chauffage innovant, et les habitants ne comprenaient pas pourquoi en été ils avaient la même facture que l'hiver car il fallait amortir les investissements. Typiquement le

[147] Les habitants se plaignaient plus précisément d'avoir une facture constante toute l'année même avec la réduction de leurs consommations de chauffage en été. Situation qui s'explique par l'importance de la part fixe R2 dans leur facture énergétique , qui représente l'amortissement de l'infrastructure.

[148] Société d'aménagement de la ville de Nanterre qui réalise également des missions d'assistance à maîtrise d'ouvrage et de maîtrise d'ouvrage déléguée.

maire a tenu que les futurs acquéreurs sur NCU soient informés de ce genre de choses en amont » ((Responsable aménagement, Paris La Défense, 03/04/2020).

Le collectif de conception et la maîtrise d'ouvrage publique se mettent d'accord pour un objectif de 40% d'EnR à l'échelle du quartier sur les postes réglementaires de la RT 2012 et de 65% d'EnR à l'échelle du réseau d'eau tempérée[149] avec une facture énergétique maîtrisée de l'ordre de 550 €/an pour un logement T3 de 65m². UrbanEra et son équipe ont réalisé ainsi un travail d'intéressement et d'enrôlement de la maîtrise d'ouvrage en faveur d'un débordement du cadrage énergétique initial en réévaluant l'ambition énergétique (taux d'EnR). De l'autre côté, la MO a profité de cette occasion pour limiter la facture des futurs habitants. Il y a ce faisant une évolution du *cadrage énergétique* du projet, après plusieurs négociations, pour intégrer des préoccupations d'exploitation des artefacts énergétiques et, plus précisément, la limitation de la facture énergétique[150].

Il faut également préciser que le dispositif de cadrage de la MOA a été conçu pour évoluer afin d'intégrer les différentes spécificités et évolutions du projet. En effet, un responsable au sein de l'aménageur nous affirme pendent notre enquête qu'ils étaient ouverts à la négociation avec les opérateurs pour intégrer les différents enjeux du projet et ceci, soit en adaptant l'objectif, soit la solution énergétique pour éviter une surenchère technique qui amènerait un coût important pour les usagers. Un ingénieur interrogé dans le cadre du projet NCU, qui a travaillé précédemment au sein du BET Lesenr, l'AMO de l'aménageur Paris la Défense qui a rédigé le cahier des charges de NCU, nous affirme ainsi : « J'avais une facilité car j'ai travaillé chez Lesenr avant. Je savais comment ça fonctionnait, on fixe un objectif haut en se disant de toute façon si le privé faisait la moitié, ça serait déjà bien gagné » (12/03/2020). L'essentiel pour l'aménageur et la ville était que le taux d'EnR du réseau dépasse les 50% pour ainsi bénéficier d'une TVA réduite pour limiter la facture des habitants. Le réseau est même jugé, par les acteurs interrogés pendant notre enquête, comme très performant en comparaison à d'autres opérations de la ZAC Seine Arche.

D'autre part, les acteurs interrogés au sein de Dalkia Smart Building affirment qu'ils ont eux-même proposé ce principe de limitation de la facture énergétique, car ils se préoccupent également fortement des sujets d'usages et d'exploitation des systèmes énergétiques réalisés. En effet, si les charges sont trop importantes, l'exploitant peut également faire face à plusieurs plaintes de la part des futurs habitants. La valeur de la facture d'énergie a, par la suite, été négociée avec la collectivité. « A Nanterre, je pense que la facture énergétique de base, c'est nous qui l'avons proposée et pas la collectivité…C'est en travaillant avec eux et avec Bouygues Immobilier qu'on s'est concerté et on a fixé un montant. Ce n'était pas arbitraire, ça a été réfléchi » (13/10/2020). On voit ici que les préoccupations d'exploitation sont portées dans le projet NCU par les trois acteurs que sont : la maîtrise d'ouvrage publique et les deux opérateurs urbains et énergétiques. En effet, si la prise en compte des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques a été

[149] Il y a donc une distinction importante entre l'échelle du réseau et celle du quartier car tous les bâtiments ne seront pas raccordés au réseau. Nous y reviendrons plus en détail plus loin dans la suite de ce chapitre.
[150] On verra dans la suite de ce chapitre qu'il y aura encore d'autres ajustements mineurs de cet encadrement du projet.

affichée dès le concours par UrbanEra et Dalkia Smart Building, ceci s'est notamment concrétisé par la prise en charge de ce sujet par la maîtrise d'ouvrage publique en plafonnant la facture énergétique pour les futurs habitants. Les collectivités sont ainsi des acteurs importants pour porter les enjeux d'exploitation des SE en jouant le rôle d'intermédiaire entre les demandes des futurs usagers et celles de la maîtrise d'ouvrage privée. En revanche, d'après notre enquête, il n'est pas possible pour une collectivité de plafonner la facture des habitants en phase concours d'un projet, cette dernière dépendant fortement du type de solution technique sélectionnée et de son montage juridique. Les cadrages contiennent ainsi en eux des potentiels de débordement et ceci en s'appuyant sur plusieurs négociations avec les opérateurs (Bernard, 2005 ; Callon, 1999).

D'autre part, il faut noter que la maîtrise d'ouvrage n'est pas beaucoup intervenue dans la conception des choix énergétiques du projet. En effet, les acteurs interrogés, au sein de la ville de Nanterre et de l'aménageur Paris la Défense, nous affirment ne pas être au courant des choix techniques réalisés dans le projet et ceci mis à part le fait que ce soit une solution géothermique. Ces acteurs nous confient avoir eu beaucoup de difficultés à suivre le travail de l'aménageur privé en étant par exemple obligés de réaliser plusieurs relances pour obtenir des informations. En outre, d'après une responsable au service énergie de la ville de Nanterre, si la solution technique relevait d'une solution biomasse, la ville serait intervenue plus fortement car cette technologie pose des questions urbaines d'approvisionnement (approvisionnement de la biomasse, passage des camions, qualité de l'air, etc.). À *contrario*, une solution de géothermie superficielle, jugée plus discrète dans son impact urbain, n'a pas suscité l'intérêt de la collectivité et UrbanEra et ses équipes étaient ainsi jugés comme plus compétents pour cette dernière solution. Si la maîtrise d'ouvrage publique a tenu le cadrage énergétique basé sur le taux d'EnR sur la facture des habitants tout le long du projet, elle n'a donc pas orienté les choix techniques dans le projet. Un chef de Projets urbains chez UrbanEra nous explique ainsi :

> « Paris la Défense n'était pas du tout [dans les réunions]. Il n'était présent que sur le respect du taux d'EnR et le suivi de l'atteinte de cet objectif dans le temps. C'était les engagements qu'on avait pris, leur conseil Lesenr demandait parfois quelques comptes. La ville de Nanterre, très présente, mais uniquement sur cette question de comment vous justifiez que vous arrivez à 65% et comment vous allez faire le suivi pour de cet objectif dans le temps. Sur les solutions elles-mêmes on était complétement libre » (19/02/2020).

La solution énergétique retenue à cette période n'est pas très différente de ce qui a été proposé en phase concours. Le principe est une boucle d'eau tempérée qui s'appuie sur des PAC ou des TFP installés en bas de chaque lot pour produire et du chaud et du froid selon les besoins, ces systèmes sont alimentés par un champ de sondes de géothermiques de 140 sondes à 100m. La figure 3.5 présente un schéma simplifié de cette solution énergétique. Les sondes géothermiques prévues sur les tranches 2 et 3 sont conçues sous forme de grappes autour des différentes sous stations pour également respecter les contraintes de phasage/calendrier. Des appoints en chaleur (chaudières gaz) et en froid (groupe froid) sont également dimensionnés pour garantir l'autonomie du réseau. Un système de récupération de la chaleur sur les eaux usées pour des logements a également été prévu. Enfin, près de 3000 m² de panneaux photovoltaïques sont prévus. Faisons remarquer au

passage l'importance des schémas techniques pour discuter les choix techniques du projet et des 3D pour l'intégration et la matérialisation des artefacts énergétiques dans les formes architecturales des bâtiments (figure 3.5).

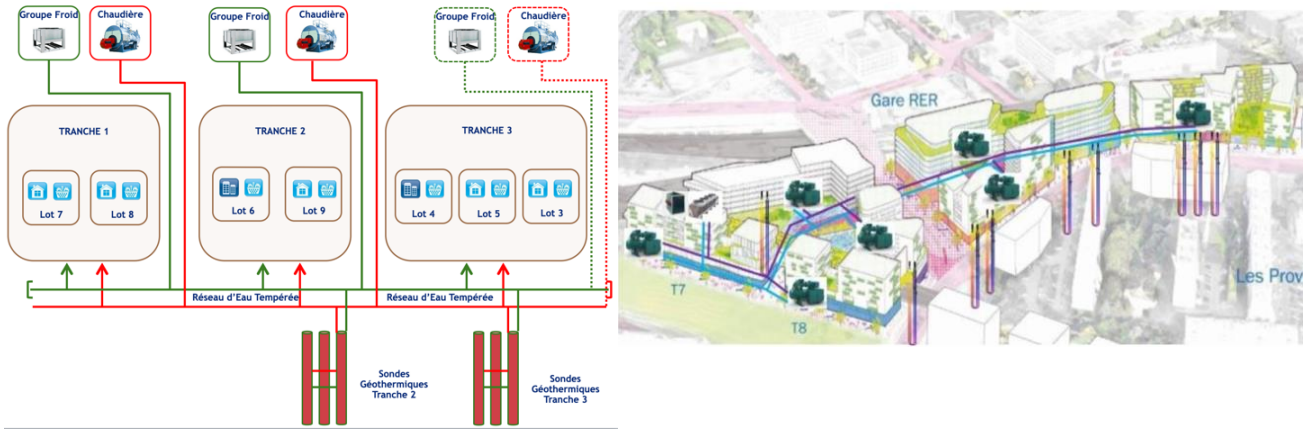

Figure 3. 5. De gauche à droite : graphique qui traduit la solution énergétique en schéma ; Graphique qui montre l'intégration des artefacts énergétiques dans le projet. Source : études énergétiques du projet NCU, Bouygues Immobilier, 2014.

Pour finir, notons que le cadrage énergétique par la facture d'énergie et le taux d'EnR réalisé à NCU est une nouveauté dans les projets durables, la plupart des CPE se concentrent, comme nous l'avons montré dans le chapitre 2, sur la performance énergétique à atteindre. Le projet NCU témoigne ainsi d'une évolution dans le processus de conception des objets techniques en donnant une importance aux préoccupations d'exploittaion de ces derniers. Le cadrage réalisé au sein du projet Clichy-Batignolles est un peu différent car, en plus de la performance énergétique, c'est la réalisation sur chantier des objetcifs portés par les opérateurs privés qui est encdarée. En effet, le projet Clichy-Batignolles constitue un des premiers projets qui est allé au-delà de l'imposition d'un fort taux d'EnR pour encadrer la mise en euvre concrète des objetcifs énergétiques. La partie suivante revient sur le cadrage énergétique du projet. Le projet NCU, arrivé quelques années plus tard, va donc même aller un peu plus loin dans le cadrage énergétique en plafonnant la facture énergétique des habitants.

1.2 Un cadrage énergétique centré sur la réalisation des objetcifs à Clichy-Batignolles

L'objectif, par la mobilisation de cet éclairage, est de décentrer le regard du cas de NCU pour montrer la préoccupation croissante des acteurs (la maîtrise d'ouvrage urbaine dans ce cas) pour l'intégration des préoccupations d'exploitation des artefacts urbains et énergétiques produits, dans les cadrages énergétiques et urbains des projets.

L'aménageur de la ZAC P&MA a rédigé une charte développement durable et plusieurs Cahiers des Charges des Prescriptions Environnementales (CPEDD) qui sont adaptés pour chaque lot au fur et à mesure de l'évolution du projet. Ces documents sont annexés au cahier des charges de

cession de terrain (CCCT) qui lie contractuellement l'aménageur aux opérateurs urbains. D'après C. Tardieu, les prescriptions des CPEDD sont très précises et normatives (Tardieu, 2015). Elles proscrivent par exemple les systèmes de climatisation active (ce qui n'a pas été le cas à NCU) et imposent le raccordement au réseau pour tous les opérateurs de la ZAC. En effet, le réseau de chaleur mutualisé est classé contrairement au réseau privé d'NCU où il n'y a pas d'obligation de raccordement[151]. Et pour s'assurer que les opérateurs urbains tiennent ces objectifs et les réalisent, l'aménageur a mis en place un outil original de « séquestre environnemental » qui n'est autre qu'une contractualisation des prescriptions environnementales dans les actes de vente[152]. Ce séquestre est en réalité un séquestre financier qui représente 4% de la charge foncière des lots. Il est indiqué dans le règlement de l'appel à consultation, et les opérateurs retenus doivent s'engager à le respecter lors de la signature de la promesse de vente. Si les objectifs ne sont pas réalisés, les acteurs ne récupéreront pas ce séquestre. D'après l'aménageur, la valeur de ce séquestre est suffisamment importante pour que les opérateurs tiennent à le récupérer. Un autre outil de cadrage des opérateurs a été rajouté, après la signature des promesses unilatérales de vente avec les opérateurs, qui est la signature de la promesses « synallagmatique de vente ». Dans cette promesse, les deux parties composées de l'aménageur et des opérateurs s'engagent sur l'atteinte des objectifs.

> « On s'est dit pour tenir les engagements jusqu'à la livraison, il faut qu'on crée un outil de négociation qui permet d'encadrer les opérateurs jusqu'au bout. Car le constat était que, souvent après le dépôt du permis de construire, les projets se déshabillaient gentiment au fur et à mesure et il est très difficile de faire respecter les obligations aux opérateurs. Les séquestres ont donc été imaginés et ça s'est traduit dans les actes de vente. Il y a eu à la fois une prescription et une contractualisation autour de ces enjeux. Après les promesses unilatérales de vente, il y a la signature d'une promesse synallagmatique de vente, ça veut dire que les deux parties s'engagent et s'il y en a un qui fait défaut, il doit à l'autre. J'en parle car c'est très important. » (Responsable d'opérations, P&MA, 24/03/2020).

Le séquestre est considéré par l'aménageur comme un outil de négociation entre avec opérateurs. Là aussi, nous retrouvons que le cadrage énergétique se construit à travers les négociations entre les maîtrises d'ouvrage privées et publiques.

> « Le séquestre est un outil de négociation et dans une négociation il faut laisser des choses ouvertes car sinon ce n'est plus une négociation, c'est une contrainte. On laisse les champs ouverts pendant un certain temps, mais pas définitivement. On leur dit « vous vous engagez dans une démarche nouvelle, on va essayer de bien mettre en place tous les échanges et toutes les études pour permettre de passer un contrat dans lequel tout le monde sait dans quoi il s'engage et on mesure les engagements pris ». Une fois tout le monde est d'accord sur les engagements, on signe la synallagmatique et là on y va, on se remet dans un schéma classique. » (Responsable d'opérations, P&MA, 24/03/2020).

Un audit sera réalisé à la fin par l'aménageur et son AMO et si toutes les obligations de l'acte sont remplies, le séquestre sera rendu aux opérateurs. En effet, l'enjeu pour l'aménageur Paris

[151] Les opérateurs sont également dans l'obligation d'intégrer dans leurs équipes des AMO environnement et énergie pour traiter ces sujets.
[152] Le séquestre a été utilisé qu'avec les opérateurs privés, la ville de Paris n'ayant pas souhaité séquestrer les bailleurs sociaux.

Métropole Aménagement est de s'assurer de la réalisation des engagements énergétiques par les opérateurs urbains. Nous considérons, de ce fait, ces préoccupations de la bonne réalisation des objectifs énergétiques comme des préoccupations d'exploitation portées par l'aménageur public, car la bonne réalisation des systèmes est également une condition importante de la qualité de leur exploitation. Le projet Clichy-Batignolles constitue ce faisant le début de l'intégration des préoccupations d'exploitation en encadrant la mise en oeuvre concrète des objetcifs énergétiques par les opérateurs privés. Cependant, notons que si le projet Clichy-Batignolles a été innovant dans les méthodes de prescription, c'est la mise en services et l'exploitation de ces systèmes qui vont être problématiques (voir partie 5).

Par ailleurs, notons que si la conception énergétique de Clichy-Batignolles n'a pas été cadrée par le coût de la chaleur, contrairement à NCU, cela s'explique par le fait que le réseau de la CPCU est public, le concessionnaire du réseau fixe donc un tarif standard du coût de la chaleur pour tous les habitants. En effet, la longueur du réseau de la CPCU (500km) et le nombre important d'abonnés permet une solidarité énergétique et une péréquation tarifaire qui engendre un prix de l'énergie réduit et unifié pour les abonnés. Les habitants de Clichy-Batignolles paient ainsi le même tarif de la chaleur que les habitants raccordés au réseau de la CPCU. Par ailleurs, la CPCU est un délégataire du service public de chauffage de la Ville de Paris depuis 1927, l'ancrage de cet acteur dans le territoire parisien[153] induit également une confiance importante qui lui est accordée par la maîtrise d'ouvrage publique et ceci contrairement à ce que nous avons vu dans le cas de DSB à NCU. La facture d'énergie étant déjà définie par la CPCU, l'aménageur s'est donc centré sur l'encadrement de la performance énergétique et la réalisation des objectifs fixés par les opérateurs urbains. Le projet Clichy-Batignolles illustre ainsi, comme le cas de NCU, le poids important des prescriptions énergétiques imposées par la maîtrise d'ouvrage publique dans la production urbaine actuelle, ces acteurs tendant même à intégrer les enjeux d'exploitation.

2 Bifurcation de la solution technique et recadrage des objectifs énergétiques

Dans cette section, nous reprendrons le récit de la conception énergétique du projet NCU de fin 2015 jusqu'à la fin de la conception en 2018 (voir figure 3.1). Nous présenterons, dans un premier temps, la bifurcation de la solution énergétique développée depuis près de deux ans au sein du projet. Nous analyserons cette séquence du projet au prisme de la prise en compte des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques (1.1). Nous analyserons, ensuite, l'impact de la remontée des investisseurs immobiliers/futurs usagers sur l'intégration des enjeux d'exploitation des artefacts énergétiques et urbains. En effet, l'intervention de ces acteurs a fortement impacté les choix de conception réalisés à NCU, ces acteurs portant notamment une vision précise de l'exploitation de leurs produits immobiliers (3.2). Troisièmement, nous présenterons la solution énergétique innovante arrêtée à NCU qui met l'accent sur le suivi numérique des consommations énergétiques des usagers (3.3). Enfin, en nous intéressant au rôle

[153] Site internet de la CPCU (filiale d'Engie): https://www.cpcu.fr/notre-histoire/, (Consulté le 06/10/2021).

des objets intermédiaires dans la conception, nous montrerons que ces objets jouent un rôle important dans l'intégration des préoccupations d'exploitation (3.4).

2.1 Une bifurcation de la solution énergétique pour anticiper les demandes des investisseurs immobiliers

2.1.1 Une seconde négociation des objectifs énergétiques

Nous reprenons notre récit ici, en décembre 2015, presque deux ans après le début de la conception. Pendant cette période, la relation entre le promoteur et l'énergéticien Dalkia Smart Building a été décrite comme très complexe par les acteurs. Plusieurs exemples ont été relevés pendant notre enquête. UrbanEra trouvait, par exemple, que le nombre de sondes proposé par l'énergéticien (plus de140 sondes à 100 m) était trop important et que le gabarit des tuyaux était surdimensionné par rapport aux besoins du quartier. UrbanEra soupçonnait également l'énergéticien de se prémunir d'éventuelles fortes demandes énergétiques en sur-dimensionnant les réseaux ; et craignait que l'entreprise profite de l'infrastructure du quartier (financé en majorité par le promoteur) pour raccorder par la suite les bâtiments autour du quartier.

> « … Typiquement l'histoire du nombre de sondes, c'était DSB qui avait poussé à avoir 200 sondes mais on était persuadé qu'il n'en fallait pas autant... L'opérateur énergéticien va vous dire, « si demain je me retrouve avec des clients qui n'ont pas de chauffage et d'ECS à la bonne température, ça va être une cata pour nous, les gens ne vont se plaindre, etc. ». Ils se prémunissent donc de ça en sur-dimensionnant les réseaux, ce qu'on peut comprendre d'ailleurs, chacun prend ses précautions. » (Ancien Directeur Grands Projets, UrbanEra, 29/11/2019).

Face à cette situation, UrbanEra décide en fin 2015 de prendre ses distances avec l'énergéticien pour explorer d'autres solutions techniques par l'intermédiaire de ces BET (la relation entre les deux opérateurs UrbanEra et DSB va être analysée en détail dans la partie 3). À cette époque également, plusieurs réorganisations internes des équipes de conception d'UrbanEra et de Bouygues Immobilier ont eu lieu, ce qui va influencer l'évolution des choix réalisés jusqu'alors dans le projet. En effet, les deux responsables du projet NCU, depuis le concours chez UrbanEra, vont quitter l'entreprise. Ils seront également suivis du directeur technique au sein de la direction d'immobilier d'entreprise qui était fortement impliqué dans la conception de la boucle énergétique. La conception énergétique est désormais prise en charge par de nouveaux chefs de projets. Le développement de la solution énergétique devenant un sujet de plus en plus pointu car il s'agit d'évaluer les consommations énergétiques précises des bâtiments pour, ensuite, dimensionner les objets techniques. La conception va, de ce fait, être fortement portée par la direction technique de l'immobilier d'entreprise de Bouygues Immobilier et non pas par UrbanEra. Profitant ainsi de l'éloignement des relations avec l'énergéticien à cette période, la nouvelle Directrice Technique Conception commande la réalisation d'un avant-projet sommaire (APS) de la boucle d'eau tempérée, qu'elle juge très peu aboutie, au BET Ingerop.

> « Moi quand j'ai débarqué c'était une espèce de boucle énergétique que personne ne comprenait, et ils étaient prêts à signer un papier avec DSB pour une boucle qui n'avait ni plans, ni CCTP. Il y avait juste un engagement qu'il y aurait tant d'EnR et que le coût serait de tant. Mais il fallait faire des plans, des CCTP pour voir où ça passe, comment ça marche, quels sont les réseaux, les équipements techniques**,** le lien par rapport aux propriétaires des bureaux ? Il faut écrire l'histoire après... Donc j'ai mis un peu le bordel chez qui le suivait. » (Directeur Technique Conception A, IE, Bouygues Immobilier, 16/12/2019).

Dans le cadre de cet APS, le BET Burgeap a été missionné pour l'évaluation du potentiel géothermique du site. Cette étude a montré que la géothermie ne peut couvrir que 1 046 MWh de chaleur et seulement 957 MWh de froid et ce potentiel n'est clairement pas suffisant pour répondre aux besoins énergétiques du quartier. La géothermie couvre ainsi 53% des besoins chaud de tout le projet sans le cinéma (1985 MWh) et 65% des besoins froid de tout le projet sans le cinéma (1478 MWh). Il faudra donc rajouter d'autres équipements de production d'énergie renouvelable.

A cette période également, il y a eu une renégociation des objectifs énergétiques du projet. En effet, UrbanEra est retourné, une seconde fois, voir la maîtrise d'ouvrage pour proposer la transformation du second bâtiment de bureaux, prévu jusque-là comme un NextDoor en Green Office, afin d'améliorer sa performance énergétique, pour, en contrepartie, réduire le taux d'EnR de 65% à 60% à l'échelle du réseau d'eau tempérée. La performance d'EnR de l'ensemble du quartier se retrouverait ainsi améliorée par la présence des deux Green Offices. La proposition sera acceptée par la maîtrise d'ouvrage publique. D'après notre enquête, le promoteur n'a pas proposé deux Green Offices dès la phase concours en 2014 car il souhaitait diversifier son offre d'Immobilier d'entreprise avec notamment la marque Nextdoor (devenue Wojo aujourd'hui) qui est spécialisée dans le bureau en c*oworking*.

Pour défendre cette proposition, UrbanEra affirme, encore une fois, qu'il y a un manque de gisements géothermiques. Toutefois, nous constatons, en analysant les estimations énergétiques du projet pendant cette phase d'APS, que le potentiel géothermique disponible reste le même que ce qui a été estimé pendant le c*rash test* et ce sont plutôt les estimations des besoins de chaleur du quartier qui ont beaucoup augmenté. En effet, le tableau 3.1, qui synthétise l'évolution des estimations des besoins énergétiques et du potentiel géothermique dans les différentes phases du projet (du concours à l'APD), montre une augmentation des besoins de chaud du projet et une légère réduction des besoins de froid et ceci même en ayant sorti les besoins du cinéma des calculs énergétiques à partir de l'APS.

Tableau 3. 1. Évolution des estimations des besoins énergétiques et du potentiel géothermique disponible dans les différentes phases du projet NCU. Source: réalisation personnelle d'après les études énergétiques du projet NCU.

	Concours (MWh)	Crash-test (MWh)	APS (MWh)	APD(MWh)
Besoins chaud	(non défini)	1311,2 (+ciné)	1985 (sans ciné)	2217 (sans ciné)
Besoins froid	(non défini)	1561,7 (+ciné)	1478 (sans ciné)	1255 (sans ciné)
Pot.geoth-chaud	935	1060	1 046	1 046
Pot.geoth-froid	2 535	1236	957	957

Dans le cadre de nos entretiens, la question de l'évolution des besoins de chaud du projet n'a pas été abordée, c'est plutôt le sujet du manque du potentiel géothermique qui a été mis en avant. Les études énergétiques ont ainsi mis à l'agenda certains sujets importants dans le projet comme les fortes consommations électriques des commerces et leurs besoins de climatisation. Mais, ces études ont surtout été mobilisées par UrbanEra et son équipe comme un moyen de déplacer le problème des fortes demandes énergétiques du projet, qui n'avaient pas été anticipées par le collectif de conception, vers le manque d'énergie géothermique (déjà mise en avant dès la phase concours). Les études énergie ont ainsi joué *le rôle de porte-parole des choix* énergétiques d'UrbanEra plus que celui d'objectivation du potentiel géothermique disponible. La maîtrise d'ouvrage publique a accepté sans opposition la réduction du taux d'EnR de 65% à 60% à l'échelle du réseau d'eau tempérée en contrepartie de l'amélioration de performance énergétique du second bâtiment de bureaux. En outre, cette analyse de l'estimation des besoins énergétiques du projet NCU, démontre toute l'incertitude qui caractérise la conception des objets sociotechniques avec de fortes évolutions qui peuvent subvenir dans les projets (Callon, Lascoumes et Barthe, 2001).

Au terme de cet APS, il y a eu un passage d'une solution de production énergétique décentralisée vers une solution mixte pour compléter la production énergétique du projet. La solution présentée au concours et jusqu'en décembre 2015 était une solution décentralisée car elle permet de produire de la chaleur en bas de chaque lot par l'intermédiaire de PAC ou de TFP. La solution mixte présente une boucle d'eau tempérée, alimentée par un seul TFP centralisé (proche du concept réalisé sur le Fort d'Issy les Moulineaux) et complétée par six centrales de cogénération à l'huile de colza installées dans les deux Green Offices**.** Il y a eu ainsi une centralisation de la production géothermique et un rajout de plusieurs cogénérations de manière décentralisée dans les immeubles de bureaux, c'est pour cela que nous appelons cette solution de mixte. Elle n'est ni décentralisée, ni centralisée complétement.

Une étude des points forts et faibles de ces deux solutions centralisée et mixte a été réalisée par le promoteur en décembre 2015 qui a confirmé la pertinence de la nouvelle solution. En effet, cette dernière est considérée plus simple à mettre en œuvre, elle présente un meilleur taux d'EnR (supérieur à 40%), en plus d'être plus économique (le coût des cogénérations étant moins important que le PV). De plus, les deux solutions n'impliquent qu'un seul exploitant des

équipements techniques, ce qui a rassuré le collectif, car multiplier les gestionnaires des SE risquerait de poser plusieurs problèmes en exploitation. Cependant, le principal frein de cette nouvelle seconde solution est la multiplication de locaux techniques. En effet, en plus d'avoir des sous-stations pour chaque bâtiment pour régler les régimes de température, la seconde solution nécessite plusieurs autres espaces techniques pour accueillir les cogénérations et les silos de stockage de l'huile de colza, ce qui réduit fortement les surfaces utiles dédiées aux parkings. Nous verrons notamment dans la partie 4 de ce chapitre que ce sujet aura un impact important sur la spatialité du projet.

La figure 3.6, ci-dessous, présente l'évolution de la solution énergétique. Le schéma à gauche correspond au schéma de la solution décentralisée de départ et le schéma à droite présente la solution mixte proposée. Les deux schémas mettent ainsi en avant les possibles mutualisations énergétiques entre les différents programmes de logements, bureaux et commerces. Notons toutefois que mise à part la représentation des programmes du projet, les schémas ne précisent pas la position spatiale des objets de l'énergie et encore moins leurs préoccupations d'exploitation. En effet, les deux schémas sont très peu spatialisés en représentant de manière schématique et sommaire l'alimentation énergétique du projet. On verra cependant, par la suite, que plus la solution énergétique se précise, plus les schémas techniques intègrent les objets de l'énergie et leurs préoccupations d'exploitation spatiale (voir partie 2.4).

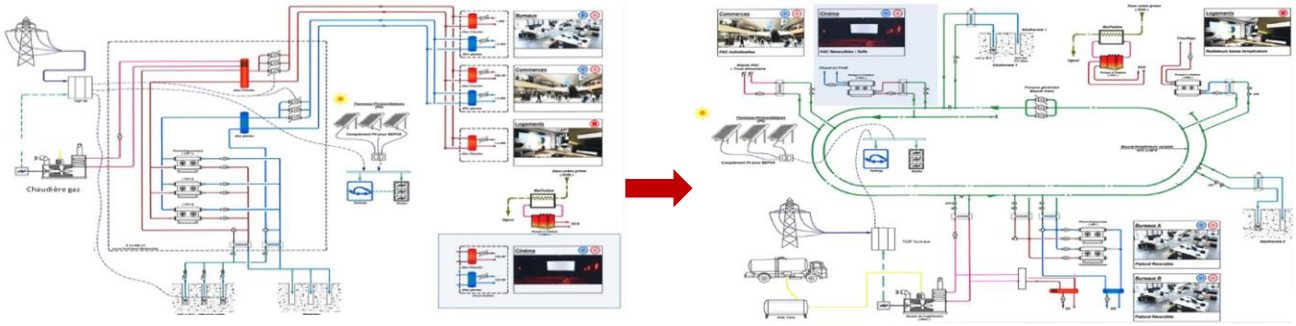

Figure 3. 6. De gauche à droite : solution énergétique décentralisée présentée par DSB au départ du projet ; solution énergétique présentée par Bouygues. Source : note réalisée par Bouygues Immobilier pour chalenger DSB, 09/12/15.

Enfin, après la réalisation de l'APS par le BET Ingerop, le promoteur lance la consultation d'opérateurs sur la base de cette étude et retient sans surprise l'opérateur Dalkia Smart Building. L'étude réalisée en APS a, par la suite, servi de cahier des charges pour encadrer le travail de Dalkia SB. D'après le chargé de projet UrbanEra de l'époque, l'objectif n'était pas de retenir un autre candidat mais de mettre en concurrence Dalkia Smart Building avec d'autres acteurs pour recréer des marges de négociations. UrbanEra a missionné le BET E-nergy pour l'aider à analyser les volets contractuels et financiers des offres.

> « Moi, je me suis retrouvé entre les contraintes de chaque direction de programme et DSB et leurs propositions financières. On a négocié avec DSB, on a poussé, jusqu'à ce qu'ils nous

disent : « c'est notre proposition finale et c'est ce qu'on a dit au début du concours », après, j'ai demandé à E-nergy de venir et on a lancé une consultation d'opérateurs. L'exclusivité qu'on a eue avec DSB était tombée. On a fait ça non dans l'objectif de virer DSB du dossier, mais pour les mettre un peu en risque et pour vérifier qu'ils nous donnaient le bon prix » (Chef de Projets Urbains, UrbanEra, 19/02/2020).

Le récit de la conception énergétique à NCU montre ce faisant qu'il y a eu une convergence des études vers la solution décentralisée proposée en phase concours au départ de la conception. Par la suite, il y a eu une réouverture du champ des possibles (Arab, 2007) avec deux renégociations des objectifs énergétiques, et même la bifurcation de la conception technique d'une solution décentralisée vers une solution mixte. L'analyse de cette séquence montre ainsi la complexité et les incertitudes qui accompagnent la conception des objets sociotechniques. En effet, plusieurs sujets peuvent survenir en cours de route (manque de géothermie, forte demande énergétique des commerces, etc.) déstabilisant alors les choix de conception (Callon, Lascoumes et Barthe, 2001). Plus intéressant encore, cette séquence nous montre la réversibilité des choix de conception et ceci même à des stades avancés du projet (après deux ans de conception énergétique). Nous rejoignons donc les travaux de N. Arab qui explique la réversibilité des choix en urbanisme soumis à un fort régime d'incertitudes et à l'influence de variables exogènes (Arab, 2007). Pourtant les incertitudes sociotechniques ne sont pas les seules explications de ces évolutions, la partie suivante explore plus en profondeur les motivations qui conduisent ce débordement des choix techniques.

2.1.2 Une bifurcation de la solution énergétique

Nous avons eu, pendant notre enquête, plusieurs avis divergents sur les raisons de la bifurcation de la solution énergétique. En effet, la direction de l'immobilier d'entreprise (IE) du promoteur affirme que ceci est dû au manque d'énergie géothermique. D'autre part, un ingénieur chez Ingerop, nous explique que choix de la centralisation de la production géothermique et le passage de plusieurs PAC à un seul TFP a été poussé par l'énergéticien suivant une logique de réduction de ses investissements technico-économiques[154]. D'après l'ingénieur, cette seconde solution est pourtant moins vertueuse que la première car les équipements techniques ne sont pas dimensionnés au plus juste des besoins de chaque lot mais c'est un seul équipement TFP qui doit répondre à tous les besoins du quartier en étant dimensionné pour répondre aux pics des demandes d'énergie. L'énergéticien affirme, quant à lui, que la cause est la volonté du promoteur/UrbanEra de créer un second Green Office. Effectivement, pour que les Green Offices arrivent à leurs objectifs de l'énergie positive pendant l'année, il était nécessaire d'augmenter la production électrique de ces derniers. Ce qui expliquerait le rajout des cogénérations pour produire de la chaleur et de l'électricité à leur échelle. Par ailleurs, les autres directions du promoteur et les différents BET affirment que ce changement est dû au souhait de la direction IE du promoteur d'anticiper les potentielles demandes des investisseurs des Green Offices. En effet, Bouygues Immobilier cherchait, en parallèle du développement du projet, des investisseurs ou des preneurs pour ses Green Offices. Enfin, nous pouvons rajouter que la

[154] On voit ici la confrontation d'une logique immobilière de vouloir satisfaire tous les usages et d'une logique d'un énergéticien qui veut réduire les équipements à gérer après la livraison du quartier.

distribution des capacités d'action au sein de BI, avec notamment l'arrivée de nouveaux acteurs, comme facteur explicatif de cette bifurcation en poussant vers la réalisation de nouvelles études. En effet, la précision des expertises a induit une augmentation de la capacité d'action des acteurs pour explorer d'autres options (nous y reviendrons).

Nous posons l'hypothèse que toutes ces raisons convergent et combinent pour produire la bifurcation. Toutefois, il est important de mettre l'accent sur la volonté d'anticiper les demandes des investisseurs de l'immobiliers d'entreprise. En effet, en octobre 2015, la direction de l'immobilier d'entreprise de Bouygues Immobilier a fait appel à l'AMO Aveltys pour réaliser une contre-proposition de la solution de DSB portée depuis la phase concours. Cet acteur était également censé s'appuyer sur le retour d'expérience du Green office GO Rueil, sur lequel il est intervenu en conception et dont il a la charge de l'exploitation depuis sa livraison. La conclusion de cette étude est que « L'offre de EOS [Dalkia Smart Building] n'est actuellement pas compétitive au regard des prix énergétiques usuels pour le chauffage/refroidissement, que ce soit en comparaison d'un réseau public comme la CPCU, d'un système traditionnel (chauffage résistif et groupe froid) ou du montage Green Office Rueil. L'offre EOS [Dalkia Smart Building] s'approche de l'offre Climespace pour le réseau de Froid mais celle-ci est clairement non compétitive… » (Source : Aveltys, note de synthèse, 06/10/2015). En effet, le souhait de l'énergéticien, de prendre des marges de sécurité pour prévenir les plaintes des usagers pendant la phase d'exploitation, l'incite ainsi à sur-dimensionner les artefacts énergétiques, ce qui engendre des coûts de l'énergie importants.

En analysant plus en détail les documents de la comparaison économique qui a été réalisée pour les deux solutions, nous constatons qu'un critère a particulièrement pesé dans le choix de la nouvelle solution décentralisée : la facture énergétique des Green Offices. Pour aboutir à un prix de vente de l'énergie réduit pour les bureaux[155] avec une solution centralisée, l'investissement de Bouygues Immobilier est de 6.5M€, ce qui est clairement au-dessus de son budget de 4M€. Avec la solution décentralisée, le promoteur arrive à réduire son investissement économique à 3,9M€ et à assurer une faible facture énergétique pour les bureaux. Ceci est dû au fait que le recours à plusieurs petites cogénérations est beaucoup moins coûteux que le photovoltaïque**.** Bouygues immobilier/UrbanEra ont tenté de porter un raisonnement en coût global de la solution énergétique en prenant en considération son coût d'investissement dans l'infrastructure énergétique et la facture énergétique des bureaux. Le coût de la facture énergétique étant un critère important pour les investisseurs immobiliers. Cette seconde solution arrive à réduire la facture des habitants, qui a été déjà plafonnée par la maîtrise d'ouvrage publique, de 573€/T3/an à 530€/T3/an. Notons toutefois, que la facture des commerces reste inchangée à presque 25€/m2/an. Comme on le verra plus loin, cette facture va également faire débat avec certains commerçants.

[155] Un prix de 4,03€/m2/an contre l'offre de DSB qui était de 12,62€/m2/an.

Offre EDF 01 décembre 2015	Prix EDF centralisé sans cogé	Prix EDF décentralisé avec cogé	Prix cible URBANERA centralisé sans cogé	Prix cible URBANERA décentralisé avec cogé
Logements	573 €/T3/an	573 €/T3/an	530 €/T3/an	530 €/T3/an
Bureaux	12,62 €/m²/an	12,62 €/m²/an	4,03 €/m²/an	4,03 €/m²/an
Commerces	24,94 €/m²/an	24,94 €/m²/an	24,00 €/m²/an	24,00 €/m²/an
Budget BI	4 000 k€	4 000 k€	4 000 k€	4 000 k€
Investissement BI	4 500 k€	2 200 k€	6 500 k€	3 900 k€
participation initiale	1 200 k€	1 200 k€	1 200 k€	1 200 k€
participation complémentaire	0 k€	0 k€	2 000 k€	1 700 k€
Complément PV (Green Office)	3 300 k€	1 000 k€	3 300 k€	1 000 k€

Figure 3. 7. Comparaison économique des deux solutions énergétiques. Source: Bouygues Immobilier, 2015.

Le chef du projet au sein d'UrbanEra nous résume les négociations avec la direction IE en expliquant que le réseau mutualisé ne leur convenait pas, soit car il avait un faible taux d'EnR par rapport à leurs objectifs BEPOS ; soit parce que la facture énergétique des bureaux était jugée trop importante ; ou soit parce qu'il y avait une volonté d'autonomie infrastructurelle et énergétique de la part de ces derniers. La direction IE a ainsi fortement incité à l'intégration des centrales de cogénérations tout le long du développement du projet pour se prémunir de potentielles demandes des preneurs des Green Offices. Elle profite d'une fenêtre d'opportunité, du changement des chargés de missions à UrbanEra, pour imposer le rajout de ces objets.

En effet, d'après notre enquête, il était très important pour la direction d'immobilier d'entreprise du promoteur d'anticiper les demandes des preneurs/les investisseurs immobiliers des bureaux car ces acteurs sont extrêmement exigeants concernant les préoccupations d'exploitation de leurs biens. Parmi ces exigences, nous avons cité la facture énergétique, mais d'autres sujets sont également mis en avant par ces acteurs comme l'indépendance infrastructurelle et énergétique de leurs produits immobiliers. La mutualisation d'équipements entre plusieurs propriétaires n'est pas vue d'un bon œil par ces acteurs craignant des complexités en exploitation (panne des équipements, coupures d'énergie, conflits avec l'exploitant, etc.). Et ceci d'autant plus qu'au bout de la chaine, les investisseurs peuvent avoir des locataires qui ne souhaiteraient pas être dépendants d'un réseau mutualisé avec un prix de l'énergie et un exploitant déjà fixés. D'après notre enquête, les investisseurs ne souhaitent pas, de manière générale, avoir des équipements de production d'énergie car cela pose des problématiques d'entretien de ces objets. Cependant, dans le cas échéant, ils incistent pour être propriétaires de ces objets pour faciliter la location de leurs biens aux bailleurs. Un Directeur Technique Conception (MOTC) nous explique ainsi que c'est la double peine pour ce type de produits immobiliers où il faut en même temps se raccorder sur le réseau commun et prévoir des installations individuelles pour rassurer les investisseurs en matière de liquidité des deux Green Offices.

> « Vous vous retrouvez à faire une usine à gaz très compliquée où tout le monde est raccordé sur le même réseau. En plus des problèmes normaux, il y a les problèmes de mise en commun des productions énergétiques et d'importance des charges d'exploitation…Qu'est ce qui se passe si je veux vendre ou me déconnecter du réseau après 27 ans ? Je dois prévoir des installations. Donc c'est la double peine, je prévois des installations centralisées qui font tout et des installations décentralisées pour pouvoir faire plus tard mes productions énergétiques car le bail c'est 27 ans. Au-delà, on peut sortir du concept énergétique. » (Directeur Technique Conception B, IE, Bouygues Immobilier, 06/03/2020).

Pour résumer, l'argument affiché dans la plupart de nos entretiens, concernant la bifurcation de la solution énergétique, est le manque de gisements géothermiques pour alimenter tout le quartier et les raisons qui ont incité la direction IE à favoriser la solution mixte sont de deux ordres :

- Techniques : besoins électriques spécifiques pour satisfaire l'objectif BEPOS,
- Liquidité des actifs : facilité de la vente des bâtiments avec une indépendance énergétique et infrastructurelle de ces bâtiments et une limitation des factures énergétiques.

Là aussi, l'évolution du cadrage énergétique ainsi que la bifurcation de la solution technique sont essentiellement dues à la volonté d'anticiper des préoccupations d'exploitation des investisseurs immobiliers. Ces préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques sont ainsi portées par la direction IE du promoteur dans le projet. Par ailleurs, il faut également noter que ce débordement des choix énergétiques a vite été absorbé par le cadrage du projet. En effet, la négociation à la baisse du taux d'EnR du réseau de 65% à 60% en contrepartie de l'augmentation de la performance de l'immeuble de bureaux Next Door en Green Office, montre en même temps un encadrement assez rigide pour garder des ambitions fortes du projet et assez flexibles pour intégrer de nouvelles renégociations. La figure 3.8 résume l'évolution de l'encadrement et la bifurcation de la solution énergétique du projet NCU. La partie suivante discute plus en détail le rôle des futurs investisseurs/usagers dans l'intégration des préoccupations d'exploitation.

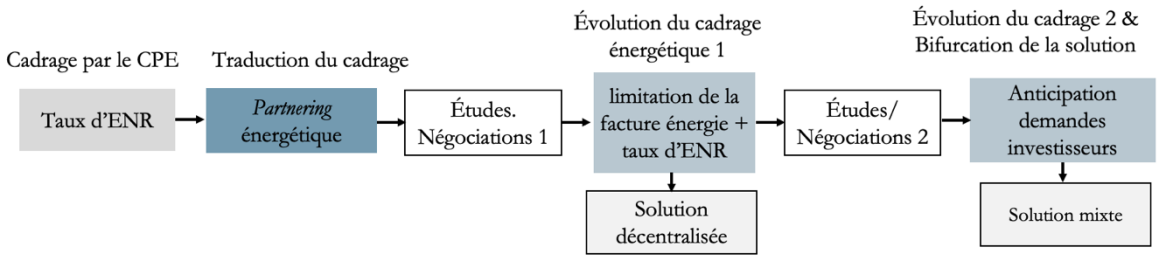

Figure 3. 8. Impact des enjeux de gestion sur la conception énergétique à NCU. Réalisation personnelle.

2.2 Des investisseurs immobiliers qui remontent en amont pour influencer la conception

En plus des acteurs classiques de la conception du projet, de nouveaux acteurs arrivent au fur et à mesure de la commercialisation des lots qui sont : les investisseurs immobiliers, les bailleurs ou encore les habitants. Dans le cas de NCU, les habitants n'ont pas été associés à la conception énergétique et les discussions avec les bailleurs des logements n'ont pas posé de problèmes particuliers. Toutefois, les demandes des investisseurs des bureaux et, dans une moindre mesure,

celles des investisseurs commerciaux ont impacté la conception énergétique du projet. En effet, quand le promoteur a trouvé les preneurs pour les Green Office, ces derniers ont demandé, comme redouté par la direction de l'immobilier d'entreprise, à avoir une réserve de déconnexion de la boucle énergétique commune en plus d'avoir la propriété juridique des systèmes techniques ainsi que des locaux techniques accueillant ces derniers. Le lot 4 a été vendu en octobre 2017 à AG2R LA Mondiale, une mutuelle de santé-prévoyance, épargne et retraite. Le lot 6 a été vendu en juin 2018 à Ivanhoe Cambridge, un investisseur immobilier.

Par ailleurs, la question de l'indépendance énergétique et infrastructurelle s'est posée également dans le cas du raccordement des commerces du projet NCU (ces investisseurs sont arrivés un peu plus tard dans le projet 2017). D'après la direction commerce de Bouygues Immobilier, certains commerçants ont exprimé des demandes d'indépendance infrastructurelle et énergétique[156]. D'après un Directeur Exploitation-Gestion travaillant à la Direction Commerces de Bouygues Immobilier, « le fonds de commerce des commerçants ce sont leurs locaux. Si le local n'est pas confortable pour la clientèle, il n'y a pas de business. Donc, ces acteurs ont tendance à être ceinture & bretelles sur ces sujets et ne veulent pas prendre le risque de se raccorder à un réseau commun » (28/11/2019). D'après nos entretiens, la réticence de ces acteurs pour se raccorder au réseau commun est liée à trois sujets : les charges énergétiques du réseau considérées comme importantes notamment par les petits commerçants qui ont l'habitude de certains tarifs, les réserves de ces acteurs concernant la fiabilité d'un réseau mutualisé[157] et, enfin, la logique des petits commerçants qui ont l'habitude de réaliser eux-mêmes l'installation de leurs équipements de production de chaud ou de froid (PAC, VRV) et qui préfèrent une indépendance totale de leurs locaux. En effet, si ces produits immobiliers ne sont pas standardisés et financiarisés comme l'immobilier d'entreprise, les preneurs de ces locaux font également remonter diverses préoccupations d'exploitation.

> « Quand vous avez une boutique de 300m², vous êtes ZARA ou H&M, vous maîtrisez très bien votre système VRV, vous savez combien ça vous coûte… Là, vous allez payer un abonnement, vous ne savez pas combien va être la facture, comme elle va évoluer sur 25 ans. Alors les commerçants disent « non laissez-moi tranquille, j'ai mon business modèle qui tient » car ils sont frileux, je les comprends. De tout façon, même s'ils avaient voulu, ils n'auraient pas pu se raccorder car c'était dimensionné comme ça » (Ingénieur, Greenaffair, 12/03/2020).

Au-delà des enjeux énergétiques, les investisseurs ont également un fort impact sur l'architecture des projets d'après notre enquête. Dans le cas de Quai Vernets par exemple (expliqué la section 2.1.2 du chapitre 3), la présence de sept investisseurs dans le projet a fortement contraint le travail des architectes jusqu'aux plus fines organisations de l'intérieur des logements. Toutefois, ces

[156] Rappelons notamment que le promoteur n'a pas la possibilité d'obliger les commerces à se raccorder car le réseau n'est pas classé.

[157] Par ailleurs, d'après un ancien ingénieur chez Ingerop, comme le cas de la décentralisation des équipements techniques dans les Green Offices, la volonté de décentraliser la production au niveau de certains commerces est également un moyen de réduire l'investissement financier dans l'infrastructure mutualisée.

derniers ne sont pas intervenus sur les préoccupations d'exploitation des SE car la solution énergétique relève d'un simple raccordement à un réseau de chaleur territorial.

> « Nous avons la chance d'avoir seulement un seul investisseur pour les bâtiments qu'on a conçu, qui se met d'accord avec l'entreprise totale sur les coûts, etc., et qui valide ça d'une manière assez linéaire toujours par étapes…Swisslife, c'est très conventionnel comme investisseur. Ils ont leurs palettes, ils demandent toujours les mêmes choses en se référant à leur expérience en fait. C'est surtout au niveau de la conception des typologies de plans : il faut qu'il y ait assez de grandes surfaces de salons, une efficacité de distribution, ce sont toujours des exigences au niveau de la qualité architecturale, disons. Les autres bâtiments sont beaucoup plus complexes, parce qu'il y a plusieurs investisseurs intervenants. » (Architecte, Fruehauf Henry & Viladoms, 09/03/2020).

Pour comprendre ces logiques, nous nous sommes intéréssés à la litérature qui aborde les logiques de fonctionnement du marché de l'immobilier d'entreprise. Plusieurs acteurs ont décrit la montée d'une logique financière dans l'immobilier et ceci que ce soit l'immobilier d'entreprises, les centres commerciaux ou de grands équipements. Ils expliquent notamment que cette logique financière conditionne la production urbaine pour correspondre aux standards des investisseurs immobiliers (Guironnet, 2018 ; Halbert, 2013). A. Guironnet (2018) affirme ainsi dans le cas de l'immobilier d'entreprise que : « la construction d'immobilier tertiaire standardisé, polarisé, et réservé à quelques grandes entreprises conditionne le redéveloppement urbain […] Ces conditions correspondent aux standards d'investissement sélectifs des gestionnaires d'actifs, que les conseils en immobiliers et les promoteurs relayent auprès des gouvernements urbains. Elles résultent de processus dont la conflictualité varie en fonction des agendas locaux. ». E. Campagnac explique, de son côté, que cette financiarisation se traduit par une évolution de la gestion de ces produits vers une logique de services. Le contrôle des risques par les investisseurs pendant la phase d'exploitation revient ainsi au cœur des projets urbains.

> « D'un côté, l'arrivée de professionnels de l'investissement financier vers l'immobilier traduit la montée d'une logique financière et le déplacement de la gestion des bâtiments vers une logique de produit financier. De l'autre, la prise en compte de la maintenance et de l'exploitation introduit une logique de service d'où il est difficile d'évacuer le social. Elle contribue aussi à faire de l'identification et de la gestion des risques le coeur de métier des acteurs publics comme des acteurs projets. Ceci se traduit par le fait que l'identification et l'appréhension du risque – dans la diversité des facettes qu'il recouvre – et son management dans les organisations complexes est au cœur du processus d'apprentissage dans le cadre de ces projets. » (Campagnac, 2006, p.20).

À partir de ces travaux et de l'analyse du cas de NCU, nous pouvons dire que les investisseurs immobiliers sont également des porteurs d'une vision de leurs produits immobiliers et notamment de l'exploitation des artefacts énergétiques et urbains qu'ils tentent d'imposer dans les projets notamment à travers l'intermédiaire des promoteurs. En effet, ce n'est pas la présence des investisseurs qui provoque la bifurcation, mais c'est plutôt la confrontation de leurs attentes aux particularités de la solution énergétique mutualisée à NCU. Le directeur Général Europe chez Ivanhoé Cambridge, investisseur du Green office lot 6, explique ainsi « Nous sommes ravis de cette nouvelle opération qui illustre parfaitement notre expertise en matière de projet à fort potentiel de création de valeur…Elle s'inscrit parfaitement dans notre stratégie globale en France

et ailleurs en Europe qui consiste à développer un portefeuille diversifié d'actifs porteurs et de qualité. »[158]. La demande d'autonomie énergétique ou infrastructurelle par les investisseurs s'explique par des motivations de contrôler les risques dans une logique de services. Ce qui s'inscrit également dans une logique plus large de standardisation des produits immobiliers. Quant aux promoteurs, l'anticipation des besoins des usagers et preneurs est une manière pour tenter de réduire l'incertitude dans le cadre de la fabrique de leurs projets et, plus précisément, la commercialisation des produits réalisés.

En somme, le cas de NCU montre l'impact de la remontée progressive des futurs usagers sur la mise en avant des enjeux d'exploitation des artefacts énergétiques et urbains. Ces acteurs portent ainsi une vision précise de l'exploitation qui n'est pas forcément existante à des stades amont des projets. Si nous n'avons pas beaucoup rencontré ces acteurs dans le cadre de notre enquête, la production urbaine au sein des projets analysés (et plus généralement en France) suivant toujours un schéma linéaire où l'usager est toujours situé en aval, il est indéniable que ces acteurs jouent un rôle considérable dans la mise en avant des enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques. La bifurcation de la solution énergétique à NCU s'explique ainsi par une volonté du promoteur d'anticiper les préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques portées par les investisseurs immobiliers. La partie suivante va s'intéresser à la solution énergétique validée dans le projet.

2.3 Une solution énergétique innovante à NCU qui met l'accent sur le suivi des consommations

Dans un premier temps, rappelons qu'après avoir gagné la consultation d'opérateurs, DSB a repris la conception énergétique début 2016. La solution finale validée en Avant-Projet Détaillé (APD) est représentée dans la figure 3.9 ci-dessous. Le système présente 40% d'EnR à l'échelle du quartier et 60% d'EnR à l'échelle du réseau de chaleur et de froid (RCF) avec en plus un prix de l'énergie maîtrisée (550 €/an pour logement T3 de 65m²). Plusieurs dispositifs techniques ont été mobilisés pour satisfaire les objectifs ambitieux du projet NCU. Le quartier est alimenté en chauffage/ECS par un TFP sur une boucle d'eau tempérée. La boucle est raccordée à environ 90 sondes géothermiques sèches à une profondeur de 150m. Deux ballons d'eau de 80m³ sont prévus pour stocker l'eau chaude et glacée. Six centrales de cogénération à l'huile de colza sont disposées dans les deux immeubles bureaux[159]. Un système de récupération de la chaleur sur les eaux grises alimente la tranche 1 du projet. Un réseau froid est également installé pour la climatisation des bureaux et de certains commerces. Il est alimenté par le réseau géothermique, des dry

[158] Voir la page « Ivanhoé Cambridge acquiert en VEFA un immeuble de bureaux de 9 000 m2 à Nanterre, développé par Bouygues Immobilier » du site Green Offices du promoteur Bouygues Immobilier, http://www.green-office.fr/fr/actualites/ivanhoe-cambridge-acquiert-en-vefa-un-immeuble-de-bureaux-de-9-000-m2-nanterre-developpe , (consultée le 06/10/2021).

[159] Il y a eu un choix d'installer plusieurs petites cogénérations (6 au total) au lieu de deux grandes cogé car cela permet de mieux s'aligner à la demande de chaleur des bâtiments.

adiabatiques[160](pour les besoins de froid haute température) et des appoints par des groupes froids. Des volumes réfrigérant variables et des PAC sont installés pour certains commerces non raccordés au réseau. En hiver, deux chaudières gaz sont prévues en appoint gaz. Les bureaux sont équipés de 1885 m² de panneaux solaires. L'électricité produite par ces derniers et par les cogénérations sera autoconsommée par les différentes installations techniques du quartier (PAC, dry adiabatiques, thermo-frigo-pompes, etc.)[161].

Pour équilibrer la demande énergétique du projet avec le potentiel géothermique disponible, il a été décidé que les grandes et moyennes surfaces soient raccordées au réseau, les petites surfaces commerciales inférieures à 300 m² ont été équipées d'équipements décentralisés, soit de PAC ou VRV, à l'échelle de chaque commerce (voir figure 3.9)[162]. En effet, il n'était pas possible de raccorder les différents commerces au réseau de chaud et de froid. Par ailleurs, le raccordement de tous les commerces ferait dégrader la performance énergétique du réseau[163]. Dans un second temps, la demande énergétique des petits commerces est imprévisible contrairement aux grandes enseignes qui sont connues à l'avance et dont les besoins peuvent facilement être estimés. Enfin, comme expliqué plus haut, certains petits commerçants ont émis un souhait d'autonomie énergétique. D'après l'énergéticien, le raccordement des commerces était donc une valeur d'ajustement des besoins de froid de la boucle pour ainsi réduire les incertitudes liées aux besoins énergétiques. C'est donc les commerces les plus contraints qui ont été intégrés à la boucle comme ceux ayant un accès restreint sur l'air extérieur.

La solution technique est ainsi dotée de trois systèmes de pilotage numérique innovant des réseaux de chaleur, de froid et d'électricité du quartier. Il s'agit, en réalisant des corrélations entre les prévisions météo et les consommations du projet, de prévoir à l'avance les artefacts énergétiques qui vont être mobilisés pour la production d'énergie ou le stockage de l'eau chaude ou glacée.

> « On a dû développer un système de pilotage innovant où on prévoit quels vont être les besoins de chauffage, de froid, la production d'énergie renouvelable, le prix de l'énergie, et on prend des décisions, toujours en anticipant…On l'a développé avec la R&D du groupe EDF. C'est un système assez facile à comprendre : c'est un assemblage de logiciels qui ont, chacun, des fonctionnalités spécifiques. Le job de l'un est de prévoir les besoins de chauffage. Ses inputs : quelle va être la météo de la semaine ? Quelles ont été les consommations et la météo de la semaine dernière ? Au fur et à mesure, je fais des corrélations entre la météo et la consommation, et j'arrive à prévoir les besoins de chauffage de la semaine. Le deuxième logiciel fait pareil avec les besoins de froid et le troisième fait pareil avec le PV …Pourquoi on a parlé de double smart grid ? On a une boucle thermique et une boucle électrique et comme

[160] Dry adiabatique est un grand ventilateur installé sur le réseau de chaleur et de froid en vue d'évacuer la chaleur du réseau sur l'air extérieur

[161] L'autoconsommation est favorisée d'autant plus que l'électricité de la cogé était très peu valorisée par les tarifs de rachat.

[162] Rappelons que les pieds d'immeubles du projet sont occupés par diverses surfaces commerciales : alimentation, équipements de la maison, restauration, de la personne, un cinéma de 10 salles d'environ 4 750 m², etc.

[163] L'énergéticien a par exemple proposé à un moment du projet de sortir les besoins de froid d'un *SmartMaker* de 1950 m2 (lot 9), du périmètre de la boucle énergétique dans le but d'améliorer son taux d'EnR. Finalement, le SmartMaker sera raccordé au réseau change over qui est un réseau qui fournit en même temps du chaud et du froid, ce réseau est installé pour des questions d'optimisation des coûts des tuyaux (voir figure 3.11).

> j'ai mis de la flexibilité thermique sur mon installation thermique, je sais décaler mes appels de puissances électriques pour auto-consommer l'EnR. J'ai de la flexibilité avec mes ballons et compagnie. Qu'est-ce que ça veut dire, de la flexibilité ? Alors qu'en général, il n'y a pas vraiment de flexibilité dans les bâtiments, c'est-à-dire quand il y a un besoin de 2 MW, il faut produire 2 MW, moi je peux décider d'allumer les pompes à chaleur ou pas. Je peux piloter mon installation thermique pour optimiser mon installation électrique. C'est génial.… Après, on a tiré une fibre optique pour interconnecter tous les équipements et automatismes du projet. » (Directeur Technique et Innovation, Dalkia Smart Building, 20/02/2020).

Cette gestion numérique est réalisée par Dalkia et non Dalkia Smart Building car l'exploitation est sous-traitée à cet acteur par une équipe de contrôle appelée le « Desk » qui se trouve à la Défense à Paris. L'objectif est ainsi de suivre en temps réel les données énergétiques du quartier pour pouvoir intervenir en cas de problème.

> « L'exploitant Dalkia est capable de faire l'entretien et la maintenance des PAC, des cogénérations biomasse qui sont en toiture. Tout est maîtrisé. Là où il faudra faire bien attention, c'est au pilotage. Mais l'aspect pilotage n'est pas fait en local par des techniciens sur ordinateur. En fait, on a quelque chose qui s'appelle le desk, qui est une équipe spécialisée dans le pilotage des systèmes techniques complexes, qui se trouve à La Défense à la tour Europe. Ils sont capables à distance de faire le suivi énergétique, de vérifier que les systèmes sont bien équilibrés, qu'on utilise la bonne énergie au bon moment. Ce sont eux qui vont vérifier les systèmes prédictifs et les mettre en place. Et que ce sont eux qui seront garants, par la suite, de l'atteinte de la performance énergétique. » (Chef de projets Montages, Dalkia Smart Building, 13/10/2020).

D'après un chef de projet NCU à UrbanEra, ces technologies innovantes de smart Grid ont même fait peur aux assureurs qui ont demandé à réaliser des Avis Techniques ou ATec[164] pour s'assurer de la validité technique du double smart grid. Le promoteur s'est donc fait aider par le Burgeap pour convaincre ces acteurs d'assurer le projet au prix conventionnel. On voit ainsi ici l'attention importante accordée, par les acteurs, au suivi des consommations énergétiques. En effet, si auparavant l'enjeu dans les projets durables était l'intégration de systèmes techniques innovants de production d'énergie renouvelable, l'enjeu aujourd'hui est le suivi numérique en temps réel des consommations énergétiques des usagers pour adapter la production au plus juste des usages et prévenir les pannes en exploitation. Les objets de l'énergie sont ainsi des actants dont le suivi numérique pendant l'exploitation devient de plus en plus le centre d'intérêt des acteurs pour prévenir des complexités d'usages et de gestion.

2.4 Les objets intermédiaires comme support d'intégration des préoccupations d'exploitation

En analysant les documents de travail des acteurs du projet NCU, nous avons constaté que plusieurs objets intermédiaires ont été mobilisés pour préciser la spatialisation et l'exploitation des artefacts énergétiques. Nous allons donc interroger, dans cette partie, le rôle des objets intermédiaires dans l'intégration de différentes préoccupations d'exploitation et qu'est-ce que cela dit au final de la stratégie des acteurs. D'après A. Jeantet, c'est en suivant les objets intermédiaires

[164] Voir la page « Avis Technique ou ATec » du site du CSTB », https://evaluation.cstb.fr/fr/avis-technique/ , (consultée le 06/10/2021).

qu'on comprend mieux le processus de conception, car ils nous introduisent aux réseaux de concepteurs et au contenu de la conception (Jeantet, 1998, p. 297). En partant donc des objets intermédiaires, on finira par parler de situations d'actions et de dynamiques de production.

Il faut expliquer au préalable que nous distinguons dans le cadre de cette thèse 3 types d'objets intermédiaires : les études énergétiques, les schémas techniques et les plans d'architectures avec les plans techniques. Nous avons montré dans les parties précédentes le rôle des études énergétiques dans la mise à l'agenda de certains sujets dans le projet (besoins énergétiques des commerces) ainsi que dans l'objectivation des choix techniques de l'opérateur urbain. Nous allons nous intéresser plus précisément, dans cette partie, au rôle des schémas techniques de la solution énergétique dans l'intégration des enjeux d'exploitation[165]. Précisions également que les schémas techniques étudiés ici sont réalisés par les ingénieurs soit au sein d'Ingerop, Dalkia Smart Building ou Greenaffair. Nous distinguons ainsi ici deux rôles pour ces objets : un levier de négociation et de traduction des préoccupations d'exploitation concernant les artefacts énergétiques et un moyen d'affichage de l'intégration des enjeux d'exploitation.

2.4.1 Les objets intermédiaires comme support de négociation des artefacts énergétiques

Le premier rôle joué par ces objets est celui de support de négociation des préoccupations d'exploitation des artefacts énergétiques. Le schéma suivant, qui détaille l'approvisionnement énergétique du quartier, constitue un bon exemple. Plusieurs versions antérieures de ce schéma ont été négociées entre les acteurs. Le schéma présenté ici est la version finale sur laquelle sont tombés d'accord les acteurs (le promoteur et ces BET et l'énergéticien) après plusieurs négociations. Les systèmes énergétiques du projet sont ainsi spatialisés en indiquant leur localisation par rapport aux différentes limites contractuelles du projet. Les encadrés en pointillés de différentes couleurs indiquent : le périmètre des preneurs que ce soit les preneurs des bureaux, des commerces et des logements (en vert), les limites coques nues des commerces (en violet), et les limites du concessionnaire Dalkia Smart building (en orange). En effet, au-delà de la localisation des artefacts énergétiques dans le projet, c'est leur intégration dans les limites contractuelles des preneurs et de l'exploitant qui s'avère être importante pour les acteurs. Le schéma précise par exemple que les artefacts énergétiques alimentant les Green Offices sont dans le périmètre des preneurs (c'est-à-dire qu'ils sont leur propriété) mais ils sont également dans le périmètre du concessionnaire Dalkia Smart Building ; c'est-à-dire qu'ils vont être exploités par ce dernier. Concernant le reste des artefacts énergétiques, leur positionnement à l'extérieur du périmètre des preneurs indique qu'ils sont la propriété de l'ASL qui sera créée par le promoteur, et qu'ils vont être exploités par l'énergéticien. Le cas des commerces est particulier, les grands commerces vont être exploités par l'énergéticien et certains petits commerces disposent de leurs propres équipements de production, ce qui explique qu'ils ne sont pas intégrés dans le périmètre des preneurs (voir figure 3.9).

[165] Nous désignerons ainsi dans cette partie par objets intermédiaires les schémas techniques. Nous allons aborder le rôle des plans d'architecture dans la partie suivante (4.1).

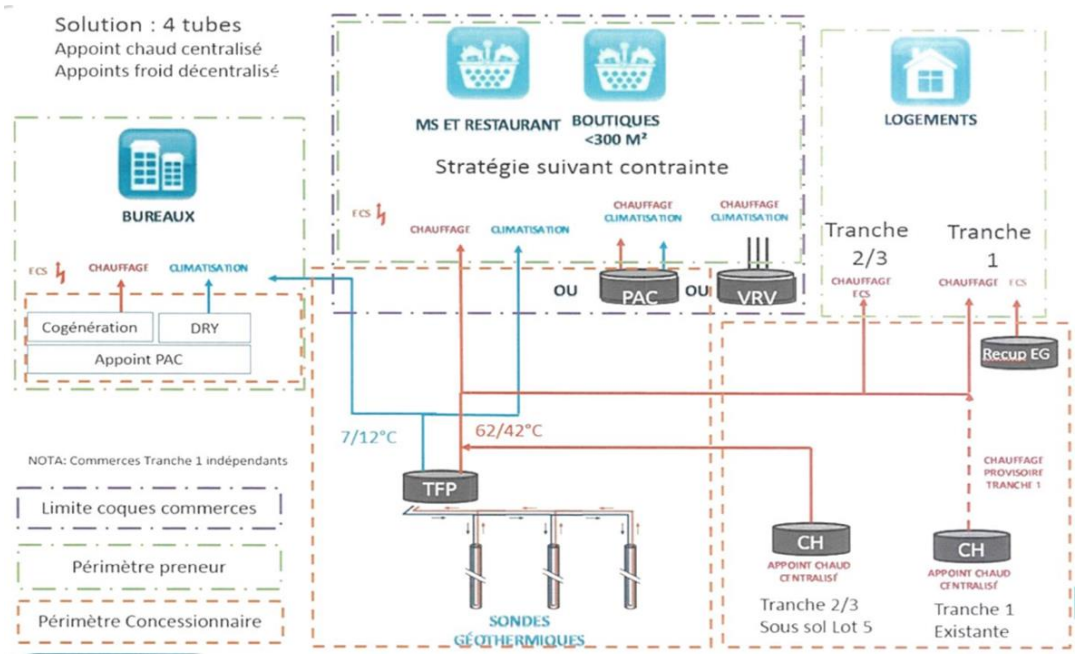

Figure 3. 9. Schéma de l'approvisionnement énergétique chaud, froid et ECS du quartier. Source : études énergétiques du projet NCU, Bouygues Immobilier, 16/10/2019.

Pour suivre ainsi le raccordement des différentes surfaces commerciales au réseau mutualisé, le schéma final de la solution énergétique (voir figure 3.10) a été réalisé par l'énergéticien Dalkia Smart Building. Le schéma est très intéressant car il localise de près les artefacts énergétiques en suivant le plan de masse du quartier. Il y a ainsi une précision dans la location des objets techniques dans le schéma en avançant dans le projet, en suivant la spatialité du projet[166]. L'encadré en orange montre la décentralisation de l'alimentation énergétique de certains commerces au sein des différents lots. Un MOTC chez Bouygues Immobilier nous explique que les développeurs commerciaux négocient et suivent le raccordement des boutiques à travers le schéma 3.11 et que sans ce dernier, personne ne pouvait comprendre la solution énergétique en détail.

[166] On voit par exemple que, dans le cas des lots 4 et 9, tous les commerces sont raccordés à la boucle pour leur alimentation en chaleur ou en froid alors que, dans les lots 3, 5, 7 et 8, tous les commerces sont alimentés de manière décentralisée soit par des VRV ou des PAC. Dans le lot 6, tous les commerces sont raccordés mis à part le cinéma. Le numéro des boutiques est inscrit dans chaque lot, dans le schéma, en précisant leur non raccordement ou pas au réseau commun. Un autre exemple est que dans le cas des bureaux lots 4 et 6, les artefacts énergétiques sont désignés en haut du carré car ces objets techniques sont mis en toiture.

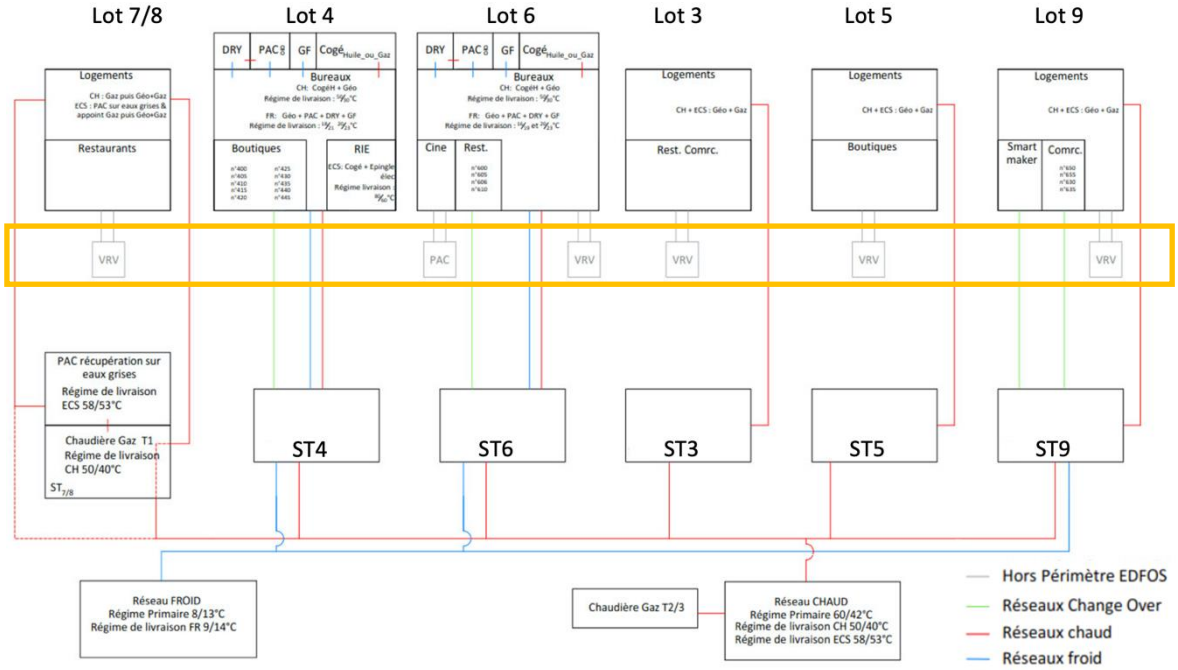

Figure 3. 10. Solution technique du réseau de NCU. Source : présentation PPT de DSB à l'intention des acquéreurs des immeubles de bureaux, Bouygues Immobilier, 21/11/2017.

Au-delà de la conception technique des artefacts énergétiques dans un projet dense comme NCU, c'est leur propriété juridique et leurs modalités d'exploitation qui sont également des sujets fondamentaux débattus par les acteurs et matérialisés dans les schémas techniques. Cette analyse confirme ainsi l'importance des objets intermédiaires dans la négociation et la *localisation* des artefacts dans la spatialité du projet. Le schéma technique constitue, de ce fait, un outil de médiation entre les acteurs concernant les préoccupations d'exploitation des AE que ce soit leur localisation ou leur contractualisation. Enfin, nous pouvons dire qu'après les diverses négociations entre les acteurs, ces objets sont également mobilisés pour figer les préoccupations d'exploitation des AE entre les acteurs que ce soit leur localisation spatiale, leur propriété juridique et la gouvernance énergétique du projet.

En outre, notons que les objets intermédiaires sont également mobilisés dans un but de maîtrise de la complexité du projet. Certains schémas ont par exemple été réalisés par des développeurs au sein d'UrbanEra pour expliquer la solution énergétique et ses prérequis aux différentes directions de Bouygues (commerces, logements, bureaux) à travers divers schémas. Le chef de projet NCU au sein d'UrbanEra, qui était chargé de la coordination des équipes, nous confie « j'ai réalisé des schémas et des Power Points car il fallait expliquer tout ça ».

Si les schémas de la solution technique présentés jusqu'à présent n'intègrent pas les enjeux d'exploitation des objets techniques (voir figure 3.5 et 3.7), ces enjeux sont intégrés au fur et à mesure que le projet se précise. En effet, si les ingénieurs se concentraient au départ sur le concept énergétique et les enjeux de mutualisations sans prise en considération de l'organisation spatiale du

projet, ces enjeux d'exploitation des SE deviennent majeurs quand commence à se poser la location précise de ces objets.

2.4.2 Les objets intermédiaires comme un moyen d'affichage des enjeux d'exploitation

Le second rôle joué par les objets intermédiaires est la mise en avant et la communication sur la solution énergétique. Pour diffuser et expliciter encore plus cette solution énergétique innovante, Dalkia Smart Building met en avant la 3D suivante sur son site internet[167]. Contrairement aux schémas analysés précédemment, la 3D n'est plus un outil de travail ou de négociation entre les acteurs, mais bien un outil de communication et de diffusion de la solution énergétique au plus grand nombre. S'intéresser à des outils de présentation de la solution énergétique va donc également nous permettre d'interroger la place donnée aux préoccupations d'exploitation des AE dans la stratégie de communication des acteurs.

Le titre de la 3D est « le double smart grid thermique et électrique » met tout de suite en avant l'importance du numérique dans la gestion de l'énergie. Les réseaux énergétiques sont mis en valeur dans le dessin avec 4 personnes qui supervisent la gestion des réseaux derrière leurs ordinateurs. La légende indique ainsi que « Le double smart grid à la fois thermique et électrique est piloté en temps réel, afin d'optimiser la performance énergétique et le niveau des charges pour les utilisateurs ». La performance énergétique est ainsi systématiquement liée à la gestion numérique du réseau dans une finalité de réduire les charges pour les habitants. La 3D est accompagnée de deux vidéos sur le site de l'entreprise. Nous retrouvons dans l'une des deux, l'intervention du maire de Nanterre Patrick Jarry qui explique : « On a une grosse volonté sur le plan énergétique, c'est d'être à la pointe, de faire en sorte que la facture pour les habitants soit la plus faible possible ». Après lui, se succèdent plusieurs témoignages[168] dont celui du directeur d'UrbanEra Emmanuel Demazières qui affirme : « c'est vraiment la ville de demain qui nous permet à la fois d'abaisser les consommations et d'atteindre notre objectif de baisser la quittance pour les habitants de ce quartier de 20% par rapport à un coût normal dans un appartement de la même surface ». La 3D et les deux vidéos sont ainsi mobilisées pour mettre en avant une stratégie innovante d'intégration des enjeux d'exploitation des artefacts énergétiques par les acteurs du projet, tout en mettant l'accent sur l'importance de la facture énergétique des usagers. Les discours des opérateurs énergétiques et urbains sont ainsi alignés aux préoccupations des élus, qui insistent sur la qualité de vie dans les projets et l'importance d'avoir une facture énergétique maîtrisée pour les habitants. Nous constatons par ailleurs que l'esthétique de cette 3D est différente de celles réalisées par les architectes en ayant un aspect des bâtiments beaucoup moins réalistes et travaillés que les rendus d'architectes ou même ceux du promoteur[169]. Toutefois, nous notons la présence

[167] Voir la page « Double Smart Grid - Ecoquartier Nanterre Cœur Université » du site de Dalkia Smart Building, https://www.dalkiasmartbuilding.fr/double-smart-grid-ecoquartier-nanterre-coeur-universite , (consultée le 06/10/2021).

[168] Témoignage du directeur EDF commerces IDF, du directeur général de Paris La Défense et du directeur Technique et Innovation chez Dalkia Smart Building.

[169]On retrouve ainsi la répartition traditionnelle entre fonctions dans le travail des ingénieurs que nous avons retrouvé dans presque tous les schémas techniques analysés. Le toit des bâtiments est colorié soit en rose, soit en

de plusieurs espaces coloriés en vert sur la 3D, ce qui contraste avec le réel aspect très minéral du site. En effet, au-delà de la mise en avant des préoccupations d'exploitation des SE, les espaces verts et la qualité de vie dans le projet sont également affichés dans la stratégie de communication de l'énergéticien. En somme, cette analyse nous monte l'usage des objets intermédiaires pour communiquer autour de la prise en charge des préoccupations d'exploitation du projet. La production d'images et de vidéos est ainsi complétée par un travail de dénomination autour de la qualité de vie dans les projets et de l'intégration de valeurs écologiques (Grudet, 2010) pour communiquer autour des projets.

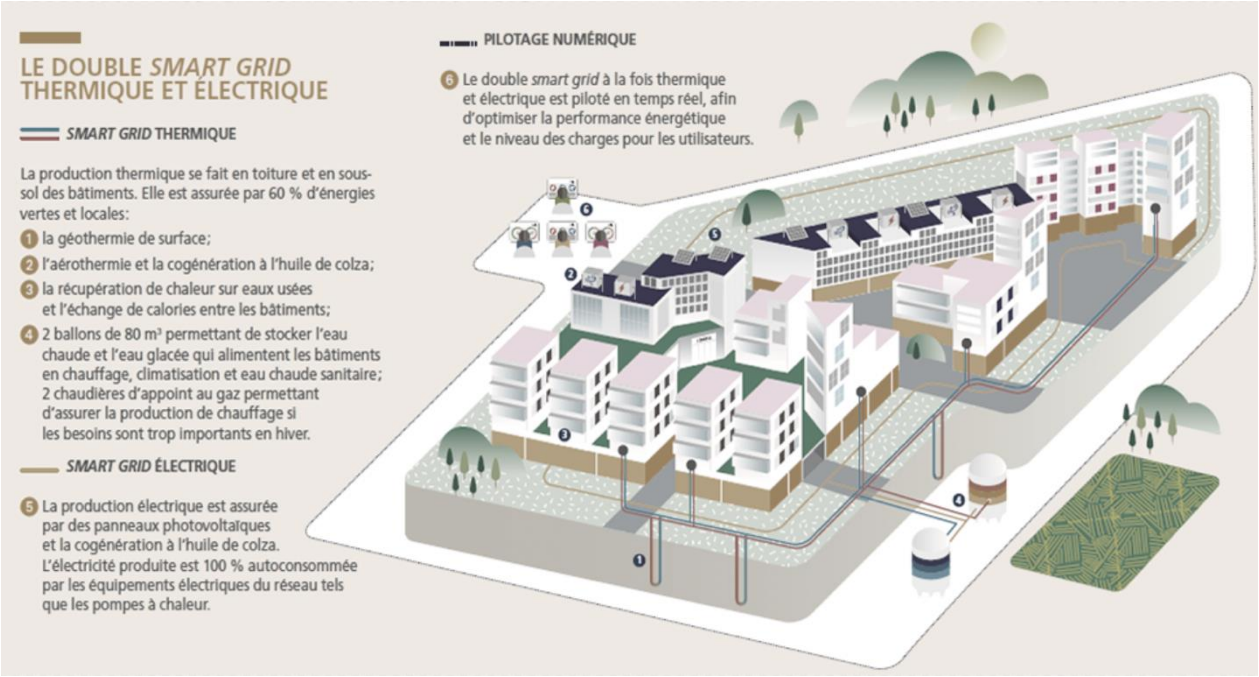

Figure 3. 11. Explication du fonctionnement des systèmes énergétiques de NCU. Source : https://www.dalkiasmartbuilding.fr/double-smart-grid-ecoquartier-nanterre-coeur-universite

Les objets intermédiaires sont donc très importants pour appréhender les préoccupations d'exploitation des artefacts énergétiques dans la conception. Ils sont ainsi, dans le cas des schémas techniques, support de négociation mais également de communication autour des enjeux d'exploitation. Notons par ailleurs que, si leur rôle semble inerte dans les cas présentés ici, ces derniers peuvent également jouer le rôle d'actants dans certaines autres situations à l'exemple des études énergétiques présentées dans les parties 1.1 et 2.1 qui ont joué un rôle important dans l'orientation des choix techniques. En sommes, l'analyse de ces objets intermédiaires nous montre que la prise en charge des enjeux d'exploitation passe par diverses négociations entre les acteurs et peut conséquemment influencer la conception et, plus précisément, l'organisation spatio-fonctionnelle des projets (propriété contractuelle des objets techniques, leur localisation, etc.).

bleu pour différencier respectivement les logements des bureaux, les RDC commerciaux sont, quant à eux, coloriés en orange. Les réseaux sont ainsi beaucoup plus mis en valeur que les artefacts énergétiques sur les toits des Green offices et les deux ballons de stockage de l'eau chaude et glacée.

Enfin, elle montre la part communicationnelle importante accordée, par les acteurs, à la prise en charge des enjeux d'exploitation.

3 Les enseignements du partenariat avec une entreprise énergétique

Dans cette section, nous analyserons les enseignements, à partir du projet NCU du partenariat d'un opérateur urbain avec une entreprise de services énergétiques. Nous démontrerons, dans un premier temps, que l'intervention d'une entreprise qui porte une logique d'exploitation peut parfois rentrer en conflit avec une logique de production urbaine (3.1). Dans un second temps, nous interrogerons les motivations derrière la sélection de la maîtrise d'œuvre par la maîtrise d'ouvrage privée. En effet, au-delà du partenariat avec une entreprise énergétique, UrbanEra a fait appel à une multitude d'expertises énergétiques face aux multiples incertitudes de la conception énergétique du projet. Nous démontrerons que ces acteurs sont sélectionnés, entre-autre, en référence à leurs expertises sur l'exploitation des artefacts énergétiques (3.2). Enfin, nous verrons l'importance du montage contractuel pour anticiper les demandes des différents acteurs et la définition des relations entre les acteurs notamment autour de d'exploitation des objets de l'énergie (3.3).

3.1 Une logique d'exploitation qui rentre en conflit avec une logique de production urbaine

3.1.1 Le recours à des expertises et à une consultation d'opérateurs pour encadrer le travail de l'entreprise d'exploitation énergétique

Comme expliqué dans la partie précédente, la conception de la solution énergétique de NCU a fait l'objet de plusieurs frictions entre l'opérateur énergétique et urbain concerné. En effet, UrbanEra soupçonnait cet acteur de sur-dimensionner les réseaux et ceci tout le long de la conception énergétique. D'autre part, divers acteurs nous expliquent que le modèle économique de l'énergéticien axé sur la géothermie et l'électricité a bridé la conception énergétique en l'orientant vers des solutions plus adaptées à son modèle technico-économique. Par exemple, la solution biomasse pour alimenter le quartier a toujours été écartée même si elle est revenue plusieurs fois dans les discussions. De plus, l'énergéticien présentait plusieurs changements/optimisations de la solution validée en phase concours et ceci n'était pas envisageable pour UrbanEra, car elle a porté des engagements envers la maîtrise d'ouvrage. D'après les acteurs interrogés, l'énergéticien est arrivé au départ du projet avec « plein de promesses » et, par la suite, il a cherché à optimiser le système en centralisant la production pour réduire sa participation financière et avoir moins d'équipements à entretenir en sous-station. Certains acteurs estiment même que c'était une erreur d'avoir intégré l'entreprise dès le départ, car même si ce dernier a une expertise très pointue concernant les artefacts énergétiques et leur exploitation, il a fortement bridé la conception du projet.

> « Pour DSB, à titre personnel, je pense que c'est une erreur de partir en concours avec un concessionnaire réseau comme ça. Ils sont très bons, ce n'est pas une critique de leur métier, heureusement qu'on les avait dans la boucle car on a nos limites, c'était utile de les avoir car ils s'engageaient. Mais, j'ai trouvé que parfois ça nous a bridés car on ne pouvait plus faire marche arrière sur la stratégie énergétique. On a senti à un moment donné que Bouygues était pieds et poings liés par cet engagement avec DSB. Alors que je pense que peut-être ça aurait mérité à un moment donné de faite un peu moins de 20 Km de sondes ou de réfléchir à la biomasse… On n'a pas pu re-reflaichir et même sur la partie investissement-facture » (Responsable Immobilier et Villes Durables, Greenaffair, 12/03/2020).

Par ailleurs, les acteurs interrogés à UrbanEra nous expliquent que l'échelle du quartier n'était pas importante pour assurer l'amortissement de l'investissement économique du réseau de chaleur et de froid, ce qui faisait peser une forte pression financière sur les équipes. Se rajoute à cela, le fait que le réseau mutualisé soit un réseau privé non classé[170], ce qui signifie qu'il n'y a pas d'obligation de raccordement pour les entités du projet. Effectivement, chaque entité du projet (logements, bureaux commerces) avait la possibilité de décider de son autonomie énergétique et ne pas dépendre du réseau commun.

> **«** On ne pouvait pas imposer le raccordement des programmes au réseau, car le réseau n'est pas classé, il est privé…On avait le risque que les copros nous disent à la première assemblée générale: « On ne veut pas être raccordé parce qu'on trouve que c'est trop cher. On va faire notre système à nous ». Techniquement, ils n'avaient pas d'autres possibilités, mais ils auraient pu réaménager leurs parkings et mettre une chaudière à la place…. On disait on va vous livrer votre bâtiment raccordé à ce système et puis c'est tout. Après, concrètement les gens n'avaient aucun intérêt financier à venir changer le système de production car je pense que c'est beaucoup plus cher. » (Ancien Chef de Projets Urbains, UrbanEra, 19/02/2020).

Au-delà des discussions techniques de dimensionnement des infrastructures, il y avait ainsi diverses négociations entre UrbanEra et DSB sur la répartition financière des coûts du réseau d'eau tempérée (RET). En effet, le réseau représentait un investissement économique important et les charges pour les futurs logements ont été limitées par la ville de Nanterre. Le coût du réseau a été estimé, à cette période, à 4 M d'€ avec des subventions de l'ADEME estimées à 1M d'€. La participation du promoteur au financement du réseau ne faisait pas consensus et restait encore à préciser. UrbanEra estimait que c'était à l'énergéticien de financer son réseau et DSB estimait que c'était à la charge d'UrabnaEra, car il s'est engagé sur un taux d'ENR important au bénéfice de ses clients et de la vente de ses bâtiments. Notons, au passage, que la répartition des investissements financiers dans l'infrastructure ne fait pas toujours consensus entre les acteurs énergétiques et les acteurs urbains. Plusieurs acteurs nous confient que ce sujet fait toujours l'objet de négociations entre les opérateurs énergétiques et urbains.

> « …On avait estimé à 4M € la création du réseau, et on avait une grosse bataille entre DSB et nous sur la prise en charge de cette enveloppe. Nous, on estimait que c'était à DSB de le prendre en charge car c'est leur réseau et eux ils estimaient que c'était à nous car c'était pour le bénéfice de nos clients, et donc pour qu'on puisse, nous, mieux vendre nos programmes immobiliers. À un moment on avait un deal à 50/50, après je ne sais pas. » (Ancien Directeur Grands Projets, UrbanEra, 29/11/2019).

[170] Le classement d'un réseau signifie une décision prise par une collectivité territoriale pour obliger un raccordement au réseau dans le respect des articles L.712-1 à L.712-3 du code de l'énergie.

D'après l'ancien Directeur Technique et Innovation à Dalkia Smart Building, développer un projet, comme Nanterre Cœur Université qui porte plusieurs engagements, est très complexe et risqué économiquement. De plus, la solution énergétique évolue en se précisant pendant la phase de développement, ce qui engendre fréquemment l'évolution de son coût économique vers la hausse. L'investissement dans les systèmes énergétiques est toujours important et les différentes aides de l'État ne sont pas garanties. Cette situation engendre, par conséquent, souvent des suspicions de la part des promoteurs ou même de la maîtrise d'ouvrage publique concernant le coût de l'énergie. Notre interlocuteur nous explique ainsi que le risque économique de ces projets à forte ambition énergétique est d'ailleurs considéré comme un frein pour leur reproductibilité.

> « Les freins que je vois avec ma casquette, c'est que ce sont des projets extrêmement risqués que ce soit du point de vue technique ou financier. Pour nous, ce ne sont pas les projets où on gagne le plus d'argent. Les risques sont énormes. On prend des risques sur les financements, puisque les subventions de l'ADEME n'étaient absolument pas acquises au moment du montage du dossier, et on n'a pas eu toutes les subventions qu'on voulait avoir. Donc c'est nous qui payons le delta. En plus, ce sont des projets où on s'engage sur le prix alors que les niveaux d'étude sont peu avancés. Il y a plein d'évolutions de conception qui arrivent, on ne peut pas augmenter le prix sans cesse. Ce sont des projets sur lesquels il y a toujours suspicion qu'on est trop chers sur les coûts de l'énergie, sur ci, sur ça. Il faut donc qu'on rende des comptes au promoteur, ce qui est normal, mais aussi au maire qui s'inquiète qu'on fasse une solution trop chère et à tous les futurs habitants. Donc on fait énormément de réunions, de présentations. On a des coûts de développement qui sont énormes, une débauche d'énergie pour convaincre toute la terre de l'intérêt et de la pertinence de la solution. » (Ancien Directeur Technique et Innovation, Dalkia Smart Building, 20/02/2020).

Face à cette situation, UrbanEra a donc eu recours à plusieurs BET et AMO pour encadrer le travail de l'énergéticien. « Pour chalenger DSB, on a eu recours à plusieurs BET car on avait le sentiment qu'ils étaient en train de revenir sur le concept qu'ils nous avaient vendu au concours. Et ça, ce n'était pas entendable pour nous car on avait des engagements envers la ville de Nanterre et on avait notamment été choisi pour cette solution. » (Ancien directeur Grands Projets, UrbanEra, 29/11/2019). La figure suivante résume les différents rôles qu'ont joués les BET/AMO dans les phases concours, développement et chantier. En phase de développement, qui nous intéresse ici, Urbanera a ainsi eu recours à cinq acteurs sur l'énergie en plus de DSB et de Greenaffair qui a joué le rôle d'AMO DD : Ingerop a joué le rôle de BET fluide énergie et a notamment réalisé l'APS de la solution énergétique, le Burgeap a joué le rôle de BET géothermie en réalisant des études sur le champ de sondes géothermiques, E-nergy a joué le rôle d'AMO sur le montage juridique et contractuel du réseau ; Aveltys a réalisé des prestations d'AMO sur les Green Offices en analysant l'offre tarifaire de DSB et Embix a réalisé une prestation d'AMO Smart Grids.

Acteurs	Missions	
DSB	Conception & montage juridique du réseau d'eau tempérée	**Phase concours 2013-2014**
Greenaffair	Étude développement durable	
EMBIX	Conception Smart Grid Energétique	
DSB	Conception & montage juridique de la solution énergétique	**Phase conception 2014-2017**
Greenaffair	Simulation thermique dynamique du quartier	
Ingerop	Conception de la solution énergétique	
E-nergy	Conseil montage juridique et contractuel	
Burgeap	Dimensionnement du champ de sondes géothermiques	
Aveltys	Analyse de l'offre tarifaire de DSB et retour d'expérience Green Office	
Embix	Suivi du travail de DSB concernant le Smart Grid	
DSB	Réalisation & exploitation énergétique du quartier sur 27 ans	**Phase chantier & exploitation 2016-2021**
E-nergy	Suivi sur chantier des installations énergétiques	
Embix	Suivi sur chantier des installations numériques	
Aveltys	Assurance de possibilité de déconnexion des Green Offices	

Figure 3. 12. Synthèse des acteurs intervenants sur les questions énergétiques en phase concours, conception et réalisation du projet NCU. Réalisation personnelle.

En plus de la mobilisation de ces différents experts, UrbanEra a également lancé une consultation d'opérateur pour mettre en concurrence l'offre de l'entreprise énergétique et encadrer ainsi son activité. En effet, d'après un MOTC chez Bouygues, la réalisation de l'APS et le lancement d'une consultation d'opérateurs étaient des points de passage obligés pour encadrer le travail de l'entreprise énergétique. « DSB, il a fallu les mettre dans un entonnoir, concevoir un APS pour savoir ce que nous on voulait pour leur dire voilà ce qu'on veut… Au début, ils ont dit non et après oui. On leur a dit c'est ça ou rien du tout… Il faut être bien sûr de ce que nous-même on veut concevoir avant de faire confiance au prestataire. » (Directeur Technique Conception A, IE, Bouygues Immobilier, 16/12/2019). Le partenariat avec une entreprise énergétique a ainsi engendré un allongement du processus de conception avec notamment un recours très important à une diversité d'expertises par UrbanEra. La partie suivante discute la coexistence des deux logiques d'exploitation énergétique et de fabrication urbaine dans le projet.

3.1.2 Une logique d'exploitation qui rentre en conflit avec une logique de production urbaine

L'intégration d'une entreprise énergétique en amont a eu plusieurs avantages dans le projet NCU. En effet, Dalkia Smart Building possède des connaissances fines sur la conception, la réalisation et d'exploitation des artefacts énergétiques. De plus, le marché global, que présente l'offre de cet acteur, est une manière de dépasser la logique de travail « en silo », qui règne dans le bâtiment, et

promouvoir une vision intégrée des phases conception, réalisation et d'exploitation des artefacts énergétiques (Pellegrino, 2019). Enfin, l'intervention de DSB permet de porter une garantie de performance du projet sur la durée de concession (un engagement sur la facture énergétique et le taux d'EnR). Cependant, l'intégration de cet exploitant énergétique a été loin d'être simple dans le projet. En effet, nous avons vu que l'énergéticien a constamment fonctionné comme une boîte noire (Latour, 2005) en technicisant les échanges avec UrbanEra et en gardant une opacité sur son modèle technico-économique.

Ce résultat ne rejoint pas les travaux de A. Collet, qui affirme que souvent les exploitants n'arrivent pas à s'affirmer en intervenant en amont des projets soit, car ils ne maîtrisent pas le processus de conception ou car ils sont ne consultés que tardivement. « Travailler le rapprochement entre conception et gestion suppose donc de favoriser les rapprochements entre les métiers relevant de ces deux champs, pour faire évoluer les postures et les identités professionnelles, et améliorer la compréhension des enjeux et des contraintes réciproques. Cela passe aussi par un positionnement plus affirmé des gestionnaires aux différents stades de la conception et de la conduite des projets, depuis les réflexions d'orientation de la programmation jusqu'à leur mise en œuvre. » (Collet, 2017, p. 110). En effet, si plusieurs travaux expliquent que les exploitants ne prennent souvent pas beaucoup de place quand ils remontent en phase amont (Campagnac et Deffontaines, 2013 ; Collet, 2017), nous avons, dans notre cas, observé le contraire avec une entreprise énergétique qui a cherché à imposer sa vision tout le long de la conception du projet.

Il faut dire que le métier particulier de DSB fournit un élément d'explication de ce positionnement. En effet, DSB est une filiale de Dalkia créée en 2009, groupe EDF[171], qui regroupe environ 140 collaborateurs. Elle se positionne sur la conception/rénovation de bâtiments performants et intelligents (piscines, logements, bâtiments publics, bâtiments tertiaires, etc.), la conception de smart grid ou encore des projets industriels ou de data centers. En effet, l'entreprise occupe un positionnement haut de gamme sur le marché, en se positionnement exclusivement sur les projets ambitieux au niveau énergétique comme le cas de NCU. L'entreprise propose également des prestations de réalisation des travaux, d'exploitation et de garantie des résultats en exploitation. Concrètement, elle combine donc des prestations de bureau d'études et d'entreprise générale spécialisée dans les lots techniques[172], l'exploitation est, quant à elle, sous-traitée à des exploitants à l'exemple de la maison mère Dalkia.

> « On est plutôt une entreprise technique avec une structure d'ingénierie, que je supervise au national, on peut aller jusqu'à concevoir des installations. Donc, on conçoit et on réalise, et on a même des opérations comme Nanterre Cœur Université où on va aller jusqu'à l'exploitation et la garantie de performance dans la durée. C'est un positionnement un peu original sur le marché. Le marché français est extrêmement siloté, on a un maître d'ouvrage, un maître

[171] Dalkia a été racheté par le groupe EDF en 2014.
[172] Voir le site internet de Dalkia Smart Buildinf, https://www.dalkiasmartbuilding.fr/notre-histoire, (consulté le 08/10/2021).

> d'œuvre, une entreprise travaux, puis l'exploitation. On a été créé il y a une dizaine d'années sous l'impulsion du groupe EDF qui souhaitait avoir une entité capable d'imaginer des solutions, les mettre en œuvre et garantir le résultat. On est un peu un ovni dans le monde de la construction. L'enjeu pour nous est d'aller sur des projets ambitieux et innovants et de ne pas juste faire les travaux et de dire « ça n'a pas été bien conçu, ça ne marchera pas bien », il s'agit d'être sur toute la chaîne de valeur... On n'ira pas sur une boucle énergétique avec une chaufferie et un réseau de chaleur, sinon on n'a pas de différenciation à apporter. On amène de la valeur quand il y a des enjeux très élevés avec des solutions techniques un peu complexes. (Ancien Directeur Technique et Innovation, Dalkia Smart Building, 20/02/2020).

T. Souami (2017) décrit ainsi cette extension des entreprises de services urbains vers l'amont de la fabrique urbaine. Il explique que ce phénomène se réalise essentiellement à travers trois moyens: la création d'organes pour repenser la fabrique urbaine afin de capitaliser sur de nouveaux savoirs et les mettre ensuite en application ; la création de structures d'études et de conseils pour s'introduire dans l'aménagement ; la réorganisation de la filière pour imaginer de nouvelles offres urbaines plus intégrées (p. 53). Nous constatons ainsi que l'activité de DSB (et plus largement EDF propriétaire de DSB) correspond au moins à une de ces caractéristiques. En effet, l'intégration de DSB à Dalkia France (qui a été racheté quelques années auparavant par EDF) exprime une réorganisation des filiales d'EDF dans une volonté de créer des offres urbaines plus intégrées. Enfin, les deux acteurs interrogés au sein de DSB travaillaient au sein d'une direction technique-innovation au sein de l'entreprise DSB qui réalise diverses réflexions sur les projets durables notamment en matière de smart grid, ce qui montre ainsi le fort intérêt de cette entreprise pour les enjeux urbains. DSB dispose ainsi de connaissances fines sur la conception énergétique des projets urbains, ce qui lui permet de s'imposer dans le projet et d'orienter fortement la conception, contrairement à des exploitants ne maîtrisant pas le processus de conception. En effet, la détention d'expertises a augmenté sa capacité d'action dans le projet. L'objectif pour cet acteur était d'intervenir en amont pour contrôler toute la chaîne de production et d'exploitation des artefacts énergétiques.

Cette complexité du partenariat a également été observée dans le cas de Ginko à Bordeaux, un des premiers quartiers durables réalisés par BI. Un contrat a été signé avec Cofely[173] pour la construction et l'exploitation de la chaufferie et du réseau de chaleur sur une période de15 ans. D'après une étude réalisée par le BET Burgeap[174] sur plusieurs projets durables dont ce projet, il y avait des relations de confiance entre le promoteur et l'énergéticien pendant les phases d'études, de réalisation et de mises en service des systèmes énergétiques. Cependant, plusieurs tensions sont apparues au moment de l'exploitation des premières tranches du projet. Les tensions avec Cofely étaient dues à trois sujets : l'évolution du programme du projet et notamment « les incidences financières de l'évolution du planning de raccordement des îlots sur le redimensionnement des contrats d'abonnement » [175] ; le manque de réactivité et de transparence de Cofely concernant la

[173] Un appel à opérateur européen a été lancé avec un dialogue compétitif et Cofely a été retenu.
[174] Buregap, 2018 « Définition d'une stratégie énergie carbone dans les aménagements urbains de Bouygues Immobilier », *étude commanditée par Bouygues Immobilier*, 34p.
[175] Financièrement, BI a pris en charge les études préliminaires sur la performance énergétique et l'ouverture des tranchées spécifiques au réseau de chaleur (très faible part dans les investissements totaux). Il a notamment bénéficié d'un soutien important de l'ADEME[175].

gestion des dysfonctionnements de la chaufferie bois[176] (problème qui n'a pas été signalé au départ à Bouygues Immobilier) ; et, enfin, le changement de management de projet du côté de Cofely[177]. Ce cas montre ainsi qu'au-delà de la phase de conception, plusieurs frictions peuvent continuer à survenir entre les opérateurs urbains et énergétiques pendant la réalisation et l'exploitation des projets (voir la partie 3.3 sur la contractualisation énergétique dans le cadre de ce type de partenariats).

En somme, nous pouvons dire que les différentes logiques de fonctionnement entre les opérateurs urbains et énergétiques complexifient donc les collaborations au sein des projets. Le modèle économique de l'énergéticien, basé sur l'usage de certaines technologies et une extension des réseaux, se confronte à une logique d'opérateurs urbains où l'objectif est de commercialiser les produits immobiliers le plus vite possible et ne pas rester forcément le temps de l'exploitation. L'objectif de l'aménageur privé UrbanEra est ainsi de convaincre les investisseurs de la liquidité des bâtiments et de la simplicité de leur exploitation et ceci même en étant relié à une infrastructure mutualisée (le réseau de chaleur et de froid) qui peut faire peur à certains acteurs. La partie suivante interroge les motivations de l'opérateur urbain pour la sélection de sa maîtrise d'œuvre énergie au prisme de l'intégration des enjeux d'exploitation des SE.

3.2 Des motivations de maîtrise de l'exploitation qui sous-tendent la sélection de la maîtrise d'oeuvre

Après avoir vu, dans le chapitre précédent, les motivations de Bouygues Immobilier pour sélectionner son équipe de maîtrise d'œuvre en phase concours, nous allons questionner ici les motivations de la sélection du reste de la maîtrise d'œuvre pendant le développement du projet. Nous allons explorer dans quelle mesure la prise en charge des procurations d'exploitation est un critère de sélection de ces acteurs.

Notre enquête montre que Bouygues Immobilier/UrbanEra privilégient, en phase développement, comme le cas des concours de faire appel aux BET avec lesquels ils ont l'habitude de travailler et notamment sur des projets à forte ambition énergétique. Les BET Greenaffair, Bureap et Ingerop ont tous, par exemple, beaucoup travaillé avec le promoteur Bouygues sur divers projets à l'échelle du bâtiment ou du quartier. Le promoteur BI/UrbanEra ont ainsi développé un carnet d'adresses de BET énergie, issu de plusieurs années de pratiques sur les projets durables. De plus, le promoteur fait régulièrement appel à ces filiales Embix et Aveltys dans le cadre de ces projets, des structures qui partagent plusieurs expériences et valeurs avec le promoteur. Un ancien chef de projets urbains, UrbanEra nous explique ainsi :

[176] La chaudière au bois fonctionnait mal à bas régime, ce qui a amené Cofely à surutiliser la chaudière gaz et à faire baisser le taux d'EnR visé à l'échelle du quartier.

[177] La cession du réseau privé porté initialement par Bouygues s'est faite 3 ans après les premières livraisons et avant la fin du projet. Les copropriétés ont eu beaucoup de mal à comprendre la technicité du réseau de chaleur, en plus d'un prix de chaleur important notamment pour les premiers raccordés (qui ont payé le prix d'investissement du réseau à 100%).

> « Une fois le concours gagné, E-nergy c'est moi qui les ai missionnés. Car je les avais croisés, je ne sais plus à quelle occasion et ils avaient bien fait leur travail de commerciaux. Je ne les connaissais pas et j'avais besoin que quelqu'un m'aide à négocier avec DSB sur des sujets qui étaient pour moi totalement inconnus. Du coup, eux, ayant la connaissance du fonctionnement des opérateurs concessionnaires, ils pouvaient nous aider à venir challenger DSB. Embix était censé nous aider sur la partie approvisionnement énergétique et approche *smart* grid. Ingerop c'était vraiment un BET technique pour venir caler tous les boutons techniques du projet. Quand on gagne on a besoin d'aller sur certains sujets de façon très précise. Par ex Ingerop était très bon pour dimensionner des tuyaux mais pas pour pousser DSB dans ses retranchements sur le montage et les aspects techniques et financiers... Avelys a été missionné en même temps que le Burgeap par la direction technique bureaux qui voulait faire une contre-proposition de ce qui a été mis dans le concours et dans la promesse de vente. » (19/02/2020).

Cette analyse montre ce faisant que le partage d'expériences, de valeurs et de savoir-faire sont des éléments importants dans le cadre de la sélection de la maîtrise d'œuvre énergétique par Bouygues Immobilier (Haller, 2019 ; La Branche, 2014). Nous rejoignons de ce fait H. Haller qui affirme que « La stratégie de la maîtrise d'ouvrage privée semble de privilégier des professionnels avec lesquels les repères sont partagés, qu'il s'agisse d'habitudes de travail de fait d'expériences précédentes communes ou du contenu à donner à un projet. Ces repères sont recherchés comme une « garantie de la performance énergétique. » (Haller, 2019, p. 178). Nous faisons également l'hypothèse explicative qui affirme que les choix du promoteur sont guidés par le souhait de réduire les conflits au sein du projet. En effet, d'après notre enquête, il n'y a pas eu de problèmes entre le promoteur et ses AMO /BET, ou entre ces différents acteurs, ces acteurs ayant l'habitude de travailler avec le promoteur. En outre, notons également que le fait d'avoir comme objectif commun de contrôler le travail de l'énergéticien a rassemblé les équipes de maîtrise d'œuvre et a aidé à réduire les frictions au sein du projet.

Toutefois, il faut également noter que dans le cas des projets expérimentaux comme NCU, UrbanEra fait également appel à de nouveaux partenaires avec de nouvelles compétences notamment concernant des sujets d'exploitation des systèmes énergétiques. En effet, un directeur technique conception explique que selon l'ambition du projet, le promoteur sélectionne les BET experts sur le sujet mis en avant dans le projet (bois, énergie, recyclage, gestion de l'eau, etc.) pour ensuite faire appel aux BET avec lesquels il a l'habitude de travailler.

> « À l'époque du Green Office Meudon, on avait cherché Tribu Énergie car ils étaient précurseurs sur les aspects cogénération. Si on parle du premier Green Office bois appelé Enjoy à Clichy-Batignolles, on a cherché une structure spécialisée dans le bois, avec qui on n'avait jamais travaillé, qui est le BET structure AIA basé à Lyon. Après, on a joint par la suite à ce BET d'autres BET suivant nos prestataires de prédilection. » (Directeur Central Technique, IE, Bouygues Immobilier, 10/09/2020).

E-nergy a ainsi été mobilisé pour ses compétences concernant le montage juridique et la contractualisation d'un réseau de chaleur avec un énergéticien. La mobilisation d'Aveltys en phase développement est également intéressante car cet acteur a justement été missionné pour ses retours d'expériences accumulés sur la conception et l'exploitation des Green Office. En plus d'être une filiale du promoteur, c'est l'expérience sur les enjeux d'exploitation des artefacts

énergétiques qui a également motivé le choix de la sélection de cet acteur. Cet acteur a effectivement acquis une expérience indéniable sur l'anticipation des enjeux de d'exploitation des Green Offices : le tarif de la chaleur, le type d'artefacts énergétiques mobilisés, l'occupation et l'usage des plateaux de bureaux, etc. Nous allons nous attarder sur le métier de cet acteur et à son modèle économique concernant la conception et l'exploitation des SE dans la partie 5 de ce chapitre.

Pour conclure, nous pouvons dire que l'intégration des enjeux d'exploitation a également motivé la sélection de certaines équipes de maîtrise d'œuvre à NCU en phase conception**.** Si l'intégration d'acteurs compétents sur les questions de l'exploitation des SE a été affichée en phase concours (Embix, DSB) (voir chapitre 2), certaines maîtrises d'œuvre ont également été sélectionnées selon leurs compétences sur les sujets d'exploitation des systèmes énergétiques (E-nergy et Aveltys). L'expérience sur les préoccupations d'exploitation (l'exploitation des AE, le montage de la gouvernance énergétique) commence à devenir ainsi un critère de sélection d'assistant à maîtrise d'ouvrage énergétique. Il reste à s'interroger si c'est le cas sur d'autres projets avant de généraliser ce constat (voir chapitre 4). La partie suivante présente la contractualisation de la solution énergétique.

3.3 L'importance de la contractualisation en amont pour anticiper les enjeux d'exploitation

3.3.1 Une contractualisation énergétique longuement négociée à NCU

D'après notre enquête, la collectivité de Nanterre est intervenue fortement dans la rédaction des contrats avec DSB et UrbanEra pour représenter et porter les préoccupations des futurs habitants du projet. Tout l'enjeu était de réaliser une contractualisation qui protège les futurs usagers d'éventuelles dérives ou défaillances pendant l'exploitation du réseau mutualisé. Les réunions de contractualisation regroupaient la ville, l'aménageur, l'entreprise énergétique et UrbanEra. En cas de désaccords entre ces acteurs les sujets étaient transmis, d'après notre enquête, au maire de la ville de Nanterre P. Jarry pour trancher. La présence de l'office HLM de la ville de Nanterre était très intéressante selon les acteurs interrogés au sein de la ville de Nanterre, car il a permis notamment de discuter de certains détails d'exploitation du contrat de bail avec DSB.

> « C'est Paris la Défense qui organisait les réunions, il y avait Paris la Défense, le promoteur, l'énergéticien. A la fin, on n'était pas toujours d'accord et ça finissait souvent avec une réunion avec le maire. C'était sur des détails, mais des détails importants du contrat… Il y avait deux contrats, un entre l'ASL et l'énergéticien et peut être un entre l'énergéticien et l'aménageur…Je regardais dans le contrat plutôt des sujets concernant la vie du contrat : combien de temps ils peuvent couper le chauffage ? Comment les usagers étaient protégés vis à vis de l'énergéticien en termes d'entretien, de vérification du travail réalisé ? L'avantage c'est qu'on a travaillé en association avec l'OM HLM[178], c'était finalement le seul futur raccordé connu, car les autres

[178] Office municipal HLM de Nanterre.

> c'est des futurs acquéreurs. Ça n'a pas toujours été facile entre l'office HLM et Bouygues. » (Ingénieur, service énergie, ville de Nanterre, 07/03/2020).

La contractualisation de la solution énergétique a été décrite comme très complexe entre l'entreprise DSB et UrbanEra d'après nos entretiens avec les acteurs au sein de Bouygues Immobilier. En effet, DSB ne se serait pas senti aussi engagé que Bouygues Immobilier dans le projet et se serait positionné plus comme un concessionnaire d'une délégation de service public (DSP) que comme un partenaire énergétique. « À NCU, l'énergéticien disait « c'est BI qui portait l'engagement d'avoir X-EnR sur le quartier, à vous soit de mettre l'investissement nécessaire, soit de nous donner tout ce qu'il faut pour le faire mais nous on ne se sent pas engagé » et c'est pour ça qu'on pense qu'il y avait dans ce cas-là une fragilité contractuelle » (Directeur de projets énergie, Burgeap, 05/08/2019). Notons que contractuellement UrbanEra a déjà signé un contrat de partenariat et un marché de travaux avec DSB et ce n'est qu'après diverses négociations que l'entreprise s'est finalement engagée sur le taux d'EnR et le prix de l'énergie par un ajustement de contrat en phase APD, juste avant l'engagement des travaux[179].

Dalkia Smart Building a donc signé le contrat de bail pour l'exploitation du réseau pour une durée de 27 ans avec Urbanera pour le compte de l'Association de Syndicats Libres (ASL), créée à l'occasion du projet. En effet, UrbanEra a créé une ASL qui regroupe toutes les parties prenantes du projet (les copropriétés, les bailleurs, les investisseurs et les commerces) et qui sera propriétaire des locaux et systèmes techniques communs au projet. L'ASL met ainsi à disposition de l'énergéticien les réseaux et les locaux techniques communs pendant la durée de l'exploitation (voir schéma 3.14). DSB réalise, par la suite, les contrats d'abonnement avec les usagers. Concrètement, l'entreprise porte un engagement sur la performance énergétique et le prix de l'énergie mais selon des hypothèses de consommations et d'usages bien définies dans le contrat de bail. Un chef de projet au sein de DSB nous explique ainsi que le suivi numérique des consommations est fondamental pour tenir ces engagements.

> « On garantit un prix d'énergie. C'est-à-dire pour un appartement moyen qui est utilisé de façon normale, on va dire, la facture, c'est tant… Le pilotage, du coup, si je suis mauvais, c'est moi que cela pénalise, en tant qu'exploitant. Bien entendu, je n'ai aucun intérêt à mal piloter, puisque je suis aussi engagé sur ce projet-ci, sur un taux d'EnR. Donc, je suis engagé sur les deux choses : le taux d'EnR, donc la performance énergétique de mon installation (comment je la pilote) et le prix à l'habitant final. » (13/10/2020).

[179] Source : Buregap, 2018 « Définition d'une stratégie énergie carbone dans les aménagements urbains de Bouygues Immobilier », *étude commanditée par Bouygues Immobilier*, 34p.

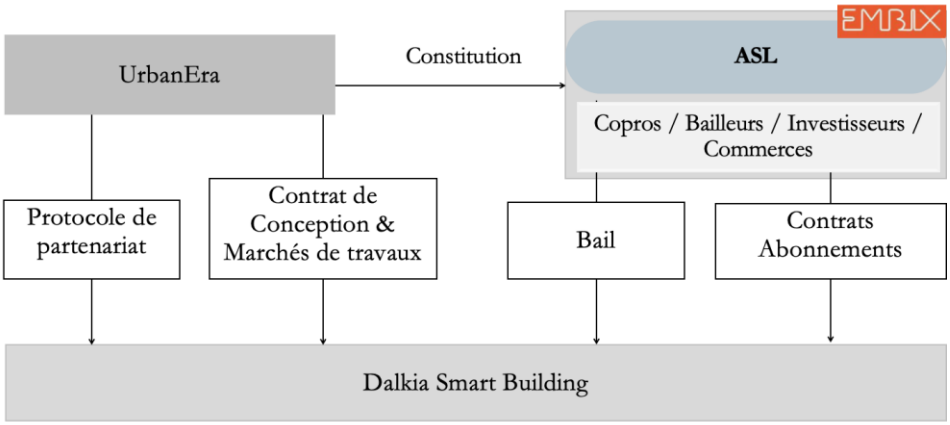

Figure 3. 13. Schéma de contractualisation énergétique du projet NCU. Source : Bouygues Immobilier.

Concernant la contractualisation des Green Offices, il a donc fallu rajouter une réserve de déconnexion aux contrats d'abonnement. De plus, il a fallu réaliser une division en volume des locaux techniques en sous-sol pour réaliser les actes de propriété[180] de ces bâtiments. Au sein du projet NCU, il y a donc plusieurs propriétaires différents des équipements techniques. Tous les objets de production d'énergie des bureaux appartiennent aux bureaux ; tout ce qui est en infrastructure (réseau de froid et de chaud, sous-stations, etc.) appartient à l'ASL du quartier ; la boucle électrique et les différentes PACs appartiennent à l'énergéticien et, enfin, certains commerces disposent de leurs propres équipements de production. D'après l'énergéticien, Dalkia Smart Building, cette division de propriété est très compliquée à gérer.

> « Là une ASL devait être créée sur ce projet-là puisqu'il y a un parking et des espaces verts communs à tous les bâtiments. Il y a plein d'installations collectives qui sont la propriété de l'ASL…C'est un peu compliqué juridiquement. Tout ce qui est en infrastructure, ça appartient à l'ASL, sauf la production par les PAC et la boucle électrique, ça nous appartient car nous les avons financés. Toutes les installations sur les bureaux sont la propriété des bureaux. Faire des projets avec une ambition énergétique environnementale, c'est compliqué. C'est sûr. Je le dis tout le temps à tout le monde. Le plus simple, c'est de mettre une chaudière gaz. » (Ancien Directeur Technique et Innovation, Dalkia Smart Building, 20/02/2020).

En cas de déconnexion des bureaux, le réseau utiliserait ses équipements d'appoint (des chaudières à gaz) et les deux Green Offices auto-consommeraient chacun l'énergie issue des panneaux solaires et des cogénérations installés dans ces bâtiments. Il faut toutefois noter qu'il n'est pas aussi simple de réaliser cette déconnexion car le promoteur a tenu à mettre plusieurs conditions, dans les contrats de raccordement, dont des indemnités compensatoires à régler par les preneurs en cas de déconnexion. Précisons également que la déconnexion des bureaux peut être compliquée financièrement pour le réseau car ce serait des bâtiments en moins qui payeraient les charges censées contribuer à l'amortissement du réseau. La qualité de l'exploitation et le respect des

[180] D'après un MOTR, contractuellement, il y a eu une vente en l'état futur d'achèvement VEFA des Green Offices pour les investisseurs. Ces contrats intègrent le gros œuvre et les équipements techniques des bâtiments dont les équipements énergétique (PV, cogé, groupes froid, etc.).

charges annoncées au départ du projet par l'énergéticien sont donc des éléments très importants pour la pérennité du réseau mutualisé. Concernant les commerces non raccordés à la boucle énergétique, ils ont un cahier des charges où ces deniers doivent s'engager contractuellement sur la performance des installations réalisées.

En matière de répartition des investissements économiques, le financement du réseau de chaleur (estimé à un coût de 4M€) a coûté finalement 5 millions d'Euros dont 22% financés par le fond chaleur de l'ADEME (soit 1,1 million d'euros). Pour le reste : 70% sont portés par Bouygues immobilier et 30% par Dalkia SB. D'après notre enquête, le promoteur a ainsi dû baisser ses marges et prendre à sa charge une partie du coût de l'infrastructure pour respecter ces engagements. Par ailleurs, une démarche de sensibilisation des habitants aux économies d'énergie était prévue dans le projet lorsque nous avons arrêté notre enquête début 2021 (retardée plusieurs fois à cause de la crise sanitaire). L'énergéticien DSB ayant notamment obtenu des subventions auprès de l'ADEME pour cette démarche.

Le cas de NCU nous montre ainsi toute la complexité de la contractualisation des préoccupations d'exploitation des artefacts énergétiques. Les objets techniques soulèvent ainsi des enjeux de leur exploitation, qui orientent fortement les logiques d'action des acteurs dans le projet. Un des effets de l'intégration des préoccupations d'exploitation en phase conception c'est donc une forte importance accordée à la contractualisation des solutions énergétiques, car contractualiser c'est négocier en amont l'exploitation des artefacts énergétiques, que ce soit : leur coût global, leur propriété juridique, leurs conditions d'usages techniques (entretien, renouvellement, période d'interruption, etc.) et spatiales (accessibilité à certains locaux).

En outre, la plupart des acteurs interrogés nous affirment ainsi que le cadrage contractuel de la relation entre les opérateurs urbains et énergétiques doit se réaliser beaucoup plus en amont et de manière plus détaillée dans les projets pour éviter les diverses frictions et renégociations des objectifs par la suite. Cependant, le recours à un partenaire énergétique n'est pas toujours conflictuel dans les projets, le cas de Quai Vernets montre que ceci est une solution très intéressante notamment pour anticiper les enjeux d'exploitation des artefacts énergétiques dans la conception. Dans ce cas, les acteurs du projet ont eu recours au *contracting* énergétique bien après avoir gagné le concours d'opérateurs en ayant notamment pris le temps de développer la solution énergétique. En effet, le travail de contractualisation a également fait l'objet d'une attention particulière dans le projet. La partie suivante revient sur l'intégration des préoccupations d'exploitation des SE dans ce projet ainsi que sur l'apprentissage des acteurs des cas suisses.

3.3.2 Un recours fréquent au *contracting* énergétique en Suisse, le cas de Quai Vernets

Avant de présenter le développement et la contractualisation de la solution énergétique à Quai Vernets, rappelons d'abord la solution proposée en phase concours. En effet, l'entreprise Losinger Marazzi a porté avec plusieurs investisseurs une solution innovante composée d'une boucle d'eau tempérée, alimentée par la récupération de chaleur d'une usine Rolex située à proximité du projet

et par un complément de chaleur et de froid produit par des sondes de géothermie superficielles. Des PV ont également été prévus pour l'électricité. En 2017, l'entreprise Lonsinger Marazzi et ses partenaires ont lancé un appel d'offre de "*contracting* énergétique" pour la chaleur et l'électricité afin de mettre en concurrence plusieurs opérateurs. La solution énergétique du concours a été proposée dans l'appel d'offre mais non imposée pour les candidats. Ces acteurs devaient toutefois respecter un objectif de 100% d'EnR à l'échelle du projet. D'après notre enquête, le dossier de l'appel d'offre a fait l'objet d'un travail intense par l'entreprise et son BET énergie Amstein et Walthert (chargé de la conception de la solution énergétique), car il s'agissait de fixer des objectifs financiers, contractuels et de durabilité assez amitieux pour notamment rassurer les huit investisseurs du projet au sujet de la future exploitation des artefacts énergétiques.

> « On a eu un mandataire, Amstein et Walthert, qui nous a accompagnés à challenger ce cahier d'appel d'offres, pour qu'il soit bien charpenté du point de vue des objectifs durables, objectifs économiques, et contractuels. Puisque l'objectif était de faire signer ce *contracting* à huit investisseurs sur une durée finalement très longue. C'était dans la négociation. Les options techniques étaient évoquées, mais n'étaient pas figées. À chacun des soumissionnaires de venir proposer ses propres solutions… On figeait les objectifs. Il fallait une solution 100 % durable et une solution où le prestataire était capable de nous livrer l'énergie à la bonne date. » (Directeur de projet, Losinger, 14/05/2020).

D'après les acteurs interrogés, la réalisation d'études énergétiques par le maître d'ouvrage en amont du lancement du concours d'opérateurs énergétiques est très important car cela permet de cadrer le travail de l'entreprise énergétique. De surcroît, la réalisation d'une consultation d'opérateurs permet de discuter divers sujets d'exploitation à cette étape à l'exemple du financement de l'infrastructure ou encore la répartition des limites de propriété des objets techniques.

L'énergéticien local Services Industriels de Genève SIG (qui fait du gaz, de la chaleur et de l'électricité) a répondu à la consultation[181] en proposant, au premier tour, de développer la solution innovante déjà proposée par le BET Amstein et Walthert. Toutefois, pendant le second tour, et après des études plus poussées qui ont révélé l'existence d'un fort potentiel de demande d'énergie dans le quartier la zone Praille Acacias Vernets dans laquelle s'inscrit le projet Quai Vernets, l'énergéticien a opté pour une simplification de la solution proposée. La solution technique proposée consiste finalement à raccorder le projet Quai Vernets à un futur réseau de chaleur, qui a pour ambition d'alimenter le centre-ville historique de Genève en passant par le projet. Ce réseau est alimenté par la récupération de chaleur sur l'eau du lac Léman et une PAC centralisée est ainsi prévue à Quai Vernets pour les réglages des températures[182].

[181] D'après notre entretien avec un ingénier à SIG, cet appel d'offre a fortement surpris l'énergéticien local qui en fait la propriété de l'État de Genève et qui n'a pas l'habitude d'être mis en concurrence sur le territoire Genevois. Cette démarche a été décrite comme « agressive » tout en nous confiant qu'il « fallait ça pour faire bouger la grosse structure SIG » (22/10/2020).

[182] Précisons aussi que SIG a remporté également l'appel d'offre pour l'électricité.

Comme le cas de NCU, la solution énergétique en phase concours a donc fini par se simplifier en phase de développement. D'après notre enquête, cette solution convenait également à l'opérateur urbain car ça leur permettait notamment d'éviter la réalisation d'une infrastructure énergétique complexe au sein du projet. Les relations entre l'opérateur urbain et énergétique ont ainsi été décrites comme très consensuelles, ce que nous expliquons par deux raisons. Dans un premier temps, il faut expliquer que SIG est un acteur local historique à Genève. En effet, la forte expertise de ce dernier sur ce territoire et ses relations établies avec les acteurs locaux créent des liens de confiance notamment avec les opérateurs urbains. Dans un second temps, ceci s'explique par la contractualisation de la solution énergétique réalisée en amont du projet. En effet, plusieurs acteurs interrogés nous expliquent que les opérateurs suisses ont l'habitude de contractualiser avec les énergéticiens, grâce au recours au *contracting* énergétique, contrairement aux opérateurs urbains français, ce qui expliquerait ainsi les faibles frictions autour des objets de l'énergie au sein des projets.

> « C'est pour ça que le cas Suisse est intéressant, ils ont l'habitude de contractualiser avec les énergéticiens et d'embarquer le sujet énergie dans l'exploitation et pas que l'énergie dans la performance des bâtiments. Ce sujet est prévu dès le début, ce qui n'est pas le cas des acteurs immobiliers français qui s'arrêtent au moment où ils livrent le bâtiment avec quelques engagements sur la performance des bâtiments derrière. Le passage vers : « je livre un service énergétique » n'est pas encore intégré chez tout le monde. On pense que c'est l'une des directions qui va être prise : l'engagement de performance en kwh/m2, l'engagement taux d'EnR n'est pas très parlant pour un preneur type individuel. » (Directeur de projets énergie, Burgeap, 05/08/2019).

Avant d'aller plus loin, précisons les caractéristiques du *contracting* énergétique. Cela désigne une sous-traitance des services d'approvisionnement en énergie (chauffage, climatisation, eau chaude…) que prend en charge intégralement un contracteur moyennant un abonnement avec son client. Le contracteur conçoit, finance, construit, exploite et entretient l'installation énergétique. Il veille ainsi au bon fonctionnement des installations essentiellement dans son propre intérêt. Dans le contrat figurent des éléments tels que la durée du contrat, le prix de l'abonnement, le prix de la chaleur, les rapports juridiques concernant la propriété et bien d'autres données encore. Les risques de l'exploitation de l'installation sont entièrement à la charge du contracteur à une exception de l'évolution des prix de l'énergie primaire (électricité, gaz, etc.). La durée du contrat correspond généralement à la durée de fonctionnement attendu de l'installation (entre 15 à 20 ans pour les installations de chauffage). A la fin du contrat, l'installation devient la propriété de l'utilisateur. C'est ce modèle qu'a tenté d'adopter UrbanEra sur NCU mais qui a fait face, comme on l'a vu, à de nombreuses difficultés.

Les développeurs rencontrés chez Lonsinger nous affirment ainsi avoir été précurseurs sur le *contracting* énergétique en Suisse en le développant pour la plupart des quartiers durables réalisés par l'entreprise. Le premier écoquartier réalisé par l'entreprise, appelé Eikenott et livré en 2014, qui est également le premier écoquartier Suisse, a notamment été réalisé avec un *contracting* énergétique avec l'énergéticien local à Lausanne appelé la Société Électrique Intercommunale de la Côte (SEIC). En outre, nos interlocuteurs au sein de Losinger nous expliquent que l'un des

principaux objectifs du recours au *contracting* énergétique est notamment l'externalisation des coûts de l'infrastructure des projets vers l'opérateur énergétique qui va s'occuper de l'exploitation pendant plusieurs années. Dans le cas de Quai Vernets, le portage financier des artefacts énergétiques et les limites de prestations des acteurs ont été des sujets importants discutés entre l'énergéticien et l'entreprise de construction et ceci dès la réponse de SIG à l'appel d'offre contrairement à NCU. Concrètement, les artefacts énergétiques appartiennent ainsi à l'énergéticien (PAC et réseaux) à l'exception des réseaux de distribution à l'intérieur des bâtiments. Pour amortir son investissement, SIG va gérer le contrat sur 40 ans, alors que l'exploitation des réseaux va, quant à elle, de 60 à 80 ans. En effet, plus l'investissement est important, plus cela implique une longue durée du contrat pour son amortissement[183]. Les acteurs interrogés nous expliquent ce faisant que même les d'investisseurs immobiliers ont tendance aujourd'hui à accepter de plus en plus ce type de montages contractuels, car cela offre une garantie en matière d'exploitation des projets.

> « Maintenant, on cherche toujours la possibilité de se différencier, d'être en avance sur le marché, et d'influer sur le marché. Nous avons été assez pionniers. Nous ne sommes pas les seuls, mais nous avons été pionniers sur les questions de *contracting* énergétique. On s'était dit que l'on basculait une partie de l'investissement, plutôt que ce soit le propriétaire foncier dit investisse dans sa chaufferie. On invente un nouveau modèle, et on reporte un certain nombre de frais d'investissement sur un contracteur qui va créer son propre financement, qui aura l'exploitation en échange, et qui va vendre son énergie à un tarif qui intègre les frais d'amortissement des installations. On décale donc un peu la responsabilité et aussi les montants d'investissement. C'est un peu comme le leasing pour les voitures. C'est un modèle économique où tout le monde n'est pas encore convaincu, mais franchement, nos investisseurs répondent de plus en plus à cela. La question énergétique est centrale. Elle est évidemment au cœur du développement durable, et elle est au cœur de notre stratégie de différenciation. » (Directeur de projet, Losinger, 14/05/2020).

Un des apprentissages réalisés par les acteurs sur les projets Suisses, notamment grâce au REX réalisé notamment par le BET Burgeap pour le compte de Bouygues Immobilier, est ainsi l'importance de réfléchir à la contractualisation des objets sociotechniques pour maîtriser leurs enjeux d'exploitation. Plusieurs acteurs interrogés au sein de BI nous expliquent aujourd'hui avoir recours à de plus en plus d'AMO juridiques et de spécialistes de la contractualisation pour appréhender la complexité des objets sociotechniques conçus et leurs préoccupations d'exploitation. Cela peut concerner des sujets de définition des conditions d'exploitation des locaux techniques et espaces partagés, de division en volume des locaux techniques ou encore de calcul des factures énergétiques des habitants (voir chapitre 4). En outre, le cas de Quai Vernets montre également toute l'importance de la phase d'appel d'offre d'exploitants, qui est une étape charnière de négociation des préoccupations d'exploitation des objets techniques. Enfin, au-delà des enjeux techniques, économiques et de contractualisation, les objets de l'énergie ont également un impact spatial qui peut se révéler très important au sein des projets, ce qui est l'objet de la partie suivante.

[183] Un des avantages des contrats à longue durée, d'après un développeur chez Losinger, c'est de limiter le prix de l'énergie, ce qui rassure les investisseurs immobiliers, car l'opérateur peut disposer d'une visibilité sur l'évolution du prix de l'énergie renouvelable contrairement aux énergies fossiles.

4 L'intégration complexe des objets techniques dans la conception spatiale

Nous analyserons dans cette section les effets de l'intégration des enjeux d'exploitation sur l'activité de conception spatiale. Nous étudierons, premièrement, les effets de la bifurcation de la solution technique survenue en décembre 2015 sur la spatialité du projet NCU. En effet, la nouvelle solution énergétique a nécéssité une pluralité de locaux techniques et a soulevé diverses préoccupations d'exploitation des objets de l'énergie, ce qui a exercé de fortes contraintes sur la spacialité du projet. Nous verrons, par ailleurs, que la localisation de ces objets dépend aussi bien de considérations économiques mais également des préoccupations d'exploitation de ces systèmes. Nous choisissons spécialement l'analyse de ce moment de controverse, car c'est pendant ces moments de tension que s'accélèrent les relations entre les acteurs et se révèlent les logiques d'action de chacun (Akrich, Callon et Latour, 2006) (4.1). Dans un second temps, nous interrogerons les logiques cognitives d'intégration des objets techniques par les différents acteurs du projet et notamment les architectes qui ont la responsabilité de leur intégration matérielle et esthétique dans les formes urbaines et architecturales (4.2). Enfin, nous interrogerons la relation entre les concepteurs des questions énergétiques et spatiales suite à l'intégration d'objets techniques dans le projet. Nous nous attarderons notamment sur le rôle que jouent les objets intermédiaires dans la mise en lien de ces deux activités (4.3).

4.1 La conception spatiale impactée par l'intégration des SE et leurs enjeux d'exploitation

L'une des contraintes rencontrées lors du passage vers une solution mixte dans NCU est la mobilisation de plusieurs locaux techniques par cette seconde solution. En effet, la nouvelle solution énergétique implique toujours 6 sous-stations pour les lots du projet (elles contiennent des échangeurs pour régler les régimes de température) en plus de nécessiter des espaces pour les productions décentralisées : 6 cogénérations, des cuves de stockage de l'huile de colza, des groupes froids, etc. D'un autre côté, il faut noter que les objets techniques imposent divers impératifs de localisation et d'exploitation à prendre en considération par les acteurs (voir figure 3.14). Les drys adiabatiques doivent être installés à l'air libre car ils ont besoin d'un échange constant avec l'air ambiant, ils doivent notamment être protégés par des grilles. Les groupes froids et les cogénérations doivent être installés à l'intérieur avec des cheminées à prévoir pour les cogénérations. Les PAC sont installées de manière générale en sous-sol ou RDC, il faut par conséquent prévoir une l'isolation phonique des locaux techniques car ces systèmes créent des nuisances sonores. Ces objets techniques représentent ainsi des actants qui agissent en imposant divers impératifs d'usage et d'exploitation à prendre en considération par les acteurs.

Le RDC du projet représentait des surfaces prisées notamment pour l'installation des commerces et il n'était pas envisageable, pour les acteurs, d'y positionner des locaux techniques. Concernant les sous-sols, où sont en général positionnés ces locaux, car ils présentent les surfaces les moins nobles, ils sont également contraints par la nécessité de créer 770 places de parking (le nombre de

places représente également un des engagements du promoteur en phase concours). Se rajoute, ainsi à l'importance du cahier des charges du projet, la forme du terrain en « Papillon » qui présente plusieurs angles aigues et qui ne facilite pas le dessin des places de parking qui sont rectangulaires.

D'après les chefs de projet NCU à UrbanEra, la conception spatiale se réalisait en parallèle de la conception énergétique pour intégrer les différents enjeux du projet car chaque évolution ou modification risquait de mettre en péril l'équilibre du projet. « Le parking était très contraint notamment pour répondre aux pics de fréquentation des commerces et du cinéma, d'où la solution de parkings mutualisés. Un des gros sujets pendant la conception du parking était ainsi de définir avec DSB et Ingerop les locaux techniques nécessaires pour la solution du champ de sonde, où les placer pour qu'on puisse venir finaliser le parking. Tout était complétement imbriqué, on travaillait donc en parallèle. » (UrbanEra, 19/02/2020). D'après un maître d'ouvrage technique conception chez Bouygues, à 50.000€ la place de parking, la priorité était forcément pour le stationnement et ce sont les espaces perdus qui sont utilisés comme locaux techniques. Après de nombreuses négociations entre les acteurs, les cogénérations et plusieurs équipements décentralisés appartenant aux bureaux (Groupes froids et Dry adiabatiques) ont fini par être positionnés sur le toit des Green offices. Le premier sous-sol (R-1) intègre néanmoins les sous-stations des lots et les locaux géothermiques. L'huile de colza étant assez lourde, les cuves ont donc été placées au 2ème sous-sol. Le plan technique suivant présente certains équipements techniques disposés sur le toit du Green Office lot 6.

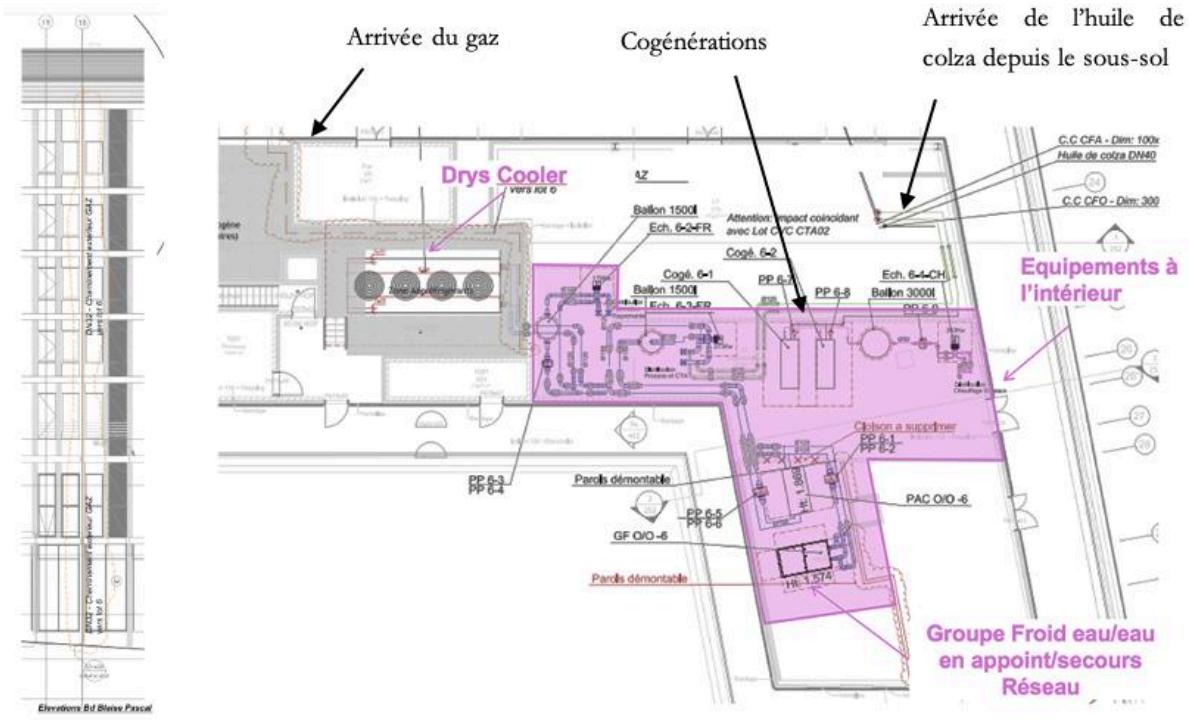

Figure 3. 14. À gauche : passage en façade des réseaux transportant l'huile végétale du sous-sol à la toiture. À droite : implantation des équipements techniques en toiture de l'immeuble de bureau lot 6. Source : Bouygues Immobilier, 21/11/2017.

Par ailleurs, d'après notre enquête, les motivations d'intégration de plusieurs équipements en toiture relèvent également de la volonté d'anticiper les préoccupations de leur exploitation. En effet, comme les cogénérations appartiennent aux preneurs des bureaux, il était donc logique, pour les acteurs d'UrbanEra et de BI, de les placer sur les toits Green Offices avec tous les autres équipements de production leur appartenant. Selon la direction technique de l'immobilier d'entreprise de BI, regrouper les équipements en toiture est ainsi beaucoup plus pratique pour la maintenance de ces derniers, le mainteneur n'aura pas à circuler entre différents locaux pour réaliser ses activités. Par ailleurs, placer les cogénérations au sous-sol aurait impliqué d'acheter également les volumes des locaux techniques dans le parking. La première option a donc été préférée par le collectif de conception énergétique même si, de manière générale, les équipements de cogénération sont souvent positionnés dans les sous-sols des projets.

Il faut par ailleurs noter que l'intégration de ces objets est essentiellement portée par les ingénieurs du projet que ce soit au sein de Bouygues Immobilier/UrbanEra ou des BET. En effet, en posant la question de l'intégration des SE aux développeurs de Bouygues Immobilier, ces derniers nous expliquent que ce sont les directions du promoteur avec les BET énergie qui s'occupent de la location de ces objets et absolument pas les architectes[184]. Ces acteurs font remonter par la suite

[184] Il faut également préciser que la nécessité d'avancer dans le projet pour finaliser la conception avant la mise en chantier a pesé fortement sur les concepteurs. Concrètement, il fallait finaliser la conception de la solution géothermique pour réaliser le plan des parkings, pour passer par la suite au chantier, car les forages

les différentes contraintes spatiales et techniques d'intégration spatiale des systèmes techniques aux architectes.

Le plan ci-dessous (figure 3.15) présente le plan architectural du premier sous-sol réalisé par l'agence Leclercq Associés en phase de consultation des entreprises (DCE). Les surfaces coloriées représentent les différents locaux techniques accueillant les artefacts énergétiques dans le projet. Ce qui est colorié en jaune représente par exemple les locaux techniques de la géothermie et en rouge les différentes sous-stations des lots, etc. L'analyse du plan montre que les locaux techniques occupent les angles aigus et les espaces difficiles à aménager en places de Parking dans le projet, ce qui permet d'optimiser la rentabilité des sous-sols. De plus, il faut noter que si les locaux techniques sont regroupés dans des pôles techniques, c'est pour faciliter l'exploitation des artefacts énergétiques qui abritent ces objets. En effet, la réduction de la distance parcourue entre les locaux permet de mutualiser le passage de certaines gaines, de réduire la longueur des réseaux à entretenir et de faciliter en conséquence le travail des exploitants.

L'analyse des plans des sous-sol et des cinquièmes façades montre, dans un premier temps, que l'intégration des objets techniques dans les projets suit dans un premier temps des considérations économiques. En effet, les locaux techniques occupent toujours des délaissés spatiaux ayant une faible valeur d'usage. La priorité dans la conception des deux sous-sols c'est la réalisation de places de parking et non l'intégration des systèmes techniques. La traduction des locaux techniques dans la spatialité du projet suit donc toujours une logique économique où la valeur de l'espace est déterminée par la valeur du service rendu (Fenker, 2017). A l'intérieur des locaux commerciaux de NCU par exemple, les équipements techniques, comme les PAC/VRV, sont installés dans les sous-plafonds de manière à optimiser la surface au sol. Ces équipements sont également cachés par des grilles pour des questions de sécurité mais également car ils sont considérés comme non esthétiques. D'après un Directeur Technique Conception :

> « Ça a forcément un impact [sur l'architecture]. Quand vous vendez une surface commerciale et dedans vous allez avoir une PAC qui fait 1.5 x 1.5m ce n'est pas rien, il faut la mettre dans un petit local, vous êtes obligés de la cloisonner, en plus vous allez avoir un impact en façade car il faut prévoir des grilles. Je suis sûr qu'aujourd'hui si on refait le projet, on ne ferait pas une usine à gaz comme celle-là. On ferait chacun sa chaudière et on enlève tous les locaux techniques du parking. Tout ce qui circule dans le parking, c'est des réseaux qui ne leur appartiennent pas, ils ont une gestion particulière en plus. C'est tellement gros comme opération que personne ne suit, même pas les bureaux de contrôle. » (B, IE, Bouygues Immobilier, 06/03/2020).

---

géothermiques sont les premiers ouvrages à être réalisés. On note ainsi l'imbrication entre des activités de conception énergétique et architecturale dans l'intégration des différents artefacts énergétiques mais ceci sans qu'il y ait forcément une interaction entre ces acteurs. Ceci va en précisant que plus le projet avance, plus cela restreint encore plus les capacités de modification des solutions, car intégrer des objets techniques implique souvent plusieurs contraintes d'accessibilité, de sécurité incendie, etc., et risque de perturber l'ensemble du projet.

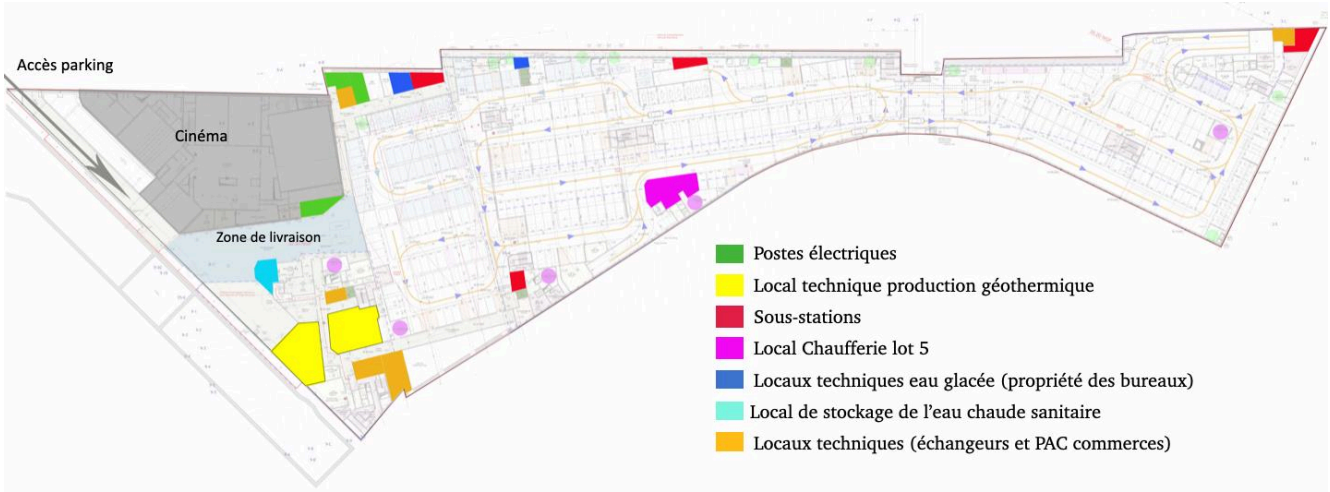

Figure 3. 15. Plan du sous-sol R-1 en phase PRO. Source : Agence François Leclercq, (retravaillé par l'auteur).

Dans un second temps, l'intégration des objets techniques suit également des préoccupations de leur exploitation. L'enjeux est ainsi de regrouper les locaux techniques dans les projets pour réaliser des contrôles techniques rapides et efficaces de ces systèmes. Nous pouvons dire là aussi que les objets techniques représentent des actants qui font émerger des enjeux d'exploitation qui impactent et orientent l'activité des acteurs.

Cette évolution de la solution énergétique a re-questionné le travail paysager d'aménagement des toitures par l'agence Babylone (voir figure 3.16). En effet, pendant le développement du projet, et avant la bifurcation de la solution énergétique en décembre 2015, un paysagiste a été missionné pour travailler la 5ème façade du projet. L'objectif était de construire une approche globale pour travailler les différentes strates de toitures des bâtiments, qui doivent recevoir des espaces verts et une surface non négligeable de panneaux photovoltaïques pour arriver aux objectifs énergétiques. Le paysagiste a proposé trois types d'occupation des toitures selon leur hauteur. Les toitures hautes appelées « milieux ouverts » sont conçues pour être non accessibles ; les toitures intermédiaires appelées « milieux champêtres » sont censées soit être végétalisées, soit aménagées pour être accessibles aux habitants ; et les toitures les plus basses appelées « milieux forestiers » étaient censés accueillir beaucoup d'espaces verts. Ces dernières ont été conçues pour être fortement végétalisées pour pallier au manque d'espaces verts sur le site, qui présente un aspect très minéral. La couverture du train, qui passe derrière la tranche 1, par un jardin partagé était un sujet qui a longuement été discuté entre les acteurs, car cet espace, censé accueillir beaucoup d'espaces verts, posait notamment les sujets de sa gestion et accessibilité. La 3D suivante matérialise ce travail sur la cinquième façade du projet.

> « Il y avait très peu de choses dans le concours, on était très libre. J'ai donc demandé un paysagiste pour avoir une approche globale à l'échelle du site. Il fallait croiser paysage et PV également. On avait des strates hautes uniquement pour les « milieux ouverts » pour les oiseaux, l'aménagement du haut était très simple et non accessible au public. Le niveau bas était très végétalisé pour apporter un peu de végétalisation car le site est très minéral, c'est sur

> dalles, il fallait donc réfléchir à quelles étaient les épaisseurs de terre. Les strates intermédiaires étaient soit accessibles au public, soit végétalisées. La ville de NCU ne voulait pas beaucoup d'arbres pour des questions de gestion. » (Chef de Projets Urbains, UrbanEra, 19/02/2020).

Les terrasses des immeubles bureaux qui étaient prévues pour recevoir des panneaux solaires et des espaces verts ont dû intégrer au final des cogénérations et plusieurs autres espaces techniques. Finalement, seulement 10 % de la surface construite sera toutefois investie par les espaces verts. Selon un fournisseur de services énergétiques, ces complexités spatiales qui se posent sur différents projets, s'expliquent principalement par le fait que les bâtiments soient de plus en plus optimisés (spatialement et techniquement), ce qui rend problématique la moindre évolution des choix techniques.

> « Les toitures à Nanterre, c'est extrêmement compliqué, tout s'imbrique, il n'y a plus un centimètre de place en toiture. (...) Plus vous optimisez, moins vous êtes résilient. On est sur des objets extrêmement optimisés et pour lesquels le moindre mouvement fait que c'est très compliqué. Et comme la solution énergétique a bougé, le réseau aussi a bougé, les relations entre objets ont bougé, pour moi c'est plus à mettre sous la coupe de la complexité. Dès que vous touchez à un endroit vous pouvez faire tomber le château de cartes d'à côté. Pour moi, c'est plus lié à la complexité globale. » (09/04/2019).

En effet, les concepts de *mutualisation* et d'*optimisation* sont décrits, dans le discours des acteurs de la production urbaine, comme des logiques de travail importantes dans la conception des projets urbains en répondant aux impératifs de développement durable. D'ailleurs, le cahier des charges de NCU, réalisé par la maîtrise d'ouvrage, imposait dans la conception du projet NCU la mutualisation des commerces, des parkings et de la production d'énergie. Toutefois, le projet NCU nous montre que cette mutualisation pèse fortement sur le développement du projet en restreignant les capacités d'action des acteurs.

L'analyse de la conception spatiale du projet NCU montre ainsi que l'intégration des objets techniques impacte fortement la spatialité des projets en réduisant les surfaces utiles, et en rajoutant de nouvelles contraintes d'usage et d'exploitation à prendre en compte par les concepteurs. De plus, cette séquence montre que les arbitrages sur la localisation des artefacts énergétiques dépendent également des préoccupations de leur exploitation d'où l'importance de l'anticipation de ces objets techniques dès l'amont des projets (accès, surface des locaux, entretien quotidien, etc.). En effet, la bifurcation de la solution technique à NCU a constitué un moment de controverse intéressant qui a révélé l'importance de l'intégration des objets techniques en amont des projets. La partie suivante montre qu'il existe notamment diverses logiques cognitives d'appréhension de ces objets par les acteurs.

Figure 3. 16. De haut en bas : axonométrie de principe d'implantation des différents espaces verts réalisée en 2015 (Source : Bouygues Immobilier) ; Visualisation tridimensionnelle finale du projet à Nanterre (Source : Bouygues Immobilier) ; Photo de la tranche 1 du comportant plusieurs commerces au RDC (Prise par l'auteur).

4.2 Diverses logiques d'intégration des SE et de leurs enjeux d'exploitation

4.2.1 L'existence de diverses logiques d'intégration des objets techniques

Pendant notre enquête sur le projet NCU, nous avons trouvé diverses approches et logiques d'intégration architecturales des artefacts énergétiques et de leurs préoccupations d'usages dans le projet. L'architecte et l'urbaniste que nous avons rencontrés au sein du cabinet Leclercq Associés nous confient que mis à part les objectifs de végétalisation et la présence d'un RCU et d'un local dédié, ils n'ont pas connaissance des différents systèmes énergétiques intégrés pour produire ou distribuer de l'énergie. La raison qu'ils mettent en avant est qu'ils ont été confrontés à d'autres complexités techniques qui les ont beaucoup mobilisés dans le projet, comme les problèmes acoustiques qu'engendrait le passage des lignes de train derrière la tranche 1. En effet, les infrastructures à côté du projet ont imposé un travail sur l'isolation phonique des bâtiments et sur la maîtrise des vibrations lors du passage des trains. Par ailleurs, la prise en charge de la question acoustique par les architectes montre que ces derniers traitent également les questions techniques, le sujet n'est pas de traiter ou non la question technique mais de savoir quelle question technique traiter. La question acoustique est ainsi considérée par les architectes comme faisant plus partie plus amplement de leur domaine de compétence que les questions énergétiques.

> « Ah bon non mais moi sur la technique…, nous le gros sujet qu'on a eu à traiter en technique c'était un sujet acoustique. Comme on avait des lignes RER qui passent autour du bâtiment et en particulier le tunnel en hauteur et qu'on avait un cinéma au RDC, on a essayé de régler ces problèmes-là en priorité, sachant qu'en détails techniques c'est une usine à gaz. Et finalement tous les problèmes qui étaient liés à l'énergie étaient des problèmes relativement classiques qu'on déléguait pas mal aux BET. Ils avaient un cahier de charges et ils nous donnaient les résultats en disant « j'ai besoin de tel local ou j'ai besoin d'une gaine qui fait 2X2 qui traverse le bâtiment en vertical », et nous on intégrait ça dans le bâtiment. » (Architecte, Leclercq Associés, 11/02/2019).

L'architecte du lot 6 nous confie pendant notre enquête que les objets techniques sont non esthétiques et qu'il y a d'autres choses à mettre en valeur dans un projet architectural et urbain que les objets de l'énergie à l'exemple de la végétalisation des espaces. C'est d'ailleurs dans cette réflexion que l'architecte utilise des panneaux solaires comme éléments de couverture de l'« édicule technique » qui regroupe les différents artefacts énergétiques (cogénération, groupe froid, etc.) installés sur le toit du Green Office lot 6, les panneaux photovoltaïques étant eux-mêmes couverts par un acrotère pour ne pas apparaitre en façade (voir figure 3.17)[185]. En effet, en plus de leur fonction énergétique, l'objectif est de donner à ces objets une fonction architecturale. La seconde partie de la toiture (plus basse que la première) a été aménagée de manière à recevoir des espaces verts car certains bureaux ont une vue sur cet espace.

> « La volonté de départ c'était ne pas de les exprimer autre mesure, je pense qu'on n'a pas besoin d'en faire des tonnes, il y a déjà des labels qui existent de tous les côtés, etc. On a d'autre choses à raconter sur un projet que faire du PV. Le bâtiment de Béchu à côté a

[185] Le plan d'architecture de l'édicule technique au R+7 du lot 6, représente des installations de PV pour couvrir les équipements techniques sur le toit du bâtiment.

surexprimé ça, je trouve que ça n'a pas de sens. Et si on arrive à donner une fonction en plus de la production d'électricité en permettant de planquer ce qu'il y a en dessous c'est très bien. C'est personnel et je ne parle pas au nom de l'agence. » (Architecte, Leclercq Associés, le 11/02/2019).

D'après l'architecte, les questions d'esthétiques des technologies se posent plus à l'intérieur des bâtiments bureaux à l'exemple du choix du système de distribution de la chaleur et du froid dans les bâtiments. Ce dernier utilise alors ces objets techniques (plafonds rayonnants, ventilo-convecteurs, etc.) pour travailler les ambiances intérieures des bâtiments. À contrario, le Green Office lot 4 conçu par l'agence Béchu, est réalisé de manière à mettre en valeur les objets de l'énergie. En témoigne la « coiffe canopée » de panneaux photovoltaïques mise en visibilité sur le toit. L'architecture bioclimatique est assumée, mise en valeur et même revendiquée. La toiture abrite donc plusieurs locaux techniques, espaces verts et une canopée avec une très grande surface de PV. La centrale photovoltaïque[186] est composée de deux types de panneaux solaires, des panneaux transparents aux abords et des panneaux plus opaques pour le reste de la toiture. Ce choix a été réalisé pour des raisons d'esthétiques de la canopée mais également pour des motifs pratiques de pénétration de la lumière pour la végétalisation en dessous de cet élément.

Figure 3. 17. Vues 3D des Green Offices lot 6 à gauche et lot 4 à droite. Source: Bouygues Immobilier.

On retrouve, ce faisant, ici, deux logiques complétement différentes d'intégration des objets de l'énergie avec une primauté accordée à l'intégration fonctionnelle et discrète de ces objets pour la première, et une primauté accordée aux questions d'esthétiques des objets énergétiques pour la seconde. D'après notre enquête, ces différentes logiques peuvent parfois créer des conflits entre les acteurs et ceci notamment concernant les enjeux d'exploitation de ces objets, ce qui constitue l'objet de la partie suivante.

4.2.2 Des logiques qui peuvent rentrer en conflit et qui passent par diverses négociations pour l'intégration des SE

La réalisation de la toiture PV du lot 4 a, par exemple, fait l'objet de longs débats entre le UrbanEra et l'architecte Béchu. Dans un premier temps et d'après un chef de projet à UrbanEra,

[186] 218 kWc de modules polycristallins et 30 kWc de modules bi-verres, pour une production d'énergie solaire d'environ 245 MWh/an totalement autoconsommés par le réseau énergétique.

la structure était très esthétique mais il était impératif de revoir son dimensionnement pour supporter les panneaux solaires « Ils ont dessiné une structure très fine en phase concours pour porter les PV, pour que l'image soit belle comme d'habitude. Mais elle tenait sur des allumettes. Quand ils ont commencé à travailler précisément cet élément, les structures étaient beaucoup plus importantes que prévu … Aujourd'hui elle est réalisée mais elle n'est pas aussi jolie que le dessin du concours. » (Chef de Projets Urbains, UrbanEra, 19/02/2020). Dans un second temps, il était nécessaire de prévoir l'entretien des panneaux photovoltaïques. En effet, la canopée débordait sur l'espace public, ce qui rendait très risqué le travail des exploitants pour nettoyer les panneaux.

> « Ça pose des problèmes car il faut pouvoir les nettoyer. De plus, il y a des sujets de sécurité des personnes quand on monte car c'est à 7-8m. On a bataillé avec eux et on n'a pas réussi à leur faire orienter les panneaux dans l'alignement droit du bâtiment car cet élément déborde sur le domaine public, ça a été une partie de bras de fer. Les architectes ont des images et ils n'en ont rien à faire du mec qui va exploiter et qui peut se mettre en situation de danger pour aller changer un PV. Il a fallu imaginer une usine à gaz pour prévoir leur entretien. » (Directeur Technique Conception, Immobilier d'entreprise, Bouygues, 16/12/2019).

UrbanEra et ses BET ont donc tenté dès le départ de la conception du projet (en 2016) de dissuader l'architecte de ne pas réaliser cette toiture en faveur d'une forme beaucoup plus conventionnelle et simple d'entretien à l'exemple de la toiture du lot 6 de F. Leclercq. Face à cette situation, l'architecte a défendu sa conception de la toiture mais tout en revoyant le dimensionnement de sa structure et l'accessibilité pour son entretien. D'après un architecte interrogé au sein de l'agence Béchu, la conception de la canopée correspond à des valeurs d'expression esthétique des enjeux de durabilité que met en avant l'agence et les sujets économiques ou d'entretien ; ceux-ci sont bien entendu intégrés mais au service de l'esthétique architecturale du projet. Pendant notre entretien avec l'architecte, une grande partie des sujets abordés ont ainsi porté sur des questions d'esthétique du jeu de couleurs en façade ou encore du traitement du RDC en double hauteur du projet.

> « Il y a eu de longs débats sur la canopée. D'abord, par rapport au coût de cet élément, parce que bien évidemment, ça coûte moins cher de poser des photovoltaïques sur le toit que de les mettre sur une charpente métallique avec des poteaux inclinés. Puis concernant son entretien, aujourd'hui on a rajouté des panneaux sur la périphérie pour réaliser des points d'accès pour nettoyer et changer les panneaux. Il y a eu beaucoup d'échanges aussi avec les ingénieurs, les bureaux de contrôle et le bureau de sécurité pour valider ça. Ça a pris plusieurs mois. » (Architecte, Béchu & Associés, 09/07/2020).

Cette séquence montre ainsi comment les sujets d'usages des objets techniques sont différemment priorisés selon les acteurs des projets. Au-delà du cas de la canopée, différentes visions des objets techniques et de leur spatialisation font parfois débat dans les projets. Un architecte nous confie, par exemple, que les BET ont tendance à sur-dimensionner les locaux techniques pour prévenir un usage confortable de ces espaces alors que les architectes doivent concilier plusieurs usages dans les projets ; et notamment optimiser les surfaces utiles pour répondre aux exigences économiques du maître d'ouvrage. Deux visons s'affrontent ainsi : une vision d'optimisation des

surfaces utiles et une vision plus concernée par les préoccupations d'exploitation des locaux techniques.

> « … C'est toujours un jeu de rôle entre les BET techniques et nous. Ils ont tendance à prendre ceintures et bretelles et demander des locaux techniques énormes et nous on sait très bien par expérience qu'il n'y aura rien dedans. Pareil pour les armoires électriques. On essaye de les réduire au max car, l'intérêt pour le maître d'ouvrage c'est d'avoir des surfaces exploitables qui peuvent être vendues. L'intérêt du BET c'est de pouvoir installer ces éléments et passer ces gaines sans être embêté. » (Architecte, Leclercq Associés, le 11/02/2019).

En outre, notons que, d'après notre enquête, un des impacts de la remontée des exploitants comme DSB ou Aveltys en phase amont sur la conception, c'est la mise à l'agenda de l'importance du dimensionnement des locaux techniques accueillant les artefacts énergétiques. En effet, la bonne conception de ces locaux pour bien anticiper les usages, l'entretien et d'exploitation est portée fortement par les mainteneurs de ces systèmes.

Cette analyse montre, ce faisant, l'existence de diverses représentations des acteurs des objets techniques et de leur exploitation, qui cohabitent dans les projets et qui passent par plusieurs négociations, translations et traductions pour matérialiser les objets de l'énergie. L'architecte du lot 4 a par exemple gardé la forme de sa canopée mais il a en parallèle intégré des préoccupations de dimensionnement, d'exploitation et de coût de cet élément dans sa réflexion. Nous rejoignons ainsi M. Adam qui explique que les représentations des concepteurs spatiaux ne se concrétisent pas directement dans leurs projections spatiales, mais elles passent par un processus de traduction des diverses contraintes économiques, techniques, d'exploitation et d'usage dans les projets.

> « Si les représentations des concepteurs sont logiquement très influentes dans le processus de production, elles ne se concrétisent pas directement sur l'espace matériel, mais passent à travers un véritable processus de traduction lors duquel elles doivent composer à la fois avec les réalités matérielles de l'espace à aménager, les contraintes imposées par les logiques économiques ou institutionnelles et l'influence des représentations d'autres acteurs, notamment celles des destinataires du projet (Adam 2013b ; Adam et Laffont 2014). Le projet urbain naît du résultat de la rencontre de ces différentes représentations, autant qu'il les façonne à son tour. En un mot : il les médiatise. » (Adam, 2016, p. 165).

L'intégration des SE permet notamment de créer des moments d'échanges entre les acteurs et de confronter leurs différentes visions autour des préoccupations d'exploitation des objets techniques. La question qui reste posée est : est-ce que l'intégration des objets techniques et leurs préoccupations d'exploitation contribuent à la reconfiguration du travail à distance des architectes et des ingénieurs au sein des projets ?

4.3 La permanente séparation des tâches entre la conception énergétique et spatiale

4.3.1 Il existe des interactions dans le cas de certaines controverses

D'après notre enquête, il y a eu très peu de relations entre les architectes et les ingénieurs pendant le développement du projet NCU. Le schéma suivant résume l'organisation des deux collectifs de

conception énergétique et spatiale. Le collectif de conception énergétique composé de DSB, Ingerop, Greenaffair et d'UrbanEra a été rejoint par divers BET intervenus ponctuellement pour la réalisation de quelques expertises énergétiques (Burgeap, Aveltys, E-nergy, Embix). La conception spatiale a, quant à elle, été portée par l'architecte coordonnateur F. Leclercq et Associés et UrbanEra avec plusieurs agences d'architecture qui sont intervenues ponctuellement dans la conception de certains lots en plus de F. Leclercq et Associés : les agences OXOArchitecte et associés, Béchu et Associés, a+samueldelmas Architectes et Randja Architectes.

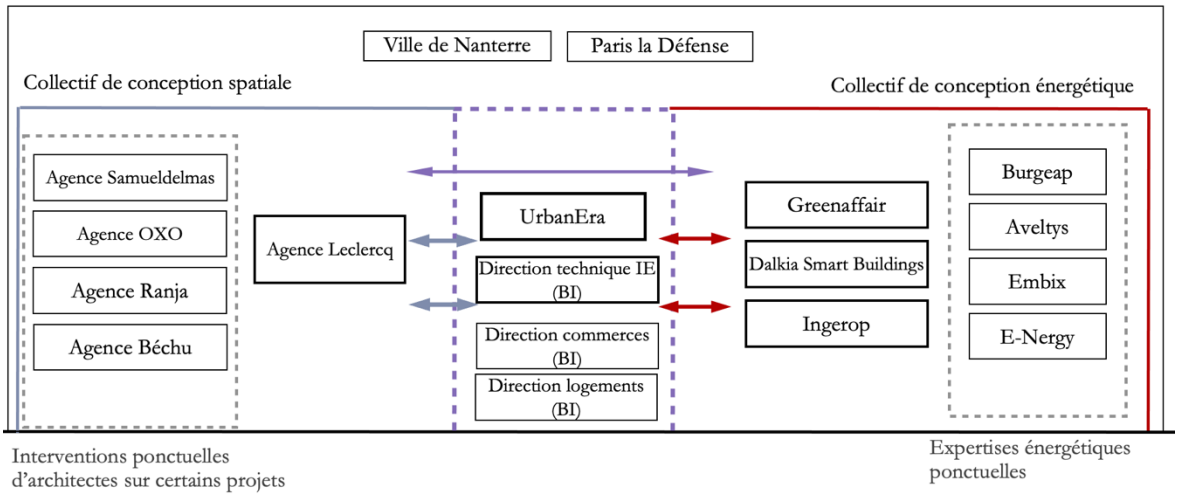

Figure 3. 18. Organisation de la conception spatiale et énergétique du projet NCU. Réalisation personnelle.

L'intégration d'une pluralité d'objets techniques avec tous les enjeux d'exploitation spatiale que cela amène comme l'accès, le dimensionnement, l'organisation des locaux techniques et espaces recevant ces objets n'a pas remis en cause cette organisation séparée. Les architectes interrogés nous expliquent qu'il y a des réunions avec les ingénieurs seulement en cas de problème. L'essentiel des réunions réalisées concernaient ainsi l'aménagement des édicules techniques sur les toitures du lot 6 et 4 qui devaient concilier différents usages après la bifurcation de la solution énergétique « … On est qu'on est convié aux réunions quand c'est un sujet compliqué, en général ils nous appellent quand ils ont besoin de nous, les principales réunions qu'on fait c'est sur les édicules techniques. » (Architecte, Leclercq Associés, le 11/02/2019). En effet, la conception se réalise toujours suivant une séparation des tâches et une séquentialité des activités des ingénieurs et des architectes du projet. Ainsi, les objets de l'énergie et leurs préoccupations d'intégration spatiale et d'exploitation font souvent l'objet de prescriptions réalisées par les ingénieurs qui sont ensuite intégrées par les architectes. De plus, nous avons vu que la localisation des objets techniques se réalise également par la direction technique du promoteur et des BET énergie. Après le passage d'une solution énergétique décentralisée à mixte, c'est les ingénieurs qui ont localisé les nouveaux artefacts énergétiques et ont, par la suite, transmis leurs impératifs d'exploitation spatiale de ces objets (dimension des locaux, accès, etc.) aux architectes. S'il y a eu quelques échanges entre les acteurs autour de ces actants pendant la phase concours (voir chapitre 2), les logiques

« traditionnelles » de conception ont repris le dessus (Debizet et Henry, 2009 ; Midler et Ben Mahmoud Jouini, 1996).

En outre, Le travail des architectes est également mobilisé par les ingénieurs pour affiner leurs solutions techniques (voir partie 4.3.2). L'intervention des exploitants comme Avelys ou DSB n'a pas changé les méthodes de travail des acteurs. Les architectes interrogés nous expliquent qu'ils n'ont eu aucun échange avec ces acteurs. Comme expliqué dans le chapitre 2, la plupart des ingénieurs interrogés (Burgeap et E-nergy) affirment que les interactions avec les architectes autour des objets techniques se réalisent souvent très en amont du projet avant que l'architecture ne soit figée. Par la suite, les deux activités se réalisent de manière séparée et séquentielle car ce sont des sujets *moins structurants* qui sont discutés.

4.3.2 La mise en relation de la conception technique et spatiale se réalise à travers les objets intermédiaires

La communication entre les acteurs de la conception spatiale et énergétique autour des objets techniques et de leurs enjeux d'exploitation associés se réalise à travers les objets intermédiaires. En effet, pour analyser l'intégration spatiale de ces équipements dans les espaces du projet, nous nous sommes appuyés sur les plans d'architectes réalisés dans le projet (voir les figures 3.15). Mais surtout nous nous sommes appuyés sur les plans techniques réalisés par l'énergéticien Dalkia (figure 3.10 et 3.9). En effet, si les plans d'architecture intègrent les différents impératifs des objets techniques (l'accessibilité, la sécurité incendie, etc.), il est rare que les équipements techniques soient représentés graphiquement dans ces documents et ceci dans les différentes étapes du projet APS, APD, PRO ou DCE[187]. Ce sont ainsi les plans techniques de DSB qui reprennent les documents graphiques des architectes pour désigner plus en détail les impératifs techniques et d'usage des SE. La figure 3.14, par exemple, présente un extrait travaillé du plan technique de la toiture du lot 6, réalisé par l'énergéticien Dalkia. Elle présente ainsi les SE posés sur la toiture du lot 4 appartenant à l'acquéreur de cet immeuble et qui vont être exploités par Dalkia Smart Building[188]. Ces schémas sont également accompagnés de détails de leur exploitation concernant les opérations de maintenance préventive[189], les opérations de maintenance curative et les opérations de Gros Entretien Renouvellement. Il y a, ce faisant, une mobilisation des plans d'architecture par les ingénieurs pour réaliser un travail de traduction de la solution technique et de ses impératifs. En retour, les contraintes spatiales et fonctionnelles ont contribué à réadapter la solution technique du projet. Cette dernière s'affine et s'enrichit se confrontant ainsi à la spatialité du projet.

[187] Mis à part les PV dans certains cas.
[188] Il présente quelques équipements techniques positionnés sur le projet. Il montre également l'arrivée de l'huile de colza qui traverse les parkings au sous-sol et les commerces au RDC pour arriver à la terrasse, nous notons aussi l'arrivée du gaz en façade.
[189] Visites mensuelles pour la production d'ECS (Traitement eau, analyses, débits et pressions…) et visites trimestrielles ; contrôle des petits équipements (des pompes, armoires électriques, compteurs…) et visites annuelles ; contrôle et bon fonctionnement des gros équipements (pompes à chaleur, drys, cogénérations…).

En somme, cette analyse nous montre que l'intégration d'une variété d'objets techniques a fortement impacté la conception spatiale. Ces objets jouent ainsi le rôle d'actants, en portant en eux des impératifs de conception et d'exploitation (à l'exemple de leur localisation spatiale), ce qui impacte l'activité des acteurs. L'intégration des objets de l'énergie n'a cependant pas contribué à rapprocher les acteurs pour dépasser le schéma traditionnel de la conception, et ceci malgré le fait que ces objets soulèvent divers impératifs d'exploitation spatiale comme leur localisation spatiale, le dimensionnement des locaux les recevant ; ou encore la prévention des nuisances visuelles, sonores ou olfactives que ces objets peuvent amener. La conception énergétique et spatiale se sont toujours déroulées selon la répartition traditionnelle des tâches entre les acteurs. La relation entre ces deux activités se réalisent à travers des objets intermédiaires.

5 De la gestion des bâtiments à l'exploitation des systèmes énergétiques à l'échelle du quartier

Nous présenterons dans cette partie les difficultés rencontrées par les acteurs pendant la mise en chantier du projet NCU ainsi que les apprentissages réalisés sur ce projet. Dans un premier temps, nous présenterons les difficultés rencontrées pendant la réalisation puis la mise en service des systèmes énergétiques à NCU en 2018-2019. Nous réaliserons un éclairage de la mise en service des SE au sein du projet Clichy-Batignolles. Nous nous appuyons, ce faisant, sur les quelques entretiens réalisés sur ce projet, le monitoring énergétique d'Embix sur le projet (Morlot et al., 2018) et la thèse de C. Tradieu (2015) qui consacre un chapitre à ce dernier. (5.1). Dans un second temps, nous allons nous intéresser au métier de l'entreprise Aveltys qui intervient sur l'exploitation de grands immeubles de bureaux. En effet, cet acteur présente un tiers de confiance qui intervient sur les différentes phases des projets (conception, réalisation, commissioning et exploitation) pour organiser l'intégration des systèmes énergétiques et leurs enjeux d'exploitation. C'est ainsi, à partir des différents enseignements sur les quartiers durables, et en s'inspirant du modèle économique de l'entreprise Aveltys à l'échelle de l'immobilier d'entreprise, que le promoteur Bouygues Immobilier va tenter de faire évoluer ses pratiques sur la prise en charge des enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques à l'échelle du quartier (5.2).

5.1 L'enjeu du commissioning et du suivi des consommations pour maîtriser l'exploitation

5.1.1 Les artefacts énergétiques qui mettent en avant divers sujets d'exécution en phase chantier

La phase de chantier de la tranche 1 a démarré en décembre 2016 et celle de la tranche 2 et 3 en mai 2017. Comme expliqué précédemment, le promoteur a réalisé un marché de travaux avec l'énergéticien pour la réalisation des installations énergétiques. Si Ingerop a été chargé du suivi du travail de conception de DSB pendant la conception, c'est le BET E-nergy qui a été chargé du suivi de la réalisation de la solution énergétique sur chantier. Embix s'occupe du suivi du travail de

DSB, en matière de mise en œuvre des Smart Grids et du suivi de la performance énergétique du projet.

D'après les acteurs, le chantier était très complexe car le projet présentait une imbrication entre les différents lots, les fondations, les terrassements, les installations de chantier, les sondes géothermiques et des éléments nécessaires pour répondre aux contraintes de présence des réseaux de transport RATP à côté du projet. Le forage des 90 sondes géothermiques à 150m était réalisé conjointement avec le forage des fondations[190]. A la suite de la réalisation du gros œuvre du projet, les espaces publics et les allées ont été rétrocédés à l'aménageur Paris la Défense (figure 3.19).

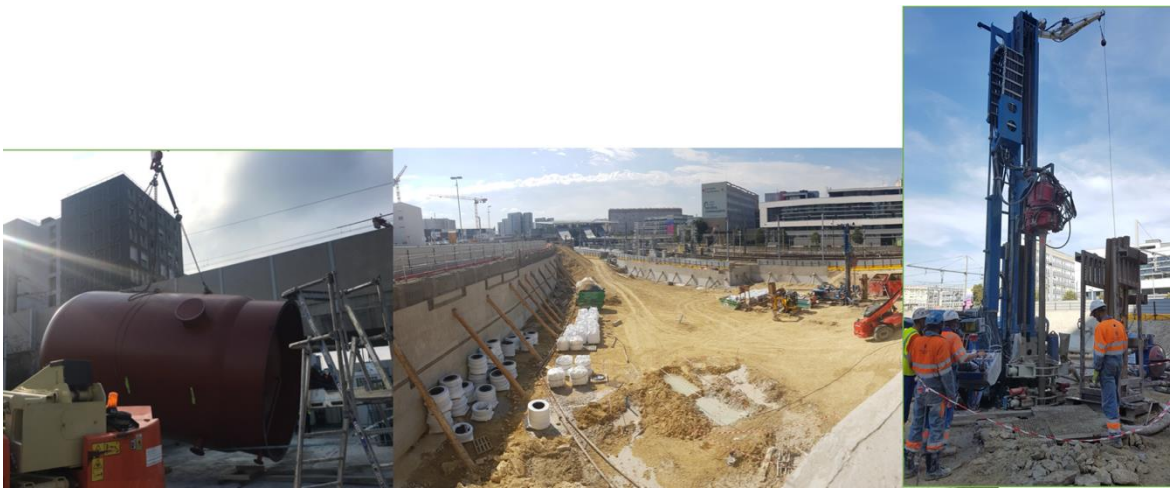

Figure 3. 19. Photos du début du chantier en 2016. De gauche à droite : les cuves de Colza, la préparation du terrain pour le champ de sondes et un appareil de forage des sondes. Sources : photos prises par UrbanEra.

En fin de l'année 2018, lors de la mise en fonctionnement des cogénérations à l'huile végétale sur les toits, des problèmes d'ordre techniques se sont posés. En effet, l'huile végétale étant caractérisée par une forte viscosité n'arrivait pas à remonter du deuxième sous-sol (lieu de stockage de l'huile) jusqu'au neuvième niveau (la terrasse des bâtiments). Des pompes plus puissantes et plus performantes que prévu initialement ont dû être installées pour faire remonter l'huile du sous-sol vers le toit. Par la suite, la chaleur produite sur le toit redescend pour alimenter les différents niveaux des bureaux. Cette question a été tellement problématique et Dalkia SB, n'ayant pas l'habitude de travailler avec ces systèmes très pointus, a fait appel à un AMO énergie spécialisé dans l'Huile végétale pour dimensionner l'isolation des canalisations en vue de faciliter la remontée de l'huile. D'après l'ingénieur interrogé au sein de l'institut de l'huile végétale, DSB a fait appel à eux très tard dans le projet[191] ce qui restreint fortement leur capacité d'action concernant la mise en œuvre des artefacts énergétiques.

> « Il y a des problématiques de conception qui amènent à des problématiques de dimensionnement. Il y avait 500ml de tubulure de DN40 qui allait acheminer l'huile de R-2 à

[190] Toutes les sondes géothermiques sont connectées à un local technique où se trouve le TFP (voir plan sous-sol).

[191] Il n'est arrivé qu'en décembre 2018 sur le projet, soit un an et demi après le début du chantier.

> R+9 et il n'y avait pas une once de traçage ou de calorifugeage. Autrement dit la problématique de l'huile c'est qu'elle a une viscosité 10 fois plus importante que celle du gazole. Si la température baisse, la viscosité monte et donc la pompe aura du mal à pousser l'huile vers le haut. Et quand on a des tuyauteries qui font 33m de haut et qu'on pousse l'huile de colza, ça n'arrive jamais. L'une des missions complémentaires qui nous a été demandé par Dalkia c'est de les aider à dimensionner le calorifugeage et le traçage des canalisations pour éviter ces phénomènes... On a été intégré très tard dans le projet…Et si je n'interviens pas en amont je l'ai très clairement, je ne peux pas être garant des cogés. » (Directeur de l'institut de l'huile végétale, 12/03/2019).

Il faut également noter que tout le long de notre enquête, nous avons eu plusieurs retours sur la complexité d'exploitation des systèmes de cogénération. En effet, leur réglage a été décrit comme complexe et peu maîtrisé par les mainteneurs « Les cogé, c'est un peu galère, de plus, les mainteneurs des immeubles ne savent pas bien les régler. ». Ces objets techniques font ainsi émerger plusieurs préoccupations d'exploitation qui impactent les méthodes et manières de faire des acteurs au sein des projets. Pourtant, malgré ces retours négatifs, ces objets sont souvent mobilisés dans les projets, comme le cas de NCU, pour répondre aux objectifs élevés en terme de production d'EnR.

La réalisation des PV n'a pas non plus été sans problèmes. Pendant notre enquête, l'architecte du lot 6, qui était également en train de suivre le chantier du bâtiment à ce moment-là, nous explique qu'il est en train de résoudre un problème dans la mise en œuvre des panneaux solaires. En effet, la hauteur de l'édicule technique dépasse la hauteur autorisée par le PLU de la ville de Nanterre et il faut donc trouver une solution pour abaisser sa hauteur. D'après l'architecte, cette complexité s'explique par le non-respect des études par l'entreprise de réalisation. « On a juste un édicule technique qui a une couverture en PV et l'entreprise s'est plantée, non seulement il dépasse le PLU [en hauteur], en plus on n'a plus la cohérence avec les éléments architecturaux. On est en train de regarder pour voir comment gérer le problème. » (Architecte, Leclercq Associés, le 11/02/2019). D'un autre côté, un ingénieur au sein de DSB nous explique que cette complexité de mise en œuvre des SE s'explique par la faible définition des détails techniques d'exécutions par les architectes. Notons par ailleurs que comme la canopée de Béchu a fait l'objet d'une attention particulière pendant sa conception, elle n'a pas posé de problèmes en phase de réalisation.

> « La canopée du lot 4 on n'a pas trop de souci, on s'en sort bien. Là où on a beaucoup de difficultés actuellement, c'est l'autre bâtiment [lot 6]. L'architecte a imaginé une planéité totale. On a eu plein d'aléas dans les dimensionnements des systèmes de fixation des photovoltaïques, la mise en place des sujétions pour l'acoustique des drys adiabatiques, parfois ça ne match pas parfaitement. C'est souvent survolé en phase conception. Après on fait les études d'EXE, on se rend compte que ça ne match pas et on se retrouve avec des difficultés. C'est très compliqué en termes d'intégration architecturale. » (Ancien Directeur Technique et Innovation, Dalkia Smart Building, 20/02/2020).

Si les architectes et les ingénieurs/exploitants se renvoient la balle concernant ces détails d'exécutions, rajoutons également que les complexités qui surviennent en phase chantier s'expliquent par la fragmentation des expertises de ces acteurs. En effet, l'intégration des artefacts énergétiques suit toujours un schéma linaire sans forcément avoir d'interactions entre les acteurs

de la conception, la réalisation et de l'exploitation. Cette fragmentation des métiers revient ainsi souvent comme l'un des freins de la performance énergétique.

> « Un des drames de la filière immobilière, construction-bâtiments, c'est que vous n'avez pas les mêmes acteurs qui sont en projet et en exploitation. Et même si c'est les mêmes acteurs, ce n'est pas les mêmes compétences, il n'y a pas de suivi … La performance des bâtiments a énormément évolué, mais il y a toujours des sujets très mal maîtrisés, parce qu'hier ce n'était pas un sujet et aujourd'hui ça devient problématique. Par exemple, tout ce qui est la consommation de veille des équipements électroniques, si vous êtes sur un bâtiment qui consomme 12kwh/an, si vous vous trompez de 1, 2 ou 4 kWh, c'est un drame car ça devient vite 20 à 25% de la consommation. C'est des choses très mal maîtrisées. Il y a un sujet de clivage projet-exploitation. » (Président, Aveltys, 09/04/2019).

Concernant les Smart grids du projet, Embix réalise une instrumentation des logements et des commerces pour récupérer les consommations électriques et suivre ainsi la performance de ces bâtiments. Pour des raisons de confidentialité de ces informations dans le cas des logements, la récupération des données se fait par groupe de bâtiments. Lors d'une réunion avec UrbanEra et Embix à laquelle nous avons pu assister, les ingénieurs d'Embix nous expliquaient toute la complexité et la lourdeur du processus de récupération de ces données numériques. Ils proposaient par exemple de supprimer des compteurs dans les logements de la tranche 1 (lot 7 et 8) du projet car ces logements étaient déjà équipés de compteurs pour la domotique (exploités grâce à une application appelée Flexhome). L'objectif est ainsi de mutualiser les compteurs pour la domotique et la récupération des données de consommations. Dans le cas des bureaux, Aveltys faisait le même travail qu'Embix pour récupérer les données mais cette fois ci grâce aux systèmes de GTB installés dans ces bâtiments. Précisons au passage qu'Avetys ne gère pas les systèmes techniques des Green Offices à NCU car c'est le rôle de DSB, cependant ils s'occupent de veiller à la possibilité de déconnexion de ces bâtiments. Concrètement, les tableaux électriques des logements et commerces et les GTB seront ainsi connectés par un câble Ethernet jusqu'au local fibre installée soit au RDC ou au sous-sol de chaque lot. Ces données sont, par la suite, transmises à Dalkia pour le suivi des consommations. D'après notre enquête, un des retours d'expérience très concrets réalisé à NCU relève de la nécessité d'alléger l'architecture filaire pour la récupération des données de consommation des habitants. On verra dans le chapitre suivant que l'entreprise Embix va notamment beaucoup évoluer sur ce sujet au sein du projet Sollys.

> « Sur Nanterre, la remontée d'informations dont nous avons besoin pour bien nous assurer que tout cela fonctionne bien est encore trop lourde à mettre en œuvre. Par exemple, on est encore en train de se battre, à quelques jours des premières livraisons sur l'obtention de la fibre pour remonter de l'information qui permettra de s'assurer de la tenue de la performance…. Nanterre nous a donc servi, entre autres, sur cette partie numérique… je pense qu'on les travaille un peu mieux aujourd'hui. » (Directeur d'Embix, 19/06/2020).

Par ailleurs, notons que ces séquences d'intégration technico-architecturale des PV, des cogénérations et des Smart grids à NCU sont de bons exemples de la continuité de la conception en phase chantier. En effet, les BET énergie et les architectes continuent à dimensionner l'isolation des canalisations de l'huile de colza ou encore à penser à l'intégration des PV mêle en phase chantier. Ceci est également le cas pour l'architecture filaire de récupération des données qui

se faisait en même temps que la réalisation du gros œuvre du projet. Ce résultat rejoint notamment certains travaux qui affirment que la conception urbaine continue jusqu'aux phases très avancées de l'exécution (Blanchard et Miot, 2017). En somme, en plus de la complexité de réaliser des projets en milieux denses et très contraints par le programme et les délais, l'intégration de divers objets techniques rajoute plusieurs préoccupations concernant leur mise en œuvra et exploitation. La phase chantier se révèle, de ce fait, en faisant le pont entre la conception et l'exploitation des objets techniques, une étape charnière pour l'intégration des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques. La partie suivante présente les apprentissages du retour d'expérience de l'exploitation du projet Clichy-Batignolles qui met notamment l'accent sur cette étape chantier et sur le métier de commissioning énergétique.

5.1.2 Les apprentissages du commissioning énergétique à Clichy-Batignolles

En parallèle à la phase chantier du projet NCU (2016-2021), un monitoring énergétique a été réalisé par l'Ademe, Embix, et Fidal (2018) sur le projet Clichy-Batignolles, entre 2016 et 2019, pour tenter de comprendre la cause des dysfonctionnements des systèmes techniques dans ce projet. En effet, après la livraison du projet, le système géothermique a dysfonctionné causant ainsi des coupures de chauffage et d'ECS pendant plusieurs mois. D'après l'étude, ces dysfonctionnements s'expliquent par les températures des retours de l'eau chaude sanitaire des bâtiments qui étaient très élevées, ce qui a engendré des dysfonctionnements des pompes à chaleur. Concernant l'électricité, l'étude montre que la surface des panneaux photovoltaïques installés est inférieure aux objectifs fixés pour plusieurs raisons et notamment la disponibilité des toitures[192]. En effet, les surfaces des toitures ont parfois été occupées par d'autres usages que les panneaux : terrasses accessibles, espaces verts, toitures modernes et mal orientées, etc. De plus, certains PV ont été installées par les promoteurs mais n'ont pas été miss en service après la livraison des bâtiments. Ce qui est dû essentiellement, d'après notre enquête, à la longueur des démarches de raccordement au réseau électrique. Notons par ailleurs que, face à cette problématique d'exploitation des panneaux solaires, l'aménageur P&MA a lancé depuis 2010 une filiale dédiée au développement du photovoltaïque à Paris appelée Solarvip. Cette entreprise a par la suite été mobilisée pour la gestion des installations au sein de la ZAC Clichy-Batignolles.

D'après l'étude de l'ADEME et al (2018), les dysfonctionnements rencontrés à Clichy-Batignolles sont liés à trois sujets : « la qualité des prescriptions des cahiers des charges pour la réalisation des raccordements en sous-station ; la mise en service des installations (paramétrage initial) ; l'exploitation des réseaux secondaires (température de retour) » (Morlot et al., 2018, p.35). En effet, dans un premier temps, les cahiers des charges pour les entreprises n'étaient pas assez précis concernant les conditions d'exploitation des systèmes ce qui engendre des défauts de mise en œuvre de ces objets. Dans la continuité de ce premier point, l'étude montre qu'il y a eu une

[192] En effet, il y a une obligation forte de départ pour intégrer une forte part de modules photovoltaïques pour tous les lots avec un objectif de produire chaque année 4,5 GWh d'électricité (40 % de la consommation d'électricité du projet).

mauvaise mise en œuvre et réglage des systèmes techniques. Cette phase de mise en service des systèmes, appelée également commissionning, se révèle ainsi comme primordiale dans le cadre de l'intégration des systèmes énergétiques. Enfin, la troisième explication concerne la mauvaise exploitation des systèmes sur le long terme. En effet, les exploitants ont tendance à suivre les pratiques habituelles d'exploitation des systèmes alimentant des réseaux de chaleur. Un ingénieur chez Embix nous explique que « les exploitants exploitent les installations de chauffage pour que les habitants et les entreprises n'aient pas froid et ne se plaignent pas mais pas pour que le réseau marche bien. Il n'y a pas d'incitations, le bailleur, la copro ou l'entreprise ne savent pas qu'il faut que la température de retour soit la plus faible possible pour que tout fonctionne bien. L'exploitant à un contrat classique où il n'est pas incité à faire attention à cet aspect-là et donc ne le fait pas car il ne le sait même pas. » (27/02/2020). La filière de l'exploitation est décrite par les acteurs interrogés (Embix, Aveltys, DSB) comme peu valorisée, n'attirant pas les jeunes et surtout manquant de compétences sur certains sujets pointus. De plus, elle est essentiellement guidée par une logique de maîtrise/réduction des coûts de fonctionnement. Un enjeu de revalorisation de cette filière est également à penser d'après ces derniers et ceci notamment dans le contexte actuel qui est amené à intégrer de plus en plus d'artefacts énergétiques.

> « Et puis il y a un sujet de montée en compétences de cette filière, qui a du mal à se renouveler, à séduire les jeunes… On a des compétences qui ne sont pas au niveau de ce qui est attendu, si en plus vous rajoutez des décideurs qui ne sont pas ceux qui payent et qui définissent la qualité de service. Souvent, on a une incompréhension car l'ensemble des prestataires de services est piloté par le syndic ou le property manager dans une optique essentiellement de coût alors qu'en fait ce n'est pas forcément la demande des utilisateurs. Ces derniers veulent peut-être de la qualité de service, on a un métier qui a du mal à se trouver une valeur ajoutée parce qu'il est tiré vers le bas par le coût, la seule manière de vivre c'est de ne pas remplir ces obligations. Quand vous prenez un contrat à perte, la seule manière de gagner de l'argent c'est de faire l'impasse sur un certain nombre de choses que vous dit le client, du coup le client s'en rend compte, à une appréciation négative, et la fois d'après il dit ils sont tous mauvais, remettre un coût de vise, au moins on ne paiera pas cher. Vous avez une filière qui se paupérise alors que c'est important, la filière pourrait bénéficier du digital en lien avec les utilisateurs, nous à notre petite échelle on y contribue, mais ça ne va pas assez vite. » (Président, Aveltys, 09/04/2019).

En outre, notons qu'un des apprentissages les plus importants réalisés dans le projet Clichy-Batignolles est ainsi l'importance du recours au commissioning des artefacts énergétiques pour dépasser la fragmentation des métiers entre la conception et l'exploitation. Avant d'aller plus loin attardons nous donc sur cette activité.

Le commissioning est défini comme « une démarche de de vérification et de validation des installations dont l'objectif est d'assurer la qualité fonctionnelle des bâtiments, une réduction des dépenses énergétiques pour contribuer à la lutte contre le réchauffement climatique et à l'amélioration du confort des usagers. » (Beddiar, Grellier et Woods, 2019, p.162). Ce terme vient de la construction navale aux États-Unis, un navire est par exemple dans l'obligation de passer par ce processus avant sa mise en service. Cette démarche est ensuite adoptée dans plusieurs pays anglo-saxons et au Japan dans le secteur du bâtiment. Elle se propage en France à partir des années 2000 notamment dans les bâtiments non résidentiels. Plusieurs entreprises commencent

ainsi à l'inclure, la considérant comme « un processus intensif d'assurance de la qualité »[193]. Les installations concernées sont tous les systèmes intégrés dans les bâtiments : production d'énergies renouvelables, chauffage, climatisation, ventilation, eau chaude sanitaire, éclairage, contrôle des automatismes, gestion technique du bâtiment, ascenseurs, chambres froides et cuisines. Dans certains cas, l'enveloppe des bâtiments est également intégrée. A l'instar du cas du diagnostic DPE, ces prestations sont devenues un nouveau métier de plus en plus demandé dans la fabrique urbaine durable. Certains labels comme le LEED ou le BREEM imposent même de réaliser des prestations de commissioning. Notons également que plusieurs métiers émergent aujourd'hui dans la ville. Si le plus développé est celui de commissioning, nous pouvons retrouver également d'autres métiers comme *l'energy manager*, le *facility manager* ou encore l'ingénieur énergéticien pour la gestion de l'énergie. Au-delà des questions énergétiques, d'autres métiers émergent également autour des sujets des bâtiments intelligents comme les conseillers en exploitation des bâtiments intelligents, les ingénieurs en bâtiments connectés, en automatise et supervision ou encore en Software (Beddiar, Grellier et Woods, 2019).

L'éclairage du projet de Clicy Batignolles est intéréssant car il a constitué un levier d'apprentissage important pour les acteurs de Bouygues Immobilier, UrbanEra et Embix. En effet, même si Bouygues Immobilier n'a pas été très présent dans le projet Clichy-Batignolles (sauf sur le Green Office Enjoy réalisé par Bouygues), la paricipation de ces filiales (Embix en phase de monitoring) et de ses partenaires (BET Tribu en phase conception) au projet a fortement contribué à la circulation des enseignements et des apprentissages entre les deux projets. En effet, la circulation des acteurs entre les projets contribue à la diffusion des enseignements et des apprentissages autour des objets techniques (La Branche, 2014 ; Verhage et Leroy, 2014). Au-delà de l'apprentissage de Bouygues Immobilier et ses filiales, notons également les apprentissages des bureaux d'études ou encore des entreprises d'énergie ou d'exploitation comme DSB sur l'intégration des artefacts énergétiques dans les projets.

Enfin, l'analyse des projets NCU et Clichy-Batignolles montre l'importance d'une logique globale sur les questions énergétiques avec un acteur spécialisé sur ces enjeux qui doit être présent sur toutes les étapes des projets pour cadrer l'intégration des objets techniques et leurs préoccupations d'exploitation associées. Ces prestations d'ensembliers intégrant notamment des missions de commissioning sont proposées par l'entreprise Aveltys à l'échelle de l'immobilier d'entreprise. En effet, cet acteur constitue un ensemblier sur les questions énergétiques à l'échelle de ces bâtiments et propose même une garantie de toutes les charges locatives et notamment les charges énergétiques. Au-delà des apprentissages sur les quartiers durables, Bouygues Immobilier va beaucoup s'inspirer de cette filiale pour développer son activité à l'échelle des quartiers. Nous allons donc nous intéresser dans la partie suivante au modèle économique d'Aveltys pour comprendre les enseignements que vont tirer les acteurs à cette échelle.

[193] « Le commissioning, une pratique balbutiante mais prometteuse », Le Moniteur, 31/01/2013.

5.2 De l'exploitation des bâtiments à l'exploitation énergétique des quartiers. De Aveltys à Embix

Aveltys est une *join venture* créée en 2012 entre Schneider Electric et Bouygues Immobilier. Cette entreprise a été créée au départ dans l'objectif de la conception et de mise en œuvre de Contrats de Performance Énergétique[194] garanties pour les immeubles de bureaux. Le communiqué de presse, du 22 mai 2012 relatif à la création de cette filiale, explique ainsi l'importance de la mise en commun des compétences de Schneider Electric et Bouygues Immobilier pour proposer ces services :

> « En associant les compétences reconnues de Bouygues Immobilier dans la conception et la promotion de projets immobiliers à haute performance énergétique et celles de Schneider Electric dans la gestion de l'énergie et dans la fourniture de solutions d'optimisation énergétique, Aveltys se positionne comme un expert de la performance énergétique et de la valorisation de parcs immobiliers sur le marché du tertiaire en France. Elle permettra ainsi aux investisseurs de développer et pérenniser la valeur verte de leurs actifs immobiliers. »[195].

L'activité de l'entreprise s'est élargie par la suite à la garantie de toutes les charges locatives dans les immeubles de bureaux en s'inspirant notamment du métier de *facility manager*, des acteurs qui jouent le rôle d'exploitants dans les bâtiments de bureaux. D'après E. Campaganc, le terme de « facility management » « désigne en général des opérateurs qui se présentent comme des gestionnaires des services généraux et des services supports. Ils relèvent d'un contrat de service qui peut couvrir l'ensemble des activités support de l'entreprise cliente. Ils s'inscrivent dans un processus de re-engineering qui se prolonge par la prise en compte de la prestation d'un service aval » (Campagnac, 2006, p. 16). On peut lire ainsi sur le site internet de l'entreprise: « L'exploitation portée par Aveltys est également l'assurance tant pour les bailleurs que les occupants de posséder un opérateur qui veille à la performance de l'ouvrage et contribue à la transition énergétique et l'atteinte des objectifs inscrits au Décret Tertiaire » [196]. La création de cette filiale permet ainsi au promoteur Bouygues Immobilier de proposer à ses clients un pack de services d'exploitation associés à ses Green Office porté par Aveltys.

Le président de l'entreprise constitue un acteur majeur dans le développement et la promotion de l'activité de cette filiale. Cet acteur est un ancien de Bouygues construction et de Bouygues Immobilier (direction innovation). En effet, ces circulations professionnelles entre les filiales du groupe sont très fréquentes, ce qui contribue à la diffusion des enseignements concernant les enjeux énergétiques et d'exploitation, au sein de Bouygues, ses filiales et ses partenaires.

[194] Conformément à la directive Européenne 2006/32/CE.
[195] Bouygues Immobilier, Schneider Electric, 2012 « Schneider Electric et Bouygues Immobilier créent Aveltys, une joint-venture pour garantir la performance énergétique des immeubles de bureaux », *communiqué de presse*, 2p, 22/05/ 2012.
[196] Site internet de l'entreprise Aveltys, https://www.aveltys.fr/expertises/, (consulté le 06/10/2021).

Encadré 3. 1. Portait de Guillaume Parisot, Président d'Aveltys

Après un diplôme d'ingénieur à l'école supérieure de l'aéronautique et de l'espace en 1998, il rejoint Bouygues Construction en tant que directeur d'audit puis Bouygues Immobilier en 2007. Il occupe des postes de Directeur Gestion et Organisation puis de directeur innovation et enfin celui de directeur de développement. Durant ces huit années, il réalise notamment des missions d'identification d'opportunités de développement de projet d'immobilier tertiaire en Ile-de-France. C'est l'un des acteurs clés qui ont préfiguré les deux *spin-off* Embix et Aveltys avec l'ancien directeur Innovation Christian Grellier et l'ancien directeur général délégué de Bouygues Immobilier Eric Mazoyer. C'est un membre très actif qui communique énormément sur le modèle socio-économique d'Aveltys de la garantie de performance énergétique des bâtiments et plus récemment de garantie des charges locatives dans l'immobilier d'entreprise. Il présente les activités de l'entreprise à Vivatech en 2017 et au Mipim en 2017. En 2021, il participe également à divers webinaires, organisés par Aveltys, sur le sujet de la garantie des charges d'exploitation des bâtiments : « Charges d'exploitation : pour un bâtiment tertiaire qui tient ses promesses »[197] le 30 mars et « Bas carbone, fini les grandes annonces, place à l'engagement » [198] le 18 mai 2021. Pendant ce dernier événement, le président d'Aveltys explique ainsi qu'au-delà de la garantie des charges proposée par cette entreprise, il y a également un ajout de garantie carbone[199] et s'il y a dépassement de ces engagements pendant l'exploitation, c'est Aveltys qui paie le surplus.

Concrètement, Aveltys propose ainsi trois missions : la conception avec la réalisation d'un audit de conception et une prise d'engagements ; la réalisation des installations avec la vérification de la mise en conformité par rapport à la performance demandée ; et, enfin, l'exploitation avec un pilotage du bâtiment dans le cadre d'une garantie des charges d'exploitation (figure 3.20). L'entreprise est composée d'une vingtaine d'employés avec des profils essentiellement d'ingénieurs en énergie, smart grids et ville durable. Nous distinguons 6 responsables qui réalisent des missions d'AMO et 6 responsables qui réalisent des missions de mise en service et de suivi de l'exploitation des services proposés aux Green Offices[200]. En effet, l'entreprise gère aujourd'hui une dizaine de bâtiments (essentiellement des Green Offices en Ile-de-France) avec un chiffre d'affaires de 6M€.

Lors de nos entretiens avec divers acteurs au sein de l'entreprise au sujet des enjeux d'exploitation, on nous explique ainsi l'importance d'arriver en amont pour conseiller la maîtrise d'ouvrage sur des notions de confort dans les bâtiments. Ils expliquent ainsi qu'à défaut de confort thermique

[197] L. Guerrier, T. Molton, G. Parisot., 2021, « Charges d'exploitation : pour un bâtiment tertiaire qui tient ses promesses », *Webinaire organisé par Aveltys*, 30/03/21, https://www.youtube.com/watch?v=7aWF7idLo6U

[198] C. de Perthus, G. Parisot, C. Rodriguez., 2021 , « Bas carbone, fini les grandes annonces, place à l'engagement », *Webinaire organisé par Aveltys*, 18/05/21, https://www.youtube.com/watch?v=ptygKZDyr_c

199 Voir la page « Après la Garantie de Charges, AVELTYS lance la Garantie Carbone », https://www.aveltys.fr/garantie-carbone-by-aveltys/, (consultée le 06/10/2021).

[200] Autour de ce noyau se constituent d'autres postes comme les : la communication et le marketing, l'innovation, le développement des partenariats, l'administration et la finance, le commerciale et grands comptes et les responsables administratifs.

dans les plateaux de bureaux, il y aura forcément une surconsommation d'énergie. La contractualisation énergétique de cet acteur se fait ainsi en réalisant des consignes d'usage proches de la réalité des pratiques des occupants. Par la suite, les acteurs interrogés insistent sur l'importance de la réalisation de missions de commisioning en chantier pour la mise en service des objets techniques intégrés, condition primordiale pour la bonne exploitation des systèmes. Contractuellement, l'entreprise signe un contrat de building management avec garantie avec le propriétaire et impose des conditions d'usages pour l'occupant du bâtiment. Le contrat se réalise sur une durée de 9 ou 12 ans avec une possibilité de sortie chaque 3 ans. Pendant l'exploitation, si le bilan énergétique du projet dépasse le cahier des charges, c'est Aveltys qui prend en charge le surcoût. Si le bilan est inférieur au cahier des charges, les économies sont partagées en deux entre Aveltys et le client. Le président d'Aveltys nous explique qu'il n'y a pas vraiment d'acteurs aujourd'hui qui réalisent ces missions de garantie de charge. En effet, même si les missions de ces acteurs se rapprocheraient du travail d'un *facility* manager qui s'occupe de la maîtrise des charges d'exploitation dans les bureaux, Aveltys se distingue de ces derniers en ne prenant pas d'engagements sur les résultats. D'après ce dernier, certains mainteneurs peuvent également proposer des contrats de performance énergétique (CPE). Toutefois, ce qui est reproché à ces contrats c'est qu'ils sont peu flexibles et en plus ils commencent souvent un an après la livraison du bâtiment, ce qui ne motive pas les usagers à faire attention à leurs pratiques énergétiques dès les premiers jours.

> « Il n'y a personne qui propose une offre commerciale de garantir les charges, mais il y a beaucoup d'acteurs qui font des choses assez proches. Normalement la maîtrise des charges locatives c'est un sujet du property manager qui est l'équivalent du syndic en logement. Il le fait plus ou moins bien, en tout cas ils ne prendront pas d'engagements de résultats dessus. À contrario il y a les mainteneurs qui peuvent prendre des contrats de performance énergétique (CPE). Les CPE, dans l'idée c'est très bien, dans la mise en œuvre pratique, souvent il y a un certain nombre de problèmes. Le premier c'est que c'est une traduction du droit européen, tel qu'il est écrit c'est plus adapté au secteur public que privé. Le 2ème point c'est que le CPE démarre souvent au bout d'un an. C'est terrible car cela veut dire que l'interlocuteur n'a aucun intérêt à faire des efforts la 1ère année. Nous on prend l'engagement dès le 1er jour sur la base de modélisations théoriques du bâtiment qu'on a validé et on ne veut pas de cette année probatoire. Le dernier point est que ce contrat est peu flexible, si les usages changent, on peut sortir rapidement du contexte d'engagement du prestataire qui a pris l'engagement. Et là tout le jeu est de sortir de son engagement, de prouver que le bâtiment n'est pas utilisé conformément à la base de son engagement. On fait un contrat très flexible et qui peut s'adapter contractuellement. On peut changer les températures de consigne, les plages horaires, la densité d'utilisation, les changements majeurs sont pris dans le mécanisme de garantie… La différence c'est que nous on n'est pas sur les échelles classiques des prestataires, un prestataire de maintenance va avoir des contrats entre 1 et 3 ans, nous on est sur 3 à 9 ans, avec des portes de sortie à 3 et 6. Et l'idée est d'accompagner dans la durée. Quand vous êtes sur 9 ans, on ne peut pas tricher, de toute façon ce que vous ne faites pas sur une année, on va le payer les années suivantes. Par construction, notre modèle est meilleur que les CPE classiques. » (Président, Aveltys, 09/04/2019).

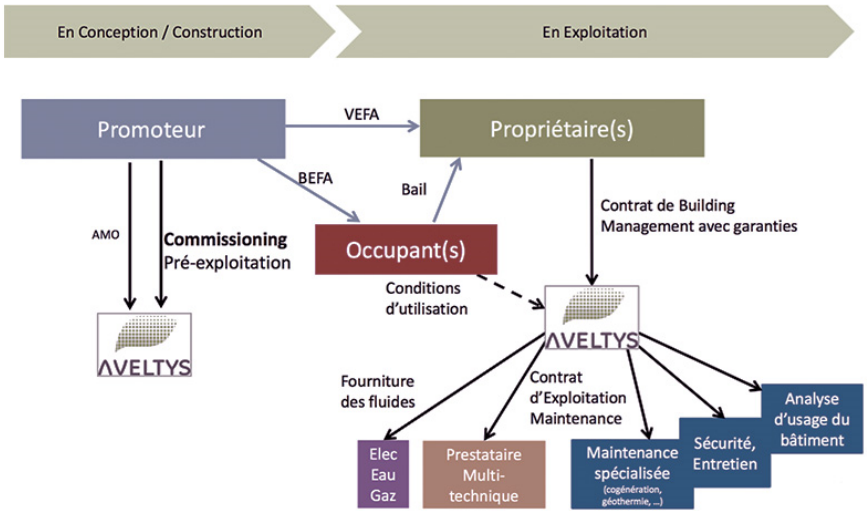

Figure 3. 20. Les activités de l'entreprise Aveltys. Source: Aveltys.

En matière d'exploitation, l'entreprise réalise des contrats d'exploitation-maintenance avec divers prestataires que cela concerne : la gestion des fluides, la sécurité, le nettoyage, l'accueil, la conciergerie, etc. Un important travail est ainsi réalisé par l'entreprise concernant la coordination et la gestion de ces exploitants « On est allé en plus sur les services : de prestataire de sécurité, de nettoyage, d'accueil, de conciergerie, etc. Donc dans nos missions, il n'y a pas que la maintenance, il y a aussi pas mal de pilotage et de gestion des prestataires » (Directeur commissioning et énergie, Aveltys, 22/07/2019).

L'exploitation des artefacts énergétiques peut se réaliser, quant à elle, par un ou plusieurs exploitants. En effet, en cas d'intégration de systèmes sophistiqués comme les cogénérations ou encore les forages géothermiques, l'entreprise fait appel à des exploitants spécialisés. Dans le cas des premiers Green Offices alimentés par ces technologies, les mainteneurs au sein d'Aveltys nous expliquent qu'ils étaient dépendants d'un seul mainteneur de ces systèmes qui est basé en Belgique et que s'il y avait une panne en hiver, il fallait attendre plusieurs jours avant l'arrivée des spécialistes. Bouygues Immobilier a donc fortement incité sa filiale à prendre des fabricants locaux pour la gestion et l'exploitation des cogénérations installées dans leurs produits immobiliers. En effet, la gestion de cette technologie a posé des problèmes sur plusieurs Green Offices, d'où l'importance d'anticiper leur exploitation.

> « On a des exploitants spécialisés qui font de la maintenance des équipements. Initialement les cogés, la maintenance était faite par le constructeur en Belgique Cogengreen… C'était un peu une des limites du système…Vous imaginez bien quand j'ai un problème en plein hiver sur des co-générateurs et que le technicien vient de Belgique. S'il met une semaine à venir, je suis en panne pendant une semaine. Du coup on a changé de fusil d'épaule avec l'aide de Bouygues Immobilier, ça a été une demande forte de leur part également pour reprendre un exploitant plus proche. Il y a aujourd'hui un partenariat entre deux exploitants qui se partagent le marché

> entre le sud de la France et le nord qui sont Cap Générateur et Flipo Richir[201]. » (Directeur commissioning et énergie, Aveltys, 22/07/2019).

Les apprentissages réalisés à partir de cette entreprise constituent des éléments importants pour comprendre la suite de l'activité de Bouygues Immobilier et ses filiales sur l'exploitation. En effet, face aux problématiques rencontrées pendant le développement et la mise en chantier du projet NCU ainsi qu'avec le partenariat compliqué avec l'entreprise DSB, le promoteur Bouygues Immobilier pense de plus en plus à prendre à bras-le-corps les enjeux d'exploitation à l'échelle du quartier. En effet, les objectifs énergétiques deviennent de plus en plus ambitieux dans les projets du promoteur et il est hors de question pour l'entreprise de refaire les mêmes erreurs pendant l'exploitation de ces projets. Au lieu de confier l'exploitation des projets à un exploitant externe, l'enjeu est de s'inspirer de sa filiale Aveltys pour développer une offre de services sur l'exploitation énergétique de ces quartiers. En effet, au-delà de ces qualités d'ensemblier, ce dernier constitue un tiers de confiance dans le projet en étant indépendant des prestataires de maintenance et de services. Cet acteur n'est donc pas contraint par un modèle économique existant imposant l'usage de certaines technologies (comme le cas de DSB sur NCU). Il dispose ainsi d'une certaine neutralité dans l'intégration des préoccupations d'exploitation pendant la conception, la réalisation et l'exploitation des projets. L'objectif des acteurs est donc de s'inspirer de ce modèle pour créer un acteur ensemblier à l'échelle du quartier sur les questions énergétiques et leur exploitation. En effet, c'est ce modèle qu'a essayé de réaliser Embix à NCU sans succès. « Embix était prévu dès le début, on l'a mis dans le cahier des charges, dans les marchés. C'était le début d'Embix, on innovait tout à l'époque, un éco-quartier, une boucle énergétique, Embix. » (Directeur Technique Conception A, IE, Bouygues Immobilier, 16/12/2019), on verra qu'il va jouer un rôle fondamental dans le cas de Sollys, cela constitue l'objet du chapitre suivant.

6 Synthèse

Dans un premier temps, le récit de la conception du projet NCU montre que les préoccupations d'exploitation ont orienté la conception du projet. En effet, il y a eu très vite une négociation des objectifs d'EnR à la baisse pour limiter les factures énergétiques des habitants, engendrant un débordement du cadrage initial construit par la maîtrise d'ouvrage publique. La facture énergétique des habitants et le taux d'EnR ont par la suite été mobilisés par la ville et l'aménageur comme des outils de cadrage de la conception énergétique portée par l'aménageur privé. On passerait ainsi d'une conception encadrée par la performance énergétique (taux d'EnR défini dans le cahier des charges) à une conception encadrée également par les préoccupations d'exploitation de SE (négociés entre les acteurs). En effet, si les préoccupations d'exploitation n'ont pas été intégrées dans le cadre énergétique de la maîtrise d'ouvrage publique, ces enjeux sont fortement portés par ces acteurs pendant le développement du projet en passant par diverses négociations avec les acteurs privés. Le cas de NCU montre que les préoccupations d'exploitation ont été portées par différents acteurs au sein du projet que ce soit l'aménageur privé UrbanEra, l'énergéticien DSB, la ville de Nanterre et l'aménageur Paris la Défense, ou encore les investisseurs immobiliers. Les

[201] Voir le site du fabricant Flipo Richir, https://www.flipo-richir.eu, (consulté le 06/10/2021).

acteurs de la fabrique urbaine se saisissent progressivement de ces enjeux, qui ne sont désormais plus seulement laissés aux exploitants. Le tableau suivant résume l'intégration des enjeux d'exploitation dans le projet phase concours et en phase de conception du projet NCU.

Dans un second temps, nous avons montré que la remontée des demandes des investisseurs immobiliers a impacté la conception énergétique en engendrant un second débordement du cadrage énergétique ainsi qu'une bifurcation des choix techniques. Ces acteurs interviennent ainsi en amont pour contrôler l'exploitation de leurs produits immobiliers. Concrètement, l'intégration des enjeux d'exploitation comme la limitation de la facture énergétique des Green Offices et la volonté d'une autonomie énergétique et infrastructurelle des investisseurs, a engendré un changement des technologies énergétiques mobilisées pour maîtriser le coût global du projet. Cette analyse démontre que le raisonnement en termes d'exploitation impacte fortement les choix de conception des projets.

Tableau 3. 2. Anticipation des préoccupations d'exploitation des artefacts énergétiques dans la phase concours et développement du projet. Réalisation personnelle.

Enjeux d'exploitation des SE	**Phase concours**	**Phase conception**
Gouvernance /contractualisation	• Partenariat avec DSB pour l'exploitation du réseau et avec Embix pour le suivi de la performance • Engagement sur 55% d'EnR tous postes confondus • Suivi des consommations énergétiques avec Embix à l'échelle du quartier • Proposition d'Aveltys pour la garantie de performance des Green Offices	• DSB chargé de l'exploitation du réseau d'eau tempérée sur 27 ans avec une garantie de performance sur 50% d'EnR à l'échelle du quartier sur les postes réglementaires • Embix restreint au suivi du travail de DSB sur les smart grids • Aveltys chargé du suivi du travail de DSB sur les Green Offices
Bilan économique global	• Réduction de la facture énergétique évoquée comme objectif mais pas d'engagements	• Plafonnement de la facture énergie pour les logements et les bureaux • Limitation de l'investissement économique dans l'infrastructure avec le passage à la solution mixte
Usage technique	• Non abordé	• Commissionnement des systèmes énergétiques avec DSB et Embix
Usage spatial	• Positionnement de locaux techniques sur les plans du premier sous-sol	• Négociations autour des locaux techniques pour intégrer les nouveaux systèmes énergétiques de la solution mixte
Usages énergétiques des habitants	• La sensibilisation des habitants est évoquée comme objectif mais pas d'engagements	• Projet de sensibilisation des habitants aux enjeux énergétiques après la livraison

D'autre part, le cas de NCU montre que l'intégration d'un partenaire énergétique en amont pour prévenir les enjeux d'exploitation des SE a eu l'effet inverse de brider la conception (Campagnac,

2017 ; Ross, 2008). En effet, le modèle économique de l'énergéticien, basé sur l'usage de certaines technologies et une extension des réseaux, se confronte à une logique d'opérateur urbain qui souhaite réaliser un quartier « liquide » et ne pas forcément rester le temps de l'exploitation. L'opérateur urbain a fait, ce faisant, appel à divers experts énergétiques pour cadrer le travail de cet acteur. Par ailleurs, en s'intéressant aux motivations de sélection de ces experts par la maîtrise d'ouvrage privée, nous avons montré qu'au-delà du partage de valeurs et d'expériences avec ces acteurs, ils sont de plus en plus sélectionnés par rapport à leur maîtrise des enjeux d'exploitation des SE.

Ensuite, l'analyse a montré que la conception spatiale est fortement impactée par l'intégration des objets de l'énergie, avec des emprises spatiales à réserver à ces derniers ainsi que diverses réoccupations de leur exploitation à anticiper dans les projets. L'analyse montre également l'existence de diverses logiques et postures des acteurs en matière d'intégration de ces objets et leurs préoccupations d'exploitation dans les projets. Leur matérialisation passe conséquemment par diverses négociations et traductions entre les acteurs. Cependant, l'analyse montre que l'intégration des SE et leurs préoccupations d'exploitation n'a pas forcément rapproché les acteurs des activités de conception spatiale et énergétique. Les objets intermédiaires jouent ainsi un rôle de médiation important entre ces deux activités. Enfin, notons que l'analyse du développement du projet NCU constitue un moment d'apprentissage important pour Bouygues Immobilier et ses filiales. En effet, c'est à travers ces expérimentations et les enseignements tirés que ces acteurs vont tenter de faire évoluer leurs pratiques. L'apprentissage le plus important concerne la nécessité d'un acteur ensemblier sur les questions énergétiques pendant les phases de conception, réalisation et exploitation et qui serait également un tiers de confiance au sein du projet.

Après cette synthèse, confrontons nos résultats à nos hypothèses. Notons au préalable que la première hypothèse concernant les motivations des acteurs a été discutée et validée dans le chapitre précédent. Nous avons ainsi démontré que plusieurs motivations de natures communicationnelles et/ou économiques incitaient les opérateurs urbains à prendre en charge ces enjeux au-delà des motivations assurancielles. À travers notre analyse de NCU dans ce chapitre, nous validons également notre seconde hypothèse en ayant montré que l'intégration des enjeux d'exploitation ont orienté les choix de conception dans le projet NCU vers une réduction des ambition d'EnR au profit de la limitation des factures énergétiques des usagers. Nous infirmons cependant notre troisième hypothèse car mis à part quelques rapprochement entre les acteurs lors de certaines controverses dans le projet, le travail des concepteurs des formes urbaines et ceux des questions énergétiques suit toujours la séparation traditionnelle des activités. Enfin, il paraît difficile de trancher pour répondre à notre quatrième hypothèse à ce stade, toutefois nous pouvons dire qu'il y a de plus en plus d'apprentissages qui se constituent chez Bouygues Immobilier, ces filiales et partenaires sur les questions énergétiques et les enjeux d'exploitation (chapitre 6). Le chapitre suivant sera ainsi consacré à l'analyse des effets de l'intégration d'un opérateur de services urbains, créé par le promoteur Bouygues Immobilier à travers sa filiale Embix, sur la conception du projet immobilier Sollys.

Chapitre 4. L'intégration des enjeux d'exploitation par un nouvel opérateur de services urbains. Le cas de Sollys

Nous avons suivi dans le chapitre précédent la prise en compte des préoccupations d'exploitation par l'intervention d'un énergéticien classique dans la conception énergétique du projet NCU. Dans ce chapitre nous allons analyser les effets de l'intégration d'un nouvel acteur appelé « opérateur de services urbains » sur la prise en charge des préoccupations d'exploitation dans la conception énergétique et spatiale du projet Sollys.

Ce chapitre est structuré en quatre parties. Dans un premier temps, nous présenterons le contexte de l'émergence du projet Sollys ainsi que la création de l'opérateur de services urbains sur ce projet. Nous allons voir que la création de cet acteur s'inscrit dans une continuité des démarches d'expérimentation et d'innovation en matière de durabilité aussi bien pour les acteurs de la Confluence que pour l'entreprise Bouygues Immobilier (1). Dans un second temps, nous présenterons la conception du projet Sollys de l'esquisse lancée en 2017 jusqu'à la validation de APD1 début 2019 en l'interrogeant face à l'intégration des enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques. Nous verrons notamment la complexité de la concrétisation des préoccupations d'exploitation en amont du projet face aux fortes ambitions énergétiques du cahier des charges (2). Puis, nous interrogerons les effets de l'intégration des artefacts énergétiques et de leurs préoccupations d'exploitation dans l'activité de conception spatiale du projet Sollys en zoomant sur quelques séquences d'intégration des objets de l'énergie dans le projet. Nous analyserons la relation entre l'activité de conception énergétique et spatiale suite à l'intégration de ces objets (4). Enfin, nous reprendrons l'analyse de la conception après la bifurcation des choix techniques et l'évolution du cadrage énergétique début 2019 jusqu'à la validation de l'APD2 de la solution énergétique début 2020, en interrogeant notamment les raisons de ces débordements. Nous démonterons ainsi les effets importants de la prise en compte des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques sur la conception et ceci même à des phases avancées des projets (3).

1 De la production locale d'énergie à la création d'un opérateur de services urbains

Nous commencerons notre exposé en présentant l'émergence des questions énergétiques et plus récemment des enjeux d'exploitation sur le territoire de la Confluence à Lyon. Nous verrons que le projet immobilier Sollys s'inscrit dans la continuité des expérimentations territoriales de la Confluence mais également dans la filiation de projets démonstrateurs portés par le promoteur Bouygues Immobilier (1.1). Nous nous attarderons, dans un second temps, sur l'entreprise Embix, un acteur qui porte l'offre d'opérateur de services urbains sur ce projet. Nous allons présenter l'organisation de cet acteur et l'évolution des expertises proposées depuis sa création en 2012. En effet, cet acteur a profité de plusieurs apprentissages réalisés sur divers projets durables et propose

aujourd'hui plusieurs expertises et services concernant la conception et l'exploitation des quartiers durables. L'analyse montrera que ces apprentissages seront moteurs de changements pendant la conception du projet (1.2). Enfin, nous présenterons les cadrages énergétiques et urbains construits par la maîtrise d'ouvrage publique à Sollys, des prescriptions qui vont, comme on va le voir plus loin, fortement impacter la conception du projet (1.3).

1.1 Évolution des questions énergétiques à la Confluence de l'ilot ABC à Sollys

1.1.1 Émergence et évolution des questions énergétiques à la Confluence

Le territoire de Lyon Confluence est situé à l'extrémité sud de la presque-île de la ville de Lyon, à la Confluence comme son nom l'indique, de la Saône et du Rhône. L'aménagement de ce territoire industriel qui représente près de 150 ha a débuté depuis les années 90 avec comme enjeu prioritaire la régénération urbaine de la zone. En 1994, Raymond Barre, à l'époque maire de la ville, lance le réaménagement de la zone avec comme objectif principal de relier ce territoire au centre historique de Lyon. La Communauté Urbaine du Grand Lyon, qui a la compétence en matière d'urbanisme, crée en 1999 la société d'économie mixte (SEM) Lyon Confluence pour réaliser cette tâche. Elle devient la société publique locale (SPL) Lyon Confluence en 2013. Le projet d'aménagement se réalise ainsi suivant deux phases qui constituent la ZAC 1 lancée en 2003 et la ZAC 2 lancée en 2010 (voir figure 4.1).

Les enjeux énergétiques émergent dans le cadre du projet Européen, Concerto- Renaissance[202] lancé en 2003 et qui visait à soutenir des initiatives de production locale d'énergie et d'amélioration de la performance des bâtiments[203]. La ville réalise ainsi l'îlot à très haute performance énergétique ABC. Par la suite, le territoire commence progressivement à construire une démarche de gouvernance énergétique territoriale et à développer son image de marque sur les questions environnementales et de durabilité. La ville sera lauréate d'un projet européen Next Buildings en 2011 qui vise à financer des démonstrateurs qui ambitionnent la neutralité énergétique. Le projet d'expérimentation donnera lieu à l'îlot Hikari (Ilot P) fruit de la collaboration du NEDO (équivalent de l'ADEME japonais) et du Grand Lyon qui sera le premier îlot à énergie positive de France. Le territoire de la Confluence a notamment été labellisé « quartier durable » par l'ONG WWF en 2010 et primé « Ecoquartiers » par le Ministère de la Transition Écologique au titre de ses formes urbaines. En 2010, la réflexion est lancée à l'échelle de la ZAC 2. L'idée est alors de continuer à porter des projets innovants sur les questions énergétiques, en partenariat avec les acteurs privés, tout en développant une stratégie territoriale cohérente. Le projet immobilier Sollys lancé en 2016, qui nous intéresse ici, s'inscrit dans ces expérimentations territoriales. La carte suivante montre l'emprise des deux ZAC 1 et 2 et les projets ABC, Hikari et Sollys.

---

[202] Projet Européen Concerto-Renaissance, 2012, « intégrer la performance énergétique dans le processus de construction : retour d'expérience et recommandations », *Rapport public*, 40p.

[203] La ville de Lyon et la ville de Saragosse en Espagne sont retenues pour le projet Renaissance déposé conjointement (Renewable ENergy Acting in SuStainable And Novel Community Enterprises).

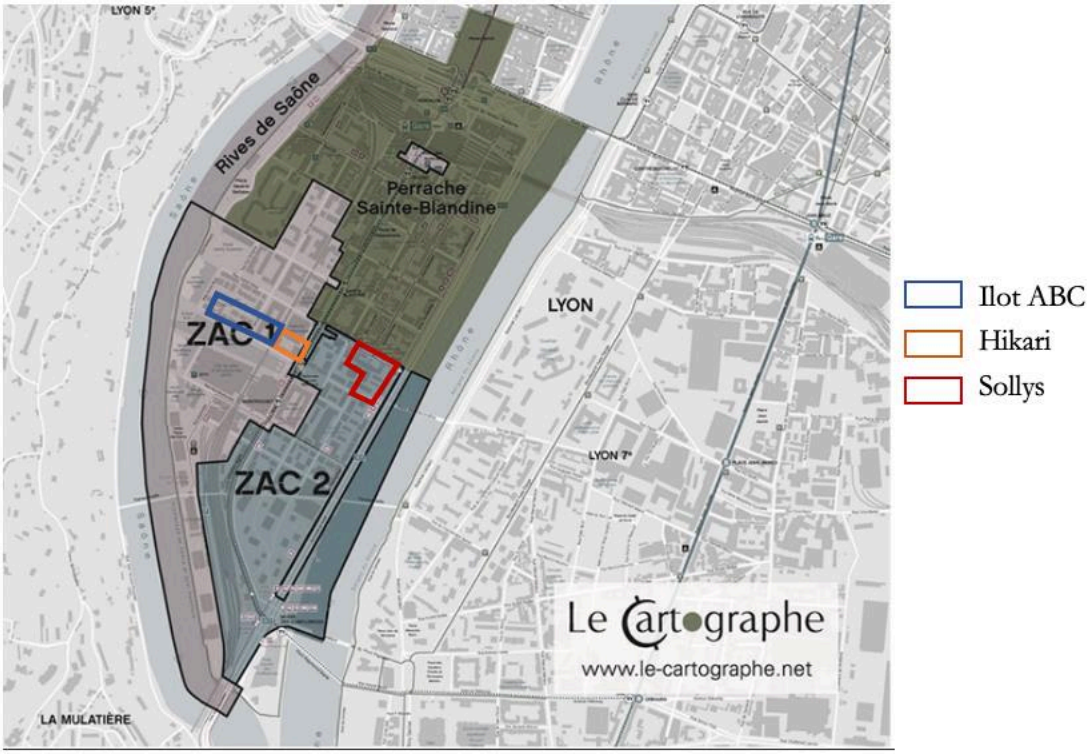

Figure 4. 1. Zonage de l'opération d'aménagement Lyon Confluence. Source: https://www.le-cartographe.net/dossiers-carto/histoire-de-la-cartographie/59-references/agencescom/149-une-cartographie-pour-lyon-confluence

Les performances des bâtiments de la Confluence ont ainsi toujours été plus ambitieuses que ce qui est exigé dans les différentes réglementations thermiques[204]. La figure 4.2 montre l'évolution des performances énergétiques de la Confluence de 140 kWhep/m2/an sur la ZAC 1 à 100 sur la ZAC 2 sans EnR. La ZAC 2 va même au-delà en visant un bilan énergétique positif avec la mobilisation de divers dispositifs de production d'EnR d'ici 2030. Un responsable au sein de l'AMO Tribu, structure qui accompagne l'aménageur depuis près d'une vingaine d'années dans la construction d'une vision énergétique territoriale, nous explique ainsi que les objectifs fixés dans les cahiers des charges des projets de la Confluence ont toujours au minimum deux réglementations thermiques d'avance, la RT2012 ou même la RT2020 étant loin d'être à la hauteur des objectifs de transition énergétique et de l'urgence climatiques. « Notre objectif est d'avoir toujours deux réglementations thermiques d'avance au minimum. Elle est ridicule la RE 2020, on n'est pas du tout à l'échelle de ce qu'il faut mettre pour atteindre les objectifs de 1.5° de la planète. La réglementation aujourd'hui n'est pas à l'échelle de la transition écologique. Et la future ne sera également pas au niveau malgré toutes les annonces. » (Responsable, Tribu, 13/02/2020).

[204] Le plan directeur des énergies de la Métropole de Lyon réalisé en 2019 a l'ambition de faire de l'énergie un volet structurant des politiques publiques et des projets du territoire. Il vise une réduction de moins 20% des consommations énergétiques d'ici 2030 (par rapport à 2013) et la production de 17% d'énergie renouvelable et de récupération d'ici 2030 (par rapport à 2013).

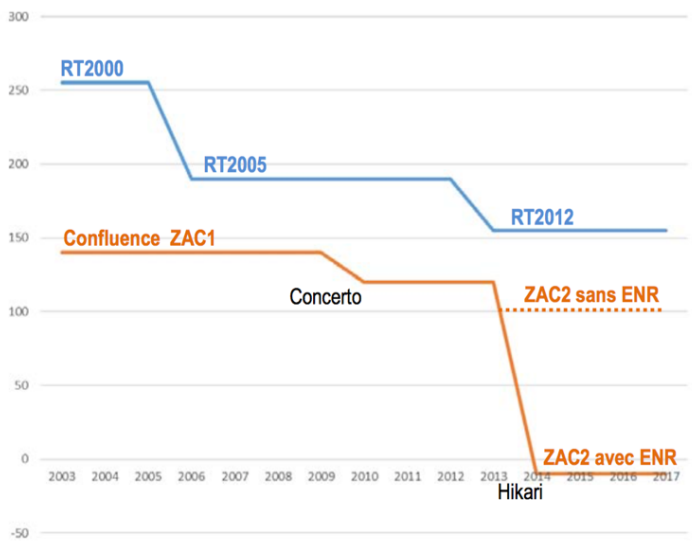

Figure 4. 2. Évolution des performances énergétiques tout usage sur le territoire de la Confluence. Source : cahier des charges énergétiques du projet Sollys, Tribu, 2016.

Le projet immobilier Sollys s'inscrit ainsi dans la continuité des expérimentations territoriales de la Confluence. L'objectif, d'après notre enquête avec l'aménageur et son AMO, est de pousser le curseur encore plus loin sur les questions énergétiques mais également d'intégrer les préoccupations d'exploitation. En effet, les personnes interrogées pendant notre enquête faisaient constamment la comparaison entre Sollys et Hikari et ceci, notamment, en référence aux retours négatifs arrivés à la suite de la livraison du projet en 2016-2017 (voir chapitre 1). Les acteurs nous affirment, de ce fait, que l'objectif dès le lancement du projet Sollys en 2016 « était de ne pas reproduire Hikari ». Le projet Sollys est voulu, par ces porteurs, comme l'aboutissement et la concrétisation de plusieurs apprentissages de projets durables (Hikari, Clichy-Batignolles, NCU, Ginko, Le Fort d'Issy, etc.). La partie suivante présente donc le projet Sollys

1.1.2 Présentation du projet Lyon living lab Confluence

Un appel à projet de démonstrateurs industriels pour la ville durable, dédié au soutien de projets urbains innovants, a été lancé par le ministère de l'Écologie et du Logement en octobre 2015. La SPL Lyon Confluence et le groupe Bouygues proposent le projet « Lyon living lab Confluence » qui sera lauréat en 2016. Le projet intègre plusieurs autres acteurs publics (Métropole de Lyon) et privés (Bouygues Énergies & Services, Colas, Enedis, Kéolis, Linkcity, Le Groupe La Poste, Schneider Electric, Sncf, Systra). Il a pour vocation de devenir une vitrine d'excellence en matière de durabilité et d'exploitation de nouveaux services urbains.

Dans un premier temps, l'objectif de ce projet est de mettre en place un opérateur global de services urbains à l'échelle de la Confluence (qui a l'ambition de s'étendre à l'échelle de la métropole) qui doit s'occuper, à travers d'une plateforme numérique, de la gestion de différents services proposés aux habitants que ce soit concernant l'énergie, le transport, les places de parking

ou encore la santé[205]. En effet, « Il s'agit de concevoir un outil pour permettre aux habitants et aux entreprises de maîtriser leur consommation d'énergie, en garantissant la protection des données et de la vie privée. Au-delà de l'énergie, la plate-forme réunira des informations sur les services disponibles dans le quartier : horaires des transports en commun, places de parking. Un volet e-santé va être également testé à l'attention des seniors » (entretien de Judith Beuve-Teichert, chef de projet dans le journal Le monde, 2017)[206]. Ce projet s'inscrit ainsi dans la déclinaison des objectifs du Plan Climat Air Énergie et du schéma directeur des énergies de la Métropole du Grand Lyon à horizon 2030. Le schéma figure 4.3 présente l'ambition de cet acteur à l'échelle de la Confluence.

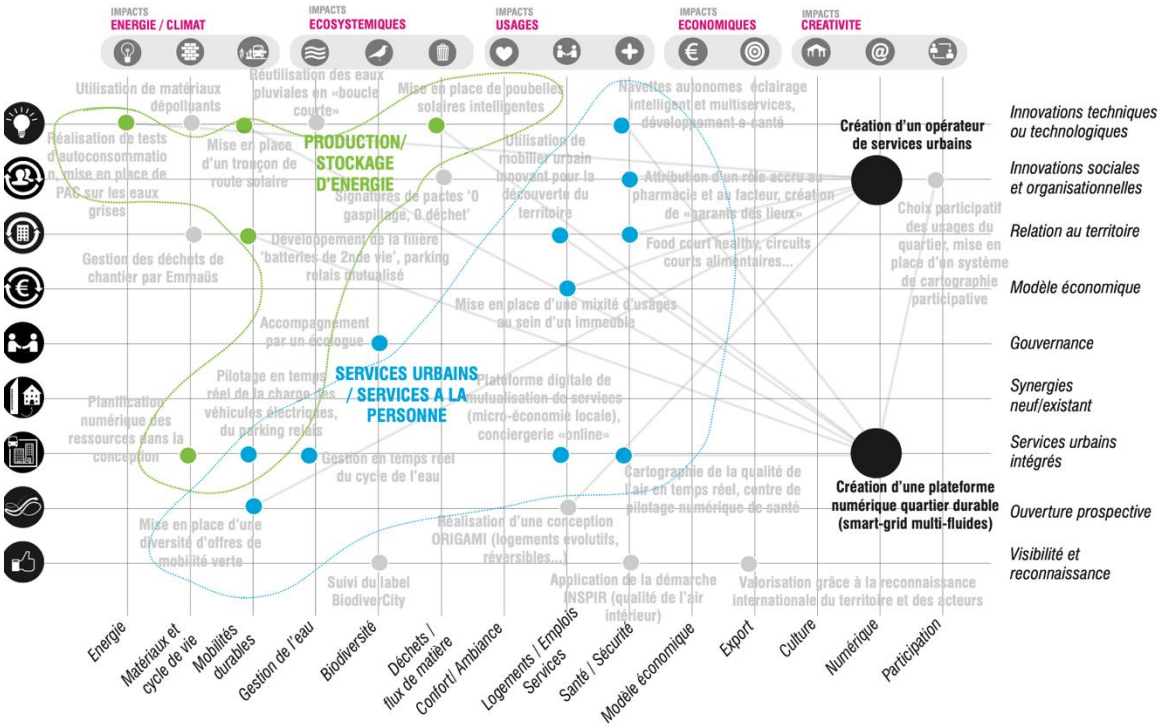

Figure 4. 3. Les ambitions de l'opérateur de services urbains à l'échelle de la Confluence. Source: PUCA, 2017.

Dans un second temps, le projet vise à mettre en place et à tester, au sein d'un projet immobilier nommé « Sollys », des services urbains innovants autour de trois thèmes : « "ville efficiente et résiliente" (blockchain énergie, navette autonome Navly, parking mutualisé, etc.), "ville saine" (mapping sanitaire, actimétrie et services associés, régénération des sols, etc.) et "ville expérientielle" (plateforme de services de proximité, tiers lieux éphémères, appels à initiatives Eurêka Club, etc.) »[207]. Le projet Sollys est composé concrètement de 3 îlots de 33000 m²

[205] « Lyon Confluence veut placer l'habitant au cœur de l'innovation urbaine (vidéo) », Le monde, 11/04/2017, (consulté le 06/10/2021).
[206] Idem.
[207] Voir la Page « Démonstrateur Industriel pour la Ville Durable - Lyon Eurêka Confluence » du site des services de l'État du Rhone, http://www.rhone.gouv.fr/Politiques-publiques/Amenagement-du-territoire-urbanisme-construction-logement/Amenagement-durable-du-territoire/Ville-durable/Demonstrateur-Industriel-pour-la-Ville-Durable-Lyon-Eureka-Confluence , (consultée le 06/10/2021).

comprenant 11 bâtiments. Le programme est le suivant : 12 800 m² de bureaux, 16 000 m² de logements, 1 300 m² de commerces et 1 200 m² constituant une maison de santé. Chacun des îlots est organisé ainsi autour d'une thématique forte. L'îlot A2 Nord, à dominante résidentielle est prévu pour être participatif comportant quelques logements personnalisables avec quelques espaces partagés (locaux, toitures, jardins). L'îlot A1 Nord à dominante tertiaire, désigné comme îlot actif dont l'objectif est de promouvoir de nouvelles façons de travailler. Enfin, l'îlot A1 Sud, est dédié à la Santé et au Bien-Être, il intègre aussi la maison de santé (voir figure 4.4).

Le projet Sollys n'a pas fait l'objet d'un concours d'opérateurs urbains mais d'une cession des charges foncières de gré à gré par la SPL Lyon Confluence au groupe Bouygues. En effet, après la réalisation de l'îlot Hikari par Bouygues Immobilier, le promoteur a gardé de bonnes relations avec l'aménageur, ce qui a notamment été l'origine de la naissance du projet. La maîtrise d'ouvrage privée du projet est partagée entre deux promoteurs : Bouygues immobilier qui est chargé de la conception et la réalisation des îlots A1N (dominance tertiaire) et A2N (à dominance résidentielle) comportant au total sept bâtiments (A, B, C, D, E, F, G) ; et Linkcity, filiale de Bouygues Construction, qui est maître d'ouvrage de l'îlot mixte A1S composé de quatre bâtiments (H, I, K, L) (Voir figure 4.4). Sollys est donc ce qu'on appelle un macrolot en étant porté par deux promoteurs. En effet, un macrolot est défini comme un projet immobilier pour lequel plusieurs maîtres d'ouvrage s'associent pour la réalisation d'un ensemble de programmes de natures différentes. La conception du bâti peut ainsi être confiée à un ou plusieurs architectes (Lucan, 2012). Le macrolot serait notamment l'occasion de réaliser des mutualisations énergétiques entre les programmes. Enfin, il faut préciser qu'il y a un engagement moral entre les promoteurs et l'aménageur pour réaliser de l'autoconsommation collective à Sollys sans que cela porte sur un engagement contractuel.

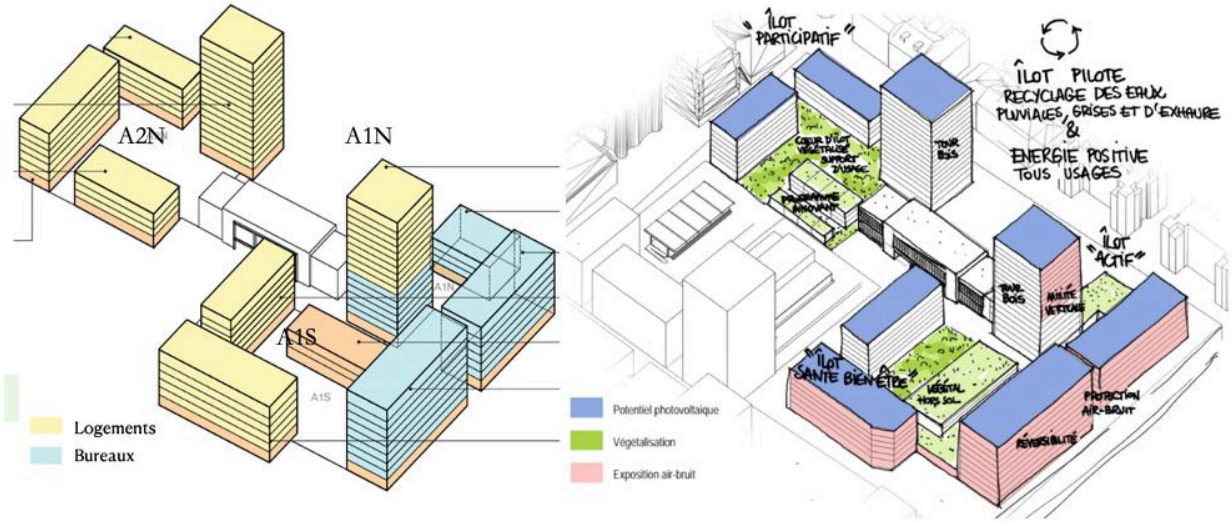

Figure 4. 4. Volumétrie du projet Sollys. Source: Bouygues immobilier.

La création d'un ensemblier sur le projet Sollys montre ainsi la volonté des acteurs, que ce soit l'aménageur public ou les promoteurs privés, d'anticiper les enjeux d'exploitation dans le projet. La création de cet acteur, matérialisé par l'entreprise Embix, est présentée comme une innovation dans la fabrique urbaine durable, ce qui a notamment permis à la SPL et aux promoteurs de remporter l'appel à projet DIVD. D'après le directeur d'Embix « C'est Hikari qui amène sur Sollys cette idée d'opérateur de services urbains garant de la performance, parce que l'aménageur de la Confluence et Bouygues Immobilier se disaient qu'il ne fallait pas répéter la même chose ». En effet, même si Embix n'a pas participé au projet Hikari, il y a une diffusion des enseignements autour de l'importance de la prise en charge des préoccupations d'exploitation dans le cadre des projets ambitieux sur les questions énergétiques.

L'analyse du projet Lyon Living Lab montre également l'importance accordée par les acteurs à la création de nouveaux services urbains que ce soit les services liés à la santé, à l'énergie, aux nouvelles manières de travailler, à la création de tiers lieux, la gestion des parkings ou encore les services liés au transport. En effet, ce projet montre une évolution des compétences des acteurs pour l'intégration de nouveaux services qui représentent également une source de création de valeur en exploitation. Notons notamment le positionnement stratégique du promoteur Bouygues Immobilier sur les enjeux d'exploitation urbaine[208] que ce soit à travers Embix ou à travers sa filiale Aveltys qui joue le rôle d'un *facility manager* en plus d'une garantie des charges d'exploitation dans l'immobilier d'entreprise. Le projet Sollys a ainsi été saisi comme une occasion pour le promoteur Bouygues Immobilier de développer sa filiale Embix et élargir ses compétences sur les nouveaux services urbains. Effectivement, comme nous l'avons discuté dans le chapitre 1, la phase d'exploitation des projets durables devient de plus en plus un nouveau chainon de valeur sur lequel se positionne les acteurs privés pour élargir leurs champs d'activités. La partie suivante va s'intéresser plus précisément à l'entreprise Embix qui porte l'offre d'opérateur de services urbains.

1.2 Contexte d'émergence et évolution de l'entreprise Embix

1.2.1 Présentation de l'entreprise Embix

Embix est une co-entreprise entre Bouygues Immobilier et Alstom créée en 2008. Son directeur général Eric L'Helguen est un ancien cadre d'Alstom. Ses activités reposent essentiellement sur la réalisation de missions d'assistance à maîtrise d'ouvrage *Smat energy* ou *smart city*. Mais elle développe également des solutions de smart grid à l'exemple du smart grid d'Issy grid ou la blockchain à Sollys. Après être intervenue sur IssyGrid, NCU ou encore Clichy-Batignolles, l'entreprise élargit très vite son activité et intervient aujourd'hui sur plus d'une cinquantaine de projets, majoritairement en France, mais également à l'étranger (voir figure 4.5). Enfin, l'entreprise propose aujourd'hui des prestations d'opérateur de services urbains. L'objectif de cet acteur est ainsi de dépasser le clivage entre les métiers de la conception, la réalisation et l'exploitation et ceci

[208] Le promoteur Linkcity, filiale de Bouygues Construction, est quant à lui moins positionné sur ces enjeux d'exploitation.

sur divers services urbains, ce qui constitue une évolution fondamentale dans la manière de concevoir les projets durables (Grudet, Macaire et Roudil, 2017).

Figure 4. 5. Les références de l'entreprise Embix. Sources: Embix.

En plus des services énergétiques et numériques donc, l'objectif de l'entreprise est également de couvrir tous les services partagés qui peuvent être proposés à l'échelle des quartiers. Plusieurs services sont par exemple prévus à Sollys que ce soit concernant la mobilité avec un objectif d'exploitation des bornes de recharges des véhicules électriques ou encore l'exploitation de chambres partagées ou des garages à vélos. Les acteurs interrogés pendant notre enquête nous expliquent que cette extension vers les services s'explique notamment par la complexité d'avoir un modèle économique viable seulement sur les questions énergétiques à l'échelle du quartier. En effet, le positionnement sur divers services permet de réaliser des péréquations tarifaires pour équilibrer les bilans de cet acteur. En outre, notons également que le fait de se positionner en exploitation permet à cette entreprise de créer une « récurrence de rentrées économiques » qui s'étaleront sur plusieurs années contrairement aux prestations ponctuelles d'assistance à maîtrise d'ouvrage, des sujets très important donc pour ce nouvel acteur en recherche de stabilité financière.

> « Je pense qu'il va se passer la même chose au niveau du quartier qu'au niveau du bâtiment, l'opérateur urbain va commencer par de la technique mais très rapidement les clients vont demander d'avoir une maîtrise de l'ensemble des charges et des services. L'énergie qui est mise en exergue deviendra une composante parmi d'autres car on a beaucoup de mal à avoir un modèle économique lié à l'énergie seule. C'est beaucoup plus facile d'avoir un pilote global et c'est très bien que ce soit comme ça. Et accessoirement il y a des effets de bords, la garantie de charge est un gros raccourci, mais pareil le pilotage énergétique c'est un raccourci aussi, parce que dans les deux cas si vous ne pilotez pas le confort et le bien être des occupants, ça n'a

aucun sens. Le bâtiment le plus performant est celui qu'on ne chauffe pas et qu'on n'éclaire pas. » (Président, Aveltys, 09/04/2019).

Nous verrons cependant dans la suite de notre récit toute la complexité de porter cette dimension servicielle par cet acteur.

En matière d'effectif, l'entreprise est composée d'une dizaine d'employés, essentiellement des ingénieurs issus de grandes écoles d'ingénieurs comme l'école des Ponts ParisTech, Supélec, l'École Polytechnique, etc. (8/10)[209]. La plupart dispose de formations d'ingénieurs généralistes en ville durable et science de l'environnement ou de développement de solutions logiciels. Les métiers qu'intègre cette entreprise sont ainsi très techniques et spécifiques au domaine de l'énergie et du numérique, ce qui est finalement très différent des métiers que nous pouvons retrouver au sein de Bouygues Immobilier ou d'UrabnEra. Nous avons d'ailleurs observé dans le cadre de notre enquête que, si les compétences très techniques et pointues de cet acteur sont considérées comme fondamentales pour porter l'offre d'opérateur de services urbains, cela pose parfois des problèmes de communication avec les non experts sur les sujets énergétiques au sein des promoteurs ou de l'aménageur. Cette différence de culture des professionnels composant cette entreprise montre néanmoins la volonté du promoteur Bouygues Immobilier d'élargir son champ d'intervention sur des domaines dépassant très largement son champ d'expertise habituelle. Le directeur général d'Embix joue un rôle fondamental dans le développement de l'entreprise. Cet acteur a été cité d'innombrables fois dans le cadre de notre enquête comme un expert incontournable sur la conception et l'exploitation énergétique de quartiers durables, et ceci en faisant notamment référence à son expérience passée sur la gestion de grands réseaux d'énergie au sein de grands énergéticiens. Cet acteur va beaucoup mettre à profit le réseau que constitue Bouygues Immobilier et ses partenaires pour diffuser l'idée de la nécessité d'un opérateur de services urbains et pour chercher de nouveaux marchés (voir encart).

Encadré 4. 1. Portait de Eric L'Helguen, Directeur d'Embix

Ingénieur, diplômé à UTC en d'études Mathematics and Computer Science en 1987, il a travaillé 11 ans chez Alstom comme directeur de projet de système d'exploitation de l'énergie puis directeur de la stratégie et des partenariats pour la région EMEA. Il y développe une 15aine de grands projets dont l'exploitation des réseaux brésiliens et grecs. Il participe également à la définition de la stratégie d'Areva T&D puis d'Alstom Grid EMEA sur les sujets de la dérégulation du marché de l'électricité et par la suite sur des sujets de Smart Grid.
Depuis 2010, il devient président et directeur général d'Embix avec comme premier projet Issy Grid. Il contribue fortement à la diffusion des connaissances et savoirs autour des enjeux de conception et d'exploitation des systèmes énergétiques au sein d'un cercle élargi d'acteur en s'exprimant dans divers événements publics, en écrivant des articles et même en donnant des

[209] Et ceci mis à part un directeur général adjoint spécialisé dans l'immobilier et l'aménagement durable et un Office manager.

cours sur ces enjeux. Pour citer quelques-unes de ces activités : il participe régulièrement à des discussions concernant la transition énergétique à la CRE, ou encore à la DGEC. Il écrit en 2019 un article dans la revue ZEPRO Énergie intitulé « On est à un moment charnière pour tous les métiers traditionnels »[210] où il explique notamment qu'est-ce que l'intégration d'un smart grid implique pour les opérateurs de bâtiments. En 2020, il écrit en collaboration avec O. Ortega et B. Louis un chapitre intitulé « piloter la ville durable » où les auteurs expliquent les missions que doit avoir le gestionnaire de la ville durable en présentant notamment l'exemple d'Embix à Sollys. Enfin, en 2020, il devient responsable du module *smart grid* et smart city dans le master Urbanisme à la Sorbone.

L'intervention d'Embix dans plusieurs projets très ambitieux sur les questions énergétiques a fortement contribué à l'accumulation des connaissances au sein de cette structure. Mais quels sont donc concrètement ces apprentissages réalisés en matière d'objets de l'énergie ? Quels sont les impacts sur l'activité de cet acteur ? Ces questionnements feront l'objet de la partie suivante.

1.2.2 Accumulation des apprentissages des acteurs et notamment d'Embix

Un des objectifs majeurs de cette recherche a été d'appréhender de manière concrète les apprentissages réalisés par les acteurs autour de l'intégration des objets de l'énergie dans la production urbaine. Nous résumons ici certains enseignements revenus dans notre enquête. Précisons toutefois que ces derniers sont loin d'être exhaustifs et le fait que les acteurs les abordent n'implique pas leur matérialisation effective dans les projets. En effet, la suite du récit de Sollys nous montrera la complexité de l'intégration des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques dans la conception.

Le premier enseignement des acteurs est sans surprise la sélection de technologies robustes en intégrant leurs préoccupations de fonctionnement technique. La plupart des acteurs nous affirment ainsi que « Le retour d'expérience sur les objets, c'est de faire attention aux technos ». En effet, comme nous l'avons vu, l'intégration de technologies innovantes a engendré plusieurs pannes en exploitation. Ce retour d'expérience concerne notamment les systèmes de cogénération qui ont présenté plusieurs défaillances à Hikari (encadré 1.1 chapitre 1) et au sein de certains Green Offices. En outre, certains enseignements peuvent concerner des détails très concrets ; par exemple : l'attention à porter à la température de retour de l'eau circulant dans les réseaux pour assurer le bon fonctionnement des pompes à chaleur. Le directeur d'Embix l'explique ainsi : « Sollys a bénéficié de Clichy-Batignolles. Nous avons eu tellement de problèmes sur la température de retour de l'eau sur le réseau de chaleur de Batignolles que nous faisons très attention à ça à Sollys. En effet, à deux degrés de plus, nous n'étions pas capables de réinjecter sur le réseau de chaleur de Dalkia ELM » (19/06/2020). Par ailleurs, au-delà des détails techniques, c'est l'intégration architecturale de certains objets qui est également relevée comme le fait d'éviter l'installation de certains panneaux solaires en façades (à l'exemple d'Hikari et de certains Green

[210] Voir le site: https://zepros.eu/journaux/energie/numeros/energie-50/

office), ces objets ayant très peu de rendement énergétique en étant installés verticalement[211]. Enfin, en plus des caractéristiques des objets techniques, les deux projets Clichy-Batignolles et NCU ont ainsi mis en avant, comme présenté dans le chapitre 3, l'importance de l'intégration des missions de commissioning pour anticiper la bonne mise en fonctionnement et réglages des systèmes techniques. Les acteurs s'accordent ainsi pour dire que « Nanterre et Batignolles (...) étaient le début de l'histoire en matière de smart grid ».

Le second enseignement relevé par plusieurs acteurs au sein de Bouygues Immobilier, ses filiales Aveltys et Embix et ses BET énergie, est la nécessité de raisonner en termes de coût global dans la conception des systèmes techniques pour intégrer une réflexion autour de la maîtrise de la facture énergétique des habitants. Par ailleurs, il est également important d'équilibrer la répartition des charges selon les consommations des usagers. Le cas d'Hikari est un très bon cas d'école. En effet, les habitants du projet ont émis plusieurs plaintes car les dérives des charges liées à la surconsommation des bureaux et des commerces se répercutait également sur les factures des logements. D'après le directeur d'Embix, « C'est aussi Hikari qui amène la volonté sur Sollys que les charges soient vraiment le reflet de la consommation de chacun pour qu'il n'y ait pas cette dérive des charges. Il s'agit donc de monter tout un cadre réglementaire pour éviter ces dérives-là. » (Directeur d'Embix, 19/06/2020).

Cet enseignement appelle un troisième qui est la nécessité d'équilibrer la gouvernance énergétique des projets. Là aussi Hikari est un bon exemple pour Bouygues Immobilier, ses filiales et ses BET énergie. D'après un ingénieur au sein du BET Manaslu, la répartition de la gouvernance du projet s'est faite au tantième, c'est-à-dire que « les investisseurs des bureaux sont majoritaires parce qu'ils ont plus de mètres carrés au sein du projet » a engendré un déséquilibre dans la capacité d'action des acteurs. Les habitants d'Hikari, très engagés sur les questions, se sentaient par conséquent minoritaires dans ce montage face aux investisseurs des bureaux et les gestionnaires des commerces. En outre, au-delà de l'équilibre de la gouvernance énergétique, la propriété juridique des artefacts énergétiques et de leurs locaux techniques pose régulièrement question dans les projets mutualisés comme on l'a vu notamment à NCU. En effet, au-delà des interdépendances énergétiques, il est nécessaire de penser aux interdépendances infrastructurelles (Hampikian, 2016) et spatiales dans les montages contractuels des projets. La construction de montages juridiques équilibrés au sein de projets mixtes intégrant divers propriétaires est donc un enseignement important relevé par les acteurs pour anticiper l'exploitation des objets techniques.

Le quatrième enseignement concerne l'importance de la récupération des données de consommations pour le suivi et l'exploitation énergétique des projets. La récupération des données dans le cas du Fort d'Issy par exemple a été très complexe car les systèmes de domotiques, installés dans les logements, et les systèmes de GTB, installés dans les bureaux, n'étaient ni

[211] Au-delà des objets de l'énergie, certains artefacts architecturaux peuvent causer beaucoup de problèmes en exploitation à l'exemple des brises soleil des façades d'Hikari. En effet, la complexité d'usage de ces dispositifs a même engendré un conflit judicaire entre Bouygues Immobilier et un des bailleurs des bureaux de ce projet.

communicants, ni interopérables, ce qui a fortement contraint la récupération des données (Reinteau, 2019). Nous avons également montré cette complexité de récupération des données dans le chapitre précédent sur NCU. Embix s'investit de ce fait fortement sur les questions de la récupération et de l'exploitation des données énergétiques des consommateurs. L'entreprise participe, avec la Smart Building Alliance (SBA) et Certivéa, à la réalisation du référentiel *Ready to Grids* (R2G). Ce référentiel est une extension du label *Ready to Services (*R2S*),* une démarche encadrant la réalisation de bâtiments connectés et communicants au domaine de l'énergie[212]. L'objectif de R2S est ainsi de faciliter la remontée des informations énergétiques (usage du cloud) pour permettre de proposer des services d'exploitation énergétique des projets. Les thématiques abordées par ce référentiel sont : le protocole de communication des données, le type de données énergétiques transmises (données énergétiques, facteurs d'influence...), le commissionnement énergétique et numérique et l'engagement de performance.

> « Il y a aussi justement un gros travail qui est fait sur les sujets numériques par SBA [Smart Building Alliance]. Nous le pilotons. Ce que nous essayons de faire, c'est de définir les données énergétiques à traiter, pour un meilleur monitoring et pilotage de la solution énergétique. Cela s'appelle la partie Ready2Services for grids… C'est justement une démarche qui veut aller vers l'équipement IOTI, et vers la remontée d'informations dans les écoquartiers… Le référentiel Ready2Services for grids tient aussi du retour d'expérience à Nanterre. C'est pour cela que nous l'avons mené… On s'est dit qu'on faisait des choses beaucoup trop compliquées, et que cela coûtait trop d'argent. Aujourd'hui, notre volonté est de ne plus dire à quelqu'un que l'on met une sonde thermique, et puis que l'on va s'occuper, par un moyen ou par un autre, de remonter l'information. C'est de dire « L'information de la sonde thermique doit être disponible dans un cloud, plutôt que de se dire que l'on gère tout la « filerie », enfin tout le canal de communication ». » (Directeur d'Embix, 19/06/2020).

Le directeur d'Embix nous explique ainsi : « Aujourd'hui, on sait mettre en place des solutions numériques, et des préconisations pour remonter de la donnée beaucoup plus facilement et à moindre coût... Nanterre a finalement préfiguré Sollys » (19/06/2020). En effet, au-delà de l'énergie, les plateformes numériques jouent un rôle très important dans l'exploitation des nouveaux services de plus en plus mutualisés (mobilité, énergie, espaces partagés). La création de valeur se fait ainsi grâce au numérique et aux objets connectés (Baraud-Serfaty, 2015a, 2015b).

Nous constatons ainsi, à travers ces retours d'expériences, que plusieurs préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques sont de plus en plus abordées par les acteurs que ce soit : la performance des systèmes installés, la facture énergétique des usagers, la contractualisation des systèmes énergétiques, l'emprise spatiale des systèmes ou encore les activités des activités de commissioning et de suivi des consommations énergétiques des habitants. Notons par ailleurs que les dimensions d'usages et de pratiques des habitants n'ont pas été abordées quand nous interrogeons les acteurs sur les apprentissages réalisés, ce qui parait très étonnant, l'exploitation des SE étant très fortement dépendante des pratiques des usagers. Notre hypothèse explicative est que les acteurs considèrent les pratiques des usagers comme complexes et difficiles à appréhender,

[212] Voir la page « Ready to Grids » : du Smart Building à la Smart City » du site batiweb, https://www.batiweb.com/actualites/vie-des-societes/ready-to-grids-du-smart-building-a-la-smart-city-2018-12-10-33814, (consultée le 06/10/2021).

ce qui incite les acteurs à ne penser ce sujet qu'en post livraison des projets, notamment en termes de sensibilisation des habitants aux éco-gestes. En sommes, les enjeux d'exploitation des SE sont plutôt pensés par les acteurs dans leurs dimensions techniques, économiques, spatiales et contractuelles. L'enjeu aujourd'hui pour l'entreprise Embix c'est de centraliser ces apprentissages et de les matérialiser à travers son offre d'opérateur de services urbains expérimenté à Sollys, ce qui fera l'objet des parties suivantes de ce chapitre. Mais avant, présentons les cadrages énergétique et urbain du projet Sollys réalisé par la maîtrise d'ouvrage publique.

1.3 Des prescriptions énergétiques et architecturales contraignantes

1.3.1 Un plan directeur urbanistique qui oriente l'intégration spatiale des SE

Le cahier des prescriptions architecturales et urbaines de la ZAC 1[213] a été réalisé par l'urbaniste François Grether. Ce document était peu prescriptif et incitait à la mise en place d'architectures originales et excentriques à la Confluence. Il y a eu ainsi souvent appel dans cette ZAC à des architectes de renom pour dessiner des formes avec des couleurs, des matériaux et des architectures très différentes d'un bâtiment à l'autre. A l'inverse, le cahier des charges de la ZAC 2, réalisé par l'urbaniste coordonnateur Hertzog & de Meuron, est très stricte en mettant en avant une stratégie d'harmonie architecturale des bâtiments et d'intégration discrète au site (voir figure 4.6). Il fixe ainsi plusieurs prescriptions en matière de volumes des bâtiments, de conception bioclimatique des formes urbaines et de composition architecturale[214]. Plusieurs règles architecturales ont également été fixées. Par exemple, les bâtiments doivent avoir une enveloppe rectangulaire qui ne doit pas comporter de décrochements ou de volumes saillants pour assurer une cohérence et une unité formelle et esthétique du quartier. La couleur des bâtiments se doit d'être en camaïeu de blanc et les matériaux en façade doivent être en matériaux minéraux (pierre, tout type de bétons, etc.).

[213] L'attribution des lots de la ZAC de la Confluence se réalise suivant des concours d'architectes ou des concours de groupements de conception (promoteurs & architectes). Ces acteurs sont ainsi dans l'obligation de s'inscrire dans la stratégie architecturale et urbaine de la Confluence.

[214] Les règles de morphologie urbaine ont porté sur divers sujets comme le prospect, l'ensoleillement, la limite des longueurs et l'alignement des bâtiments.

Figure 4. 6. Le paysage architectural et urbain de la confluence présentant des couleurs en camaïeu de blanc. Source : https://www.darchitectures.com/retour-ordre-lilot-a3-lyon-confluence-a4083.html

Si les préoccupations d'exploitation des SE n'ont pas été abordées dans ce document (comme expliqué dans le chapitre 3), le cahier des charges de la ZAC 2 a toutefois fortement cadré l'intégration esthétique des objets de l'énergie. Ces prescriptions concernent essentiellement l'aménagement des toitures (voir figure 4.7). En effet, ces espaces doivent obligatoirement être recouverts de graminées ou de panneaux solaires. De plus, toutes les installations techniques doivent être non visibles pour le passant. Pour ce faire, la hauteur des édicules techniques doit respecter un angle de 13° par rapport à l'acrotère, ce qui limite leur visibilité de la rue. L'intégration esthétique et fonctionnelle des objets techniques est, ce faisant, fortement encadrée par le cahier des charges urbanistiques de la Confluence et elle n'est donc pas seulement soumise à la seule volonté de l'architecte. Nous allons notamment voir, dans la suite de notre récit, que ces prescriptions vont fortement influencer la conception spatiale du projet.

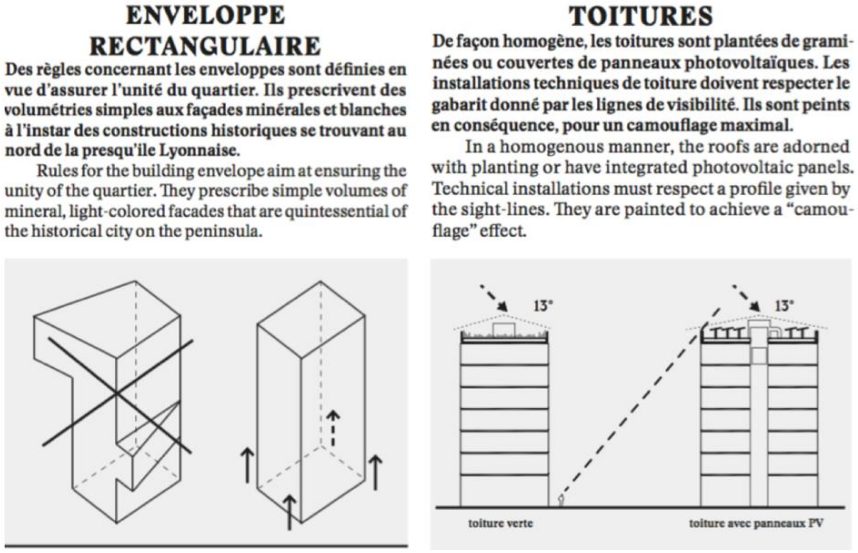

Figure 4. 7. Quelques règles architecturales pour la ZAC 2. Source : CPAU, Herzog & Demeron.

1.3.2 Un cahier des prescriptions énergétiques (CPE) ambitieux

Un cahier de prescriptions énergétiques a été rédigé par l'AMO énergie de la SPL, Tribu, un acteur très engagé sur les questions énergétiques. Le cahier des charges est structuré autour de deux thématiques : la conception bioclimatique des formes urbaines des îlots et la production d'énergie renouvelable locale. Nous citons ici quelques prescriptions qui vont fortement contraindre le projet Sollys :

- Le projet doit être énergie positive tous usages,
- Les logements doivent avoir au minimum 2h d'ensoleillement le jour y compris le 21 décembre (le jour le plus court de l'année)[215].
- Le projet doit contenir trois bâtiments en structure bois (notamment le bâtiment en R+16)
- Chaque bâtiment doit comporter au moins 3 matériaux bio-sourcés ou bas-carbone (réutilisation de matériaux, recyclage, etc.).
- Les calculs énergétiques doivent être effectués en énergie primaire nécessaire à la couverture des besoins avec des coefficients de conversion spécifiques de l'énergie primaire fixés par Tribu, etc.

Le CPE de Sollys est décrit par tous les acteurs interrogés comme très ambitieux sur les questions énergétiques. Ce document fixant notamment des ambitions chiffrées sur plusieurs sujets (étanchéité à l'air, taux de vitrage, etc.) [216]. L'objectif BEPOS du projet apparaît d'autant plus ambitieux que nous avons analysé la complexité de la mise en œuvre de l'objectif énergétique de 55% d'EnR tous usages sur le projet NCU. Par ailleurs, il faut noter que l'imposition de coefficients de conversion spécifique est particulièrement contraignante. Pour bien comprendre, il faut préciser que l'énergie primaire représente l'énergie prélevée dans la nature avant toute transformation et l'énergie finale représente l'énergie consommée par l'usager (indiquée sur le compteur). Par la suite, il faut expliquer qu'il existe des coefficients de conversion conventionnels de l'énergie primaire vers l'énergie finale qui sont fixés par la réglementation thermique de 2012. Cependant, le cahier des charges de la SPL fixe ses propres coefficients, qui sont beaucoup plus pénalisants pour l'électricité : 3.20 au lieu de 2.58 définis dans la RT2012[217]. Les coefficients de Tribu sont néanmoins beaucoup moins pénalisants concernant l'usage du bois et d'autres biomasses en fixant un coefficient de 0.2 contre 1 pour la RT2012 (voir figure 4.8).

---

[215] L'accès au moins à 2h d'ensoleillement par jours le 21/12 pour 90% des séjours des logements, qui doivent également être orienté d'Est en Ouest en passant par le Sud. Sinon des compensations doivent être prévues.

[216] Plusieurs autres prescriptions très précises sont fixées que nous n'avons pas développer ici. Par exemple : le taux de vitrage maximum (20% du rapport de la surface des fenêtres en tableau sur la surface de plancher et 25% pour les bureaux), la perméabilité à l'air des parois doit être équivalent au label Passivhaus soit un n50 < 0,6. Les besoins max de chauffage (Logements < 45 kWh/m2SdP.an, les bureaux <10 & les commerces < 20 kWh/m2SdP.an. la Consommation tous usages en énergie primaire hors EnR doit être : Bureaux < 90 kWh/m²SdP.an, Logements < 100 kWh/m²SdP.an et < 170 kWh/m²SdP.an, etc.

[217] Les consommations électriques calculées dans la RT2012 ne concernent que quelques usages (chauffage, auxiliaires de chauffage, ventilation, éclairage évalué selon un forfait conventionnel).

	Emission CO_2 (kg/kWh)	Déchets nucléaires (g/kWh)	Energie primaire réaliste	*Energie primaire RT2012*
gaz	0,234	0	1,10	*1*
bois et autre biomasse	0,02	0	0,20	*1*
réseau de chaleur bois énergie ZAC Confluence	à venir	à venir	0,29*	*1*
électricité de réseau pour le chauffage	0,180	0,025	3,20	*2,58*
électricité de réseau pour les autres usages	0,054	0,060	3,20	*2,58*

Figure 4. 8. Coefficients de conversion du cahier des charges bâtiments durables de Tribu. Source : Tribu

Selon un ingénieur chez Tribu, les coefficients de conversions de l'énergie primaire à l'énergie finale fixés dans la réglementation sont des coefficients négociés entre les acteurs qui réalisent la réglementation et les acteurs économiques du bâtiment et ils ne reflètent pas la conversion de l'énergie dans la nature. L'AMO a donc fixé ces coefficients de conversion en se basant sur les coefficients de conversion physiques de l'énergie. Il faut préciser par ailleurs que l'AMO a déjà utilisé ces coefficients sur divers autres projets sur lesquels elle est intervenue comme Clichy-Batignolles ou encore Hikari ; « Il existe des coefficients conventionnels d'énergie primaire dans la réglementation, mais ils ne sont pas représentatifs du modèle physique de la production énergétique en France entre énergie finale et énergie primaire. C'est fait par la réglementation, et comme tout outil réglementaire, il est négocié avec les entités économiques du bâtiment. Nos coefficients sont plus proches de la réalité physique, c'est issu de la littérature, ce n'est pas nous qui l'inventons » (Responsable, Tribu, 13/02/2020). Ces coefficients vont ainsi orienter et conditionner fortement la conception de la solution énergétique du projet Sollys comme on va le voir plus loin. L'objet de la section suivante est de voir dans quelle mesure les cadrages énergétiques et urbains ont impacté la conception du projet et notamment l'intégration des préoccupations d'exploitation des objets de l'énergie.

2 Des enjeux d'exploitation effacés face aux fortes ambitions énergétiques

Après avoir présenté l'émergence du projet Sollys, nous allons nous intéresser désormais à la conception énergétique du projet et ceci du concours en 2016 au premier APD validé en début 2019. Dans un premier temps, nous analyserons la conception énergétique et spatiale du projet organisée en workshops, pendant la première année du projet, en accordant une attention particulière aux discussions autour des objets de l'énergie à cette période (2.1). Par la suite, nous étudierons les raisons de l'abandon de la solution énergétique initiale du projet Sollys mi-2017, qui prévoyait le raccordement à une cogénération urbaine projetée à l'échelle de la Confluence. L'abandon de cette option va ainsi inciter les acteurs à chercher d'autres solutions pour produire de l'énergie localement (2.2). Dès lors, nous suivrons les divers scénarios d'exploration de la nouvelle solution énergétique, de mi-2017 au début de 2019, en interrogeant, là aussi, la prise en

compte des préoccupations des systèmes énergétiques dans ce processus. En effet, la recherche d'une solution énergétique a préoccupé les acteurs pendant près de deux ans au sein du projet avant que de nouveaux éléments ne viennent remettre en cause ce travail (2.3).

Pour une meilleure compréhension, la frise ci-dessous (figure 4.9) résume l'évolution de la conception énergétique et spatiale du projet Sollys. Le gré à gré a été validé fin 2015, par la suite, il y a eu l'abandon du projet de cogénération urbaine biomasse à l'échelle de la Confluence mi-2017, date également du début des études d'alimentation énergétique de Sollys. Au début de 2019, un premier Avant-Projet Détaillé (APD) est validé à l'échelle de Sollys consistant en une petite cogénération bois et des panneaux photovoltaïques avant de bifurquer vers une solution énergétique de cogénération au gaz vert & PV fin 2020. Le chantier de l'îlot A1S a débuté mi-2018 et celui des îlots A1N et A2N mi-2020.

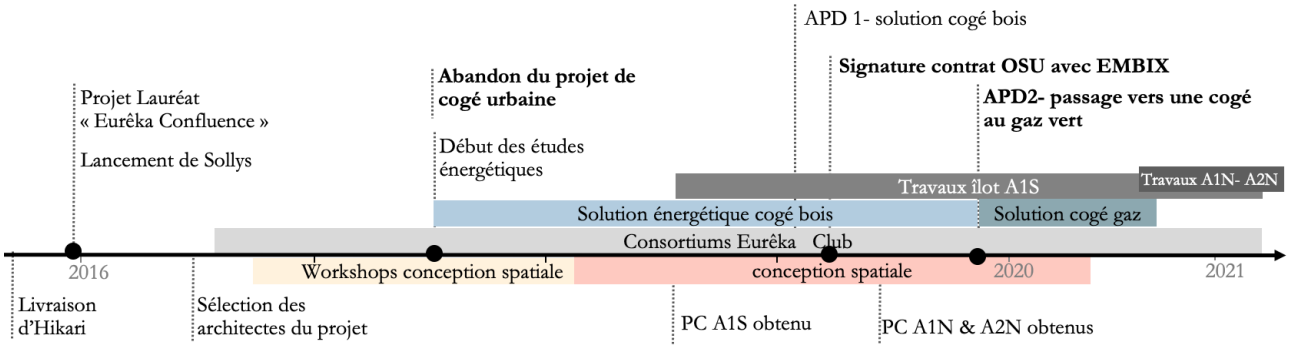

Figure 4. 9. Évolution de la solution énergétique à Sollys. Réalisation personnelle.

2.1 Les workshops comme lieu de négociation et de cadrage des questions énergétiques

2.1.1 La sélection de la maîtrise d'œuvre architecturale et énergétique

Avant de s'intéresser à la conception pendant les workshops, présentons d'abord les architectes et la maîtrise d'œuvre énergie sélectionnés dans le projet. Précisons d'abord qu'il n'y a pas eu de concours d'architectes sur ce projet mais une sélection de ces acteurs basée sur des propositions orales. L'objectif de cette démarche, d'après un responsable de la SPL Lyon Confluence, est de s'appuyer sur la vision des acteurs de leurs projets et leur intégration dans le territoire de la Confluence pour ainsi dépasser les débats centrés sur l'aspect esthétique et formel pendant les concours. En 2016, deux architectes étrangers ont été retenus : l'anglais David Chipperfield qui est également désigné comme coordonnateur du projet et le portugais Air Aires Mateus. Un peu plus tard, un architecte lyonnais local sera sélectionné qui est Vera & Associés. D'après nos échanges avec l'ancien directeur Innovation de Bouygues Immobilier, la SPL Confluence a toujours fait le choix de faire appel à des stars de l'architecture comme Chipperfield sur Sollys ou Jean Nouvel sur la ZAC1 pour étoffer son image de marque de territoire innovant, tout en faisant attention à avoir quelques architectes locaux pour promouvoir les compétences et les expertises locales. Notre

interlocuteur nous explique ainsi qu'à Lyon, le choix des architectes est très politique et c'est l'ancien maire de Lyon, Gérard Collomb, qui a par exemple choisi les architectes de Sollys. Par ailleurs, d'après nos entretiens au sein de Bouygues Immobilier et la SPL Lyon Confluence, la sélection des architectes de Sollys ne s'est pas faite selon leurs compétences sur les questions bioclimatiques ou énergétiques mais suivant la qualité de leurs productions architecturales.

> « La question environnementale était très largement citée [dans la consultation]. On a insisté sur le fait que cela allait être un objectif fort de cet îlot, mais on ne compte pas sur les architectes en tant que tel pour traiter cette question. On a aussi demandé à Bouygues, parallèlement, d'engager un assistant à maîtrise d'ouvrage sur la qualité environnementale. » (Responsable innovation et développement durable, SPL Lyon Confluence, 03/02/2020).

Comme expliqué donc dans le chapitre 3, la sélection des architectes n'est jamais réalisée (sauf exception de projet démonstrateur) en référence à la prise en charge des enjeux énergétiques ou d'exploitation par ces acteurs mais toujours suivant la qualité des propositions et leur adéquation avec des enjeux politiques et symboliques des territoires. En parallèle de la sélection des architectes, les promoteurs sélectionnent deux acteurs sur les questions énergétiques : l'AMO développement durable Milieu Studio chargé de porter une vision transversale des enjeux de durabilité sur le projet ; et le BET fluides Katene chargé de la conception énergétique des bâtiments.

Le BET Milieu Studio a été retenu après une consultation, pour porter une vision transversale sur la durabilité dans le projet. Le recours à cet acteur n'est pas une nouveauté pour Bouygues Immobilier, le BET a déjà travaillé avec le promoteur sur d'autres projets. Les motivations de la sélection du BET fluides Katene sont moins claires. Le directeur innovation et DD de la SPL nous explique que « C'est Bouygues qui a choisi son BET, on a été consulté sur les candidats mais nous n'avons pas eu voix là-dessus. » alors que le directeur Innovation de Bouygues nous affirme que c'est l'aménageur qui a imposé le choix du BET car il est lyonnais et la SPL souhaitait avoir des acteurs locaux. Un ingénieur à Manaslu nous confie, quant à lui, que le BET fluide Katene aurait été sélectionné par les promoteurs par rapport à son retour d'expérience sur l'utilisation des petites cogénérations, les locaux du BET à Lyon étant notamment alimentés par une cogé à l'huile de colza. Cette expérience de l'utilisation de cette technologie aurait ainsi motivé les promoteurs pour sélectionner cet acteur.

Nous constatons, comme le cas du projet NCU, que les promoteurs privilégient les BET qui ont de l'expérience sur les questions énergétiques comme Katene, ainsi que les BET/AMO avec lesquels ils ont l'habitude de travailler comme Milieu Studio ou Manaslu. En effet, nous avons constaté l'existence d'un milieu professionnel avec des pratiques et des valeurs partagées sur les questions énergétiques, ce qui explique souvent les motivations de la maîtrise d'ouvrage privée dans la sélection de ces prestataires (Haller, 2019 ; La Branche, 2014). L'expérience sur la conception et l'usage de certaines technologies énergétiques apparait en filigrane dans la sélection de Katene mais sans être explicitée comme un critère de choix. Notre hypothèse explicative est que les préoccupations d'exploitation sont prévues pour être prises en charge de manière

centralisée par Embix, ce qui a incité les promoteurs à sélectionner ces deux BET classiques sur les questions énergétiques. La partie suivante présente la conception du projet suivant divers workshops.

2.1.2 Les workshops comme lieu de négociation des objets de l'énergie

La conception du projet s'est structurée selon une organisation en workshops (30aine) de l'automne 2016 jusqu'en début 2018. Ces workshops réunissaient la SPL et ses spécialistes énergie (Tribu comme AMO énergie) ; les promoteurs et leurs spécialistes énergie (l'AMO Milieu & le BET fluide Katene) ; les architectes de Sollys et les urbanistes de la ZAC. Il faut noter ainsi que cet espace de conception n'intégrait pas l'entreprise Embix. Cet acteur étant considéré comme non concerné par les questions spatiales du projet. Il sera intégré dans d'autres espaces de conception (nous y reviendrons). La coordination du projet Sollys a été réalisée par une chargée de mission Bouygues Immobilier Auvergne-Rhône-Alpes. Il faut par ailleurs préciser que le projet a été porté au départ, au sein de Bouygues immobilier par la structure d'aménagement de quartiers durables UrbanEra qui a notamment porté le projet NCU, puis il a été transféré après le dépôt des permis de construire en début 2018, aux directions logements et bureaux de Bouygues Immobilier IDF et Bouygues Immobilier Auvergne-Rhône-Alpes. Les workshops n'étaient pas organisés selon des thématiques définies au départ, comme c'est le cas de Clichy-Batignolles, mais ils abordaient divers sujets suivant l'évolution de la conception des bâtiments. Un architecte nous explique que l'organisation thématique est considérée comme peu efficace car les thèmes abordés sont souvent transversaux et inter-indépendants. D'après les acteurs interrogés, le rythme des workshops a été très intense au départ avec des réunions toutes les trois semaines pour arriver, par la suite, à un rythme beaucoup moins soutenu avec des réunions entre deux et trois mois.

> « La conception se fait globalement suivant une démarche évolutive. Au début, c'est les rez-de-chaussée, après c'est le traitement des terrasses partagées, puis la matérialité des façades… On dessinait les bâtiments, on faisait les maquettes et à chaque fois on présentait, il y avait des remarques qui étaient faites. Les discussions touchaient à tous les sujets et points de vue. C'est difficile de voir chaque thématique et ce n'est pas forcément le plus efficace, car dans la conception d'un bâtiment, tu réfléchis un peu à tout en même temps. » (Architecte, Vera & Associés, 14/10/2020).

L'organisation de ces workshops a été considérée comme très positive par tous les acteurs interrogés. Ils étaient ainsi la scène de plusieurs négociations entre les promoteurs et leurs équipes et l'aménageur et son AMO énergie. Les discussions ont concerné : la conception bioclimatique des bâtiments, la construction bois, le rafraichissement des bâtiments ou encore l'intégration des SE. La question du taux de vitrage des façades par exemple a été longuement débattue. Ce sujet s'est posé notamment sur un des bâtiments de bureaux (G) conçu par Aires Mateus. Tribu a fixé la surface du vitrage inférieure à 25% de la surface de planchers (SDP) pour les bureaux. Toutefois l'architecte Aires Mateus a prévu des façades entièrement vitrées pour ce bâtiment. Après chaque workshop, le dessin des façades était refusé par Tribu et l'architecte se voyait demandé de réduire

les surfaces vitrées. Ce va-et-vient a continué jusqu'à ce que l'architecte réalise un pourcentage respectant le CPE[218].

> « Un des enjeux du cahier des charges qui a joué sur l'architecture c'est la quantité de vitrage. Tribu a fixé 20% sur les logements par rapport à la surface SDP, car ça apporte de la lumière mais surtout des apports thermiques. Hikari ont un peu les mêmes pourcentages …Sur le G, il y a eu un long débat car [l'équipe de Aires Mateus] voulait un bandeau vitré tout autour de la façade. Le dessin de la façade comportait juste une allège de 30-40cm en haut et une petite tablette en bas et le reste était vitré. À chaque phase c'était refusé par Tribu en leur indiquant qu'il fallait réduire. Tribu sont intransigeant sur le cahier des charges. » (Architecte, Vera & Associés, 11/03/2020).

La construction bois a également fait l'objet de longs débats pendant les workshops. Un architecte au sein du cabinet Vera nous affirme qu'il existe même des contradictions entre les prescriptions architecturales et énergétiques sur le traitement des façades : le cahier des charges énergétiques imposait la construction de trois bâtiments en bois et le cahier des charges architecturales et urbaines d'Herzog & de Meron imposait des façades minérales en camaïeu de blanc pour respecter le style des façades coté Rhône de la Confluence**.** La solution trouvée sur un des bâtiments (D), c'est de conserver sa structure bois avec des façades et planchers en CLT (des couches de bois massif) et de réaliser un enduit de couleur blanche sur l'isolant de la façade. Le mur faisait donc près d'une 50aine de cm d'épaisseur avec un isolant intérieur, des façades en CLT, un isolant extérieur et un enduit. D'après notre enquête, ce système est loin d'être une solution optimale car il comporte toujours des risques d'être abimé par les aléas climatiques. Les objectifs de construction bois ont beaucoup évolué tout le long du projet. Finalement, mis à part la maison de santé et un des bâtiments de logements sociaux qui sont partiellement en bois, tous les autres bâtiments sont en béton. D'après notre enquête, l'ambition de départ s'est diluée face à des contraintes économiques, techniques et esthétiques dans le projet.

> « Si tu veux faire du minéral sur de la structure bois (ex du bâtiment D de Shipperfield), il faut mettre de l'enduit car c'est le plus simple, donc tu as : 8cm d'isolant intérieur avec des placoplatres, un mur en CLT donc bois (18-20cm), puis un isolant à l'extérieur (16cm), un vide d'air (5cm), puis des plaques accrochées en façade sur le bois à travers l'isolant avec de l'enduit en dessus. Nous, on essaye vraiment d'éviter de mettre de l'enduit sur de l'isolant car ce n'est pas pérenne [...]. On a donc une 50aine de cm d'épaisseur de façade, il y a souvent des sandwichs comme ça pour atteindre les fortes ambitions énergétiques des projets. » (Architecte, Vera & Associés, 14/10/2020).

Enfin, l'intégration des panneaux photovoltaïques prévus dans le projet a également été discutée. Les deux AMO Milieu et Tribu ont par exemple proposé de mettre des panneaux solaires en façade des bâtiments comme le projet Hikari. Cette solution a été refusée par tous les architectes pour des questions de coût et d'esthétique des bâtiments. D. Chipperfield, le coordonnateur

[218] La question de la négociation du taux de vitrage n'est également pas spécifique au cas Lyonnais. Pendant les ateliers réalisés au cours du projet Clichy-Batignolles, ces sujets ont également été débattus. Dans ce projet, le BET fluide s'est appuyé sur des simulations thermiques dynamiques pour démontrer qu'il est important d'optimiser la surface de vitrage à 20% au nord et 30-35% sur les façades sud, est et ouest. Pourtant, même après cette démonstration, il a fallu négocier avec les architectes pour retravailler les façades (Tardieu, 2015, p. 261).

d'îlots, a affirmé que la mise en visibilité de ces systèmes techniques ne correspond pas à leurs expressions et styles architecturaux.

> « Les autres choses présentées par Milieu et Katene c'est de mettre des PV en façade comme sur Hikari. Architecturalement, ça a été refusé par tous les architectes. Ça joue quand même énormément sur le type d'architecture, c'est difficile à intégrer dans l'expression architecturale. En plus sur Hikari, il n'y a pas de bons retours sur les panneaux en façade. C'est plus des gadgets pour donner l'impression de faire un truc hyper vertueux écologiquement mais ça n'a pas vraiment de sens en fait. » (Architecte, Vera & Associés, 11/03/2020).

Au-delà des représentations de chacun, le processus collectif des workshops tend à faire que le périmètre de discussion et de négociation se resserre autour de plusieurs objets et sujets constituant les supports d'un travail en « commun ». Pendant cette phase, les objets de travail en commun sont les façades des bâtiments, les matériaux de construction, l'aménagement des cinquièmes façades, etc. La conception énergétique à Sollys a fait l'objet de nombreuses négociations entre le collectif de conception spatiale des promoteurs l'AMO énergie de l'aménageur Tribu. En effet, contrairement à NCU, où la maîtrise d'ouvrage publique n'est pas beaucoup intervenue dans les choix énergétiques, la SPL et son AMO ont été très présents tout le long du projet, allant même parfois à être décrits comme intrusifs par certains acteurs au sein de Bouygues Immobilier. Par ailleurs, les échanges entre les architectes et les ingénieurs énergie ont notamment permis, d'après les ingénieurs interrogés, la sensibilisation des architectes aux questions énergétiques et ceci d'autant plus que les architectes étrangers ne sont pas connaisseurs des réglementations thermiques et environnementales françaises. D'après un ingénieur au sein du BET Katene, il a donc fallu réaliser tout un travail de pédagogie auprès des architectes étrangers pour bien traiter les questions d'efficacité énergétique et ceci contrairement à l'architecte lyonnais Vera & associés qui dès le départ a pris à bras le corps les questions énergétiques.

> « On a commencé à faire des près-calculs. Après il a fallu faire un peu de pédagogie pour les architectes qui sont arrivés en même temps que nous, surtout les étrangers qui n'étaient pas au fait des règlementations françaises, notamment les réglementations thermiques. De plus, les anglais et les portugais ne sont pas très en avance sur ce sujet-là. Il a donc fallu expliquer qu'il ne faut pas tout vitrer, qu'il faut faire attention au traitement des façades, ce qui ne coule pas de source pour eux. Nous, en parallèle, on a commencé à regarder les consommations des bâtiments et à réfléchir à comment faire pour effacer cette consommation (produire pour arriver à 0). » (Ingénieur, Katene, 12/02/2020).

Nous constatons que les workshops représentent des moments importants pour discuter des questions énergétiques et notamment, ce qui nous intéresse ici, des objets de l'énergie. L'organisation de la conception en workshops a été considérée comme très positive par tous les acteurs interrogés. Elle favorise des échanges intenses entre les concepteurs des questions énergétiques et spatiales. Cependant, nous constatons d'après notre enquête une faible intégration des préoccupations d'exploitation des artefacts énergétiques à cette période. Les panneaux solaires ont par exemple été proposés, par les ingénieurs, en façade des bâtiments sachant qu'il y avait des retours négatifs pendant l'exploitation de ces systèmes. Ceci est également le cas des artefacts architecturaux comme les façades en bois du projet qui ont beaucoup évolué pour satisfaire les

prescriptions architecturales et urbaines. Nous posons deux hypothèses explicatives à ce constat. La première est que le cadrage énergétique très ambitieux contraint les acteurs à chercher des solutions de plus en plus innovantes pour satisfaire ces objectifs et ceci au détriment d'une réflexion autour de l'usage et l'exploitation des systèmes mobilisés (section 2). La seconde hypothèse est qu'au sein de ces espaces, une grande attention serait accordée à l'aspect esthétique des projets, ce qui mettrait également au second plan les enjeux d'exploitation. En outre, notons que si les préoccupations d'exploitation des objets de l'énergie n'ont pas été abordées frontalement pendant ces workshops, ces sujets ont toutefois été traités par les concepteurs en amont du projet Sollys. Par exemple, le fait d'aborder les objets pendant les workshops a amené en conséquence à penser leur intégration spatiale par les architectes (section 3).

Par ailleurs, l'organisation de plusieurs workshops a été décrite comme un processus très lourd et prenant par tous les acteurs du projet. En effet, la multiplication des séances et des acteurs intervenants, donnant leurs avis à chaque étape et sur divers sujets, rallonge considérablement les processus de conception et de décision. Enfin, ce processus a également été décrit comme économiquement conséquent par les promoteurs et l'aménageur. D'après un MOTC chez Bouygues, le coût d'étude de Sollys représente environ 20% de plus du coût global de tout le projet, alors qu'en général les études (en province) sont de l'ordre de 13% du coût d'un projet. Cette somme a toutefois été partagée entre les promoteurs et l'aménageur. Cependant, au-delà de la négociation des objets de l'énergie, les workshops ont également servi de cadrage de l'activité des concepteurs. Nous allons expliquer ce point, dans la partie suivante, en faisant notamment un détour par le projet de Clichy-Batignolles dans lequel ont été organisés plusieurs workshops de conception.

2.1.3 Les workshops comme moyen de cadrage énergétique et architectural du projet

La méthode de conception en workshops a également été employée dans le secteur Ouest du projet Clichy-Batignolles. Il faut rappeler notamment que les deux projet Sollys et Clichy-Batignolles ont en commun la réalisation de leurs cahiers des charges énergétiques très ambitieux par l'AMO Tribu, un acteur connu pour son engagement sur les questions énergétiques. Nous supposons ainsi que les enseignements réalisés dans le projet Clichy-Batignolles circulent également dans le projet Sollys grâce à l'intervention de cet acteur. L'objectif des workshops à Clichy-Batignolles était de prioriser les questions énergétiques pour dépasser le constat réalisé dans le secteur Est du projet, où les questions énergétiques ont souvent été mises au second plan face à d'autres enjeux urbains. D'après C. Tardieu, si les opérateurs urbains du projet Clichy-Batignolles ont au départ été un peu désorientés en perdant la main sur leur projet ; cette démarche a eu plusieurs effets positifs comme le fait de limiter les risques de rejet de permis de construire (les services techniques de la mairie étant présents pendant les ateliers) ou encore de rapprocher les concepteurs des questions spatiales et énergétiques[219]. De surcroit, les workshops ont permis de porter des réflexions sur les enjeux d'exploitation des espaces conçus. En effet, au-delà de la

[219] La présence des AMO était également l'occasion d'expliquer le cahier des charges, ce qui a facilité l'intégration des questions environnementales.

conception, les AMO environnement incitaient également les concepteurs à prendre en charge les enjeux d'exploitation des espaces conçus à l'exemple des espaces partagés (Tardieu, 2015). Cependant, mis à part l'interdiction de systèmes de climatisation actives, C. Tardieu explique que l'organisation de workshops n'a pas amené la création d'innovations environnementales dans le projet ; la démarche a surtout été mobilisée par l'aménageur comme un moyen de suivi du travail des opérateurs.

> « Si sur ces questions d'usages, les ateliers se sont révélés être un bon espace de réflexion, d'innovation, nous n'avons pas ressenti cette dynamique sur les questions de performances énergétiques. En effet, sur ces aspects, les ateliers nous sont apparus plus comme un mode de suivi renforcé des projets qu'un moyen de stimuler l'innovation. Bien que ce mode de travail facilite les échanges entre les équipes et l'AMO environnement de la ZAC, l'existence d'un CPEDD très prescriptif nous est apparu constituer un obstacle à une dynamique créative. Mis à part l'interdiction du recours à un procédé de climatisation actif qui a poussé les équipes à imaginer des solutions alternatives avec leurs AMO, les échanges portaient essentiellement sur la compréhension des nombreuses dispositions du CPEDD. En phase d'esquisses, l'enjeu principal en matière d'énergie était l'orientation des projets et l'ensoleillement des façades » (Tardieu, 2015, p. 346).

Nous rejoignons également cette analyse dans le cas de Sollys. Au-delà d'être un espace d'échange, les workshops ont été utilisés par l'aménageur et son AMO comme des instances de suivi et de cadrage du travail des concepteurs. En effet, les divers refus du taux de vitrage des façades de l'architecte Mateus constituent un bon exemple de ce suivi. De surcroit, Tribu réalise des validations de chaque étape du projet de l'esquisse au dépôt des permis de construire pour s'assurer de la mise en œuvre des prescriptions énergétiques et environnementales du projet. En outre, notons également, comme expliqué plus haut, que si les workshops ont été des moments très intenses d'échanges entre les acteurs et notamment les collectifs de conception spatiale et énergétique, les préoccupations d'exploitation des SE ont été mises au second plan face à l'importance des prescriptions architecturales, urbaines et énergétiques.

Enfin, précisons que les workshops de conception du projet Sollys vont s'arrêter en début 2018. À partir de cette période, les collectifs de conception énergétique et spatiale auront beaucoup moins d'espace d'échange (voir frise). En parallèle à ces workshops, il y a eu des consortiums mensuels, de 2016 à 2020, appelés comité de suivi « Eurêka Confluence ». Les consortiums, animés par la direction innovation de Bouygues immobilier et la SPL, traitaient de plusieurs sujets relatifs au DIVD comme l'expérimentation d'usages et de services relatifs à la mobilité, à la santé ou encore à l'énergie. Ces événements comportaient des personnes de la SPL, Bouygues, Linkcity, Embix, COLAS, Grand Lyon, ENEDIS, TUBA Lyon, etc. Les questions énergétiques vont notamment être beaucoup traitées autour de plusieurs thèmes : la définition des compétences de l'opérateur de services urbains, l'autoconsommation électrique, l'usage de la technologie blockchain, etc. Nous avons pu assister à quelques-uns de ces consortiums. Nous aborderons l'activité de l'opérateur urbain dans la partie 3 de ce chapitre en suivant la temporalité de son intervention à Sollys. En effet, si Embix a été embarqué très tôt dans le projet pour développer les contours du métier

d'opérateur urbain, il n'a contractualisé ces missions qu'en début 2019. La section suivante aborde, quant à elle, le début des réflexions concernant l'alimentation énergétique du projet.

2.2 Évolution des choix techniques face aux enjeux d'exploitation

L'alimentation énergétique du projet Sollys était prévue au départ par la SPL, par un raccordement du projet à un futur réseau de chaleur qui serait alimenté par une cogénération biomasse, fonctionnant grâce à la gazéification du bois sur le territoire de la Confluence. En effet, l'aménageur a déjà réalisé plusieurs études concernant l'extension du réseau de chaleur existant qui alimente déjà les ZAC 1 & 2 et le quartier de Sainte-Blandine, pour alimenter le projet Sollys (voir figure 4.10). Le réseau de chaleur appartient à la métropole de Lyon, il est géré au travers d'une convention de délégation de service public (DSP) par Dalkia ELM, une filiale 100% de Dalkia. D'après les acteurs du projet Sollys, tout l'enjeu était d'améliorer la performance énergétique des bâtiments pour réduire leurs consommations. Toutefois, plusieurs mois après le début du projet, un nouvel événement va complétement changer cette stratégie d'alimentation énergétique du projet. En effet, l'aménageur et l'équipe de conception des promoteurs ont appris que la métropole de Lyon ne validait pas le projet pour deux raisons. La première est que l'importance de l'investissement financier dans le système très innovant de cogénération urbaine biomasse est peu répandue. La seconde est la complexité du procédé de gazéification qui induit des coûts de maintenance, très importants. Le collectif de conception énergétique de Sollys (composé de l'AMO environnemental Milieu Studio et du BET fluide Katene) doit donc trouver une autre solution pour alimenter le projet en énergie renouvelable.

> « On avait prévu, nous, aménageur, de réaliser une centrale de cogénération biomasse qui allait pourvoir tout le quartier en chaleur mais aussi en électricité renouvelable. On a fait beaucoup d'études pour essayer de mettre en œuvre ça. En définitive, la collectivité a renoncé à ce projet pour des raisons budgétaires et pour les aspects de maintenance qui étaient assez lourds. En effet, c'était un projet innovant qui faisait intervenir, à une échelle urbaine, une cogénération par gazéification du bois, ce qui impliquait des coûts de fonctionnement importants. Tout ce qui est innovant, il faut mettre du monde pour être sûr que ça fonctionne. » (Responsable Innovation et développement durable, SPL Lyon Confluence, 03/02/2020).

Cette séquence montre que la réflexion sur les enjeux d'exploitation de la cogénération par gazéification du bois à l'échelle urbaine a influencé l'abandon de la solution énergétique. La réflexion en coût global (qui représente l'investissement dans cet artefact et le coût de gestion) ainsi que l'usage technique de cette technologie (qui représente l'exploitation des systèmes techniques) ont impacté les choix énergétiques de la Métropole. Cette séquence montre, ce faisant, l'impact important que peut engendrer la prise en compte des préoccupations d'exploitation des SE sur la conception énergétique territoriale en engendrant ici l'abandon de la solution technique. La partie suivante va étudier l'exploration par les acteurs de nouvelles solutions énergétiques pour alimenter le projet Sollys.

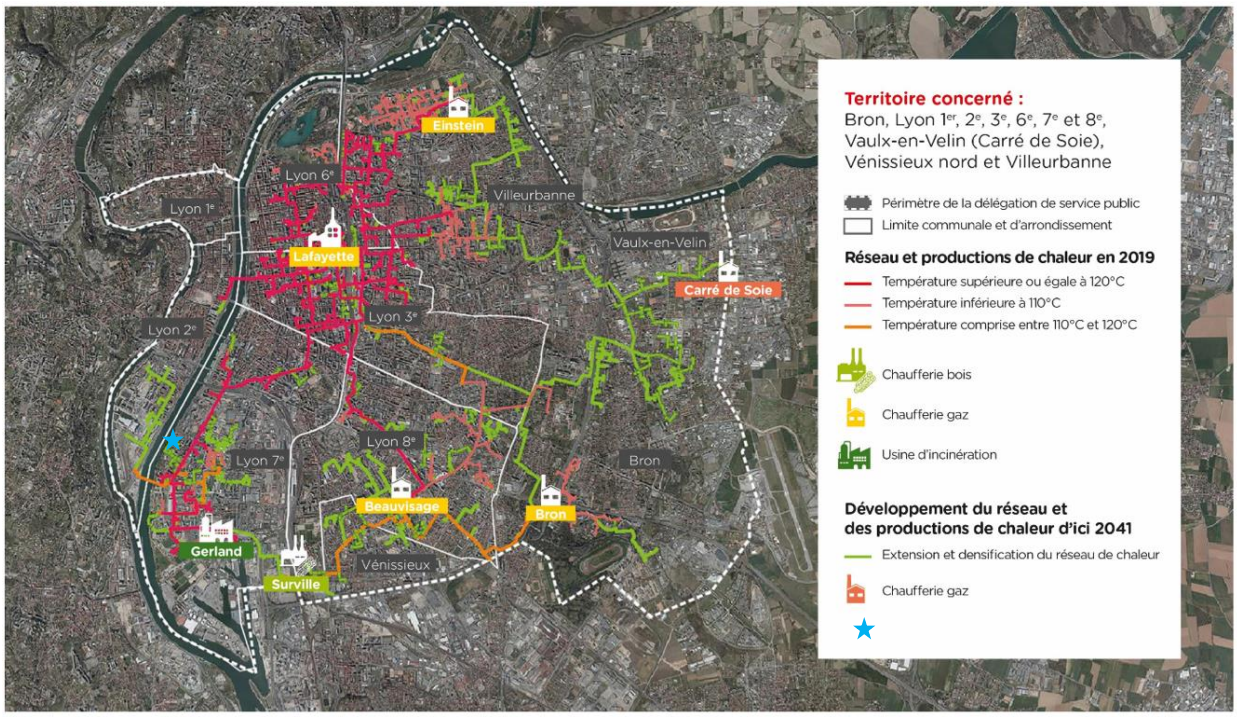

Figure 4. 10. Plan des réseaux de chaleur et de froid. Source : Dalkia ELM, 2021.

2.3 Effacement des enjeux d'exploitation dans le projet

2.3.1 Effacement des enjeux d'exploitation face aux contraintes spatiales, économiques et énergétiques

a) La sélection des artefacts énergétiques n'est pas orientée par les préoccupations d'exploitation

Après l'abandon de la centrale urbaine, le collectif de conception énergétique de Sollys, composé des promoteurs Bouygues Immobilier et Linkcity, leurs BET fluide Katene et l'AMO Milieu Studio, devait donc trouver une solution pour répondre à l'objectif BEPOS du cahier des charges de la SPL. Notons au passage qu'Embix n'a pas été intégré aux réflexions sur la conception énergétique et n'interviendra que deux ans plus tard dans le projet. Ce collectif s'est notamment trouvé confronté à deux autres sujets. Le premier est l'obligation de se raccorder au réseau de chaleur du Grand Lyon Centre Métropole, qui prévoit de s'étendre à proximité du projet même après l'abandon de la cogénération urbaine. En effet, il existe une obligation de raccordement à ce réseau, géré par Dalkia ELM pour toute la ZAC de la Confluence, et qui s'applique également à Sollys. Le second, est que le mix énergétique du réseau n'est pas très vertueux (par rapport au cadrage énergétique de Tribu) en présentant que 50% d'EnR[220]. Il fallait, de ce fait, trouver une

[220] Le mix énergétique du réseau est : 45.2% unité d'incinération des ordures ménagères, 38.2% de gaz, 11.3% de cogé gaz, 4,4% de bois et 0,6% autre. Source : Site de l'ALEC Lyon, https://www.alec-lyon.org , (consulté le 06/10/2021).

solution pour produire localement de la chaleur et de l'électricité à l'échelle de Sollys pour satisfaire le cahier des charges de Tribu. En effet, même après l'abandon de la cogénération urbaine, le cahier des charges de la SPL restait d'actualité : le projet Sollys doit être à énergie positive à l'échelle de ses 3 îlots. Les promoteurs et leurs BET fluide Katene se sont donc lancés dans l'élaboration de plusieurs études énergétiques.

> « Quand on a lancé Sollys, on pensait que le réseau de chaleur allait pourvoir à la production d'EnR. Cependant, le bilan du réseau de chaleur [sans le projet de cogénération urbaine] n'était pas suffisant pour permettre aux bâtiments d'être à énergie positive. Donc Bouygues a dû accepter et a dû trouver une solution propre, tout en se voyant imposer la contrainte d'être raccordé au réseau de chaleur. Si ça s'était passé dans un autre cadre, on aurait fait autrement, mais ça fait partie de l'histoire des projets… [De plus] Bouygues a dit ça nous intéresse de faire un réseau de chaleur de toute façon, ça nous permet d'avoir un back-up sur les pics de consommation. » (Responsable Innovation et développement durable, SPL Lyon Confluence, 03/02/2020).

Le BET Katene s'est lancé dans la réalisation de simulations thermiques dynamiques pour préciser les besoins énergétiques des bâtiments et dimensionner les équipements de production et de distribution. En Août 2017, les besoins en chaleur du projet ont été estimés à 13% des besoins, contre 87% pour les besoins d'électricité (voir figure 4.11). Cette part importante de l'électricité est expliquée par les coefficients de conversion d'énergie primaire vers l'énergie finale imposés. Rappelons que le but de ces coefficients est de limiter le plus possible le recours à l'électricité dans le projet. Effectivement, comme le coefficient pour l'électricité consommée est majoré, il faut par conséquent, produire des quantités importances d'énergie électrique pour couvrir les consommations du projet ; ce qui s'avère compliqué au sein d'un projet en milieu dense et limité par la faible surface de toitures disponibles pour l'installation de panneaux photovoltaïques. Tout l'enjeu dans le projet était de maîtriser la consommation électrique des programmes.

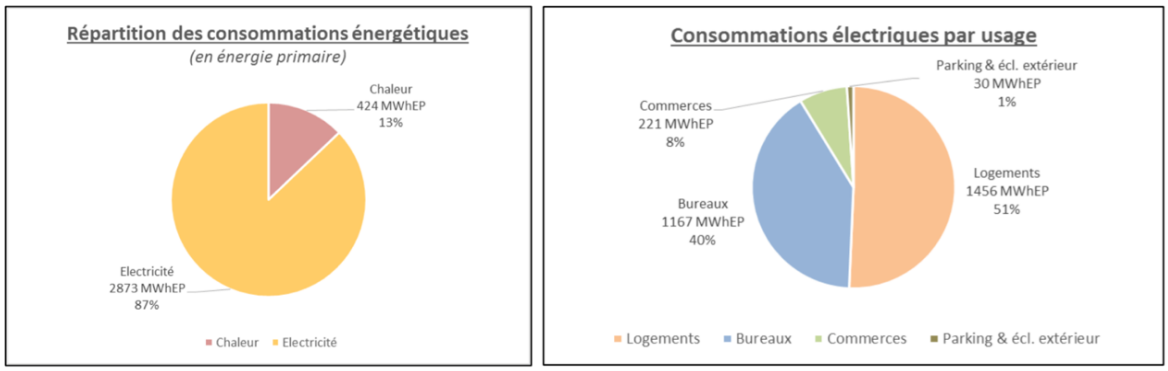

Figure 4. 11. De gauche à droite : la répartition des consommations de chaleur et de froid Sollys ; répartition des consommations énergétiques par usage sur Sollys. Source : Bouygues Immobilier.

Après avoir réalisé un bilan des besoins de chaud et de froid du quartier, le BET fluide Katene se lance dans l'exploration de solutions énergétiques pour arriver à couvrir tous les besoins par une production énergétique locale et renouvelable et répondre ainsi à l'objectif d'énergie positive. D'après notre entretien avec un ingénieur chez Katene, certaines solutions ont directement été

écartées pour leur non adaptation en milieu dense comme l'hydrolien et l'éolien. Les sondes géothermiques ont été également écartées par manque de gisements. La centrale biomasse et les PV installés sur les toits ont ce faisant été retenus comme des solutions pertinentes dans le projet Sollys.

Nous constatons, de ce fait, que la sélection des technologies énergétiques intervient très tôt dans la conception et parler d'énergie renouvelable locale amène rapidement les acteurs à parler d'artefacts énergétiques. La sélection de ces objets suit une variété de critères : les gisements énergétiques disponibles localement, la surface foncière pour l'intégration des artefacts énergétiques, la visibilité urbaine des technologies, etc. On notera notamment que les contraintes spatiales des sites urbains denses ont fortement orienté, comme le cas de NCU, l'intégration des artefacts énergétiques vers la sélection d'objets de petite taille. Nous constatons également, à partir de ces éléments, que les préoccupations d'exploitation des SE n'apparaissent pas comme un critère de sélection de ces objets techniques. En effet, l'objectif, à cette étape, est de répondre aux objectifs énergétiques en prenant en considération les contextes locaux tant en termes d'énergie renouvelable local disponible que des contraintes urbaines et infrastructurelles (l'enjeux étant toujours de réduire l'emprise spatiale de ces objets). La seconde étape, plus longue, s'applique à confronter les objets retenus à différents critères essentiellement technicoéconomiques pour satisfaire le cadrage énergétique, ce qui est l'objet de la partie suivante.

b) Effacement des enjeux d'exploitation face aux contraintes spatiales, économiques et énergétiques du projet

De la mi-2017 au début de 2019, plusieurs scénarios ont été réalisés par le collectif pour l'alimentation énergétique du projet. L'objectif est d'optimiser le dimensionnement des artefacts énergétiques et ceci tout en prenant en considération les contraintes économiques et spatiales du projet. Par exemple, la question d'occupation de la totalité des toitures pour la fonction énergétique n'a pas fait l'unanimité dans le projet. Au-delà de son aménagement pour la fonction énergétique, l'aménageur avait également l'ambition d'exploiter une partie des toitures pour des activités de loisirs et de détente (rooftops et espaces verts). On voit, ce faisant, toute la complexité de répondre à de forts objectifs énergétiques dans des milieux urbains denses et contraints par le manque de foncier.

> « Très tôt on s'est rendu compte que pour être à énergie positive uniquement avec des PV, il fallait couvrir la totalité de la toiture, voire plus, ce qui était difficilement faisable avec la volonté de l'aménageur et de la maîtrise d'ouvrage d'exploiter certaines toitures pour faire autre chose que juste de la production d'énergie… De plus, l'aménageur ne voulait pas qu'on fasse de la compensation en dehors du site, ce qui est tout à fait compréhensible en disant l'énergie positive doit être traitée localement. » (Ingénieur, Milieu Studio,11/03/2020).

En août 2017, trois scénarios ont été étudiés. Le scénario de base dispose d'une cogénération de 250 kWth qui fonctionne toute l'année avec une occupation totale des toitures disponibles pour installer des panneaux photovoltaïques (PV). Le second scénario présente un dimensionnement

important de la cogénération (700kwth) et une réduction des PV et, enfin, le troisième scénario comporte deux cogénérations en cascade (Voir figure 4.12).

Le second scénario, qui explore l'installation d'une cogénération avec une puissance importante (700kwth), illustre bien la complexité du projet ainsi que l'imbrication des variables techniques, économiques et spatiales dans la conception énergétique. Si l'on veut réduire la surface des PV disposés sur les toitures des bâtiments à 60% au lieu de 100% (2600m²), il faut considérablement augmenter la puissance de la cogénération à 700kwth (pour produire l'électricité nécessaire). Ce qui engendrerait trois problèmes majeurs : 1-la cogénération va produire un grand excédent de chaleur en été, où il y a le moins de besoins de chaleur. 2-Un excédent qui sera de plus supérieur au volume d'injection autorisé par Dalkia ELM sur le réseau de chaleur de Lyon (volume limité à deux fois la quantité achetée[221]). 3-La cogénération consommerait une grande quantité de bois, ce qui amène une autonomie du silo de stockage du bois à 5 jours. Ce scénario est donc exclu dès cette phase. Le troisième scénario prévoit une cogénération de 250 kwth comme source de production principale et qui serait complétée par une cogénération de 150kwth qui fonctionne sur la période de froid. L'objectif est de produire de la chaleur lorsque le RCU est le moins vertueux (en hiver) car il a recours à des appoints. Pour l'électricité, l'objectif est d'auto-consommer l'électricité car les tarifs de rachat sont bas pour les cogénérations au bois. Ce dernier scénario permet de réduire la surface des PV qu'à 80% de la surface des toitures (650 m² de toitures libérées) et d'arriver à une autonomie des silos de 9 jours en hiver[222].

Cette séquence montre, de ce fait, l'équilibre précaire qu'il faut assurer dans le projet Sollys qui est, en même temps, contraint par la forte ambition énergétique du projet, la faible surface de toitures disponibles pour répondre à ces enjeux et les impératifs de maîtrise de l'investissement technico-économique du projet. Plusieurs sujets sont ainsi pris en considération dans la sélection du scénario énergétique optimum :

- Le bilan BEPOS du projet,
- Les surfaces des toitures mobilisées pour les panneaux photovoltaïques,
- L'autonomie des silos de stockage du bois pour réduire le va-et-vient des camions,
- L'investissement technico-économique dans les technologies ainsi que celui des charges.

[221] Pour la chaleur du réseau, le prix de la chaleur vendue par Dalkia ELM coûte 4c€/kWh l'été et 1.5c€/kWh l'hiver, contrairement à celui racheté qui est de 2.5 c€/kWh. Source : Études énergétiques du projet Sollys, Katene, 01/08/17.

[222] Les tarifs de revente de l'électricité de la cogé sur le réseau sont dictés par un arrêté (du 27/01/2011). Il comprend une part fixe et variable (qui dépend de l'efficacité énergétique de la cogénération choisie), il varie entre 120.5 et 168.7€/MWh. Le tarif de rachat estimé pour la cogé de Sollys est de 153€/MWh.

Solution	Cogénération *Puissance (kWth)*	Période de fonctionnement	Photovoltaïque *Surface (m²)*
BASE	250 kWth	Toute l'année	2 600 m² *(100% des toitures disponibles)*
1 cogénération puissante	700 kWth	Toute l'année	1 500 m² *(60% des toitures disponibles)*
2 cogénérations	250 kWth + 150 kWth	Toute l'année + Hiver (01/11 au 15/05)	1 950 m² *(80% des toitures disponibles)*

Une cogénération bois de 250 kWth et 120 kWelec couplée à une couverture photovoltaïque de l'ensemble des toitures disponibles permet l'atteinte de l'énergie positive.

Il est possible de n'utiliser que 60% des toitures disponibles, mais il faut alors augmenter fortement la puissance de la cogénération. Ceci soulève cependant deux problématiques :

- La chaleur excédentaire rejetée[9] au chauffage urbain sur les périodes estivales devient trop importante pour être absorbée par le gestionnaire du réseau.
- La consommation de bois serait telle que l'autonomie du silo ne serait que de 5 jours.

Cette variante est donc exclue.

Une solution hybride consiste à installer deux cogénérations : une de 250 kWth fonctionnant toute l'année, et une de 150 kWth fonctionnant sur la période hivernale.[10] Cette solution présente plusieurs avantages :

- 650 m² de toitures peuvent être libérés
- La chaleur excédentaire rejetée au chauffage urbain en été reste acceptable. Celle-ci est accentuée en hiver lorsque le réseau de chauffage urbain est moins vertueux du fait du recours à des énergies fossiles.
- Du point de vue de l'autoconsommation, la production électrique de la cogénération est accentuée en hiver lorsque les panneaux photovoltaïques produisent moins d'énergie.
- L'autonomie du silo est de 9 jours en période hivernale et de 15 jours en été.

Figure 4. 12. Étude de deux solutions de cogénération biomasse. Source : études d'énergie positives réalisées par Katene, Bouygues Immobilier, 01/08/17.

Des tableaux technico-économiques sont réalisés pour comparer les scénarios énergétiques. Ces tableaux contiennent, dans un premier temps, le bilan des consommations et des productions d'énergie du projet[223] et, dans un second temps, le bilan économique des scénarios. Ils indiquent ainsi:

- Les coûts investissements financiers dans les technologies[224],
- Les coûts d'exploitation liés à la consommation de matière première (bois) et aux abonnements au RCU de Dalkia ELM,
- Les coûts d'entretien et le renouvellement des PV et de la cogé,
- Les recettes d'exploitation issues de la vente de la chaleur et de l'électricité,

La variable de sortie de ces tableaux sont le taux d'énergie positive ainsi que les charges prévisionnelles liées au chauffage et au rafraichissement par €/m²SDP ou €/MWhth.

[223] En incluant la production locale à partir des PV et de la cogé et ce qui provient du réseau national d'électricité et celui du RCU de Lyon.

[224] PV, cogé, réseau de distribution, raccordement au RCU.

Nous constatons, de ce fait, que l'impact de l'investissement dans les technologies sur les charges a été regardé. Par exemple, il est bien précisé, dans les documents, que l'investissement économique dans le PV est plus important que l'investissement dans une cogénération[225], toutefois le PV présente un impact important sur la diminution des charges des occupants (40.3 €/MWhth pour une solution PV sans cogé contre 50.8 €/MWhth pour une solution cogé sans PV).

L'analyse de cette séquence (et de plusieurs autres scénarios) montre que si la valeur de la facture énergétique est calculée, elle n'est pas considérée comme une variable majeure dans la sélection du scénario optimum. En effet, il n'y a pas eu de raisonnement en coût global qui donnerait de l'importance à la facture énergétique des habitants. La variable qui a toujours mobilisé les acteurs est le bilan à énergie positive du projet. Par exemple, il n'y a pas de comparaison de la facture énergétique résultant des scénarios explorés avec une facture énergétique d'un projet classique raccordé au réseau de chaleur de Lyon Métropole. D'ailleurs, la solution de base, considérée dans ce scénario, est celle d'une cogénération avec une occupation totale des toitures par des PV.

L'exploration du scénario optimum pour répondre à ces différentes contraintes va continuer pendant plusieurs mois. Une quinzaine de notes énergétiques seront réalisées par Katene de 08/2017 à 01/2019. Plusieurs variantes d'autoconsommation collectives seront également explorées que ce soit à l'échelle de l'îlot A1N seul, à l'échelle des deux îlots A1N et A2N et à l'échelle des trois îlots. En effet, avant la promulgation de l'arrêté du 21 novembre 2019 sur l'autoconsommation collective, celle-ci n'était possible pour les bâtiments raccordés sous un seul poste de distribution publique. Plusieurs discussions ont été engagées à l'époque avec ENEDIS pour réaliser deux postes de consommation au lieu d'un seul à l'échelle des trois îlots.

En plus de ces scénarios d'alimentation énergétique du projet, plusieurs autres scénarios vont être réalisés. Effectivement, en 10/2018, le collectif de conception énergétique s'est rendu compte que même en tentant plusieurs solutions, les consommations électriques du projet sont toujours supérieures aux productions. Le BET Katene a donc étudié trois scénarios de consommation (vertueux, intermédiaire et consommateu) explorant trois variantes de consommations spécifiques respectivement (petite, moyenne, grande). Pour bien comprendre l'intérêt de ces scénarios, il faut expliquer qu'il y a deux types de consommations électriques : des consommations électriques prévisibles qui sont réglementées par la RT2012 (éclairage, refroidissement, auxiliaires), et des consommations d'électricité spécifique qui sont difficiles à prévoir car intimement liées aux modes de vie et aux comportements des occupants (consommée par les ordinateurs, la télévision, la machine à laver, etc.). Ces dernières ne sont pas incluses dans les calculs de la réglementation. Tout l'enjeu dans le projet Sollys était donc de bien estimer ces consommations pour dimensionner au plus juste les installations de production d'énergie. Les variables sont la part de consommation d'électricité spécifique pour les logements et les bureaux ainsi que la puissance de la cogénération. En effet, la seule chose qui pouvait être redimensionnée dans le projet était la

[225] L'investissent économique dans le PV (1.35 M€ pour 2600m^2) est plus important que l'investissement dans la cogé à (0.45 M€ pour une cogé de 250kwth). Source : dossier d'études énergétiques du projet Sollys, Katene, 01/08/17.

puissance de la cogénération, les PV étant déjà répartis sur la quasi-totalité des toits. Ces scénarios ont permis d'affiner les prévisions de consommations électriques sur les 11 bâtiments. Au final, le scénario vertueux a été retenu car jugé comme plus proche de la réalité des consommations.

> « On a eu une mission complémentaire qui est l'analyse précise de certaines consommations. On avait fait plusieurs scénarios du plus vertueux au moins vertueux pour affiner nos profils sur les consommations électriques des 11 bâtiments et donc améliorer le bilan énergie positive… Car dans la réalité on ne sait pas si les gens sont plutôt vertueux ou pas, donc on a dit s'ils sont tous vertueux voilà la taille que doit faire la cogé et vis-versa. On a essayé de calibrer ça pour voir l'impact sur la production électrique car la seule chose qu'on pouvait vraiment varier c'est la taille de la cogé étant donné qu'on a blindé les terrasses pour l'installation de panneaux photovoltaïques. Finalement, on s'est rendu compte dans le calcul des profils de consommation d'électricité spécifique, que les usagers consommaient jusqu'à 30% de moins de ce qu'on a estimé au départ. » (Ingénieur, Katene, 12/02/2020).

D'après un responsable technique au sein de Bouygues Immobilier, l'intégration d'une diversité d'artefacts énergétiques pour satisfaire des objectifs BEPOS a toutefois eu comme effet de rallonger les délais de l'esquisse du projet Sollys en rajoutant plusieurs sujets à prendre en considération comparé à un projet classique (économiques, spatiaux, usages). Cependant, cet acteur nous explique qu'à partir du moment où ces artefacts sont bien intégrés en amont du projet, ils n'ont aucun impact sur le déroulement du reste du processus de conception.

> « Aujourd'hui, clairement la phase esquisse demande plus de travail aux BET et au maître d'ouvrage pour positionner les concepts énergétiques les plus efficients et les plus justes pour le projet. Sur Nanterre Université, ça était beaucoup de travail sur les cogé, les PV et la géothermie. À Sollys c'est la même chose, quelle est la puissance de la cogé ? Combien de panneaux ? Comment ils sont orientés ? Quelle consigne de température je fais dans les bureaux? » (Directeur Technique Conception C, IE, Bouygues Immobilier, 23/03/2020).

En somme, cette analyse montre que les enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques n'ont pas primé dans le développement de la solution énergétique du projet Sollys. En effet, la conception du projet a été fortement contrainte par le cadrage énergétique de l'aménageur, les contraintes spatiales du milieu dense de la Confluence et des contraintes économiques de l'investissement dans les infrastructures. Notons également qu'à la différence du projet NCU, il y a eu un calcul des coûts d'exploitation à Sollys et ceci même si ces données n'ont pas pesé sur les choix réalisés par les acteurs. Cette analyse montre donc des indices d'un intérêt accordé par les acteurs aux préoccupations d'exploitation des artefacts énergétiques. Nous verrons dans la suite de ce texte que ces préoccupations vont devenir des éléments déterminants dans l'orientation des choix de conception réalisés dans le projet. Avant cela, la partie suivante s'intéresse aux effets du cadrage énergétique sur les choix techniques et montre qu'au-delà de contraindre la conception énergétique, ce cadrage oriente également les choix techniques de conception.

2.3.2 Un cadrage énergétique ambitieux qui oriente les choix techniques

a) L'impact du cadrage énergétique sur les choix techniques

Pour aboutir à l'objectif BEPOS, toute une réflexion a été faite en matière d'artefacts énergétiques à mobiliser dans l'objectif de réduire l'usage de l'électricité. Les systèmes de ventilation double flux, utilisant de l'électricité pour leur fonctionnement, ont donc été écartés[226]. Les concepteurs ont également accordé une attention particulière à l'optimisation de la ventilation naturelle avec, par exemple, l'installation de systèmes de fenêtres qui s'ouvrent la nuit dans les immeubles de bureaux. Ce procédé permet de charger les dalles de béton de fraicheur pour la diffuser par la suite pendant la journée. En outre, il faut préciser que le cahier des charges de Tribu a proscrit l'usage de la climatisation dans les logements ou les bureaux pour réduire les consommations d'électricité. Cette prescription a fait l'objet de nombreuses négociations à Sollys. En effet, si la non climatisation des logements n'a pas posé de problèmes, la climatisation des bureaux a été fortement défendue par les promoteurs et leurs équipes mettant en avant l'importance d'intégrer cette question pour la commercialisation de leurs biens immobiliers.

> « Le rafraichissement était interdit dans le cahier des charges, en gros rien, c'est-à-dire ventilateurs. Clairement à Lyon et même quand on voit de façon générale l'évolution du climat, ce n'est pas possible de faire du bureau non rafraichi à minimum. Car après si Bouygues dit que son bâtiment n'est pas rafraichi, il ne le vendra pas, j'en suis persuadée. C'est pour ça que dès le départ, on a été au charbon avec la SPL en leur disant que vous demandez quelque chose qui n'est pas possible. On a tout de suite négocié, surtout Bouygues, pour prévoir du rafraichissement mais le plus vertueux possible et en dernier recours. » (Ingénieur, Katene, 12/02/2020).

Après plusieurs négociations, l'aménageur et les promoteurs se sont donc accordés sur l'usage d'équipements de froid dans les bureaux mais les plus vertueux possibles. Cette situation n'est pas exceptionnelle au projet Sollys. En effet, la proscription de la climatisation a également été appliquée dans le projet de Clichy-Batignolles, projet sur lequel, rappelons-le, est également intervenue Tribu. Les plus grandes discussions entre l'aménageur Paris Métropole Aménagement et les différents opérateurs des lots portaient sur le rafraichissement des bâtiments[227]. Ces débats mettent notamment en lumière les différentes visions existantes dans les projets entre des opérateurs urbains qui mettent en avant les arguments de conforts des usagers et de liquidité des actifs construits et des aménageurs publics qui priorisent les exigences de qualité environnementale des projets[228].

Les acteurs de Sollys ont fini par se mettre d'accord sur l'usage de groupes froids à absorption. La sélection de ces systèmes s'explique ainsi par l'usage de la chaleur par ces systèmes pour fonctionner contrairement aux groupes froids classiques utilisant de l'électricité. Un MOTC chez Bouygues Immobilier nous explique que ces équipements de froid sont un peu surdimensionnés

[226] En effet, ces systèmes sont souvent utilisés pour économiser de la chaleur au détriment de l'électricité, mais, comme cette dernière n'est pas pénalisée dans le projet, il fallait chercher d'autres solutions techniques pour l'aération des bâtiments.

[227] En effet, comme il n'y avait pas de possibilité de réaliser une extension du réseau Climespace (réseau de froid à Paris) ni de possibilité de réaliser du rafraichissement par la géothermie car les lots étaient construits sur dalle, la question du rafraichissement s'est relevée primordiale.

[228] Toutefois, l'aménageur P&MA a tenu ses objectifs de proscrire la climatisation active et ceci à l'exception de cas extrêmes (ex rafraichissement des salles de serveurs). Les opérateurs ont donc dû chercher des solutions de rafraichissement naturels des bâtiments.

pour prévenir de potentielles fortes demandes de ces bâtiments. En outre, il faut préciser que l'usage des groupes froids à absorption n'est pas courant dans les projets, contrairement aux groupes froids à compression traditionnels. Une des raisons soulevées par les acteurs est qu'il y a eu plusieurs retours d'expériences négatifs sur l'usage de ces systèmes. En plus de ces défaillances, on nous explique, dans nos entretiens, que ces systèmes rejettent de la chaleur à travers des machines appelées dry adiabatiques, ce qui crée des îlots de chaleur dans les projets[229].

> « On a un groupe à absorption qui tourne la majorité du temps. Quand on a des pics, on vient démarrer un groupe froid à eau pour compléter quelques jours dans l'année. Ce qui est, je pense, une ânerie. C'est une très bonne idée parce que c'est le montage qui se fait quand on veut utiliser le chaud, une énergie facile. Sauf que, l'avenir nous le démontrera ou pas, on a de forts taux de pannes sur ces appareils. On a une fiabilité un peu inférieure à des groupes froids traditionnels. C'est en train de s'améliorer, mais c'est l'inquiétude sur ce sujet-là : comment ça va se comporter pendant les cinq, dix, quinze premières années de vie ? » (Maître D'ouvrage Technique Conception IE, Bouygues Immobilier, 23/03/2020).

Ce récit montre, ce faisant, comment les prescriptions du cahier des charges de la SPL ont fortement orienté la sélection des artefacts énergétiques mobilisés dans le projet. Par exemple, elles conduisent à écarter la ventilation double flux dans plusieurs bâtiments ou même la sélection d'un groupe froid à absorption, sachant que ces systèmes présentent plusieurs risques de dysfonctionnements pendant l'exploitation. En effet, même si les acteurs interrogés chez Tribu nous expliquent qu'ils n'imposent aucun choix technique dans le projet, il faut noter que le cahier des charges a fortement conditionné les artefacts énergétiques mobilisés. Les préoccupations d'usage et d'exploitation des objets techniques ont été mis au second plan face à l'importance des objectifs du cahier des charges énergétiques. De même que, pendant notre enquête, nous avons eu divers avis mitigés du cadrage énergétique très ambitieux du projet.

b) Des avis mitigés du cadrage énergétique de Tribu : entre innovation et contrainte

Les avis concernant le cahier des charges de Tribu ont été très mitigés. Le CPE a été considéré comme un frein pour la conception du projet par plusieurs acteurs au sein des promoteurs et au sein de Katene et de Milieu Studio qui ont rencontré beaucoup de difficultés pour répondre à ce cadrage. Un responsable technique au sein de Bouygues Immobilier nous explique qu'au-delà du fait que certaines prescriptions ne soient pas en phase avec les demandes des investisseurs, ce qui complique la commercialisation des immeubles, c'est l'accumulation des contraintes qui est problématique. L'énergie des acteurs a ainsi été centrée sur la nécessité de répondre aux contraintes au lieu de rechercher des solutions innovantes. D'ailleurs Sollys n'est pas considéré comme un projet très innovant par les ingénieurs interrogés au sein de Manaslu ou au sein de Bouygues et ceci notamment comparé à Hikari qui a expérimenté divers systèmes de technologies déjà en 2013.

[229] Toutefois, l'avantage c'est que ces derniers n'utilisent pas de fluides frigorigènes utilisés par les groupes froids habituels qui sont considérés comme très polluants en cas de fuite dans l'atmosphère.

> « On a plein de contraintes et on passe notre temps à essayer d'y répondre plutôt que de vraiment innover. On n'est finalement pas innovant du tout. La cogé mobilisée n'est pas innovante et les bâtiments sont assez simples. N'aurait-il pas fallu que le CPE cible certaines problématiques et ne pas tout cumuler sur des îlots parfaits ? Ce qui réduirait le temps des échanges et le coût de construction, tout le monde serait gagnant. » (Directeur Technique Conception C, IE, Bouygues Immobilier, 23/03/2020).

D'après un MOTC interrogé au sein de Bouygues Immobilier, le fait d'avoir eu le projet Sollys en gré à gré a limité la marge de négociation du cahier des charges énergétiques par les promoteurs. Il nous affirme ainsi que si une mise en concurrence avait été réalisée, cela aurait pousser le promoteur à prioriser ces engagements au lieu d'accepter toutes les requêtes de l'aménageur. En effet, la phase concours est considérée comme une phase dans laquelle les promoteurs s'appliquent à accomplir les premiers bilans économiques des opérations, ce qui leur permet de prioriser les engagements à porter. L'ancien directeur innovation de BI nous affirme ainsi que de manière générale, les promoteurs s'appliquent à négocier, avec les acteurs publics, plus de droit à construire pour couvrir les surinvestissements sur les questions énergétiques. Il y a même parfois des demandes de dérogation au PLU en faveur d'une densité plus importante des projets (Llorente et Vilmin, 2011). Pourtant, aucune renégociation n'a pu être réalisée sur les objectifs énergétiques et ceci notamment à cause de la situation stratégique du projet Sollys sur le territoire de la Confluence et son obtention sans mise en concurrence.

> « Le sujet du gré à gré, c'est bien on a gagné une opération très facilement sans concourir, mais je pense que l'analyse technico-économique des risques a été, non pas mal faite, mais on a dit oui à tous les engagements […] Je pense que si tu es en concours et que tu fais tourner quelques bilans grosse masse, tu te rends compte très vite que ce n'est pas très pertinent. Après, c'est facile de le dire avec le recul, mais c'est ma conviction. » (Directeur Technique Conception C, IE, Bouygues Immobilier, 23/03/2020).

> « Ils nous ont donné 40.000m² sans concurrence, la règle du jeu était donc de respecter le cahier des charges, la discussion était tendue parfois quand on voulait négocier certains sujets, à juste titre […] On est tombé d'accord qu'il ne fallait pas refaire Hikari, on est donc allé au bout de leurs contraintes. » (Ancien directeur innovation, Bouygues Immobilier, 29/09/2020).

Une des explications de l'effacement des préoccupations d'exploitation à cette période du projet est donc le fait que le promoteur soit lié à l'aménageur et la collectivité par son contrat de gré à gré. Cet acteur tend par conséquent à donner le maximum de signaux indiquant le respect des ambitions de ce contrat. Il tend pour cela à chercher les objets qui font signe, dans ce cas le bilan à énergie positive du projet.

D'autre part, plusieurs autres acteurs (Manalsu, Embix, certaines personnes chez BI, etc.) s'accordent pour dire que le cahier des charges est ambitieux et innovant et que ce cadrage « tire le collectif de conception vers le haut ». Un ingénieur chez Embix nous explique même que ce sont les cahiers des charges des aménageurs qui incitent les acteurs à l'innovation et non les labels ou même la réglementation ; « Sollys, c'est une question de la demande de l'aménageur d'être TEPOS, la démarche n'est pas labélisée derrière… Si on voulait respecter stricto sensu les labels, on pourrait s'en sortir en faisant pas grand-chose. Si on regarde le label E+ C-, il suffit d'avoir un

réseau de chaleur un peu vertueux à coté et on n'a également pas besoin de grand-chose pour arriver au niveau E3 qui commence à être mieux. » (Ingénieur A, Embix, 13/09/2019).

Face à ces avis mitigés, l'ingénieur interrogé à Tribu insiste, quant à lui, sur cette dimension d'apprentissage des différents acteurs sur les questions énergétiques. Il explique que leur démarche consiste à faire évoluer les prescriptions énergétiques réalisées en prenant en considération des retours d'expériences issus des projets déjà confrontés aux usages, d'où l'importance du suivi et de l'évaluation des quartiers déjà livrés. Les projets comme Sollys constituent ainsi une occasion d'expérimenter de nouvelles exigences et pratiques pour faire évoluer les compétences des acteurs sur les questions de durabilité. En effet, un suivi des consommations sur deux ans est prévu à Sollys.

> « Tous les 3-4 ans on fait une évaluation globale des opérations. Là on est en train de finaliser notre 4ème évaluation. La SPL réalise une enquête d'un an après la livraison de certains bâtiments pour savoir comment les gens vivent dedans, s'ils sont satisfaits ou pas des solutions, etc. On partage ces questions avec les promoteurs. Tout ça c'est un ensemble de choses qui font qu'on invente en marchand. Il y a une des ambitions hautes qui font qu'on est devant des choses qu'on n'a pas fait jusqu'à présent, il y a une partie expérimentation qu'il faut considérer. On apprend de nos erreurs et on avance sur des ambitions corrigées pour les suivants. » (Ingénieur, Tribu, 13/02/2020).

En effet, il faut souligner que la définition de fortes ambitions et l'expérimentation de nouvelles méthodes est également un vecteur d'apprentissage pour les acteurs. Les projets ambitieux et démonstrateurs comme Hikari, NCU et Sollys constituent ce faisant des terrains d'expérimentation, d'échanges et d'apprentissages fondamentaux pour les acteurs. De même que l'accumulation des enseignements et des savoir-faire au sein de structures comme Bouygues Immobilier, sa filiale Embix, l'aménageur Lyon Confluence, Catene, Tribu ou Milieu Studio constituent des vecteurs d'un processus plus large d'apprentissage en réseau en matière de fabrique urbaine durable. Après avoir discuté l'impact du cadrage énergétique sur la conception du projet Sollys et l'intégration des préoccupations d'exploitation, la partie suivante présente la solution énergétique finale du projet Sollys validée en phase d'APD 1.

2.3.3 La solution énergétique validée en phase d'avant-projet détaillé

a) Le réseau et son exploitation s'impose aux choix techniques

Le bilan de l'APD est arrêté fin 2018. La solution finale présente une micro-cogénération alimentée par des copeaux de bois et près de 2200 m² de panneaux photovoltaïques (presque 100% des toitures disponibles). Plusieurs échanges ont été réalisés entre Dalkia ELM et l'aménageur pour proposer une solution d'autoconsommation locale de la chaleur entre les îlots par l'intermédiaire du réseau de Dalkia ELM, le réseau de Dalkia pouvant notamment présenter un appoint pour les trois îlots. Cependant, l'énergéticien n'a pas souhaité mettre à disposition son réseau pour permettre ces échanges. L'argument présenté par cet acteur est qu'ils ont répondu à un appel à projet européen en spécifiant que le réseau de la Confluence est en boucle fermée (ne

reçoit pas d'énergie produite localement) et qu'ils ne souhaitent pas remettre en question cette candidature. Face à ce refus, les acteurs du projet Sollys ont, ce faisant, été dans l'obligation de réaliser un réseau de chaleur privé inter-îlots pour mutualiser la chaleur produite localement.

> « On n'a pas su convaincre Dalkia qui nous a dit : « Moi, je veux bien vous racheter de la production mais à bas coût et je veux bien vous délivrer de la chaleur, mais je ne veux pax mutualiser. » On n'a peut-être pas eu les bons interlocuteurs […] Ils nous ont dit qu'ils auraient bien aimé mais que malheureusement ils venaient de rendre un projet de subventions européennes pour le réseau en indiquant qu'il était un réseau fermé et ils ne voulaient pas remettre en cause la subvention. Je pense que c'était une bonne raison de nous dire non […] Ça nous a compliqué quand même pas mal la tâche, il a fallu qu'on crée un réseau privé entre les deux îlots du projet. Donc la cogé est dimensionnée pour deux îlots uniquement. On n'a pas pu le faire pour le troisième pour des raisons de foncier pour ne pas complexifier. » (Responsable innovation et développement durable, SPL Lyon Confluence, 03/02/2020).

D'après notre enquête à Sollys, plusieurs acteurs nous affirment que le manque de collaboration avec l'énergéticien Dalkia ELM est l'un des points faibles du projet. La conception du projet a beaucoup avancé pour satisfaire le cadrage énergétique de Tribu sans discussion avec l'exploitant, ce qui a engendré cette discorde sur l'autoconsommation de la chaleur[230]. Un ingénieur au sein de Dalkia nous affirme : « Un jour, on m'a dit que ce n'était plus une cogénération bois mais une cogénération au gaz et moi j'ai dit ok très bien ! » (26/10/2020). Ce constat interroge de ce fait, plus généralement, la volonté des collectivités aujourd'hui de porter des projets démonstrateurs sur les questions énergétiques, mais sans forcément intégrer les exploitants historiques des réseaux dans ces réflexions.

La figure 4.13 présente la traduction de la solution énergétique (APD validé début 2019) dans la spatialité du projet. Un système de cogénération est installé dans l'îlot A1N avec un schéma d'autoconsommation de la chaleur de la cogénération restreint aux deux îlots A1N et A1S. Le troisième îlot A2N sera raccordé directement au réseau de chaleur de Dalkia ELM. Le schéma illustre également la gouvernance des SE en distinguant le réseau de chaleur de Dalkia ELM en orange et le reste des réseaux qui appartiendraient au projet et qui seraient exploités par un concessionnaire non désigné encore dans le projet.

[230] Au-delà de la question de l'autoconsommation de la chaleur par l'intermédiaire du réseau de Dalkia, la relation des acteurs de Sollys avec Dalkia a été décrite comme positive et non conflictuelle. En effet, une fois le prix de rachat de la chaleur fixé, il y avait juste à discuter des puissances d'abonnement des trois îlots au réseau de chaleur de la Métropole.

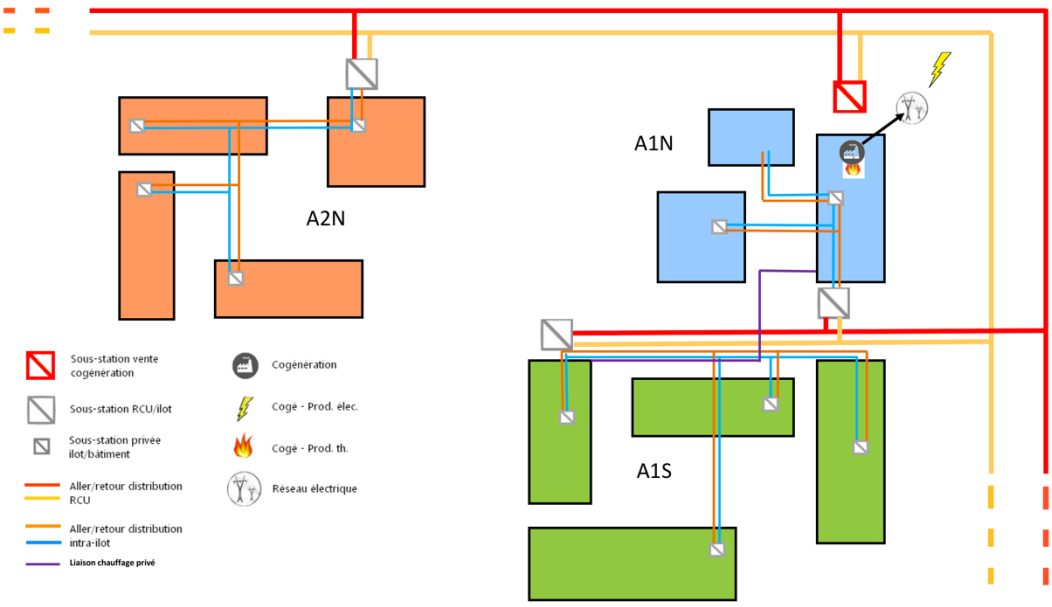

Figure 4. 13. Solution énergétique retenue à Sollys. Source: Bouygues Immobilier.

Les raisons, expliquant le non raccordement de l'îlot A2N à dominante résidentielle au réseau, sont la volonté de ne pas augmenter les charges pour les futurs habitants. En effet, pour réduire la facture énergétique des futurs habitants de l'îlot, il a été décidé de le raccorder directement au réseau de chaleur du concessionnaire Dalkia ELM. Il n'a également pas été envisagé de faire de l'autoconsommation exclusivement à l'échelle de l'îlot A1N abritant la cogénération car cela faisait augmenter les charges à plus de 50% d'une facture traditionnelle. C'est pourquoi la cogénération alimente les deux îlots A1N et A1S, ce qui permet de partager les charges d'exploitation de la cogénération sur les deux îlots.

> « L'îlot A2N n'est pas raccordé sur la cogénération, la raison n'est pas technique mais elle concerne encore une fois les charges. A2N c'est uniquement du logement social et on s'est dit collectivement que ça allait être compliqué de faire adhérer les assemblés de copropriétés pour payer +20% de la facture classique pour une cogé. Les syndics critiquent les charges en général et ils feront tout pour les baisser et la cogé aurait sauté très vite. Donc on s'est concentré sur A1N et A1S qui ont aussi du logement mais relativement peu, c'est surtout des bureaux. C'est plus entendable d'avoir des charges plus importantes dans ce type de produits immobiliers. » (Ingénieur, Katene, 12/02/2020).

Le non raccordement de l'îlot A2N aux deux autres, montre toutes les contradictions de l'accumulation des objectifs énergétiques très ambitieux au sein du projet Sollys. Les enjeux de durabilité affichés au sein du projet ont été réinterrogés par les préoccupations d'exploitation des objets de l'énergie et plus précisément la facture des usagers. En effet, là aussi, nous pouvons dire que les objets techniques jouent le rôle d'actants qui imposent leurs préoccupations d'usages et d'exploitation aux acteurs, allant même jusqu'à impacter l'organisation de la solution énergétique. La réflexion sur la facture énergétique des habitants a ainsi déterminé le schéma de la solution technique réalisée dans le projet en dé-raccordant l'îlot A1N du réseau privé.

b) Une volonté d'innovation et de faire avancer la réglementation par l'expérimentation de l'autoconsommation collective

En matière d'électricité, après la promulgation de l'arrêté du 21 novembre 2019, fixant le critère de proximité géographique de l'autoconsommation collective étendue à 1KM, trois postes de transformation électriques ont été finalement installés dans chacun des îlots. Le lobbying réalisé par différents acteurs du projet (la SPL, Bouygues Immobilier et Linkcity) a notamment contribué à faire évoluer la réglementation sur l'autoconsommation collective[231]. Là aussi, l'autoconsommation collective est prévue seulement à l'échelle de A1N et A2N. Notons également que l'autoconsommation de l'électricité et de la chaleur de la cogénération est favorisée car les tarifs de rachat de la chaleur (sur le réseau de Dalkia ELM) ou de l'électricité (sur le réseau national) sont bas. *A contrario*, l'électricité des PV est revendue car le prix de revente est plus avantageux. En matière de rafraichissement, les immeubles de bureaux seront alimentés par des groupes froids décentralisés[232]. Le bilan de l'énergie positive à cette période est de +1% d'EnR sur le projet.

Le travail sur l'autoconsommation a beaucoup mobilisé les acteurs dans le projet. Durant les consortiums Eurêka, auxquels nous avons assisté, Embix présentait l'avancement de ces démarches et notamment des nombreuses tentatives de récupération des données de consommation énergétique auprès d'ENEDIS. La solution trouvée est que les données de production et de consommation électrique sont collectées par Enedis par l'intermédiaire de compteurs Linky. L'usage de la technologie blockchain permet, quant à elle, de répartir les revenus de l'énergie entre les différents auto-consommateurs[233]. De plus, l'usage de cette technologie permet la traçabilité des données et le stockage de toutes les informations (Boncenne, Bry et Pesin, 2020 ; Ploye, 2019). Ces données seront, par la suite, partagées sur une application opérée par Embix. Cette application smartphone permettra aux habitants de suivre leurs consommations d'énergie (Beddiar, Grellier et Woods, 2019, p. 198)[234]. Un ingénieur chez Embix nous explique ainsi le principe de la blockchain :

> « C'est une technologie qui a été créée au départ pour sécuriser les transactions sur internet, pour s'assurer que la personne que vous payez existe bien et que vous n'allez pas vous faire pirater vos données. Nous l'utilisons dans l'énergie pour l'autoconsommation collective d'électricité car je vais avoir plusieurs centrales de production et plusieurs consommateurs, sauf que si je produis 1 il faut savoir comment je répartis ça entre les différentes personnes selon leurs consommations… Je vais donc avoir une clé de répartition à chaque demie heure de ma journée que je vais donner à ENEDIS qui est là en tant que tiers de confiance pour

[231] Plusieurs échanges ont été réalisés avec ENEDIS pour pouvoir réaliser l'autoconsommation collective d'électricité sur deux postes de distribution à Sollys. Une demande de dérogation au TURPE a également été réalisée auprès de la commission de régulation de l'énergie (CRE) dans le cadre de l'autoconsommation de l'électricité de la cogénération.

[232] Il faut toutefois noter que l'autonomie énergétique des commerces, d'après le retour d'expérience sur Hikari, engendre un risque de dépasser les consommations estimées.

[233] C'est cette répartition en fonction de clés statiques ou dynamiques qui pose beaucoup de débat dans le projet.

[234] Notons par ailleurs que pour tester l'autoconsommation virtuelle de l'électricité de la cogé, des essais sont mis en place dans le bâtiment Frenck tech à côté du projet.

vérifier que tout va bien et pour répartir cette énergie. On met donc en place de la blockchain pour sécuriser ce calcul-là et pour certifier qu'il est bon. » (Ingénieur A, Embix, 21/03/2019).

Nous n'allons pas ici nous attarder sur les sujets l'autoconsommation collective qui ont beaucoup mobilisé les acteurs du projet car c'est un sujet complexe qui ferait l'objet d'une thèse à part entière[235]. Notons toutefois la volonté des acteurs que ce soit Bouygues Immobilier, la SPL ou encore Embix d'aller toujours plus loin en expérimentant divers dispositifs sociotechniques. Les acteurs du projet Sollys ont même contribué à faire évoluer la réglementation sur l'autoconsommation collective d'électricité.

En somme, l'analyse de la conception de Sollys a montré que les enjeux d'exploitation des SE sont apparus en filigrane dans la conception du projet Sollys mais sans s'imposer comme un sujet majeur dans les choix énergétiques réalisés. Les enjeux d'exploitation des SE ont ainsi toujours été mis au second plan de la conception énergétique du projet Sollys face aux ambitions d'innovations énergétiques (objectif BEPOS, autoconsommation collective d'électricité) et à l'équilibre technico-économique du projet. Si la facture énergétique a été considérée dans le cadre des scénarios énergétiques, elle ne s'est pas imposée comme un facteur majeur comparé au critère Tepos. La volonté d'intégrer les enjeux d'exploitation des SE dans le projet était cristallisée dans la définition des contours des missions d'Embix pendant les workshops mensuels « Eureka confluence ». La partie suivante présentera l'intégration de objets techniques et de leur exploitation dans l'activité de conception spatiale du projet.

3 Une anticipation des enjeux d'exploitation dans la conception spatiale

Après avoir analysé la conception énergétique de l'esquisse à l'APD, nous allons interroger, dans cette section, l'intégration spatiale des objets de l'énergie dans le projet. Nous étudierons, dans un premier temps, les effets de l'intégration d'une diversité d'objets techniques sur la conception spatiale. Nous verrons que les workshops ont joué un rôle important pour la prise en compte des enjeux d'exploitation (3.1). Dans un second lieu, nous aborderons les logiques d'intégration de ces objets et leurs préoccupations d'exploitation par les acteurs. En effet, les acteurs portent des représentations différentes des objets de l'énergie et passent par diverses négociations et traductions pour leur spatialisation dans les projets (3.2). Enfin, nous interrogerons l'organisation de la conception énergétique et spatiale autour de l'intégration des objets de l'énergie. De nombreux efforts ont été réalisés dans le projet Sollys pour améliorer la coordination des acteurs avec l'organisation de workshops de conception ou encore l'organisation de comités mensuels Eurêka Club sur les thématiques d'innovations urbaines. Nous analyserons précisément si ces démarches ont contribué à rapprocher les acteurs de la conception énergétique et spatiale, notamment dans le cadre de l'intégration des objets de l'énergie (3.3).

[235] Voir à ce sujet la thèse de F. Aubert (2020).

3.1 Impact important de l'intégration des objets techniques sur la conception spatiale

3.1.1 Un impact important des objets techniques sur la spatialité des projets

D'après notre enquête, les cahiers des charges urbanistiques et énergétiques de Sollys ont fortement contraint les formes architecturales du projet Sollys en imposant des volumétries sobres et épurées, en encadrant l'aménagent des toitures, jusqu'à même encadrer les couleurs des façades. En effet, l'aménagement de la 5ème façade de Sollys a été régie par deux principes : celui la maximisation des surfaces de toitures PV (pour respecter les prescriptions énergétiques) et celui d'*invisibilisation* de ces objets (pour respecter les prescriptions urbaines). Par exemple, même si l'un des bâtiments accueillant des logements participatifs (C) a été prévu avec une terrasse accessible pour les habitants, une ombrière en verre intégrant des panneaux photovoltaïques a été intégrée discrètement pour compléter la production électrique du projet. Notons, de ce fait, l'importance de ces cadrages architecturaux, urbains et énergétiques dans l'intégration des artefacts énergétiques et ceci au-delà des logiques cognitives des acteurs. En effet, ces documents peuvent s'avérer très directifs en matière de spatialisation des objets techniques.

En matière de raccordement du projet Sollys au réseau de chaleur de Dlakia, un guide des préconisations techniques des équipements est réalisé par Dalkia à l'encontre des promoteurs, architectes, ingénieurs et abonnés, pour anticiper divers sujets d'exploitation des SE. Ce document définit par exemple le dimensionnement des locaux techniques ou encore les limites de prestations entre Dalkia et les abonnés. Précisons toutefois que si ce document contient quelques préconisations de dimensionnement des sous-stations, libre aux collectifs de conception de positionner ces locaux. Un ingénieur au sein de Dalkia explique pourtant qu'il est important de prévoir la localisation des sous-stations en amont des projets, car plus ces sous-stations sont loin du réseau, plus le raccordement coûte cher car il y aura plus de mètres linéaires de réseaux à réaliser.

> « On a un guide des préconisations techniques dans lequel il y a toutes les conformités réglementaires auxquelles il faut répondre, c'est la loi. Après, il y les demandes qu'on fait. On se dit : « Il faut prévoir à peu près telle surface, il faut prévoir à peu près tel type d'équipement ». Ce sont des préconisations pour la bonne exploitation qu'on diffuse après largement à tous nos interlocuteurs. Après, pour les positionnements, on n'a pas de demandes. Au plus près, la sous-station sera positionnée par rapport au réseau, moins ça coûtera cher de se raccorder parce que forcément il y aura moins de mètres de tuyaux à tirer, mais [...] On les conseille, on leur dit : « Si vous avez la possibilité de mettre plutôt là ou là, ce sera moins cher pour vous, mais après, vous faites ce que vous voulez ». Puis ils se débrouillent comme ça. » (Ingénieur d'affaires, Dlakia ELM, 26/10/2020).

En plus de ces éléments, la définition des limites de responsabilités entre acteurs en matière d'exploitation des systèmes sont également indiquées dans ce document à l'exemple de l'exploitation des réseaux secondaires de distribution au sein des bâtiments ; un sujet très important d'après les acteurs pour anticiper l'exploitation des systèmes. En effet, « la délimitation claire des espaces accroit la lisibilité des responsabilités d'exploitation, facilite l'intervention des

gestionnaires et permet leur implication durable. Le traitement des limites doit intégrer une réflexion sur l'accessibilité des espaces pour l'exploitation » (Collet, 2017, p. 109).

En outre, le cas du projet Sollys montre que l'intégration des artefacts énergétiques contraint fortement la spatialité du projet, et ceci parfois au détriment de certains usages. Le directeur innovation de BI nous confie que l'aménagement des toitures, qui sont dédiées essentiellement à la fonction énergétique au lieu de prévoir des espaces verts et de détente en terrasses des bâtiments, est un choix très discutable car la performance énergétique se fait au détriment de la qualité de vie du quartier. Sur divers quartiers durables (NCU, Quai Vernets, Clichy-Batignolles, Sollys, Hikari), la cinquième façade des bâtiments constitue, avec les sous-sols, les espaces les plus impactés par l'intégration des systèmes énergétiques. Ceci nous amène, ce faisant, à nous interroger sur les concurrences d'usages que peuvent engendrer les fortes ambitions énergétiques dans les milieux denses, notamment face à d'autres enjeux de durabilité et de qualité de vie. Un sujet qui dépendra fortement des différents arbitrages réalisés par les acteurs au sein des projets. Au sujet de la cogénération, elle a été localisée en sous/sol d'un immeuble de bureaux pour éviter toutes potentielles nuisances sonores et/ou olfactives dans les immeubles de logements. En effet, les préoccupations d'usage de ces systèmes orientent leur location (règles de sécurité, de localisation en plein air, nuisances sonores, etc.).

> « Vu que c'est une contrainte, la cogé a été assez rapidement placée dans le bâtiment G, on n'allait pas la balader à droite à gauche. Il y avait plein de questions qui se posaient : dans un premier temps il fallait l'éloigner des logements ; puis il ne fallait pas qu'elle soit dans une tour sinon il aurait fallu réaliser une cheminée sur 16 étages ; et enfin, il ne fallait pas qu'elle soit dans un petit bâtiment car cela réduirait considérablement sa viabilité économique. » (Architecte, Vera & Associés, 14/10/2020).

Figure 4. 14. De haut en bas : Vue 3D de Sollys (source : Bouygues Immobilier) ; et vue 3D du quartier Clichy-Batignolles (source : https://vectuel.com/portfolio/clichy-batignolles/).

D'après les acteurs du projet Sollys, l'intégration des SE dans le projet a également des effets sur l'intérieur des bâtiments. Ceci est particulièrement le cas dans la sélection des systèmes de distribution de chaleur qui ont des effets importants sur l'ambiance intérieure des bureaux. Dans le cas d'un des bâtiments de bureaux (F) par exemple, un système de distribution de chaleur en dalle active[236] a été choisi par l'architecte car il a l'avantage d'éviter l'usage des faux plafonds en regroupant la plupart des installations dans le faux plancher. La réalisation d'une dalle active a notamment engendré la nécessité de rajouter des panneaux acoustiques pour l'absorption du bruit car l'absence de faux plafonds amplifie le bruit dans les plateaux de bureaux. Conséquemment, un important travail a été réalisé par l'architecte sur l'esthétique du plafond en mobilisant ces différents systèmes : panneaux acoustiques, luminaires visibles, brasseurs d'air[237] pour donner un aspect *high tech* aux espaces intérieurs. Au-delà de leur fonction énergétique, les architectes mobilisent ainsi, dans certains cas, les objets de l'énergie comme des objets architecturaux disposant d'une valeur esthétique.

> « On a réussi à se passer du faux plafond dans le bâtiment F, c'est de la dalle active intégrant des tubes d'eau chaude comme un plancher chauffant et refroidissant. Ça nous allait bien car l'esthétique du bâtiment est plus brut avec du béton sombre, des panneaux acoustiques, des luminaires et des gaines visibles. C'est des choix architecturaux... Le chauffage est au sol mais il y a des petits radiateurs style industriel en complément. Pour le froid, il y a aussi des ventilateurs. C'est très vitré également. C'est le seul qui est au-dessus des exigences de Tribu, il se voulait un peu démonstrateur d'autres manières de faire du bureau... Il fallait négocier longtemps avec Tribu pour qu'ils acceptent de faire ça. Ce n'est pas le bâtiment le plus vertueux mais comme il y a des systèmes techniques pauvres en énergie, on atteint l'équilibre comme ça. » (Architecte, Vera & Associés, 11/03/2020).

Le bâtiment bureaux H, conçu également par Vera & Associés, utilise un autre système de distribution de chaleur dans les bâtiments qui sont les plafonds rayonnants[238]. Ce système est matérialisé par de grands bacs métalliques au plafond où sont également accrochés les systèmes d'éclairage. Enfin, le bâtiment de bureaux G, conçu par Aires Mateus, utilise le même système de plafonds rayonnants mais ce dernier a fait le choix architectural de couvrir tous les systèmes techniques par un faux plafond (Voir figure 4.15).

---

[236] Le principe de la dalle active est de faire circuler de l'eau basse température dans des tubes intégrés dans les planchers. L'inconvénient de cette solution est qu'elle a une faible puissance. Quelques brasseurs d'air ont été rajoutés aux plafonds pour compléter la production de froid par la dalle active, et des petits radiateurs ont été également rajoutés pour compléter le besoin de chaleur. Par ailleurs, un système de ventilation double flux a également été installé pour assurer la ventilation du bâtiment.

[237] Complétant la dalle active en cas de besoins.

[238] Les plafonds rayonnants sont considérés comme la meilleure solution de distribution de chaleur et de froid dans les bureaux aujourd'hui car elle procure une meilleure sensation de confort en utilisant le principe de rayonnement, ils ressemblent à des radiateurs au plafond, ça émet du chaud en hiver et du froid en été. Cette solution procure moins d'inertie car la dalle en béton est partiellement ou totalement couverte, toutefois elle est très flexible par rapport à l'aménagement de l'espace. D'après Katene, ce système est le plus installé dans les bureaux aujourd'hui.

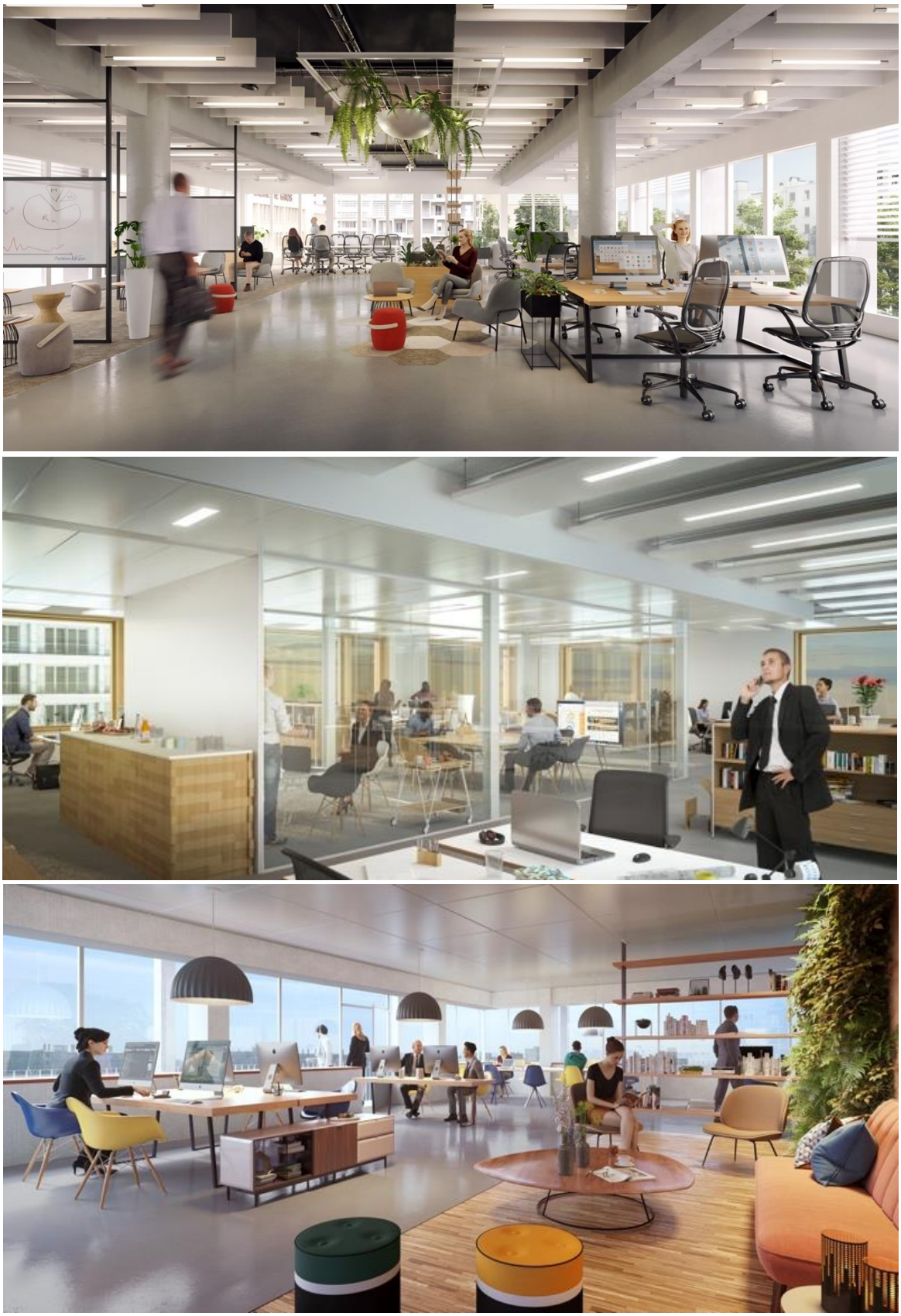

Figure 4. 15. De haut en bas : Perspective intérieure du bâtiment de bureaux F,H de Vera et associés (source : Vera & associés) et du bâtiment G de Aires Mateus intégrant un faux plafond (source : Aires Mateus).

L'intégration des objets techniques impacte donc la spécialité des projets en réduisant les surfaces utiles et en créant, dans certains cas, des concurrences d'usages, que ce soit dans le sous-sol, les RDC ou les terrasses des bâtiments. Ces objets portent en eux des enjeux d'exploitation qui orientent la conception spatiale des projets et notamment leur localisation. Mais au-delà de leur spatialité, qu'en est-il donc des effets de l'intégration de leurs préoccupations d'exploitation sur la conception spatiale ?

3.1.2 Une intégration des préoccupations d'exploitation grâce aux workshops

Dans le cadre de la réalisation des systèmes de distribution de chaleur dans les bâtiments, l'architecte, interrogé au sein du cabinet Vera et Associés, explique qu'ils ont eu plusieurs échanges avec Catene pour comprendre ces systèmes techniques afin de réaliser par la suite leur intégration fonctionnelle et esthétique dans les projets. En effet, les objets de l'énergie peuvent être des points d'échanges importants entre les ingénieurs et les architectes, notamment si ces objets sont nouveaux et pas encore maitrisés pas les architectes, à l'inverse des panneaux solaires par exemple qui sont fréquemment intégrés par les architectes.

L'intégration spatiale des artefacts énergétiques et de leurs préoccupations d'exploitation n'ont pas posé de problèmes à Sollys car ces sujets ont été anticipés très en amont pendant les workshops (occupation totale des toitures pour des PV, local cogé et sous-stations en sous-sol). En effet, même si les préoccupations d'exploitation des objets de l'énergie n'ont pas été frontalement abordées pendant les workshops, ces thèmes ont été traités par les concepteurs (Catene, Milieu Studio), en amont du projet. Le fait d'aborder les objets de l'énergie pendant les workshops, a amené à traiter de leurs conditions d'exploitation spatio-fonctionnelle, que ce soit en matière d'entretien des grandes surfaces de PV ou d'acheminement et de stockage des copeaux de bois pour la cogénération. Ainsi, la plupart des acteurs interrogés affirment que l'intégration des technologies énergétiques dépend fortement de l'anticipation de ces objets et de leurs préoccupations d'exploitation en amont de la conception.

En outre, au-delà de la conception et de l'esthétique de ces objets, les préoccupations d'exploitation n'ont pas été abordées par l'architecte lors de nos deux entretiens. De manière générale, quand nous posons la question de l'intégration des sujets de gestion et d'exploitation des artefacts énergétiques aux architectes, la plupart d'entre-eux estiment que ce sujet se traduit dans le bon dimensionnement des espaces recevant ces objets. En effet, au-delà des locaux techniques et de certains objets de l'énergie visibles dans l'espace public, les préoccupations d'usage et d'exploitation des systèmes sont considérés comme ne relevant pas de leurs responsabilités.

> « L'exploitation n'est pas un sujet abordé par les architectes… Nous, on est là juste pour dessiner des locaux qui font la bonne taille, qui sont exploitables. Mais après, dans le suivi, on n'intervient pas vraiment. De toute façon, dans la conception du bâtiment, on se pose forcément la question des usages qui peuvent être faits des espaces que l'on dessine. On ne peut pas, non plus, imposer des usages aux gens. On ne sait pas exactement comment vont

> vivre les bâtiments. On crée des espaces que l'on se veut qualitatifs, bien équipés pour… Je ne sais pas trop comment répondre à ça… » (Architecte, Vera & Associés, 14/10/2020).

En somme, cette analyse montre l'importance d'anticiper l'intégration des objets de l'énergie et de leurs préoccupations d'exploitation en amont de la conception des projets. L'enjeu dans la conception spatiale est de prendre en charge ces contraintes pour éviter les nuisances et de réduire les conflits d'usages, tout en maximisant la rentabilité économique de l'espace. Les workshops ont joué un rôle important pour appréhender ces enjeux à Sollys. L'analyse montre également qu'au-delà de l'emprise spatiale des objets de l'énergie, les préoccupations d'exploitation ne sont pas considérées comme la responsabilité des architectes. Nous nous attarderons sur les raisons expliquant ce désintérêt des architectes dans le chapitre 6. Enfin, au-delà de leur fonction énergétique, l'intégration esthétique et fonctionnelle de ces objets prend des formes différentes dans les projets à l'exemple de la mise en avant d'une esthétique *high tech* à l'intérieur des bâtiments. La partie suivante s'intéresse justement aux logiques d'intégration de ces objets par les architectes dans le projet.

3.2 Diverses logiques concurrentes d'intégration des artefacts énergétiques

En matière d'intégration des SE, nous retrouvons à Sollys comme le cas de NCU, l'existence de diverses logiques d'intégration des artefacts énergétiques et de leurs usages. Un MOTC nous explique qu'il y a ainsi deux approches dans le projet Sollys. L'approche de D. Chipperfield et associés et de Vera et associés, qui donne une forte importance à intégration des questions énergétiques et notamment des objets de l'énergie dans leur travail, et l'approche de l'agence Aires Mateus où les questions techniques sont considérées comme n'étant pas la compétence des architectes mais celle des ingénieurs.

> « Je vais les distinguer maintenant je les connais un peu mieux : D. Chipperfield a l'habitude de construire des bâtiments efficients, d'avoir toute ces technologies et d'avoir une guideline qui dit « voilà mes données d'entrée, comment je conçois avec les bureaux d'études pour aller vers cet objectif ». Il a posé plein de questions, il est vraiment très rigoureux et a un grand respect de tout ça. Aires Mateus, ils ont moins l'habitude, il y a aussi une différence culturelle du projet. L'énergie est le cadet de ses soucis. Il ne connaît même pas les bilans [énergétiques]. Alors que Chipperfield, je suis sûr qu'il les a regardés au moins pendant les grandes phases, même si ce n'était pas de sa responsabilité. [Vera] pareil que Chipperfield. Il sait que c'est une donnée d'entrée qu'il faut intégrer, il a notamment beaucoup travaillé l'étanchéité à l'air des façades avec VP Green [BET façades] et Katene pour assurer la performance énergétique des projets. » (Directeur Technique Conception C, IE, Bouygues Immobilier, 30/04/2019).

Les acteurs portent, ce faisant, diverses représentations des questions énergétiques et des objets de l'énergie et passent par des négociations pour l'intégration de ces objets dans la spécialité des projets. Par exemple, la trappe qui a été prévue à proximité du bâtiment G pour recevoir les copeaux de bois directement dans les silos de stockage, situés au sous-sol, a été longuement négociée entre l'architecte du bâtiment G, Aires Mateus et l'architecte coordonateur D. Chipperfield (voir figure 4.18). En effet, Aires Mateus a décidé d'éloigner cette trappe de son bâtiment et l'architecte coordonnateur D. Chipperfield ne souhaitait pas que les équipements techniques débordent de l'emprise des bâtiments pour optimiser le travail des espaces verts en

cœur d'îlot : « Il y a eu de gros sujets sur cette trappe. D. Chipperfield était en charge de donner des règles et exigences architecturales, il fallait donc que tous les équipements techniques soient intégrés dans les bâtiments et non relégués dans les cœurs d'îlots ou à droite à gauche pour ne pas impacter le dessin du jardin et la possibilité de planter certaines zones. » (Architecte, Vera & Associés, 11/03/2020). Finalement la trappe a été rapprochée du bâtiment G.

À propos de l'intégration esthétique des objets techniques, un architecte du cabinet Vera & Associés nous explique que leur mise en valeur esthétique ne correspond pas à leurs approches et visions de l'architecture. Il affirme ainsi que ce sont les aspects d'usages et de pérennité des matériaux qui sont ainsi mis en avant au détriment de l'affichage esthétique des artefacts énergétiques et ceci d'autant plus que ces approches suivent des effets de mode qui sont vite dépassés[239]. Il explique donc que la prescription de l'intégration discrète des PV est une contrainte du projet qui leur convient car dans un premier temps c'est une manière de bien aménager la 5ème façade.

> « [l'architecture démonstrative des objets de l'énergie] c'est des goûts et des couleurs. Moi, personnellement je n'aime pas tellement. Nous quand tu regardes nos bâtiments tu n'as pas l'impression que c'est des îlots à anergie positive contrairement à Hikari qui a une esthétique hyper technique. On ne cherche pas non plus à le cacher mais ce n'est pas quelque chose qu'on met en avant dans notre architecture. On les intègre car c'est une composante de la construction du bâtiment. Souvent on se sert des panneaux photovoltaïques pour cacher tous les rejets de ventilation et les réseaux par exemple, ça nous permet d'uniformiser le traitement des toitures. Ce qui nous intéresse c'est la pérennité des bâtiments dans le temps, ça passe par une sobriété du dessin, par la qualité des matériaux que tu mets en façade. De plus, on ne veut pas se soumettre à des effets de modes. Notre architecture est toujours assez sobre et simple dans le dessin. On essaye d'exprimer la construction dans nos façades. » (Architecte, Vera & Associés, 11/03/2020).

Cette intégration discrète des objets de l'énergie est également partagée par les deux autres architectes du projet ainsi que certains acteurs au sein du projet Sollys (Tribu, Bouygues). Un ingénieur au sein du BET Tribu, qui enseigne également dans une école d'architecture, nous explique ainsi qu'au-delà de l'affichage esthétique de ces objets, l'enjeu est de les appréhender comme des « éléments d'architecture » en leur attribuant diverses fonctions comme celui du traitement de la 5ème façade ou encore de couverture des édicules techniques. Il s'agit ainsi de penser une mutualisation des artefacts énergétiques et urbains dans une logique écologique et de réduction des consommations des matières premières.

> « Moi j'enseigne à mes étudiants que toute technique doit avoir plusieurs rôles, n'importe quel choix architectural. Un PV ne doit pas seulement jouer son rôle technique, mais aussi jouer un rôle architectural, peut-être de couverture pour cacher les locaux techniques, de traitement de la 5ème façade pour avoir des espaces plus agréables... A un moment donné, il faut que tout ce qu'on dessine ait plusieurs fonctions, sinon on mange de l'énergie et de la matière. Si une paroi n'a qu'une seule fonction, c'est triste, c'est une question d'économie de matière et de moyens,

[239] En effet, plusieurs acteurs interrogés nous confient que s'il y a quelques années beaucoup de projets présentant une architecture démonstrative, la tendance aujourd'hui c'est de concevoir des formes simples inspirées de l'architecture moderne des années 70. Le cas de Sollys en est une parfaite illustration.

en plus d'être une qualité esthétique. Sinon on rate les pratiques de la permaculture, de la sobriété et du mimétisme. » (Ingénieur, Tribu, 13/02/2020).

A contrario, certains acteurs regrettent le non affichage des objets énergétiques à l'exemple d'un ingénieur chez Katene qui regrette qu'il n'y ait aucun signe affichant les ambitions de l'énergie positive du projet Sollys, tout en expliquant que la mise en valeur des objets de l'énergie doit notamment se faire dans l'optique d'une vision pédagogique pour les futurs habitants. En effet, plusieurs recherches ont montré que l'affichage des artefacts énergétiques a un impact favorable sur les pratiques énergétiques des habitants en favorisant la prise de conscience autour des enjeux énergétiques (Dobigny, 2009, 2012). La communication sur les questions énergétiques se réalise ainsi à Sollys, à défaut la mise en valeur visuelle des objets énergétique, à travers le discours des acteurs et de toute la promotion qui est faite de l'opérateur de services urbains, de l'énergie positive et de l'autoconsommation collective d'électricité.

En somme, comme le cas de NCU, nous retrouvons ainsi diverses logiques d'intégration les objets de l'énergie dans le projet Sollys. Les acteurs passent par diverses négociations, déplacements et traductions pour la matérialisation de ces objets dans la spatialité des projets. La partie suivante explore dans quelle mesure l'intégration de ces actants favorise-elle une conception concourante entre les acteurs.

3.3 D'une conception concourante pendant les workshops à une organisation séquentielle

D'après notre enquête, il y a eu beaucoup d'interactions entre les architectes et les ingénieurs pendant les workshops tendant ainsi vers une conception concourante si l'on définit cette dernière comme une organisation visant à « aboutir au projet le plus cohérent possible, intégrant au mieux contraintes, ressources et points de vue de tous les acteurs en tenant compte de l'économie de l'ouvrage et des besoins pressentis des utilisateurs» (Debizet et Henry, 2009, p. 147). En effet, la présence de plusieurs acteurs au sein de ces événements permet d'échanger autour des ressources et des contraintes sociotechniques, économiques, organisationnelles et spatiales du projet. De plus, une réflexion est portée, par les acteurs, sur les objectifs de résultats en exploitation en portant la création d'un opérateur de services urbains. Ainsi, l'organisation de la conception en workshops a été décrite comme très positive par tous les acteurs interrogés à Sollys en nous expliquant qu'elle favorise « l'interaction », « le partage de compétences » et « l'apprentissage » entre les acteurs. Un architecte du cabinet Vera & Associés nous affirme ainsi avoir été au courant de tous les enjeux techniques du projet, ce qui aide notamment à l'anticipation de l'intégration des questions énergétiques dans la conception spatiale. « C'est riche parce que c'est un partage des compétences de tout le monde et ça enrichit le projet… Nous, on a été quand même au courant de tout ce qui est technique. On était là, sur une grosse partie des débats et des choix qui étaient faits. On était consulté. » (Architecte, Vera & Associés, 14/10/2020) (voir figure 4.16).

Contrairement au cas de NCU, où il y avait une forte division du travail entre les architectes et les ingénieurs, le travail en workshops à Sollys a contribué à dépasser cette séparation des activités en

faveur d'une conception concourante qui favorise l'échange et l'apprentissage collectif entre tous les acteurs intervenants (Debizet et Henry, 2009 ; Midler et Ben Mahmoud Jouini, 1996). Nous pouvons caractériser cet apprentissage à Sollys comme un apprentissage en réseau, qui s'appuie sur des interactions horizontales entre les acteurs (Verhage et Leroy, 2014). En effet, ces interactions régulières entre les professionnels disposant de diverses expertises sont notamment un levier d'accumulation des connaissances et d'évolution des compétences de ces derniers (Biau et Tapie, 2009 ; Raynaud, 2001). Le schéma 4.16 présente l'organisation de la conception pendant les workshops. Néanmoins, il faut noter que le travail en workshops ne donne pas plus de pouvoir de décisions aux architectes. D'après un chef de projet du BET Fluide énergétique Katene, les architectes n'ont pas vraiment de mot à dire en matière de définition des solutions techniques, leur rôle relève plutôt de la réalisation des choix esthétiques et fonctionnels en matière d'intégration des objets de l'énergie. La sélection des SE et leur localisation sont ainsi tranchées par les ingénieurs et intégrées spatialement, par la suite, par les architectes.

> « Esthétiquement, oui ils ont eu leur mot à dire notamment sur les toitures il y a eu beaucoup de remarques par rapport à ça dans le dossier de permis de construire et ceci d'autant plus que ce sujet est très important à Lyon où il faut que les toitures soient belles vu d'hélicoptère … Apparemment c'est important pour le maire. Après sur la technique, je ne dirai pas qu'ils ont eu leur mot à dire. C'est des contraintes, il y a des conséquences et il faut juste qu'ils comprennent bien les conséquences pour intégrer correctement ces sujets. » (Ingénieur, Katene, 12/02/2020).

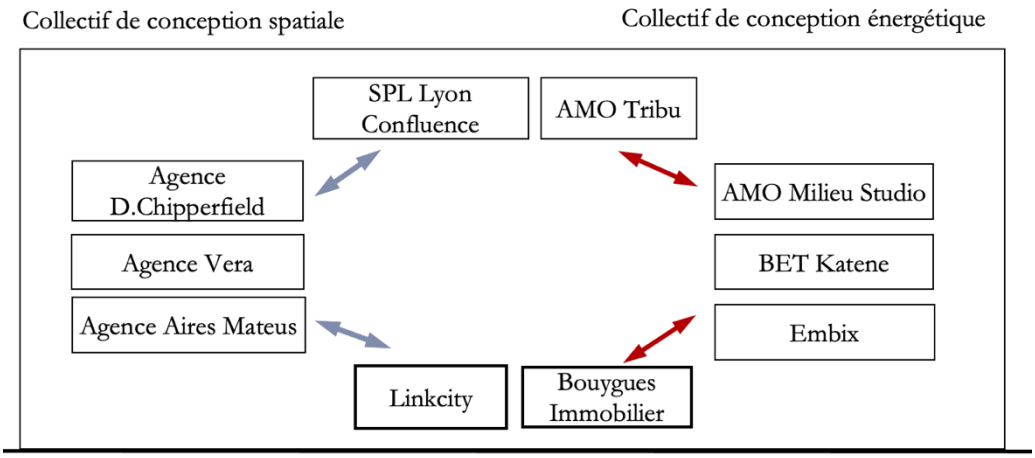

Figure 4. 16. Schéma d'organisation de la conception du projet Sollys pendant les Workshops. Réalisation personnelle.

En dépit de tout ce travail en amont, la conception du projet Sollys est revenue vers une organisation traditionnelle du travail après l'arrêt des workshops. En effet, d'après notre enquête, les activités de conception énergétique et spatiale ont repris une organisation séquentielle avec un minimum d'échanges et d'interactions entre les acteurs. Par exemple, après le passage d'une solution de cogénération au bois vers une cogénération au gaz vert, plusieurs prescriptions ont été transmises par les ingénieurs aux architectes pour être intégrées dans le projet à l'exemple de

l'usage de l'espace anciennement dédié au stockage du bois pour d'autres usages ou encore de la conservation de la trappe prévue initialement pour recevoir les copeaux de bois pour le futur changement de la cogénération. Les acteurs de la conception spatiale intègrent, de ce fait, progressivement les contraintes techniques qui se précisent dans le projet (Ramirez-Cobo, Tribout et Debizet, 2020).

Le schéma ci-dessous (4.17) présente les différents acteurs du projet avec, à droite, les acteurs de la conception énergétique et, à gauche, les acteurs de la conception spatiale. Les promoteurs jouent un rôle de coordination et de centralisation des expertises de ces derniers. En outre, il faut préciser que, si le travail de workshops a ainsi permis de discuter plusieurs sujets (et notamment l'intégration des AE) très tôt dans le projet, les choix initiaux ont été constamment remis en cause au cours du développement du projet. Le responsable innovation et développement durable à la SPL Lyon Confluence nous explique ainsi avoir eu du mal à prioriser les questions environnementales face à d'autres sujets dans le projet (économiques, esthétiques, techniques). Par exemple, l'évolution des choix concernant la structure bois a nécessité l'évolution du traitement des façades des bâtiments et la nécessité de nouveaux calculs des ponts thermiques, des modifications amènent souvent de revoir les objectifs énergétiques à la baisse.

> « On a toujours du mal à prioriser ces questions, on n'a toujours pas trouvé la bonne solution. Parce que c'est le problème aussi de la starification des architectes. Il y a toujours une période où tu as le concours ou la consultation, peu importe, mais tu choisis tes équipes d'architectes. Là, tu leur parles de qualité environnementale, etc. Tu leur mets un AMO spécifique. Tu leur dis qu'on va faire plein de réunions ensemble et vraiment, avant de commencer à dessiner, on veut que vous preniez en compte, que vous dialoguiez avec vos bureaux d'études qui sont déjà en place, ne commencez pas à dessiner. Ça ne marche pas. Et là tu peux te taper deux ans d'atelier, deux ans de workshop où tu travailles en parallèle. Mais tant que l'architecture n'est pas posée, c'est compliqué de savoir les choses. Puis finalement, l'architecture est modifiée, etc. » (03/02/2020).

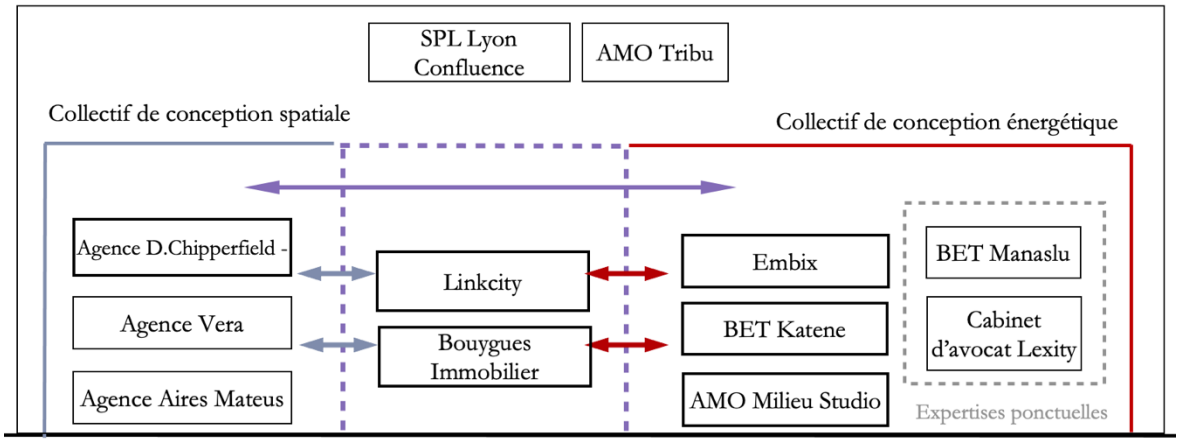

Figure 4. 17. Schéma d'organisation de la conception du projet Sollys après les Workshops. Réalisation personnelle.

Les objets intermédiaires ont ainsi joué un rôle important de médiation entre la conception énergétique et spatiale notamment autour de l'intégration des objets de l'énergie que ce soit les schémas de la solution technique, les plans d'architecture ou les plans techniques. Le schéma technique (voir figure 4.13) joue, par exemple, un rôle de spatialisation des AE dans le plan de masse du projet en indiquant leur localisation et leur contractualisation. Le plan fluide figure 4.18, réalisé par Katene, montre ainsi que c'est à partir des plans des architectes que continue le travail des ingénieurs fluides pour intégrer tous les détails techniques des systèmes techniques. En effet, les objets intermédiaires sont un moyen de médiation très important entre les architectes et les ingénieurs énergie pour l'intégration des artefacts énergétiques et leurs impératifs d'usages. Notons, toutefois, que la mobilisation de schémas ou de plans techniques est beaucoup moins importante à Sollys qu'à NCU. En effet, la complexité du projet NCU a engendré la sur-mobilisation des objets intermédiaires pour maîtriser la complexité du projet et les incertitudes de conception des objets sociotechniques. Dans le cas de Sollys, nous avons même constaté que plus le projet avançait moins les discussions se basaient sur les schémas techniques car les acteurs avaient, tous, déjà en tête le schéma de la solution énergétique.

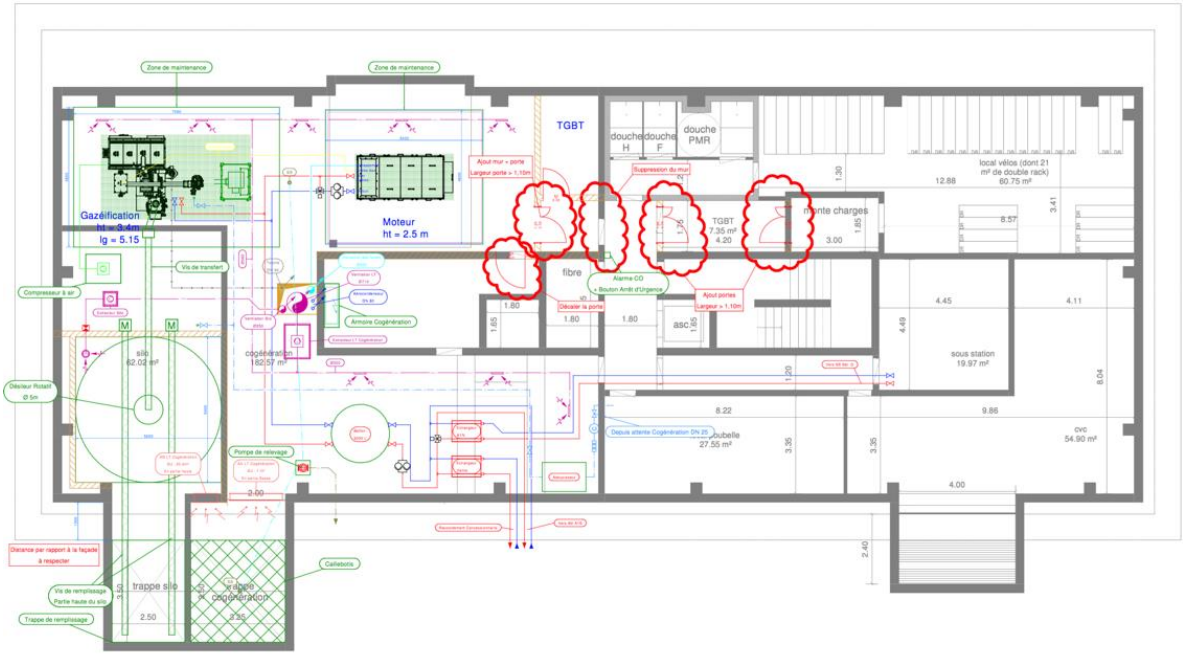

Figure 4. 18. Plan de passage des fluides et de l'électricité pour le bâtiment G, réalisé par Katene sur le plan d'AIR Mateus. Source: Bouygues Immobilier, 02/2019.

Pour résumer, nous avons montré que, comme le cas de NCU, l'intégration des objets techniques impacte la spécialité des projets et notamment les sous-sols et les cinquièmes façades, des lieux considérés comme moins créateurs de valeur contrairement au RDC par exemple. L'intégration de ces objets crée ainsi parfois des conflits d'usages dans la conception des quartiers durables. Par la suite, nous avons vu qu'il y a également plusieurs logiques et postures d'intégration de ces objets. En effet, ces actants amènent divers enjeux que négocient les acteurs avant leur traduction spatiale. Enfin, nous avons montré que si l'organisation de workshops a fortement incité à la collaboration des acteurs, l'organisation de la conception a repris un rythme séquentiel après l'arrêt de ces événements. C'est à travers les plans des architectes que les ingénieurs continuent à préciser l'intégration des artefacts énergétiques et de leurs préoccupations d'exploitation et d'usage. Les objets intermédiaires ont joué un rôle de médiation important entre les équipes de conception spatiale et énergétique et notamment concernant l'intégration des sujets d'usage et d'exploitation des AE (préconisation de conception et d'usage, limites de prestation et gouvernance). La partie suivante présente la suite et la fin de la conception énergétique avec notamment l'intervention de l'opérateur de services urbains.

4 Réémergence des enjeux d'exploitation et bifurcation de la solution énergétique

Nous allons suivre dans cette section la suite et la finalisation de la conception énergétique du projet Sollys et ceci après une seconde bifurcation de la solution énergétique de début 2019 à la fin de 2020. Nous allons interroger, dans un premier temps, les raisons de la bifurcation des choix techniques. Nous démontrerons ainsi, comme le cas de NCU, que l'intégration des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques oriente fortement les choix de conception au sein des projets (4.1). Par la suite, nous analyserons la construction de la gouvernance énergétique de cette nouvelle solution. Nous verrons que l'intégration des préoccupations d'exploitation dépend fortement du montage juridique de la gouvernance et de la gestion du projet (4.2).

4.1 Évolution du cadrage du projet pour intégrer les enjeux d'exploitation

4.1.1 Définition des missions de l'opérateur urbain incarné par Embix

Après deux ans de conception du projet Sollys et à la suite de diverses discussions au sein des consortiums Eurêka Confluence, les acteurs ont fini par définir les responsabilités de l'opérateur urbain. La création du métier d'opérateur urbain est l'innovation phare revendiquée par les acteurs du projet Sollys. Tout l'enjeu était de bien définir les missions de cet acteur. En résumé, ces missions définies, à ce stade à Sollys, s'articulent autour de 5 points :

1. La réalisation d'un engagement de performance avec un montage contractuel de type certificat de performance énergie (CPE) avec notamment des bonus et des malus en cas d'atteinte ou de non atteinte des objectifs comme le cas d'Avelys,
2. La répartition optimisée de l'énergie et des charges associées pour le compte des ASL,
3. L'exploitation des artefacts énergétiques après la livraison,
4. La coordination des divers operateurs énergétiques intervenant au sein du projet,

5. La sensibilisation des usagers (notamment les habitants) et la création d'outils (portail de quartier) pour l'échange d'informations avec ces derniers.

Concrètement, l'objectif premier de l'intervention de cet acteur en amont est notamment de s'engager sur une « garantie de résultat » en matière de production et de consommation énergétiques. En effet, l'ancien directeur Innovation de Bouygues Immobilier explique que « si on ne s'implique pas dans la conception, on ne peut pas prendre des engagements de performance ». Par la suite, il est important, pour Embix, de réaliser un travail de liaison et d'interface entre les ASLs du projet et les exploitants (chaînon manquant) et de disposer de compétences techniques pointues pour pouvoir suivre le travail des prestataires (acteur technique). L'enjeu est de pouvoir agir à différentes mailles dans le projet du logement au quartier (acteur transverse) pour assurer un service énergétique de qualité. La figure 4.19, réalisée par Embix, synthétise les missions de l'OSU en indiquant qu'un des objectifs est la « Remise en question des ambitions énergétiques et des solutions réalisées pour les atteindre aboutissant à une amélioration de la facture énergétique des usagers ». L'enjeu de la démarche de cet acteur est de questionner la phase amont des projets au prisme des enjeux d'exploitation des artefacts énergétiques. Ce point est très important car il va profondément bouleverser la suite de la conception énergétique de Sollys. Par ailleurs, si l'objectif initial de cet acteur est d'intervenir sur divers services urbains (opérateur de biodiversité urbaine, exploitant de flottes de véhicules électriques, exploitant d'espaces partagés, etc.), il ne propose, à ce stade, que la prestation d'opérateur énergétique.

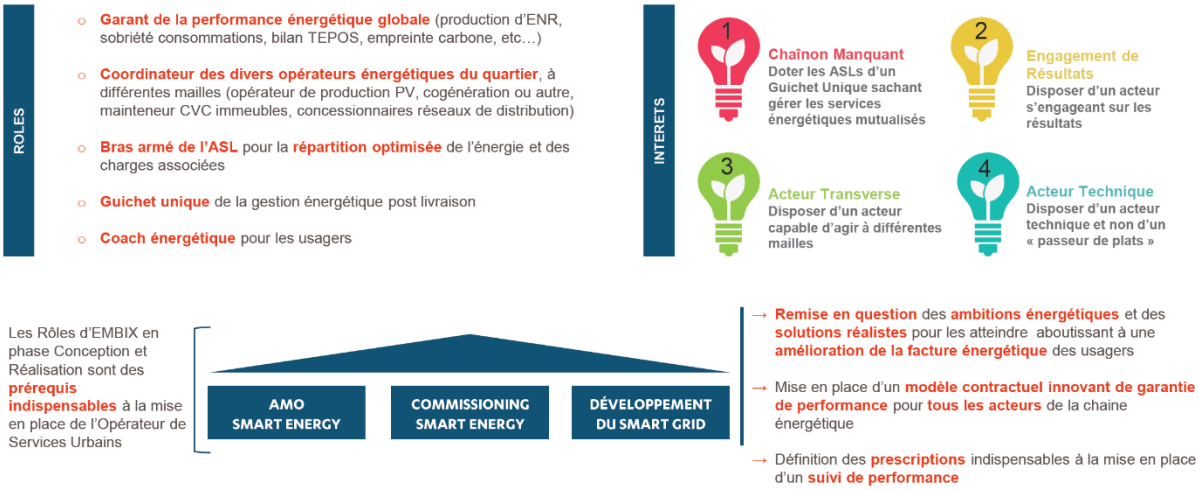

Figure 4. 19. Les missions de l'opérateur urbain définies au sein du projet Sollys. Source : Bouygues Immobilier, 27/01/2020.

4.1.2 La limitation des charges qui induit la bifurcation de la solution énergétique

Nous reprenons ici notre récit en début 2019 après validation de l'APD1. Après plusieurs mois de discussions sur la viabilité économique de la solution énergétique de Sollys, l'aménageur a demandé au promoteur de lui prouver que l'opération est viable économiquement en incluant comme variable de sortie le coût de l'énergie pour les utilisateurs. Cette requête rendait le travail de Katene encore plus complexe en rajoutant un autre critère aux différentes contraintes présentées ci-avant (coefficients de conversion de l'énergie non conventionnels, les bilans BEPOS financier des SE). Le promoteur a donc fait appel à Embix pour évaluer cette dernière et calculer les charges qui seront portées par les utilisateurs. Un ingénieur au sein de l'AMO Milieu Studio explique que la conception énergétique qui devait satisfaire, en même temps l'objectif BEPOS et celui de la limitation de la facture énergétique, était devenue un sujet très pointu, d'où l'intervention d'Embix. Le travail s'est ainsi réparti entre le BET fluide Katene et Embix. Le contrat d'OSU ne sera, quant à lui, signé par Bouygues Immobilier et Linkcity qu'en mars 2019.

> « L'aménageur nous a dit « montrez-nous la viabilité économique [de la solution énergétique] et combien ça va coûter à l'utilisateur final. » Dans cette phase de transition, Bouygues Immobilier s'est associé à d'autres compétences sur la question énergétique et notamment d'Embix pour l'accompagner dans cette discussion très pointue et qui dépasse le champ de notre mission qui était une mission de pilotage général. Donc les études se sont réparties entre Katene et Embix. » (Ingénieur, Milieu Studio,11/03/2020).

Concrètement, l'OSU réalisait un calcul des charges énergétiques en se basant sur les simulations énergétiques dynamiques (SED) réalisées par Katene. Les calculs énergétiques de Katene sont traduits par Embix en euros/m2 SDP. Précisons également qu'Embix a fait appel au BET Manaslu pour s'occuper du commissioning à Sollys. En effet, le BET Manaslu a été mobilisé par Embix, en consultation avec les promoteurs, pour réaliser du commissioning énergétique de Sollys en s'appuyant sur son retour d'expérience sur la conception énergétique puis le monitoring du projet Hikari.

Les discussions qui traitaient des charges énergétiques se sont organisées en plusieurs réunions qui impliquaient : Bouygues Immobilier, Linkcity, Katene, Embix, Manaslu, la SPL et Tribu. Après de longs débats, le consensus trouvé, par le collectif, est de limiter les charges énergétiques des habitants à un surplus de 20% par rapport à une facture classique. « Au bout de 2 ans d'études sur comment faire pour essayer d'être à énergie positive, tout en ayant des charges admissibles, on a réussi à caractériser l'admissible sur les charges énergétiques à environ +20% par rapport à une facture de base » (Ingénieur, Katene, 12/02/2020). Le récit de la conception énergétique à Sollys montre, comme le cas de NCU, que le cadrage énergétique de la maîtrise d'ouvrage publique a évolué pour intégrer des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques que sont la facture énergétique des habitants et la facilité d'usage des SE mobilisés.

Après l'exploration de plusieurs scénarios, la conclusion a consisté à dire que la solution bois n'était pas viable économiquement car elle engendrait des charges très élevées pour les habitants. Au final, la solution trouvée, pour limiter les charges, a été le passage d'une solution de cogénération bois à une solution de cogénération au gaz vert à l'échelle des trois îlots[240]. Concrètement, la cogénération est reliée au réseau de gaz de la ville (plus carboné donc que le biogaz) et dispose d'un contrat de fourniture de gaz vert avec les fournisseurs de bio-méthane. Embix et Manaslu précisent également qu'au-delà des questions financières, c'est les questions techniques relatives au fonctionnement complexe de la cogénération qui ont fait pencher la balance en faveur du changement de solution technique. En effet, la cogénération au bois présente des risques techniques relatifs aux régimes de températures fournis [241] et au séchage du bois. De plus, ce système manque de modulation car il n'est pas possible de l'arrêter dans le cas de faible demande d'énergie (ex en été) et, enfin, il existe peu de retour d'expériences sur l'usage de cette technologie. Le tableau suivant, réalisé par Embix (figure 4.20), compare les points forts et les points faibles des deux artefacts énergétiques. Les enjeux de limitation de la facture énergétique et des potentielles défaillances des systèmes techniques en exploitation ont ainsi engendré la bifurcation de la solution énergétique.

> « La cogénération bois c'est du bois qu'on doit pyrolyser ou gazéifier avec de la pyrolyse, ensuite, on entre dans un réacteur à process pour faire du reformage. C'est-à-dire qu'on capte des molécules de bois pour faire du CH4, ensuite, on doit purifier et enfin alimenter le moteur de la cogénération, qui est un moteur au gaz. Ça a des rendements mauvais, il faut sécher le bois, c'est un truc qui était inconcevable d'intégrer au cœur d'un îlot avec des gens qui ont envie de dormir la nuit et non d'entendre un ventilateur et une torchère sur leur toit. » (Ingénieur, Manaslu, 20/04/2020).

	+	−
Cogénération bois	• Solution bois combustible renouvelable • Coefficient EP/EF à 0,2 → production de chaleur raisonnable pour atteinte de l'équilibre TEPOS	• Facture énergie élevée pour les usagers • Risque fort de non faisabilité technique (régimes de température, séchage) • Peu de retour d'expérience • Pas de modulation possible : revente au RCU obligatoire
Cogénération gaz vert (gaz avec certificat d'origine verte)	• Facture énergie usagers davantage acceptable (mais toujours plus élevée que 100% réseau) • Solution éprouvée (REX important) • Peu de risques techniques • Modulation & arrêts possibles : pas/peu de revente de chaleur	• Impact important des délais d'études de cette solution sur le planning des bâtiments • Quel coefficient de conversion d'énergie finale à énergie primaire pour le gaz vert ? *Ex : avec le coef 1,1 pour le gaz, un bilan TEPOS neutre à 0,2 chuterait à env. -20%/-30%* • Modulation possible : puissance installée plus importante pour atteindre l'équilibre TEPOS

Figure 4. 20. Étude des points forts et faibles des cogénérations au bois et au gaz vert. Source : Embix

[240] Il y a eu donc un passage d'une cogé bois de (Pther121 kW Pélec59 kW) à une cogé gaz vert (Pther110 kW et Pélec59 kW). En plus, un dispositif de stockage de l'eau chaude de 40 m3 a été ajouté en sortie de cogénération pour optimiser l'utilisation de celle-ci.

[241] Notamment en référence aux retours d'expérience sur le projet des Batignolles.

Précisons également que la bifurcation de la solution énergétique n'a pas impacté la spatialité du projet. Par exemple, l'ancien local destiné au stockage du bois a été transformé en local technique et la trappe prévue pour l'acheminement du bois a été conservée pour prévoir le changement de la cogénération au gaz vert en sous-sol en étant localisée à proximité du bâtiment G.
En matière d'autoconsommation, le schéma de cette nouvelle solution au gaz vert reste identique à celui de la cogénération au bois. L'autoconsommation s'effectue seulement à l'échelle de deux îlots A1N et A1S. Le surplus de chaleur, produit en été par la cogé, est utilisé par un groupe froid à absorption pour produire du froid. L'objectif est d'assurer 100% d'autoconsommation de la chaleur car cette dernière est rachetée à bas coût par Dalkia. L'électricité de la cogé est, quant à elle, autoconsommée en été et revendue en hiver quand il y a le plus de demande à travers un contrat appelé C16. « On utilise un contrat de rachat qui s'appelle le contrat C16, qui est sur les mois d'hiver. Sur les mois d'été, on fait de l'autoconsommation collective sur la partie cogénération produite, puisque ce contrat C16 s'applique uniquement sur la période d'hiver. » (Directeur Embix, 19/06/2020). Le bilan TEPOS de cette nouvelle solution, arrêtée en 02/2020, représente -14% en EnR.

En outre, précisons, comme expliqué précédemment, que les tarifs de rachat d'énergie ont constamment impacté les choix des technologies énergétiques et leur dimensionnement au sein du projet. En effet, l'objectif a été constamment de dimensionner les SE pour répondre aux ambitions énergétiques du projet tout en réalisant une forte rentabilité économique. Dans le cas de la première solution de cogé biomasse, l'autoconsommation de la chaleur et de l'électricité était favorisée car les tarifs de rachat sont bas. Dans le cas de la seconde solution, la chaleur de la cogé est autoconsommée et l'électricité est revendue en hiver quand les tarifs de rachat sont hauts à cette période. S'agissant de l'électricité, la revente de cette énergie a toujours été favorisée car les tarifs de rachat sont intéressants.

En matière d'investissement économique dans les systèmes énergétiques, la cogé est à la charge des copropriétaires des lots A1N et A2N. S'agissant des panneaux photovoltaïques, il a été décidé de confier l'investissement et l'exploitation de ces systèmes à un tiers investisseur pour réduire l'investissement financier des promoteurs. D'après certains acteurs au sein de Bouygues, l'exploitation des surfaces de PV est une activité qui devient de plus en plus rentable avec l'évolution des tarifs de rachat de l'électricité. Pour aller encore plus loin dans l'optimisation de la facture énergétique des futurs habitants, plusieurs choix ont été réalisés comme l'optimisation des puissances de raccordement des îlots au réseau de chaleur de Dalkia pour économiser les frais d'abonnement ou encore la décision de calculer les charges énergétiques des habitants sans intégrer le prix du renouvellement de la cogé (prévu dans 15 ans) car cela engendrait une augmentation des charges énergétiques à plus de 30%. Des réunions étaient notamment organisées par le collectif de conception énergétique avec les investisseurs immobiliers pour se mettre d'accord sur ce bilan de calcul des charges énergétiques.

Le récit de la conception énergétique à Sollys illustre, comme le cas de NCU, que le cadrage énergétique de la SPL s'est fait déborder en ayant intégré les préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques qui sont la facture énergétique des habitants et la facilité d'usage des SE mobilisés. En effet, les objets techniques portent en eux des enjeux d'exploitation qui se mettent en action en cours du développement des projets, engendrent un débordement des cadrages énergétiques (Bernard, 2005 ; Callon, 1999). Le raisonnement de départ du projet, concentré sur le coût d'investissement a ainsi évolué deux ans plus tard vers un raisonnement en coût global associant la facture énergétique des habitants. En effet, la facture énergétique devient un élément majeur d'anticipation de l'exploitation des SE en conception. Il y a eu, ce faisant, une bifurcation de la solution énergétique d'une solutions bois à une solution gaz beaucoup plus maîtrisée. L'augmentation des connaissances sur le projet après la réalisation de plusieurs études détaillées a ainsi accru la capacité d'action des acteurs (Arab, 2001) engendrant la réversibilité des choix techniques. Enfin, précisons également que l'intégration des préoccupations d'exploitation dans la conception énergétique de Sollys a engendré, comme le cas de NCU, une réduction de l'ambition BEPOS du projet à -14%. En effet, appréhender les enjeux d'exploitation amène, dans certains cas, à revoir les objectifs de départ. Le schème 4.21 résume l'évolution de la conception énergétique du projet. La partie suivante s'intéresse au montage juridique de cette nouvelle solution énergétique.

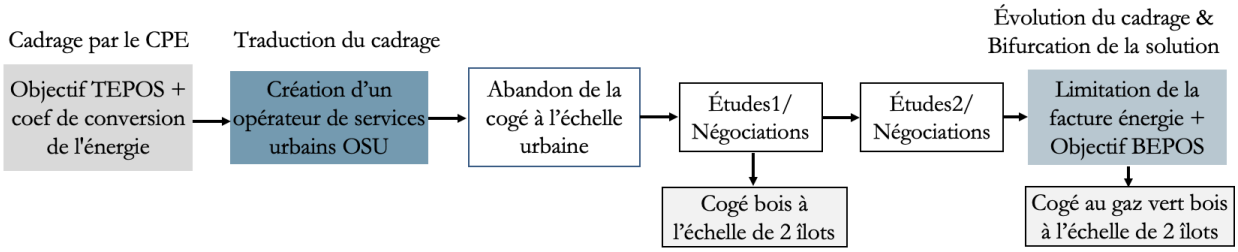

Figure 4. 21. Analyse de l'évolution de la solution énergétique à Sollys. Réalisation personnelle.

4.2 La construction complexe de la gouvernance énergétique de Sollys

4.2.1 L'élargissement du cercle d'acteurs pour traiter les enjeux d'exploitation

La construction de la gouvernance énergétique a beaucoup mobilisé les acteurs du projet Sollys. L'ancien directeur Innovation chez Bouygues Immobilier affirme : « Sur Sollys, on a fait une sorte de poupée russe avec un gros syndic de quartier qui contient tous les autres syndics des différentes fonctions, c'est très compliqué » (29/05/2019). Pour maîtriser la complexité du montage juridique de la gouvernance énergétique dans le projet, les promoteurs et Embix ont notamment fait appel à un cabinet d'avocat local qui s'appelle LexCity qui est spécialisé dans l'immobilier durable et les contrats publics (notamment les CPE). Au-delà de l'intégration des préoccupations des SE pendant la conception, nous constatons ainsi un élargissement du cercle des acteurs pour traiter des sujets pointus d'anticipation de l'exploitation des AE en phase amont (Campagnac, 2017). Si

les questions de gouvernance énergétique, de commissioning et de suivi en exploitation n'ont pas été des sujets abordés dans les premières générations de quartiers durables, ils deviennent ainsi des enjeux essentiels pour anticiper l'exploitation des SE. Le schéma suivant synthétise les acteurs intervenus et leurs missions dans le projet.

Acteurs	Missions	
EMBIX	AMO énergie et numérique & opérateur de services urbains	Phase conception 2014-2017
Milieu Studio	AMO environnement et énergie	
Katene	Conception énergétique du projet	
Cabinet Lexity	AMO juridique, montages contractuels	
Dalkia ELM	Raccordement au réseau de chaleur de Lyon	Phase chantier puis exploitation
EMBIX	Gestion des systèmes énergétiques & tiers de confiance	
Manaslu	Commissioning des systèmes énergétiques	

Figure 4. 22. Synthèse des acteurs énergie intervenants sur les questions énergétiques en phase conception et réalisation du projet Sollys. Réalisation personnelle

4.2.2 La construction complexe de la gouvernance énergétique de Sollys

Le travail sur la partie juridique en amont des projets a été décrit comme très important par les acteurs d'Embix et du cabinet LexCity pour prévoir le statut de l'opérateur de services urbains et ses responsabilités avant de gel des choix de conception des projets.

> « Il est important de prévoir dans les statuts de l'ASL qu'il y aura un opérateur pour rassurer des investisseurs ou les acquéreurs, et d'expliquer quelle sera l'implication pour eux derrière en matière de coûts d'exploitation ou tout du moins d'exploitation. Il y a donc toutes ces indications en amont pour basculer ensuite sur le volet opérateur pendant la livraison. Si l'on n'arrive qu'à la fin du projet, on aura loupé toute la partie juridique. » (Ingénieur C, Embix, 24/06/2020).

D'après un ingénieur chez Embix, la gouvernance du projet Sollys a été impactée par le projet énergétique et urbain. En effet, pour comprendre la gouvernance du projet, la discussion, avec la chargée de projet d'Embix, s'est fait autour du plan de masse du quartier car la construction de la gouvernance du projet suit de près la répartition spatiale des programmes. Cet acteur explique qu'Embix n'a pas réussi à construire une seule association syndicale libre (ASL) qui regroupe tous les copropriétaires du projet mais il a fallu créer diverses structures pour les différents îlots : une association foncière urbaine libre (AFUL) pour chacun des îlots A1N et A1S et une copropriété pour A2N (qui est composée exclusivement d'immeubles de logements). Ces trois structures, en plus de gérer l'énergie qui vient du réseau de chaleur, gèrent également les autres charges communes aux copropriétaires comme l'entretien des espaces verts et le nettoyage des parties communes. En plus de ces structures, une AFUL a été créée exclusivement pour gérer la cogénération sur les deux îlots A1N et A1S (répartir les charges, prévoir les revenus liés à la

revente...). Cette répartition de la gouvernance amène, de ce fait, d'après les ingénieurs d'Embix beaucoup de complexités dans la facturation de l'énergie. Par exemple, chaque bâtiment dans l'îlots A1N va avoir un bilan de ces charges de deux structures différentes (l'AFUL A1N et l'AFUL Cogé). Le fait d'avoir un ensemblier comme Embix pour gérer ces contrats était ainsi fondamental pour l'aboutissement du projet (voir figure 4.23).

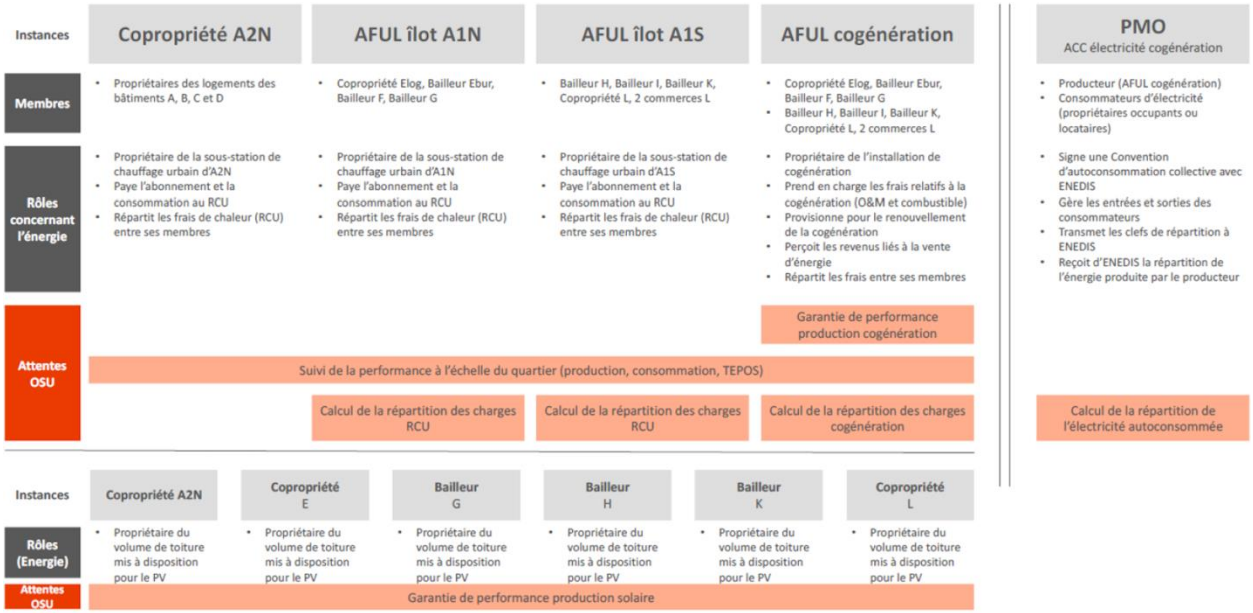

Figure 4. 23. Principe de gouvernance énergétique de Sollys et rôle de l'opérateur de service urbain. Source : Embix, 06/2019.

Un avocat au sein de LexCity explique le statut juridique des AFULs et des ASLs dans le projet. Il explique notamment que ce sont les structures qui sont propriétaires des artefacts énergétiques communs pour éviter que certains acteurs n'exigent la propriété de ces équipements énergétiques comme on l'a vu dans le cas des investisseurs des Green Offices à NCU.

> « Quand vous regroupez des choses très hétérogènes, vous avez plusieurs structures juridiques qui existent, qui s'appellent les associations syndicales de propriétaires (ASP), qui est une catégorie générique à l'intérieur de laquelle vous avez des ASL ou des AFUL. L'AFUL est une association foncière urbaine libre, cela veut dire que les gens y adhèrent volontairement sans obligation. C'est l'AFUL qui est propriétaire des installations de production d'énergie. Cela évite d'avoir une copro, un bailleur, une foncière ou un propriétaire indépendant détienne la propriété d'équipements de production d'énergie, par exemple la cogénération. C'est elle qui va contracter, qui va le faire fonctionner, qui va l'entretenir, qui va passer tous les contrats nécessaires et qui va encaisser les recettes aussi, qui vont être générées par l'équipement. » (17/07/2020).

Enfin, pour faire l'interface avec ENEDIS, dans le cadre de l'autoconsommation collective, il y a eu la création d'une Personne Morale Organisatrice (PMO) car il existe une obligation d'avoir un seul interlocuteur avec ENEDIS.

> « La personne morale organisatrice est une structure qui regroupe les producteurs et les consommateurs mais qui n'a pas en soi de compétences techniques en énergie. La loi a imposé

> cette PMO, qui est l'interface entre tous les producteurs-consommateurs et ENEDIS. Je dis ENEDIS pour simplifier, mais ça pourrait être l'entreprise locale de distribution. Cette PMO doit à ENEDIS réglementairement un certain nombre d'informations. Qui a consommé ? A quel moment de la journée ? Donc, soit la PMO se dote d'un ingénieur électrique qui va pouvoir faire ce travail pour le donner à ENEDIS, soit, ce qui est le plus souvent le cas elle passe un contrat de prestations de services avec une entreprise qui va lui préparer les informations nécessaires pour les transmettre chez ENEDIS en temps réel. C'est par exemple ce que fait Embix. » (Avocat, LexCity, 17/07/2020).

Pour s'assurer que les futurs copropriétaires ou bailleurs ne changent pas la cogénération au gaz vert en cogénération au gaz gris, une clause a été rajoutée aux contrats. En effet, un des risques de ces projets, d'après notre enquête, est que les copropriétaires décident de changer de solution en achetant du gaz gris pour réduire leurs factures énergétiques. L'aménageur nous explique ainsi :

> « Comment est-ce qu'ils acceptent de payer du gaz vert alors qu'ils pourraient acheter du gaz gris beaucoup moins cher ? On a trouvé une solution : pour autoconsommer, tu es obligé de créer une personne morale, en gros, une association, dont l'objet est justement l'autoconsommation et la revente du surplus. Nous, dans les statuts de l'autoconsommation, on a indiquéqu'il n'était possible de revendre le surplus d'électricité qu'en cas de gaz vert. S'ils veulent se raccorder au réseau de gaz pur et dur, à défaut du gaz gris, cette personne morale n'existe plus. Ou alors, il faudrait qu'ils recréent une personne morale, et ça risque d'être un petit peu long et compliqué. » (Responsable innovation et développement durable, SPL Lyon Confluence, 03/02/2020).

Embix a signé un contrat de conception, réalisation et d'exploitation des systèmes énergétiques à Sollys sur une période de deux ans. En effet, Embix sera financé par les promoteurs pendant les deux premières années de la livraison. L'objectif pour Embix est, par la suite, de convaincre la copropriété et les AFULs du projet de signer un contrat d'exploitation sur le long terme avec lui. La qualité de l'exploitation et la maîtrise des charges à Sollys sont ainsi des enjeux primordiaux pour la pérennité de l'activité de cet acteur. A ce stade, et face à la complexité des contrats, Embix n'est pas arrivé à contractualiser seul avec les exploitants des PV et de la cogénération. La contractualisation avec les exploitants a été réalisée avec les AFULs et Copro (représentés par les promoteurs aujourd'hui). L'OSU n'est également pas arrivé à garantir la performance du projet en réalisation et en exploitation, il est aujourd'hui plus un « tiers de confiance » dans le projet. Toutefois, les acteurs interrogés expliquent qu'après les apprentissages accumulés à Sollys, la garantie de performance va être proposée sur d'autres projets de l'entreprise, à l'exemple du projet Eole Évangile porté par Linkcity, lauréat de Réinventer Paris.

> « Alors après, il y a eu la réalité des contrats, mais ce que l'on voulait faire dans un premier temps, de dire que l'ASL n'allait pas contractualiser avec un opérateur de cogénération ou de PV, mais ces opérateurs allaient plutôt contractualiser avec l'opérateur de services urbains, et que lui-même allait contractualiser avec l'ASL. Cet ASL disposerait ainsi d'un opérateur de service urbain un peu garant de la performance, qui lui-même s'assurait que chacun des opérateurs intermédiaires tenait ses objectifs. Dans les faits, on n'y est pas encore complètement arrivé. Dans le montage réel, on est toujours sur ASL. Enfin, c'était le promoteur au départ, mais c'est l'ASL par la suite, qui contractualise avec les opérateurs. Ce qui devait être un garant de la performance, est plutôt un tiers de confiance aujourd'hui, qui va remonter de l'information au promoteur ou à l'ASL. En termes de gouvernance, on est donc sur cette étape intermédiaire, où l'on n'est pas encore véritablement sur de la garantie de performance, même si c'est l'objectif. On est sur un intermédiaire entre « Je suis le tiers de

> confiance », ou « Je suis le garant de la performance ». Quelque part, l'idée est vraiment là. C'est une gouvernance classique. C'est-à-dire que le promoteur s'engage sur des choses, livre les clés, mais n'est plus responsable de rien par la suite, si ce n'est la décennale. L'OSU est quant à lui là jusqu'à deux ans après la livraison du dernier bâtiment. Cela peut donc vouloir dire cinq ans après la livraison du premier, financé pendant deux ans par le promoteur, qui va donc permettre de résoudre un certain nombre de gros problèmes. Et puis après, il y a basculement vers un contrat avec l'ASL, si l'opérateur de services urbains a fait son travail. » (Directeur d'Embix, 19/06/2020).

Un avocat du cabinet LexCity explique que la garantie de résultats est un principe important dans le droit en impliquant notamment une indemnisation du client en cas de défaillance, ce qui n'est pas le cas d'une obligation de moyen. D'ailleurs, cette forte responsabilisation de l'entreprise d'exploitation, dans le cas d'une garantie de résultats explique le faible recours à ce type de contrats dans le cadre de l'exploitation des artefacts urbains. Le schéma suivant, réalisé par Embix, résume précisément les missions de l'OSU dans le cadre de son intervention à Sollys. En effet, Embix réalise des prestations d'AMO énergie et numérique, de montage contractuel et de commissioning énergétique.

Figure 4. 24. Les réalisations principales de l'OSU en 11/2019. Source : Bouygues Immobilier.

Cette réémergence des préoccupations d'exploitation au sein du projet NCU montre ainsi la montée de ces questionnements comme des enjeux majeurs dans la fabrique urbaine. En somme, nous pouvons dire que l'intervention d'un acteur ensemblier sur les SE permet d'appréhender la conception énergétique des projets durables suivant une logique d'exploitation. Une démarche qui implique de raisonner en termes de qualité des services énergétiques fournis aux usagers, au-delà de l'innovation techniques dans les projets durables. Cependant, plusieurs défis restent encore à lever pour Embix, que ce soit en matière de récupération et de gestion numérique des données, de

contractualisation des artefacts énergétiques ou encore de garantie de résultats. D'ailleurs, pour intégrer les préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques, les acteurs du projet Sollys ont eu recours à deux autres acteurs que sont LexCity et Manaslu. On voit, de ce fait, l'émergence de plusieurs missions qui n'existaient pas auparavant dans la fabrique urbaine associées à la conception des systèmes énergétiques et à leur exploitation. Ces missions s'accompagnent aussi par l'évolution et la création de nouveaux métiers comme celui du commissioning énergétique et numérique ou encore celui d'opérateur de services urbains. Nous allons nous attarder dans le chapitre 6 sur l'évolution des métiers de la production urbaine pour traiter les enjeux d'exploitation des artefacts énergétiques et urbains plus largement.

5 Synthèse

Dans un premier lieu, nous avons montré que la création d'un opérateur de services urbains s'inscrit dans une dynamique d'apprentissage des acteurs de la Confluence et de Bouygues Immobilier et ses filiales sur les questions énergétiques ; les relations entre ces acteurs revenant en 2011 avec le lancement du démonstrateur Hikari. La création de ce nouvel acteur constitue une étape importante qui montre clairement la volonté des acteurs urbains de prendre en charge les préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques et plus généralement plusieurs services urbains à l'échelle du quartier. Les acteurs apprennent ainsi en le faisant à travers l'expérimentation de projet démonstrateur.

Dans un second temps, le récit de la conception énergétique de Sollys montre que les enjeux d'exploitation des objets de l'énergie ont constamment été mis au second plan face au cadrage énergétique très ambitieux de la maîtrise d'ouvrage publique. D'innombrables scénarios énergétiques ont par conséquent été réalisés pour tenter de satisfaire en même temps : les objectifs énergétiques, les contraintes économiques et urbaines du projet. En outre, l'analyse a montré que les cadrages énergétiques orientent fortement les choix techniques des acteurs et pas forcément vers les choix les plus vertueux. Certains artefacts énergétiques ont par exemple été mobilisés à Sollys en ayant conscience de la complexité de l'usage de ces deniers (ex du groupe froid à absorption) et ceci afin de satisfaire les fortes ambitions du projet.

Puis, nous avons constaté, comme le cas de NCU, que l'intégration des objets techniques impacte la spécialité des projets et notamment les sous-sols et les cinquièmes façades, des lieux considérés comme moins créateurs de valeur contrairement au RDC par exemple. L'intégration de ces objets crée dans certains cas des conflits d'usages dans la conception des quartiers durables. L'organisation de workshops à Sollys a fortement contribué à l'intégration des objets de l'énergie et de leurs préoccupations d'exploitation spatiales. Par exemple, plusieurs sujets ont été anticipés dès le départ de la conception spatiale comme la localisation de la cogénération, l'acheminement des copeaux de bois, et la position de la trappe. Notons par ailleurs que l'avènements de ces préoccupations d'exploitation ne re-questionne pas l'activité des architectes, ces enjeux étant essentiellement traités par les ingénieurs. Cependant, si l'organisation de workshops a fortement incité vers la collaboration des acteurs, l'organisation de la conception a rapidement repris une

organisation traditionnelle séquentielle après l'arrêt de ces événements. Les objets intermédiaires ont joué un rôle important de médiation entre les équipes de conception spatiale et énergétique et notamment concernant l'intégration des sujets d'usage et d'exploitation des SE (préconisation de conception et d'usage, limites de prestation et gouvernance).

Enfin, nous avons montré, qu'après deux ans de conception, les acteurs publics et privés ont fini par considérer les préoccupations d'exploitation des SE (facture énergétique et performance technique) comme des données d'entrée importante de la conception. Nous considérons, conséquemment qu'il y a eu un débordement du cadrage énergétique initial par l'intégration des enjeux d'exploitation. Ce débordement a engendré une bifurcation des choix techniques vers une solution plus maîtrisable en exploitation ainsi qu'une réduction des objectifs énergétiques. En outre, l'analyse montre qu'il reste plusieurs complexités à lever pour Embix, notamment contractuelles, pour porter pleinement son offre d'opérateur de services énergétiques à défaut d'opérateur de services urbains. En effet, face à la complexité de la prise en charge de divers services urbains comme la gestion des parkings, des bornes de recharges électriques, la gestion des espaces verts, etc., cet acteur se définit aujourd'hui plus comme un opérateur énergétique qu'urbain. Notons par ailleurs que les enjeux d'exploitation des SE à Sollys ont été portés par divers acteurs du projet (promoteurs, aménageur, Embix) et non seulement laissés aux exploitants classiques. D'ailleurs, les acteurs du projet n'ont interagi avec l'exploitant du réseau de la Confluence Dalkia que très tardivement dans le projet. Le tableau suivant montre l'évolution de l'intégration des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques dans le projet.

Tableau 4. 1. Anticipation des préoccupations d'exploitation des artefacts énergétiques du projet. Réalisation personnelle.

Préoccupations d'exploitation des SE prises en compte	**De l'APS à l'APD 1**	**APD 2**
Gouvernance et contractualisation	Création d'Embix pour être un ensemblier sur les questions énergétiques et plusieurs services urbains. Objectif de garantir l'ambition BEPOS du projet par Embix	Définition précise des missions de l'opérateur urbain. Construction de la contractualisation de l'exploitation des SE Embix est finalement plus un tiers de confiance. Il sera financé deux ans après la livraison pour l'exploitation des SE.
Bilan économique global	Facture énergétique évoquée mais non priorisée	Limitation des charges à +20% pour les habitants
Usage technique	Abordé mais non priorisé	Devenu un critère important de sélection de la solution énergétique (ex : exploitation de la cogé bois)
Usage spatial	Positionnement de objets de l'énergie anticipé dès l'amont (grâce aux	La spatialisation des objets de l'énergie reste inchangée

	workshops)	
Usages énergétiques des habitants	Projet de sensibilisation des habitants après la livraison avec Embix	Projet de sensibilisation des habitants après la livraison avec Embix

Après cette synthèse, confrontons nos résultats à nos quatre hypothèses. Nous confirmons notre première en affirmant que dans le projet Sollys l'intégration des préoccupations d'exploitation est notamment motivée par divers enjeux par les acteurs. Dans un premier temps, l'enjeu est fortement communicationnel aussi bien pour les acteurs publics que privés. En effet, l'ambition d'éviter les problèmes d'exploitation et la volonté de se positionner comme des acteurs urbains innovants ont incité ces acteurs à prendre à bras le corps ces enjeux. Dans un second temps, l'enjeu est la création de nouveaux marchés et services urbains pour les acteurs privés. L'objectif de la création de l'OSU est de porter de nouvelles offres de services sur la production et la gestion de la ville durable (gestion de bornes de recharge de véhicules électriques, gestion de places de parkings, etc.). Nous répondons également affirmativement à notre seconde hypothèse qui explique que l'intégration des enjeux d'exploitation (facture énergétique, performance technique des systèmes) oriente les choix de conception du projet Sollys vers une bifurcation de la solution technique et une réduction de l'ambition énergétique (taux d'EnR) dans le projet. Nous infirmons cependant notre troisième hypothèse car si les workshops ont permis une conception concourante entre les acteurs, et notamment ceux de la conception énergétique et spatiale, la conception a repris une organisation traditionnelle séquentielle après ces moments d'échanges. Enfin, nous commençons à voir de plus en plus de matière pour répondre à notre quatrième hypothèse. En effet, l'intégration des enjeux d'exploitation des SE par Bouygues Immobilier et sa filiale Embix, ou encore les acteurs de la Confluence, s'inscrit dans une dynamique d'apprentissage lancée depuis plus d'une dizaine d'années sur la production de projets durables ambitieux. Les apprentissages réalisés par les acteurs (l'importance des factures énergétiques des usagers, la répartition de la gouvernance énergétique...) contribuent fortement à mettre les préoccupations d'exploitation à l'agenda de la conception pour éviter des problèmes rencontrés sur des projets précédents. L'enjeux dans les deux chapitres suivants sera de discuter des effets de l'intégration des préoccupations d'exploitation sur la conception des projets durables (chapitre 5), les leviers et les freins des apprentissages ainsi que l'évolution des compétences des acteurs sur ces enjeux (chapitre 6).

Chapitre 5. Effets de l'intégration des préoccupations d'exploitation sur la conception

L'analyse de nos deux études de cas menées dans les 3 chapitres précédents, nous a permis d'apporter des éléments de réponses aux questions de recherches posées dans cette thèse. Si nous avons déjà mis en perspective certains éléments empiriques, l'objectif ici est de réaliser une confrontation exhaustive de nos différents résultats faces à nos questionnements et hypothèses de recherche et de voir comment nos analyses peuvent enrichir les débats scientifiques en cours. Nous allons reprendre la discussion, dans ce chapitre, sur les trois premières hypothèses de cette recherche. La quatrième hypothèse sera plus particulièrement traitée dans la chapitre suivant (6). Le tableau ci-dessous résume nos quatre hypothèses[242].

Tableau 5. 1. Hypothèses de recherche

Questions de recherche	Hypothèses
Motivations des acteurs	H1. L'intégration des enjeux d'exploitation par les acteurs est motivée par divers enjeux au-delà des retours négatifs pendant l'exploitation des projets.
Effets de l'intégration des enjeux d'exploitation sur la conception	H2. L'intégration des préoccupations d'exploitation dans les projets réoriente les choix de conception vers la facilité de l'exploitation des systèmes énergétiques.
	H3. L'intégration des objets techniques fait émerger de nouveaux enjeux (notamment d'exploitation) qui incitent vers plus d'échanges entre les acteurs de la conception énergétique et spatiale.
Apprentissage et évolution des compétences des acteurs	H4. L'intégration des enjeux d'exploitation des SE par les acteurs s'inscrit dans une dynamique d'apprentissage concernant la conception, la réalisation et l'exploitation des systèmes énergétiques, des apprentissages qui sont des moteurs de la transformation de la conception. (voir chapitre 6).

Le chapitre est structuré en quatre parties. Dans un premier temps, nous interrogerons les motivations des acteurs pour l'intégration des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques en amont des projets (1). Puis, nous analyserons l'effet de l'intégration des préoccupations d'exploitation sur les activités de conception énergétique et spatiale. Nous démontrerons notamment que la prise en compte de ces enjeux peut avoir un impact très important sur les choix de conception, engendrant parfois des changements importants dans les choix réalisés (2). D'autre part, nous interrogerons l'organisation de la conception suite à l'intégration de diverses préoccupations d'exploitation au sein des projets. Nous discuterons

[242] Nous n'avons pas rappelé les sous-hypothèses qui forment un découpage plus précis des hypothèses principales (chapitre 1). Nous allons présenter le tableau des réponses à nos quatre hypothèses dans la conclusion générale de la thèse.

notamment nos résultats avec le cadrage conceptuel des sciences de gestion et des travaux sur l'organisation du projet (3). Enfin, nous ouvrirons le champ de l'analyse en abordant les perspectives du *Building Information Modeling* BIM pour une approche intégrée de la conception et de l'exploitation des artefacts énergétiques et urbains. En effet, l'usage de cet outil numérique est mis en avant par divers acteurs, depuis plus d'une dizaine d'années maintenant, comme un moyen incontournable pour améliorer la coordination des acteurs du bâtiment et l'efficacité du processus de fabrication urbaine (4).

1 Diverses motivations des acteurs pour l'intégration des enjeux d'exploitation

En guise de première hypothèse, nous nous sommes intéressés aux motivations des acteurs pour la prise en compte des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques en amont de la conception urbaine. Nous avons supposé que la prise en compte de ces enjeux, par les acteurs privés, dépassait les motivations assurantielles de bon fonctionnement des systèmes en exploitation, et serait justifiée par des motivations de marketing urbain vert, de développement de nouveaux marchés de ces acteurs ou encore par l'intervention d'exploitants en amont priorisant ces enjeux. Nous présenterons ici, dans un premier temps, les acteurs qui ont porté les enjeux d'exploitation dans les projets. Nous verrons que ces enjeux sont aujourd'hui de plus en plus saisis par divers professionnels et ne sont plus seulement laissés aux exploitants (1.1). Nous analyserons ensuite le rôle des opérateurs privés qui sous-tendent l'intégration et la mise en avant des préoccupations d'exploitation des artefacts énergétiques dans leurs projets. Nous verrons notamment que cela répond à diverses motivations de ces acteurs au-delà des enjeux assurantiels en phase exploitation (1.2). Enfin, nous présenterons le rôle des collectivités dans l'intégration des enjeux d'exploitation pour montrer que ces acteurs, responsables de représenter l'intérêt des futurs usagers, jouent un rôle fondamental dans la prise en compte des préoccupations d'exploitation en amont des projets (1.3).

1.1 Des enjeux d'exploitation portés par des acteurs particuliers

La lecture de nos terrains montre que les préoccupations d'exploitation ont été portées par divers acteurs : des acteurs publics (collectivité, aménageur), privés (promoteurs), des exploitants classiques ou de nouveaux acteurs. En effet, les enjeux d'exploitation ne sont plus laissés aux seuls exploitants qui se chargeaient traditionnellement de ces enjeux après la livraison des artefacts urbains. Rappelons toutefois que, dans les deux cas analysés, ces préoccupations ont été fortement initiées par les acteurs privés et ceci très en amont des projets. Dans le cas du projet NCU, c'est UrbanEra, filiale d'aménagement de Bouygues immobilier, qui porte ces enjeux en réponse à une consultation d'opérateurs. Dans le cas de Sollys, ces préoccupations ont été portées dans le cadre d'un partenariat entre Bouygues Immobilier et la SPL Lyon Confluence avec notamment le développement d'un opérateur de services urbains. Nous ne savons pas exactement qui a été à l'initiative de ce partenariat, nous faisons toutefois l'hypothèse que Bouygues Immobilier a initié

l'idée pour développer sa filiale afin de dépasser les divers problèmes en exploitation rencontrés à Hikari[243] (voir figure 5.1).

Par ailleurs, la prise en charge de ces enjeux d'exploitation pose tout de suite la question des acteurs les plus pertinents pour les formuler. Les opérateurs urbains invitent, par conséquent, de nouveaux entrants, avec une forte connaissance de la conception et de l'exploitation des systèmes énergétiques, pour porter ces préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques dès les phases amont des projets. Ceci s'est matérialisé, par exemple, par un partenariat avec un exploitant spécialisé Dalkia Smart Building (DSB), l'intégration de l'entreprise Embix comme garant de la performance à NCU et par la création d'un opérateur de services urbains à Sollys. Nous constatons de ce fait, comme E. Campagnac (2017), un élargissement du cercle des acteurs de la production urbaine pour intégrer les préoccupations d'exploitation des artefacts énergétiques.

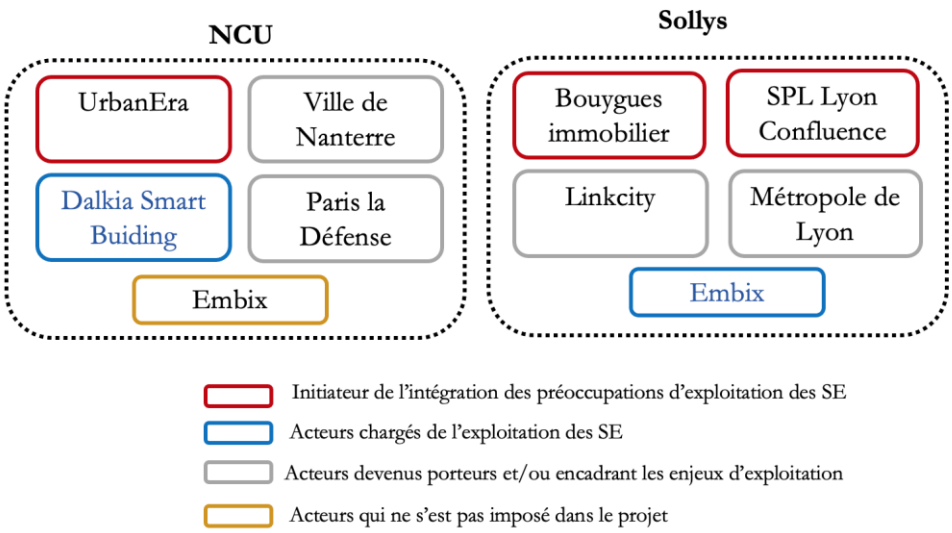

Figure 5. 1. Schéma des acteurs intervenants sur les enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques à NCU et Sollys. Réalisation personnelle.

En outre, notre analyse montre que les préoccupations d'exploitation des SE sont appréhendées essentiellement dans leurs dimensions économique (facture énergétique), technique (performance des systèmes techniques, commissioning…), juridique (équilibre de la gouvernance énergétique, garantie de performance) et spatiale (localisation, volumétrie, dimensionnement des locaux…). En effet, nous avons constaté l'absence de l'intégration des usagers (dimension d'usage) dans la conception que ce soit à NCU ou à Sollys et ceci malgré la présence de quelques bailleurs en amont des deux projets. Effectivement, la prise en compte des enjeux d'exploitation, en amont des projets, ne signifie pas forcément une intégration des usagers à la conception. Les sujets d'exploitation restent toujours portés par les professionnels de la production et d'exploitation

[243] En effet, le promoteur a également l'habitude de réaliser des démarchages auprès de ses clients qu'ils soient publics ou privés. De plus, intégrer Embix est une manière de pérenniser sa présence à la Confluence même après la livraison des bâtiments.

urbaine (Biau, Fenker et Macaire, 2013 ; Grudet, 2017 ; Grudet, Fenker et Gardesse, 2012 ; Zélem, 2018). « La figure de l'habitant est avant tout et exclusivement usagère, et le citoyen un potentiel ou réel capteur et producteur de données » (Devisme et Chesnel, 2020). La dimension des usages énergétiques est appréhendée, par les opérateurs urbains, à travers la réalisation d'actions d'informations des habitants quant aux spécificités énergétiques des projets, et leur incitation aux éco-gestes. Ces actions sont prévues à Sollys et à NCU. Enfin, l'analyse montre que les préoccupations d'exploitation ne se substituent pas aux ambitions énergétiques, mais se superposent à ces dernières. Les deux projets Sollys et NCU visent des taux importants de production d'EnR et ceci même après la réduction des ambitions de départ. La partie suivante discute plus en détail les motivations des acteurs privés pour la prise en charge des préoccupations d'exploitation.

1.2 Diverses motivations des acteurs privés pour intégrer les enjeux d'exploitation

L'analyse de notre terrain a montré la prise en charge des enjeux d'exploitation par les acteurs privés. Cependant, au-delà des motivations assurantielles affichées dans les projets, notre enquête a mis en lumière plusieurs autres intérêts de ces acteurs pour porter ces enjeux, que nous proposons d'articuler ici autour de trois points :

- Des motivations communicationnelles et de différenciation par rapport aux concurrents,
- La volonté de répondre et d'anticiper les demandes des collectivités en matière de qualité des espaces et des artéfacts produits,
- Des motivations de création de nouveaux marchés et de nouvelles offres de services urbains.

1.2.1 Des motivations communicationnelles et de différentiation

Les divers retours d'expériences négatifs sur l'exploitation des projets de Bouygues Immobilier dans la presse, et notamment les plaintes des habitants d'Hikari ou du fort d'Issy, ont joué un rôle fondamental pour inciter l'entreprise à prendre à bras le corps ces enjeux. En effet, l'enjeu pour le promoteur est d'éviter absolument cette publicité négative dans la presse : « Ne pas assurer le bon fonctionnement de nos immeubles et quartiers, c'est nous pénaliser financièrement et en termes d'image. »[244]. Au sein de la direction Innovation, où nous avons été intégrés pendant notre recherche, un travail de veille est, par exemple, réalisé sur les articles de presse abordant les projets de l'entreprise. Tout un travail de communication est également organisé par Bouygues Immobilier, à travers des communiqués et des interviews données par divers représentants, pour mettre en avant la qualité de vie et des services rendus au sein des projets livrés.

Si la prise en charge des préoccupations d'exploitation est un enjeu de communication important pour les opérateurs urbains, cette motivation rejoint également la volonté de distinction et de différenciation par rapport aux concurrents. En effet, nous avons vu dans le chapitre 2 comment UrbanEra a mis en avant aussi bien sur la performance énergétique du projet NCU que les

[244] L. Peronin, 2018, « Étude services urbains », *Étude interne commanditée par Bouygues Immobilier*, 41p.

préoccupations d'exploitation des SE[245] comme des enjeux communicationnels importants autour de son projet. Ceci est également le cas du projet Sollys où la création d'un nouvel opérateur urbain a été affichée par les acteurs comme un enjeu important pour gagner le concours du démonstrateur industriel pour la ville durable (chapitre 4). Si les questions énergétiques sont considérées depuis quelques années comme un facteur important de distinction, nous avons montré, par le biais de notre récit empirique, que les sujets d'exploitation et d'usage deviennent aujourd'hui des préoccupations majeures dans la fabrique urbaine. Au-delà de la démonstration écologique, l'enjeu depuis le milieu des années 2010 pour ces entreprises est la garantie de la performance énergétique et économique des projets en exploitation. Les acteurs interrogés au sein de Bouygues Immobilier estiment avoir eu de l'avance sur les questions énergétiques à l'échelle du bâtiment et l'objectif aujourd'hui est de garder cette avance en se positionnant sur les enjeux d'exploitation à l'échelle du quartier (Mosbah, 2017 ; Peynichou, 2020). Il s'agit, pour l'entreprise, de se positionner comme un opérateur innovant sur la qualité des services énergétiques rendus dans les projets pour ainsi se distinguer des concurrents.

> « On a un positionnement chez Bouygues Immobilier où on essaye de garder un coup d'avance sur les questions énergétiques. On a su être pionniers sur différents sujets : alors sur le logement ça commence à dater mais sur ce qui était bâtiments basse consommation, RT2012, on a été les premiers à passer le cap. Sur les bureaux, je pense que les bâtiments Green offices sont une référence inégalée encore avec la garantie de performance. On essaye de développer cette vision à l'échelle du quartier. » (Ancien directeur technique, UrbanEra, 30/04/2019).

Enfin, notons que le positionnement des entreprises comme DSB en conception suit également des motivations de marketing urbain durable et de différentiation par rapport aux offres proposées sur le marché. L'expertise de cet acteur sur la conception énergétique est, ce faisant, mise en avant comme argument de distinction par rapport aux exploitants et mainteneurs classiques (chapitre 3).

1.2.2 La volonté de répondre aux demandes des collectivités

L'intégration des enjeux d'exploitation par les acteurs s'inscrit également dans une volonté de répondre aux demandes des collectivités qui sont de plus en plus préoccupées par les services proposés dans les quartiers durables. « Aujourd'hui quand tu réponds au concours, les collectivités nous demandent d'apporter toujours plus de services et de valeurs ajoutées. Ils considèrent que notre rôle est de vivre le quartier, on part… » (Chef de projet, direction Innovation, Bouygues Immobilier, 08/04/2021). C'est d'ailleurs cette préoccupation sur les sujets d'exploitation qui a incité la SPL Lyon Confluence à porter le projet d'opérateur de services urbains à Sollys au côté du promoteur Bouygues immobilier. La création de cet opérateur dédié aux services urbains a été mise en avant, par les deux acteurs, comme une innovation pour gagner le DIVD.

Nous avons montré dans les chapitres empiriques comment les discours des opérateurs énergétiques et urbains s'alignent par rapport aux préoccupations des élus, qui insistent sur la

[245] L'intégration de deux acteurs sur l'exploitation (Embix et DSB) ainsi que la facture énergétique des habitants.

qualité de vie dans les projets ainsi que l'importance de la maîtrise de la facture énergétique des habitants. En effet, s'investir en amont et en aval, permet aux opérateurs urbains et énergétiques de se donner plus de moyens pour la mise en œuvre les objectifs fixés en amont des projets et consolider de ce fait leurs relations avec les acteurs publics. Le logo du promoteur « Bouygues Immobilier, créateur de mieux vivre » est révélateur de cette ambition concernant la mise en avant de la qualité de vie et des services proposés. « Ils nous incitent à mettre en place des usages, des plateformes pour que les gens vivent bien ensemble et c'est pour ça que la *buzz line* de Bouygues immobilier c'est « créateur de mieux vivre » » (Responsable, direction Innovation, Bouygues Immobilier, 08/04/2021). Ce logo est d'ailleurs très proche de celui du promoteur Icade : « Icade. Des lieux où il fait bon vivre », ou du logo du promoteur Nexity qui est « Nexity, la vie ensemble ».

1.2.3 Les sujets d'exploitation comme une opportunité de création de nouvelles offres de services

La lecture de nos terrains d'étude nous a également permis de montrer que l'intégration des enjeux d'exploitation par les opérateurs urbains suit des motivations de création de nouveaux marchés. Pour illustrer ce constat, revenons sur une étude commandée en 2018 par Bouygues Immobilier au BET Burgeap pour la définition d'une stratégie Energie carbone dans les projets urbains de Bouygues immobilier (Burgeap, 2018) [246]. Le constat réalisé par cette étude était que les filiales du groupe Bouygues sur le sujet énergie : Bouygues Energies et services, Aveltys et Embix présentent une offre fragmentée en matière d'alimentation énergétique (thermique) des quartiers. En effet, Aveltys et Bouygues Energies et Services[247] sont seulement à l'échelle des bureaux et Embix se tâtait à l'époque (en 2017) pour élargir son activité à l'échelle du quartier. Bouygues Immobilier a, par conséquent, souvent recours à un modèle classique d'alimentation énergétique de ses quartiers, qui consiste à faire intervenir un partenaire énergéticien dans ses projets. C'est d'ailleurs le cas de Ginko à Bordeaux avec un partenariat Cofely Services pour l'exploitation de la chaufferie bois du projet, ou encore du projet Nanterre Cœur Université avec le recours à Dalkia Smart Building pour la conception, la réalisation et l'exploitation du réseau géothermique.

La stratégie proposée par le bureau d'étude était de porter une offre d'ensemblier sur les questions énergétiques à l'échelle des quartiers sur toutes les phases (développement, commissioning et exploitation) et qui serait notamment portée par UrbanEra. En effet, UrbanEra a été repérée comme plus pertinente notamment pour son positionnement à l'échelle du quartier. Le sujet de la garantie de la performance énergétique globale dans le cadre de l'exploitation des systèmes énergétiques a été ainsi identifié par l'étude comme un enjeu primordial. L'offre proposée pourrait également englober d'autres services répertoriés, comme l'exploitation des panneaux photovoltaïques, l'exploitation des parkings, la recharge de véhicules électriques, des services de

[246] Buregap, 2018, « Définition d'une stratégie énergie carbone dans les aménagements urbains de Bouygues Immobilier », *Etude interne commanditée par Bouygues Immobilier*, 34p.
[247] Concrètement Bouygues Énergies et Services proposent des services énergétiques à l'échelle du quartier mais suivant un contrat de conception-réalisation, ils ne proposent ce faisant pas de commissioning ou de garantie des charges énergétiques.

conciergerie ou la gestion des espaces partagés. Au-delà des services énergétiques, l'enjeu pour le promoteur Bouygues Immobilier est également d'élargir son activité à tous les services à l'échelle du quartier (voir chapitre 6).

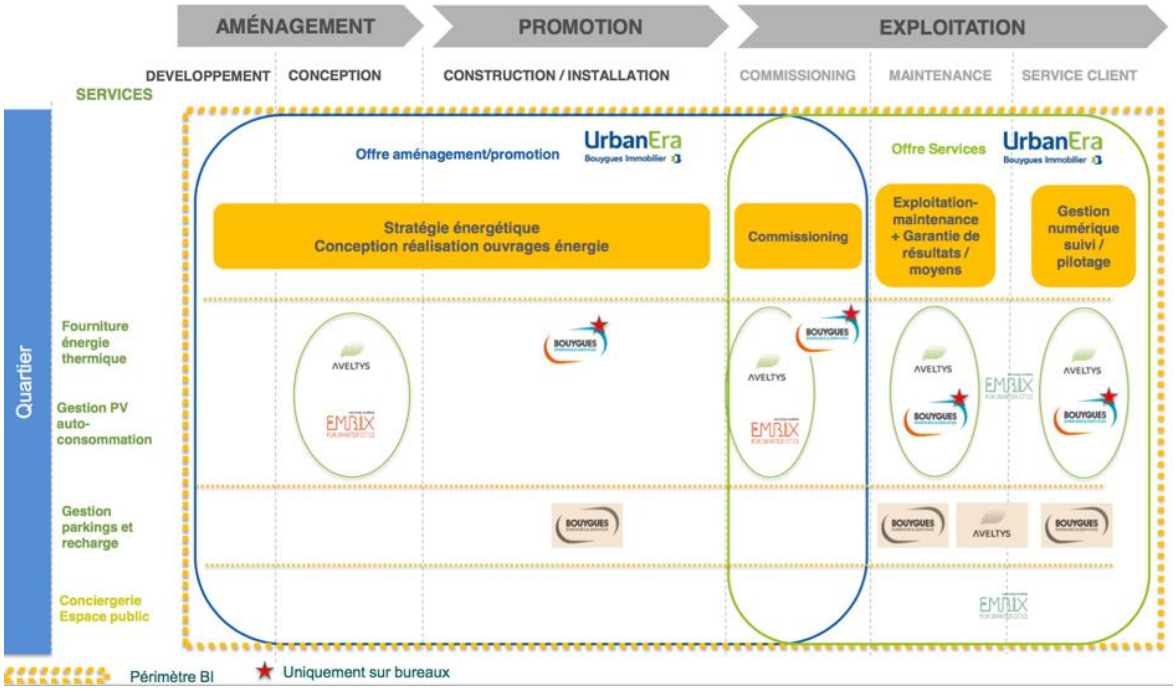

Figure 5. 2. Les filiales du groupe Bouygues intervenant sur les services mutualisés à l'échelle des projets immobiliers et urbains. Sources: Bouygues Immobilier, 2018.

Un comparatif avec d'autres promoteurs a été réalisé pour appréhender le positionnent de ces acteurs sur les services énergétiques. L'étude montre que les promoteurs français se positionnent très peu sur les services énergétiques et ceci mis à part Eiffage. Cet acteur a ainsi été cité comme précurseur sur les questions énergétiques. Il joue, à travers sa filiale Eiffage Energie, un rôle d'ensemblier urbain en réalisant la conception, la réalisation et l'exploitation des systèmes énergétiques mais seulement à l'échelle de ses opérations propres. Toutefois, la relation exclusive de la filiale avec le groupe Eiffage a été relevée dans le cadre de notre enquête comme un frein pour son développement (voir figure 5.3).

> « Les différents acteurs qui ne sont pas mauvais je penserai à Eiffage qui a quelques références avec un avantage de travailler avec l'appui technique de Eiffage énergie mais l'inconvénient est qu'ils sont tributaires de cet acteur car tout se fait en famille et ils ne peuvent pas travailler avec une autre société. Peut-être que cette position les limite dans les innovations et dans les spectres qu'ils pourraient investiguer. Nous, on a moins de synergies avec Bouygues Energie Services et on peut aller se *sourcer* ailleurs. On ne s'interdit rien, ce qui peut être un avantage. » (Ancien directeur technique, UrbanEra, 30/04/2019).

Aucun des autres promoteurs, que ce soit Nexity, Ikade, Vinci Immobilier, Alteria Cogedim, Kaufman & Broad, ne s'est encore positionné comme un ensemblier sur les questions

énergétiques. Cette analyse démontre, ce faisant, la particularité du promoteur Bouygues Immobilier concernant son fort investissement sur les sujets d'exploitation des systèmes techniques en comparaison à d'autres promoteurs, et notamment aux autres filiales du groupes Bouygues comme Linkcity ou Losinger Marazzi. Il faut cependant noter que, si les promoteurs ne se positionnent pas sur les services énergétiques, ils se positionnent sur d'autres services urbains à l'exemple de Linkcity qui s'investit sur les services de santé à Sollys (voir chapitre 6).

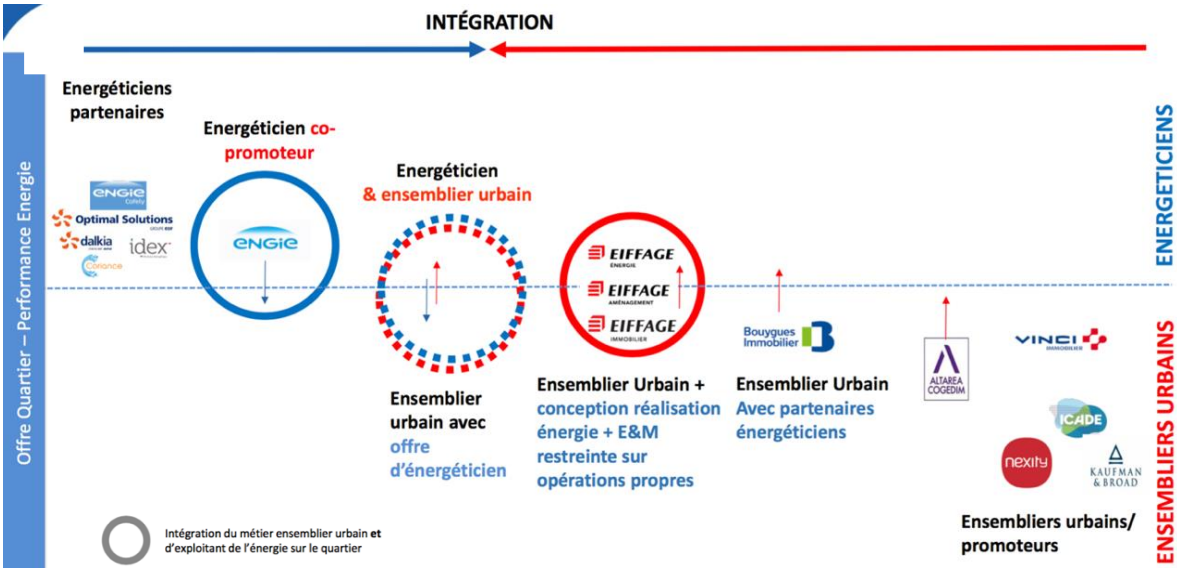

Figure 5. 3. Comparaison des offres de promoteurs et d'énergéticiens sur les services énergétiques. Source : Bouygues Immobilier, 2018.

Cependant, d'après nos échanges avec le directeur de l'ingénierie de Bouygues Immobilier, la proposition du BET, portée en partie par la direction innovation et la direction technique de Bouygues immobilier, a été refusée par la direction business et la direction générale de l'entreprise, en expliquant que cet engagement est très risqué et allait au-delà du métierde Bouygues Immobilier et d'urbanEra, qui est de fabriquer des projets immobiliers et urbains durables. Le développement d'une offre d'opérateur de services urbains a donc été transféré progressivement à la filiale du promoteur Embix dont, l'application à Sollys a fait l'objet du chapitre précédent. Au-delà des motivations assurantielles et communicationnelles donc, la prise en charge des enjeux d'exploitation des artefacts énergétiques par le promoteur Bouygues Immobilier s'inscrit dans une stratégie plus globale de développement de nouveaux marchés et de création de nouvelles offres de services à l'échelle du quartier. Aveltys et Embix matérialisent ainsi cette stratégie. Ces deux structures sont créées pour rendre lisible l'offre de services sur l'exploitation tout en limitant les risques pour Bouygues Immobilier. Les partenariats avec Schneider électric (leader sur les solutions numériques en termes d'efficacité énergétique et de durabilité) pour le cas d'Aveltys et avec Alstom (spécialisé dans le transport ferroviaire) pour le cas d'Embix montrent ce positionnement prudent sur les services.

L'intérêt que porte Bouygues Immobilier pour les services énergétiques s'inscrit également dans une stratégie plus globale du groupe Bouygues de se positionner sur ces services (avec sa filiale Bouygues Énergies et Services) et plus récémment sur les services multi-techniques. Le rachat du groupe Bouygues en novembre 2021 de l'entreprise Equans, filiale multi-techniques d'Engie, illustre ce positionnement. Equans est une fiiale d'Engie, créée en juin 2021, qui regroupe diverses activités d'installations électriques, de ventilation, chauffage et climatisation ainsi que des services liés à l'information et aux télécommunications[248]. Cette acquisition représente l'une des plus grosses acquisitions réalisées par le groupe devant ces filiales TF1 et Colas (travaux publics). Le rachat de cette société par le groupe Bouygues au prix de 7,1 milliards d'euros a été fortement relayé dans la presse, l'entreprise ayant proposé près de 300 millions d'euros de plus que ses concurents, dont le groupe Eiffage. Avec cette aquisition, le groupe Bouygues se place aujourd'hui au second rang mondial des services-multi-techniques, derrière Vinci (figure 5.4).

L'entreprise Equans sera intégrée dans la filiale Énergies et Services du groupe constituant ainsi le premier métier de l'entreprise devant les travaux publics (colas), la construction (Bouygues Constriction), les télécoms (Bouygues télécom), les médias (TF1) et l'immobilier[249]. En effet, si la construction constitue un bon générateur de flux et de stocks, le secteur est finalement peu rémunérateur (Campagnac, 2000), et encore moins avec les nouvelles exigences sociétales et environnementales (énergie, mixité, plus de compléxité...)(Baraud-Serfaty et Rio, 2016 ; Souami, 2017). L'exploitation est, quant à elle, une activité qui génère des marges sur les flux et les stocks financiers en plus d'une régularité de ces derniers sur plusieurs années. Si le secteur des services techniques était peu attractif, les récurences que présentent ces activités les rendent de plus en plus attractives pour les majors du BTP. Enfin, au-delà de ces récurences, l'investissemnt sur les services technqiues s'inscrit dans une reflexion du groupe de se positionner sur les quetsions énergétiques et environnementales considrées comme des enjeux d'avenir. Un directeur du développement, au sein de Bouygues Immobilier, nous confie lors d'un échange que l'investissement dans Equans est stratégique: d'une part pour se positionner sur les enjeux environnementaux- amenés à prendre une place importante dans les années à venir-, et d'autre part, pour contrebalancer la part importante du bilan énergie-carbone des activités de construction du groupe.

[248] Elle est présente dans 17 pays et rassemble près de 74 000 employés.
[249] « Bouygues s'empare d'Equans, la filiale de services d'Engie », LesEchos, 06/11/2021.

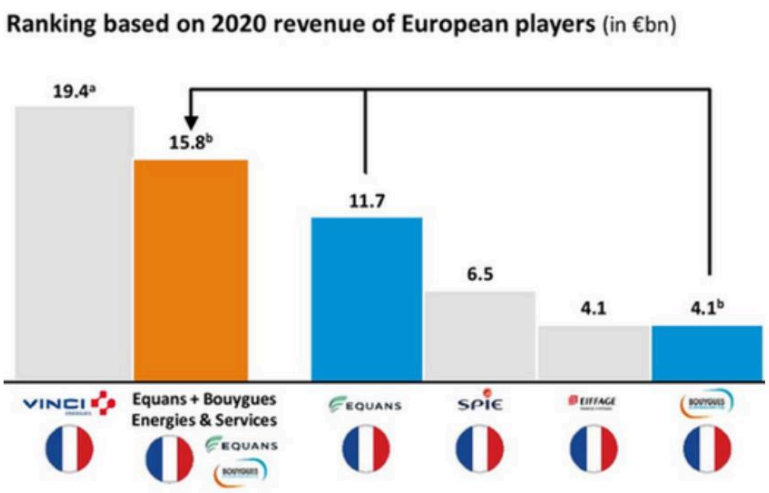

Figure 5. 4. Le positionnement du groupe Bouygues sur les services multi techniques après le rachat d'Equans. Source: https://www.lemoniteur.fr/article/pourquoi-bouygues-casse-sa-tirelire-pour-racheter-equans.2173757

Les choix du positionnement de Bouygues immobilier sur les services énergétiques s'inscrivent donc dans une strétégie plus globale du groupe Bouygues de s'investir sur ces enjeux[250]. Une offre de services énergétiques apparaît donc à l'échelle des projets urbains et devient de plus en plus comme un domaine de développement qui se combinerait avec la construction et la promotion immobilière (Baraud-Serfaty, 2015 ; Baraud-Serfaty et Rio, 2016). De plus, l'investissemnt de Bouygues Immobilier, à travers Embix sur les services énergétiques et numériques, constitue un investissment dans des capitaux considérés comme d'avenir, à l'exemple de la collecte des données et de leur traitement. De surcroit, ceci s'incrit dans un contexte d'émergence d'un modèle économique "serviciel" comme « le modèle de réussite » avec l'avènement des entreprises téléphoniques puis du numérique. Le fait que l'ancien directeur innovation de Bouygues vienne de Bouygues télécom et réalise tout un travail de création de nouvelles offres de services au sein de BI, est un indice parmi d'autres (voir encadré 6.1). Enfin, notons que ce positionnement de Bouygues Immobilier sur les services énergétiques rejoint également des motivations de marketing urbain vert et de distinction par rapport aux concurrents de l'entreprise traités plus haut. Les enjeux de durabilité et de transition énergétique ont toujours été exprimés comme étant des axes forts de l'entreprise et « un service permet de garder un avantage compétitif vis-à-vis des nouveaux entrants du marché »[251]. Après cette analyse, nous confirmons donc notre première hypothèse qui explique que les enjeux d'exploitation sont saisis par les opérateurs urbains, au-delà des motivations assurantielles affichées au départ, pour d'autres motivations que nous précisons ici comme des motivations de marketing urbain vert, de création de nouveaux marchés et de satisfaction des demandes des collectivités.

D'un autre côté, plusieurs entreprises énergétiques se saisissent des services énergétiques à l'échelle des quartiers pour s'introduire dans l'aménagement (Souami, 2017) en proposant de nouvelles

[250] « Pourquoi Bouygues casse sa tirelire pour racheter Equans », Le Moniteur, 09/11/2021.
[251] L. Peronin, 2018, « Étude services urbains », *Etude interne commanditée par Bouygues Immobilier*, 41p.

offres de services énergétiques et numériques (prestations de conseil, conception énergétique des projets, conception et exploitation de smart grids électriques et thermiques) ou même des offres de promotion immobilière. Le schéma 5.3 montre également la volonté d'Engie de s'introduire dans l'aménagement en réalisant des programmes de co-promotion et en organisant leur alimentation énergétique. Nous avons également vu comment Dalkia (groupe EDF) se structure pour développer de nouvelles offres comme la conception, la réalisation et l'exploitation énergétique de quartiers durables (Dalkia Smart Buiding) (chapitre 3). Nous validons, de ce fait, une de nos sous-hypothèses qui affirme que l'intégration des enjeux d'exploitation sont également poussés par les exploitants en amont des projets. Au-delà de proposer des prestations d'ensembliers sur les questions énergétiques pour dépasser la fragmentation de la conception et de l'exploitation des objets de l'énergie, ces entreprises sont également animées par une volonté de création de nouveaux services et d'élargissement de leurs activités au champ de l'aménagement. L'évolution des acteurs de la fabrique et de la gestion urbaine sera traitée plus en détail dans le chapitre 6. La partie suivante aborde le rôle des acteurs publics dans l'intégration de ces enjeux dans les projets.

1.3 Le rôle stratégique des acteurs publics

En analysant les cahiers des prescriptions énergétiques (CPE), rédigés par les acteurs publics de plusieurs projets durables (dont les projets NCU et Sollys), nous avons constaté que les préoccupations d'exploitation n'ont pas été intégrées dans ces documents (chapitre 2). En effet, les préoccupations d'exploitation comme la facture énergétique, la construction des contrats, la garantie de performance énergétique ou encore l'intégration des habitants à la conception ne sont jamais abordées. Ces documents sont réalisés dans la continuité des CPE précédents, utilisés dans d'autres projets très ambitieux sur les questions énergétiques à l'exemple de celui d'Hikari ou de Clichy-Batignolles, sans intégration des préoccupations d'exploitation. Même si le centre des préoccupations des acteurs publics est la qualité des produits immobiliers et des services fournis aux habitants, le cadrage énergétique de ces acteurs a toujours été centré sur la performance énergétique visée. Une des explications que nous avançons à ce constat, est que les CPE analysés ont été rédigés entre 2010 et 2015, dans un contexte de montée au sein des projets urbains et de leur présentation publique des ambitions énergétiques, avant les différents retours négatifs sur l'exploitation des projets, d'abord entre techniciens puis devant le grand public, et la montée de ces préoccupations dans la ville.

À partir du milieu des années 2010, la surenchère des objectifs énergétiques dans les quartiers durables commence à être dénoncée par une grande partie des acteurs interrogés comme un frein de la conception énergétique. En effet, les objectifs énergétiques visés, en termes de taux d'EnR, ont été décrits comme très ambitieux dans les deux projets analysés et se superposant à d'autres ambitions de durabilité (construction bois, matériaux bio-sourcés, objectifs de biodiversité, autoconsommation collective d'électricité, etc.). Les objectifs en termes de taux d'EnR sont définis par les élus sans aucune prise en compte des potentiels énergétiques locaux, mais plutôt en

référence à des enjeux de compétition territoriale et urbaine (Blanchard et Souami, 2017 ; Poupeau, 2008). Le témoignage de cet énergéticien le confirme pour nos terrains :

> « Le problème, c'est que les engagements EnR sont issus des demandes des collectivités. Or, la demande est souvent formulée, pour faire un peu simple en disant « j'ai vu que dans telle ville, il y avait un quartier qui faisait 80 % en taux d'EnR donc moi je veux plutôt 85% » Du coup, il y un travail fait par les concepteurs et les promoteurs pour expliquer qu'il y a une limite dans le taux d'EnR visé. Cette limite est principalement la disponibilité des ressources. » (Chef de projets Montages, Dalkia Smart Building, 13/10/2020).

Nous avons toutefois vu dans le cadre de notre enquête que les acteurs publics ont fortement poussé à investir les enjeux d'exploitation en cours du développement des projets Sollys et NCU. L'expérience de la ville de Nanterre concernant plusieurs plaintes, portées par les habitants de l'écoquartier Hoche ainsi que l'expérience de la SPL Lyon Confluence face aux dysfonctionnements techniques au sein du projet Hikari (chapitre 1), les ont incités à accorder une attention particulière à l'intégration des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques pendant le développement des projets.

La prise en charge de ces préoccupations se réalise à travers diverses négociations entre les acteurs publics et privés, essentiellement autour des factures énergétiques des habitants ou du montage contractuel de l'exploitation des systèmes techniques. L'analyse a montré, de ce fait, une évolution des cadrages des collectivités, dans les deux études de cas analysées, d'une focalisation sur la performance énergétique vers l'intégration des préoccupations d'exploitation des objets techniques. En effet, les cadrages énergétiques de ces acteurs sont conçus de manière à évoluer et à s'adapter aux contraintes des projets (Bernard, 2005 ; Callon, 1999). Nous rejoignons également H. Haller qui affirme que les acteurs publics préfèrent avoir recours à l'urbanisme négocié pour faire passer des exigences qu'il n'est pas possible d'imposer très en amont (Haller, 2019), ces exigences relevant, dans notre cas, de préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques. Effectivement, il est très compliqué d'imposer une facture énergétique au départ des projets avant la définition des systèmes sociotechniques mobilisés. Le montant de la facture est donc très fortement négocié par les acteurs pendant la conception. Les acteurs publics jouent, ce faisant, un rôle très important dans la matérialisation des enjeux d'exploitation des SE au sein des projets et ce malgré l'absence de ces enjeux dans les cadrages énergétiques initiaux. L'intervention de ces acteurs suit ainsi une logique de réduction de l'incertitude (Angot, 2020 ; Callon, Lascoumes et Barthe, 2001 ; Josselin, 1995) et de maîtrise des risques (Campagnac, 2006, 2017 ; Souami, 2017) d'exploitation des objets sociotechniques. Sachant que nous entendons ici par risque l'éventualité d'un événement jugé dommageable et par incertitude, la difficulté de se représenter l'avenir avec exactitude (Veyret et Reghazza, 2006). Tout l'enjeu est donc de réduire les incertitudes et les risques liés à l'exploitation des objets de l'énergie en intégrant ces préoccupations en amont des projets. Nous considérons, par ailleurs, que l'existence d'un risque découle d'une forme d'incertitude lorsque l'un des scénarios perçus par les acteurs comme négatif en étant confronté à la pluralité des incertitudes. Le risque d'exploitation des artefacts énergétiques découle d'une forme d'incertitude sur la conception et l'exploitation des systèmes techniques intégrés au sein des projets.

Nous rejoignons également plusieurs travaux expliquant que l'implication des collectivités reste forte dans l'aménagement même si les projets sont confiés aux acteurs privés (Citron, 2016 ; Lascoumes et Le Galès, 2012 ; Rode, 2017). Le cas de la SPL à Sollys est un très bon exemple. Cet acteur est intervenu dans tous les choix de conception du projet, en organisant des espaces de négociations (workshops, consortiums Eurêka Club) ou encore en réalisant un suivi très régulier avec les opérateurs privés. Nous avons par exemple suivi, dans le chapitre 4, la variété des réunions entre les promoteurs et la SPL autour de la limitation des charges énergétique pour les futurs habitants.

Toutefois, nous apportons quelques nuances concernant les projets de quartiers entièrement confiés aux acteurs privés à l'exemple de NCU et Quai Vernets. Les acteurs publics à NCU nous affirment ainsi perdre la main sur ce type de projets confiés au privé, et ceci notamment dans le cadre de l'intégration de technologies énergétiques très sophistiquées, où ils se trouvent très vite dépassés par la technicité des débats. Par exemple, si la maîtrise d'ouvrage publique a tenu le cadrage énergétique à NCU, basé sur le taux d'EnR et la facture énergétique des habitants, le suivi du projet a été décrit comme assez compliqué par les acteurs interrogés au sein de la ville et de l'aménageur Paris la Défense[252].

Les différences des positions et des rôles des acteurs publics à NCU et Sollys s'expliquent également par le fait que les préoccupations d'epxloitation ont été portées à NCU par la ville de Nanterre[253] et à Sollys par l'aménageur Lyon Confluence. En effet, la SPL dispose de capacités d'investissement économiques et sociales dans la production d'innovations et de changements (intégration de l'exploitation) que la ville de Nanterre ne possède pas. Ce qui montre également que la transformation de l'aménagement par l'intégration de l'exploitation ne passe pas par un simple constat des difficultés passées mais par un travail important de transformation des connaissances et des repères dans le processus de conception. Ce travail est rendu possible par un investissement social des acteurs (à travers leurs temps, leur prise de connaissanes, l'acceptation de renoncer à des acquis dans la négociation...)(Debizet et Godier, 2015 ; Prost, 2003). L'assymétrie des connaissances et des capacités à produire de la connaissance entre ces deux acteurs, pour porter des changements au sein des scènes de conception et de négociation, présente une seconde explication. À Nanterre, la ville a utilisé sa ressource principale, qui est le pouvoir politique de décider des autorisations d'urbanisme et de construction. Elle ne pouvait faire valoir un savoir-faire ou piloter la mobilisation de ce savoir-faire sur l'exploitation. L'assymétrie de connaissances avec les autres acteurs a donc persisté. Ses capacités ont contribué à mettre à l'agenda les questions d'exploitation sans pouvoir les conduire. *A contrarion*, la SPL est intervenue en étroite collaboration avec les promoteurs dans l'organisation des workshops de conception du projet

[252] Ceci est également le cas de Quai Vernets où les acteurs interrogés au sein de l'entreprise Losinger Marazzi nous affirment que L'État et la ville de Genève sont très peu intervenus dans les choix énergétiques du projet.
[253] Le cas de Quai Vernets est proche de celui de NCU, ou l'État de Genève porteur du projet a été assez éloigné de la concrétisation de ce dernier.

Sollys ainsi que dans les workshops Eurêka Confluence qu avaient comme objectif de faire émerger de nouveaux savoirs et savoirs-faire dans le cadre de l'intégration des préoccupations d'exploitation dans la conception, du développement de nouveaux services urbains et plus largement de la production de la ville durable.

Enfin, plusieurs acteurs ont relevé une évolution des méthodes de faire des acteurs publics pour la prise en compte des enjeux d'exploitation des artefacts urbains et énergétiques proposés dès l'amont des projets. L'ancien directeur Innovation de BI nous affirme que les acteurs publics ne sont plus aujourd'hui dans une dynamique d'imposer une forte ambition énergétique mais de s'assurer que la solution est viable sur le long terme et que les charges sont raisonnables pour les habitants. Plus largement, ce sont les enjeux qualité de vie au sein des projets qui préoccupent ces acteurs.

> « Les prescriptions fortes à n'importe quel prix ça ne fonctionne pas dans la durée si l'usage n'est pas pertinent […] les collectivité ne sont également plus dans cette dynamique […] On n'est plus dans le modèle où il y a énormément de subventions… Avant il y avait une conception linéaire avec la métropole qui faisait un schéma directeur, la ville qui réalise un cahier des charges, et les promoteurs qui concrétisaient le projet […] les villes se retrouvaient avec des îlots avec des conceptions différentes et des charges importantes complétement ingérables… Le changement a commencé dans les [immeubles de] bureaux avec la prise en compte des conditions de confort des usagers et se prolonge aujourd'hui au quartier. » (28/09/2020).

L'aménageur PM&A a été par exemple cité par les acteurs au sein d'Embix et de Bouygues Immobilier comme un acteur pionnier sur les questions énergétiques et plus récemment sur l'intégration des préoccupations d'exploitation des systèmes. Les apprentissages réalisés sur le projet Clichy-Batignolles ont incité cet acteur à aller encore plus loin dans les exigences faites à l'encontre des promoteurs en organisant par exemple la mise en place d'un opérateur urbain dans le projet Saint Vincent de Paul.

> « Ils vont aller plus loin dans les exigences qu'ils demandent aux promoteurs dans leurs prochaines opérations à l'exemple de Saint Vincent de Paul. Au-delà des études à faire et du fameux séquestre environnemental, ils veulent mettre en place un gestionnaire de quartier qui va accompagner tous les acteurs dès la phase conception. C'est un sujet pensé dès le début alors qu'à Clichy-Batignolles ça a été fait en cours de route. » (Ingénieur 2, Embix, 24/06/2020).

En effet, l'intégration des préoccupations d'exploitation accompagne l'émergence de nouvelles compétences et manières de travailler pour les acteurs (chapitre 6). La partie suivante aborde l'impact de l'intégration des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques sur la conception énergétique et spatiale.

2 L'intégration des enjeux d'exploitation réoriente les choix de conception

Nous nous sommes attachés tout le long de notre enquête empirique à caractériser les impacts de l'intégration des enjeux d'exploitation des artefacts énergétiques sur le processus de conception urbaine. Nous avons ainsi supposé que l'intégration des enjeux d'exploitation réorienterait les choix de conception vers la facilité de l'exploitation des systèmes énergétiques. Dans cette partie, nous interrogerons, dans un premier temps, dans quelle mesure l'intégration des préoccupations d'exploitation et notamment le raisonnement en coût global réinterroge les cadrages énergétiques définis par la maîtrise d'ouvrage dans les projets. Des cadrages qui, comme nous l'avons montré, intègrent très peu les enjeux d'exploitation (chapitre 2) (2.1). Dans un second temps, nous analyserons les effets d'un raisonnement en termes d'exploitation sur les choix techniques de conception, précisément en matière de sélection des technologies énergétiques mobilisées dans les projets. Nous démontrerons l'existence d'une forte réversibilité des choix de conception et ceci même à des stades très avancés des projets. Nous discuterons ensuite cette particularité de la conception énergétique avec les travaux sur l'organisation du projet, issus des sciences de gestion (2.2). Enfin, nous interrogerons les effets de l'intégration des objets de l'énergie et de leurs enjeux d'exploitation sur l'activité de conception spatiale. En effet, la pluralité des objets de l'énergie intégrés aujourd'hui dans les projets soulève également la question de leur intégration spatiale (2.3).

2.1 La réduction des ambitions énergétiques pour maîtriser l'exploitation des projets

2.1.1 La réduction des objectifs énergétiques face aux enjeux d'exploitation

Notre analyse empirique de la conception énergétique des projets Sollys et NCU a montré que la facture énergétique des logements a été plafonnée dans les deux cas analysés. Cette démarche globale, en intégrant les enjeux d'exploitation, a suivi diverses négociations et traduction entre divers acteurs (Akrich, Callon et Latour, 1988). Dans le cas de NCU, la facture des logements a été plafonnée un peu plus d'un an après le début de la conception entre le promoteur, l'entreprise énergétique, l'aménageur et la ville de Nanterre. Par la suite, presque deux ans plus tard, et après plusieurs négociations avec l'entreprise DSB, le promoteur décide également de plafonner la facture des Green Offices pour faciliter la commercialisation de ces produits d'immobilier d'entreprise. Dans le cas de Sollys, les acteurs (promoteurs, aménageur et Embix) n'ont adopté de réflexion en coût global que deux ans après le début de la conception énergétique. La mobilisation des objets intermédiaires (études énergétiques à NCU, calculs des bilans économiques à Sollys…) a été réalisée dans les deux projets pour expliquer la nécessité de baisser le taux d'EnR pour maîtriser les factures énergétiques des usagers[254]. Nous considérons ce faisant qu'il y a eu un

[254] À NCU, nous avons vu comment les promoteurs ont mobilisé les études énergétiques (et des contraintes des milieux denses) pour expliquer le manque d'énergie renouvelable locale et par conséquent la nécessité de baisser

raisonnement en coût global dans les deux cas en abordant, au-delà des coûts d'investissement, les coûts d'exploitation des infrastructures (Berry, 2017 ; Charlot-Valdieu et Outrequin, 2018 ; Duplessis, 2010). Cette analyse en coût global constitue une innovation par rapport au raisonnement habituel dans les projets durables, où la conception énergétique est souvent centrée sur l'innovation technologique et la performance énergétique visée (Cerema, 2017 ; Menanteau et Blanchard, 2014 ; Souami, 2007).

En outre, il faut noter que cette réflexion autour de la maîtrise de l'exploitation des systèmes et des charges n'est pas toujours systématisée. Par exemple, la cogénération à l'huile de colza a été utilisée à NCU même s'il y a eu des REX négatifs sur cette technologie (notamment au sein des Green Offices et Hikari). En effet, la volonté de réduire les coûts d'investissement dans les systèmes techniques, en évitant notamment le recours au PV beaucoup plus cher, et de répondre aux demandes des investisseurs immobiliers[255] a incité les acteurs à rajouter ces technologies. Le raisonnement en coût global se réalise ainsi à travers diverses négociations et itérations entre les différents acteurs intervenants dans les projets.

En conséquence de ce raisonnement en coût global, il y a eu, dans les deux cas, une réduction des ambitions énergétiques en termes de taux d'énergie renouvelable visée (voir tableau 5.2). Dans le cas de NCU, les objectifs énergétiques ont évolué de 55% d'EnR tous postes confondus à 40% d'EnR à l'échelle du quartier et 60 % à l'échelle du réseau sur les postes réglementaires. Dans le cas de Sollys, la limitation des charges a contraint les acteurs à limiter les ambitions au TEPOS - 14% en ayant notamment recours à des contrats d'achat de gaz vert. Un de nos résultats les plus importants dans cette thèse est que l'intégration du volet économique des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques, dans la conception énergétique, conduit à réinterroger la pertinence des objectifs énergétiques visés au départ des projets.

La mobilisation de la littérature sur les apprentissages est intéressante pour comprendre cette évolution des cadrages énergétiques. Elle nous permet de caractériser les apprentissages réalisés par les acteurs en matière d'exploitation des SE comme un apprentissage en double boucle (Argyris et Schön, 1978), c'est-à-dire que les acteurs revoient leurs objectifs en cours de conception pour pourvoir à avancer. Ceci se différencie donc d'un apprentissage en simple boucle où il y a une accumulation des enseignements par les acteurs sans forcément remettre en cause les objectifs initiaux. Les acteurs apprennent, ce faisant, en corrigeant leurs choix et en faisant évoluer leurs hypothèses de départ et modes d'action. « L'apprentissage amène à changer les repères, le système de valeurs et les axiomes de départ. Il s'agit d'apprendre à apprendre » (Petitbon, Bastianutti et Montaner, 2020). L'enjeu n'est plus de répondre à des objectifs énergétiques mais de s'assurer de la qualité du service énergétique fourni aux usagers. Cet apprentissage nécessite une forte réflexivité (Schön, 1984) de la part des professionnels par rapport à leurs pratiques et ceci

le taux d'EnR. À Sollys, les promoteurs ont ainsi mobilisé les études d'Embix sur le calcul des charges pour montrer l'incompatibilité d'un objectif TEPOS avec une faible facture énergétique des usagers.

[255] Comme expliqué dans le chapitre 4, ceci répond également à la demande des investisseurs immobiliers d'être autonomes énergétiquement.

même si « ce n'est pas un processus qui va de soi dans un certain nombre de firmes – par manque de temps, par peur de la direction d'apparaître faible ou pas en contrôle du cours des choses, par manque d'habitude ou incertitude sur le « comment ? » (Petitbon, Bastianutti et Montaner, 2020). Cette complexité apparait notamment dans les multiples balbutiements des acteurs avant de re-questionner les objectifs visés. Le tableau suivant résume l'évolution des cadrages et des choix techniques des projets NCU et Sollys.

Tableau 5. 2.Évolution des processus de conception énergétique à NCU et Sollys. Réalisation personnelle.

Projet	Cadrage énergétique	Solution énergétique initiale	Raisonnement en coût global > évolution du	Solution finale
NCU	55% d'EnR tous postes confondus	Solution de RCU géothermique décentralisée	• Facture énergétique Chauffage et ECS d'un T3 de 60m²< 600 € TTC/an • Coût de l'énergie Green Offices : 4,03€ /m2/an	• Solution mixte de géothermie centralisée & 7 cogé • 40% d'EnR à l'échelle du quartier et 60 % à l'échelle du réseau sur les postes réglementaires
Sollys	Objectif TEPOS	Cogénération bois & PV	• Limitation des charges à pas plus de 20% d'une facture classique	• Gogé au gaz vert & PV (avec contrat d'achat du gaz vert) • TEPOS -14% en EnR tous postes confondus

2.1.2 L'importance du raisonnement en coût global des objets techniques

Notre enquête révèle que la maîtrise de la facture énergétique est un enjeu important pour les acteurs car c'est un sujet porté fortement par les élus. Les acteurs au sein de plusieurs BET énergie et au sein de Bouygues immobilier expliquent vouloir faire évoluer, aujourd'hui, leurs manières de faire pour appréhender cet enjeu très en amont de la conception. D'après le directeur de l'ingénierie de Bouygues Immobilier, il y a aujourd'hui une ambition forte au sein de l'entreprise de passer, dès la phase amont des projets du raisonnement actuel en coût d'investissement dans l'infrastructure (avec souvent une volonté de réduite au maximum les coûts) à une réflexion en coût global qui intègre le coût de l'exploitation des artefacts énergétiques sur toute leur durée des ouvrages (entretien, réparation, changement).

> « Le premier changement de paradigme, c'est que quand ont construit, on doit penser ce que ça coûte en aval et quel est le coût global de ce qu'on fait. Avant les gens concevaient et ignoraient complétement combien ça coûtait derrière […] Mais l'évolution est très forte, ce n'est plus le montage ou la construction où on donne les clés à un exploitant, mais c'est la même entité mère qui assure l'exploitation derrière. Pour la première fois cette même entité doit commencer à réfléchir en coût global, ce que j'appelle le *total extpenditure (*TOTEX) qui représente la somme du *capital extpenditure* (CAPEX) qui sont des dépenses d'investissement et l'*operational expenditure* (OPEX) qui représentent les dépenses d'exploitation. » (Directeur de l'ingénierie, Bouygues Immobilier, 30/02/2019).

Cet acteur explique ainsi que « la démarche en coût global est une culture » que tente d'acquérir aujourd'hui l'entreprise. Dans le projet Charenton Bercy, porté par Bouygues Immobilier et sur lequel intervient également Embix, les acteurs prévoient dès le départ de réaliser un raisonnement en coût global pour limiter la facture globale des usagers.

> « On est en train de proposer aux équipes de Charenton-Bercy un certain nombre d'innovations techniques mais aussi organisationnelles parce que finalement, une facture énergétique peut devenir quatre factures demain. Il ne faut peut-être pas de garantie de charges, comme Aveltys peut le faire sur un bâtiment bureau, parce que c'est assez facile, mais il faut trouver des moyens de packager tout ça et d'avoir un responsable global de la facture. » (Directeur d'Embix, 19/06/2020).

Par ailleurs, au-delà de la maîtrise de la facture énergétique, l'intégration d'une diversité d'artefacts énergétiques pose la question de la répartition des investissements économiques dans l'infrastructure énergétique. Nous avons par exemple vu, dans le cas de NCU, comment les négociations en matière de répartition des investissements financiers du réseau ont fait émerger plusieurs tensions entre les opérateurs urbain et énergétique. En effet, s'il y avait beaucoup de sources de financements de l'innovation dans les premiers projets démonstrateurs, il devient de plus en plus compliqué de prendre en charge ces investissements dans la 3ème génération de quartiers durables. Le cas de Clichy-Batignolles a illustré la pluralité des sources de financement des SE dans les projets anciens avec 41% portés par les opérateurs immobiliers privés, 35% portés par la ville de Paris et plusieurs autres aides du fond Européen FEDER, du fond chaleur, des aides de l'aménageur P&MA, etc. Le cas d'Hikari est également intéressant avec 40% du coût des infrastructures, portés par le Nedo Japonais, l'équivalent de l'ADEME japonais (52% portés par Bouygues Immobilier) dans l'objectif de promouvoir le savoir-faire et les technologies de l'industriel japonais Toshiba sur le marché européen (figure 5.5). Nous constatons également l'absence des aides des collectivités et des aménageurs publics au sein des projets récents contrairement aux anciens projets démonstrateurs comme Hikari et Clichy-Batignolles. Les investissements sont de plus en plus pris en charge par les opérateurs urbains ou les exploitants des systèmes énergétiques.

D'autre part, une étude du CEREMA montre que la réalisation d'une extension des réseaux dans les quartiers durables serait une manière d'amortir les investissements et de réduire le coût de la chaleur (CEREMA, 2017), mais ceci n'est pas toujours possible dans les projets. Par exemple, dans le cas du réseau privé de NCU, il n'y a pas de perspectives d'extensions du réseau pour amortir l'investissement économique dans ce dernier, car les systèmes énergétiques ont été dimensionnés seulement à l'échelle du quartier, sous la demande d'UrbanEra. De plus, le réseau est non classé, ce qui pourrait mettre en péril sa rentabilité énergétique car le raccordement des usagers n'est pas obligatoire. Enfin, le développement de ce réseau poserait des questions de droit de passage sous les voies publiques. Dans le cas de Sollys, les trois îlots seront déjà raccordés au réseau de chaleur de la Confluence.

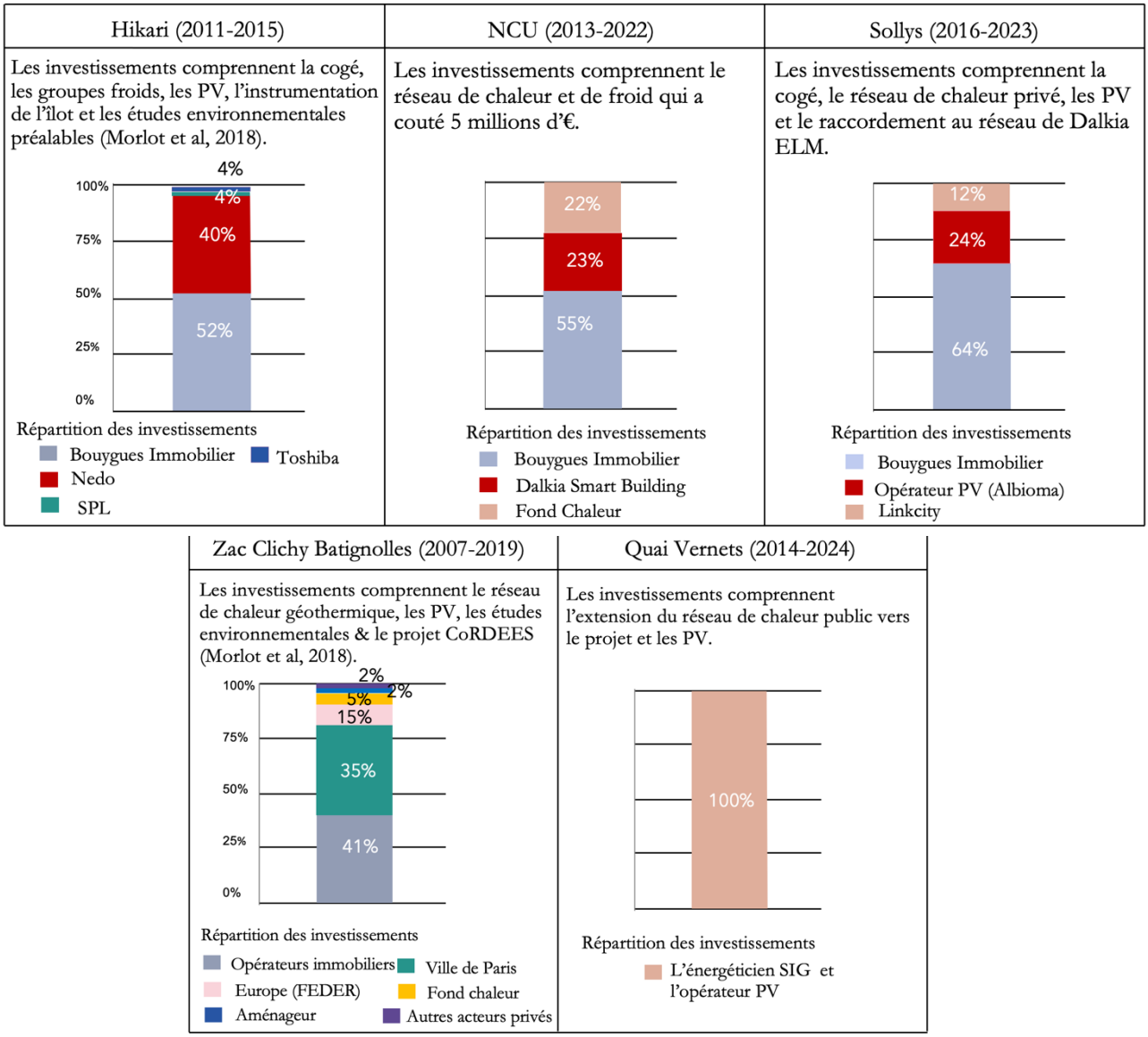

Figure 5. 5. Répartition des investissements économiques dans l'infrastructure dans les projets Hikari, NCU et Sollys. Réalisation personnelle.

Conséquemment, l'étude de l'ADEME (Morlot et al., 2018) qui s'est intéressée à la répartition des investissements dans les systèmes énergétiques de plusieurs projets durables montre que l'amortissement de ces investissements se traduit souvent par une augmentation du prix de vente des logements. En faisant l'hypothèse que les investissements pris en charge par les promoteurs concernant les systèmes énergétiques se répercutent sur le prix des logements, l'étude montre qu'il y a un surcoût de 2060€ pour un 60 m² dans le cas de Clichy-Batignolles (Ile-de-France) et de 5200€ pour un 60 m² dans le cas d'Hikari [256] (Lyon) (Morlot et al., 2018). Le prix des logements au m² dans ces projets démonstrateurs est ainsi beaucoup plus important que le prix moyen à faibles

[256] Et ceci en notant que ces projets démonstrateurs ont bénéficié de diverses subventions : 40% de financement du Nedo pour Hikari (50 %financés par le promoteur) et 35% de financement de la ville de Paris pour Clichy-Batignolles (41% financés par les promoteurs immobiliers). Pour plus de détails voir (Morlot et al., 2018).

ambitions de production d'énergie (voir figure 5.6). Ce qui pose, ce faisant, un problème d'accès à ces projets par des populations moins aisées ou défavorisées.

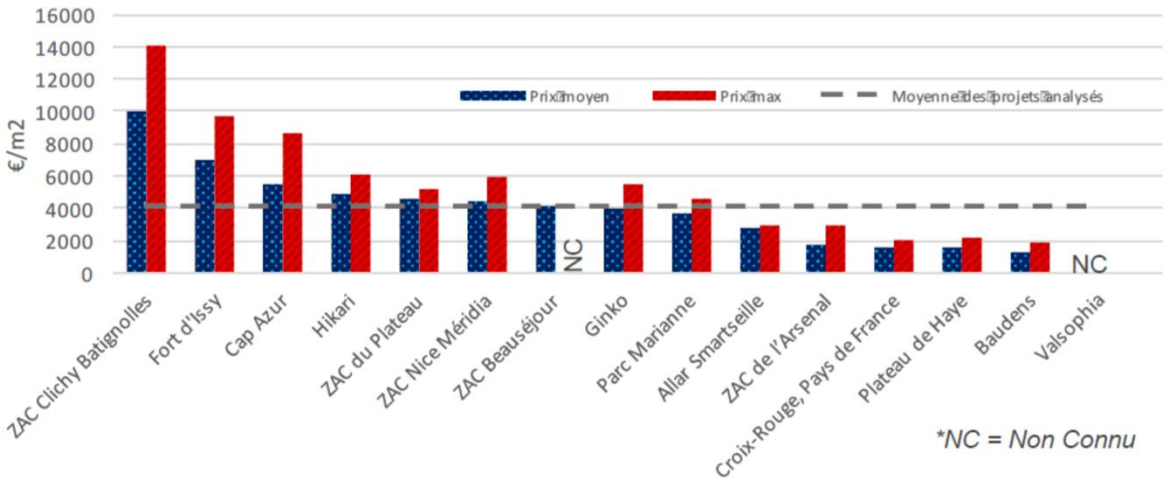

Figure 5. 6. Comparaison de prix de vente sur quelques quartiers (€/m2). Source : « retours d'expériences sur les îlots & quartiers à énergie positive », l'ADEME en partenariat avec Embix & FIDAL, Rapport final, 2018, p.39

La baisse des aides des collectivités et autres moyens de financement des innovations incitent aujourd'hui les opérateurs à chercher d'autres solutions alternatives. Les professionnels ont, ce faisant, de plus en plus recours à des partenaires énergétiques/exploitants pour externaliser ces investissements suivant un raisonnement en coût global. C'est d'ailleurs le cas à Sollys avec une externalisation, par les acteurs au sein de Bouygues Immobilier et Linkcity (64% BI et 12% Linkcity), d'une partie de l'investissement dans les PV à un exploitant spécialisé (24%). Dans le cas de NCU, les investissements concernant les réseaux de chaleur et de froid ont été répartis entre Bouygues Immobilier (55%) et DSB (23%) et une partie du coût des systèmes énergétiques (cogé et PV) a été externalisée aux investisseurs immobiliers des Green Offices. Les subventions du fond chaleur ont été très importantes pour l'aboutissement du projet (22%). En matière de répartition des investissements financiers, le cas des Green Offices est intéressant. Dans le modèle économique de l'immobilier d'entreprise, le prix d'achat des bâtiments est plus important car il intègre les systèmes techniques (donc le loyer est également cher), toutefois, la facture énergétique se retrouve réduite car ces immeubles sont alimentés par des EnR comme la géothermie et le soleil. Enfin les acteurs au sein de Losinger Mazazzi, intervenus sur le projet Quai Vernets, nous expliquent réaliser des partenariats avec des exploitants de réseaux de chaleur et des panneaux photovoltaïques pour externaliser le financement et l'exploitation de ces systèmes (chapitre 3).

En somme, le raisonnement en coût global, intégrant le coût d'investissement et d'exploitation des infrastructures dans le cadre de la conception de projets durables, devient aujourd'hui un sujet majeur pour les professionnels face aux implications socioéconomiques importantes que peut engendrer l'exploitation des systèmes techniques. Cette nécessité de maitriser l'investissement et

l'exploitation de ces objets donne notamment de plus en plus de place à l'intervention d'investisseurs-exploitants dès l'amont des projets pour porter ces investissements dans une logique d'amortissement sur le long terme. En outre, au-delà de réinterroger les objectifs énergétiques suivant une démarche de coût global, l'intégration des enjeux d'exploitation a également impacté les choix techniques dans les projets, ce qui est l'objet de la partie suivante.

2.2 La réversibilité des choix de conception

2.2.1 L'intégration des enjeux d'exploitation oriente la sélection des artefacts énergétiques

La réflexion en termes d'exploitation impacte également les choix des systèmes énergétiques mobilisés dans les projets engendrant notamment des bifurcations des choix techniques initiaux. La solution de cogénération au bois à Sollys a, par exemple, été écartée que ce soit à l'échelle urbaine ou à l'échelle du projet Sollys pour réduire les coûts d'exploitation et les problématiques de fonctionnement de ces systèmes. Dans le cas de NCU, la bifurcation de la solution énergétique d'une solution centralisée sur géothermie à une solution mixte (centralisation de la production géothermique et rajout de 7 cogé) répond en même temps à la demande des investisseurs de réduction de leurs factures d'énergie mais également à la volonté de l'énergéticien de centraliser la production géothermique. En effet, le système technique est passé de plusieurs PAC décentralisées vers un TFP centralisé pour notamment réduire le nombre d'équipements à entretenir en exploitation. S'il n'y a pas eu d'orientation des artefacts énergétiques en phase concours, les études n'étant pas encore détaillées, la solution technique a beaucoup évolué pendant le développement du projet. L'analyse montre, ce faisant, que la prise en compte des préoccupations d'exploitation des objets techniques oriente les choix de conception vers des solutions beaucoup plus éprouvées et qui n'impliquent pas de fortes charges en exploitation. Ce qui confirme une de nos sous-hypothèses qui supposent que les caractéristiques techniques des objets de l'énergie jouent un rôle important dans l'orientation des choix réalisés par les acteurs (H2.1).

Ce résultat rejoint également les travaux expliquant l'importance de la prise en compte de la matérialité des objets dans l'analyse de la fabrique urbaine en les considérant comme actants (Blok, 2013 ; Farías, 2010 ; McFarlane, 2011). Le courant des assemblages urbains[257] considère par exemple la ville comme un ensemble d'éléments humains et non-humains, qui assemblent la ville de différentes manières (une ville touristique, un système de transport, etc.). Dans cette perspective, Andres Blok (2013) propose la notion d'« assemblages urbains verts » pour l'analyse des pratiques de l'urbanisme durable et qu'il définit comme "ensembles of heterogeneous actors, human and non-human, which orient themselves to the gradual redesign of urban eco-socio-technical relations in 'green' (or 'sustainable') directions". La prise en compte des objets

[257] Le courant des assemblages urbains (Blok, 2013 ; Farías, 2010 ; McFarlane, 2011) émerge à la fin des années 2000 à l'intersection des théories de la complexité (DeLanda, 2016 ; Deleuze et Guattari, 1980) et des *Science and Technology Studies STS* (Bijker, Hughes et Pinch, 2012 ; Guy, Graham et Marvin, 1997 ; Hughes, 1983) et plus précisément la théorie de l'acteur réseau (Akrich, Callon et Latour, 2006 ; Callon, 1986).

techniques apparaît d'autant plus importante en analysant les questions environnementales et écologiques intégrant divers assemblages socio-énergétiques de production, distribution de stockage de l'énergie (Aubert, 2020 ; Blanchard, 2018 ; Blok, 2013 ; Tabourdeau et Debizet, 2017). La définition des acteurs et des actants ne sont pas préétablis mais se définissent progressivement au cours de l'enquête (Farías, et Bender, 2010).

2.2.2 L'augmentation des connaissances sur le projet engendre une augmentation des capacités d'action des acteurs

Les conclusions de notre enquête montrent ainsi la réversibilité importante des choix de conception et ceci même à des stades très avancés de la conception urbaine. L'avancement des projets NCU et Sollys, avec la réalisation de nombreuses expertises et l'augmentation de la connaissance dans le projet, a ainsi engendré l'évolution des capacités d'action des acteurs et la réversibilité des choix techniques. À Sollys, la bifurcation s'est même déroulée après la validation de l'avant-projet détaillé (APD) de la solution énergétique. À NCU, la bifurcation des choix techniques s'est réalisée après la réalisation de l'APS. Par la suite, et face aux problématiques de mise en service des cogénérations sur les Green Offices, de nouvelles études de dimensionnement des cogé et d'isolation des réseaux de distribution de l'huile de colza ont été réalisées en phase chantier. La phase d'exploration des choix techniques s'est ainsi prolongée jusqu'aux phases très avancées de la conception détaillée et même à la phase de chantier (voir figure 5.7). Nous rejoignons, de ce fait, les travaux qui expliquent que la conception énergétique se prolonge jusqu'aux phases avancées de conception de l'exécution (Ben Mahmoud-Jouini, 2003 ; Blanchard et Miot, 2017). Plus la conception des projets se précise, plus les conditions d'exploitation sont connues, ce qui favorise en conséquence l'évolution des choix des acteurs.

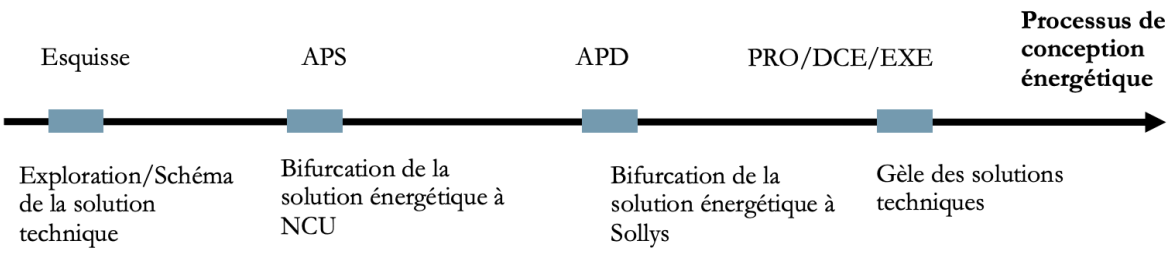

Figure 5. 7. Évolution de la solution énergétique dans les projets Sollys et NCU. Réalisation personnelle.

Un de nos résultats principaux est, par conséquent, de confirmer la réversibilité des choix dans la conception énergétique des projets urbains et ceci même à des stades très avancées de conception détaillée des projets, contrairement au projet industriel. La réversibilité des choix techniques fait même augmenter la faisabilité des projets en intégrant les enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques dans une logique de maîtrise des risques et des incertitudes (Arab, 2007). Nous rejoignons ainsi N. Arab (2004, 2007) qui explique la spécificité du projet urbain par rapport au projet industrie avec notamment la réversibilité des choix techniques. Pour expliquer cette particularité du projet d'aménagement, N. Arab montre que les facteurs de réversibilité des choix

techniques dans l'aménagement relèvent de trois ordres : la longue durée de réalisation de projets, le fort régime d'incertitude et l'influence des variables exogènes (Arab, 2007).

> « En effet, là où l'irréversibilité constitue une dimension structurante du projet industriel on constate que le projet d'aménagement relève d'un processus qui mixe irréversibilité et réversibilité. Le plus étonnant tient dans le fait que l'une et l'autre sont mises au service du même enjeu que dans le cas du projet industriel, celui de la convergence du projet. Plus encore, la réversibilité des choix s'apparente à un moyen voire à une stratégie pour augmenter la faisabilité même du projet. Cette logique d'action prend sens dans un contexte d'action structurée par trois paramètres clés interdépendants : la longue durée de réalisation des projets d'aménagement urbain ; l'influence majeure des variables exogènes ; un régime d'incertitude intensive. L'interdépendance de ces trois paramètres a pour résultat de structurer un cadre d'action qui fait de la faisabilité même des projets d'aménagement un problème majeur à résoudre et explique la cohabitation de dynamiques temporelles hétérogènes. » (p.162-163).

Notre analyse valide cette lecture, en rajoutant quelques éléments, que nous proposons d'illustrer à travers la conception énergétique de Sollys et de NCU. En effet, le déroulement du projet urbain (et énergétique) est gageur d'un régime d'incertitude qui s'articule autour de quatre points : la durée des projets de 5 à 10 ans, la volonté de réduire cette incertitude et de maîtriser les risques en prenant en considération les préoccupations d'exploitation des artefacts conçus[258], la distribution de la capacité d'action des acteurs au sein des projets et, enfin, l'impact des variables externes sur la conception des objets sociotechniques.

1. La longue durée des projets en immobilier et aménagement (moins de 5 ans pour un projet Immobilier et entre 5 et 10 ans pour un projet de quartier)[259] constitue un des facteur explicatifs de l'évolution des choix. En 2-4 ans de dévelopepment pour un projet de quartier, les décisions et les choix peuvent s'inverser à cause de l'intensité des échanges et des négociations. Autrement dit, le temps des phases esquisse, APS et APD est concentré avec une densité de décisions et de négociations importantes qui peuvent remettre en cause profondément les choix initiaux. Une autre échelle de temps intervient également qui est celle de l'accumulation des enseignements et des retours d'expériences qui se font eux sur un pas de temps de 8-10 ans aujourd'hui en immobilier et en aménagement. Les enseignements et les expériences des acteurs s'additionnent et se condensent pour constituer une conviction chez les décieurs et les techniciens qui injectent ensuite les résultats dans les projets en cours de route, ce qui peut engendrer des évolutions importantes dans les scènes de conception et de décision (chapitre 4).

2. L'intégration des enjeux d'exploitation des objets techniques est un facteur important de la bifurcation des choix de conception. Au-delà des interactions entre acteurs humains, les objets techniques rentrent également dans le processus de décision en rajoutant des éléments d'incertitudes et de risques relatifs à leur exploitation. Un des facteurs importants de la

[258] En effet, la volonté des acteurs de réduire l'incertitude engendre en définitive plus d'incertitudes dans les projets.
[259] Les grands projets d'aménagement peuvent aller quant à eux de 10 à 25 ans (Arab, 2001).

réversibilité des choix c'est donc la volonté des acteurs de réduire les incertitudes et les risques des objets techniques, en intégrant très en amont les enjeux de leur exploitation. Notons également que la réalisation de nouveaux choix techniques fait peser à leur tour d'autres incertitudes sur le processus de conception. Nous confirmons, ce faisant, une de nos sous-hypothèse (H2.2) qui avance que l'intégration des enjeux d'exploitation des SE serait une manière de réduire des incertitudes pesant sur la conception des objets sociotechniques.

3. La distribution des capacités d'actions des acteurs est également un facteur important qui explique la réversibilité des choix techniques. En effet, le portage par certains acteurs des enjeux d'exploitation a été décisif dans la réalisation de certains choix, à l'exemple de l'intervention de la maîtrise d'ouvrage publique dans les deux projets Sollys et NCU pour la limitation de la facture énergétique des habitants ou encore la limitation des charges des Green Offices par la direction de l'immobilier d'entreprise de Bouygues Immobilier.

4. Enfin, les variables externes (réglementations, incitations fiscales, etc.) orientent très fortement les choix effectués dans les projets. En effet, les choix techniques sont souvent réalisés selon la fiscalité sur les technologies mobilisées pour ainsi maximiser les bilans économiques des projets. Par exemple, l'électricité des cogénérations est autoconsommée à NCU et à Sollys alors que celle des PV est vendue à EDF pour des questions de rentabilité économique[260]. L'évolution de la réglementation engendre également des changements des choix techniques. La conception technique à Sollys a évolué de trois postes de transformation à deux, après l'évolution du cadre réglementaire sur l'autoconsommation collective d'électricité. Enfin, les prescriptions locales jouent également un rôle majeur. L'obligation du raccordement à Sollys au RCU de Lyon Confluence a fortement impacté la stratégie d'alimentation du projet. Les variables exogènes déterminent et orientent ainsi très fortement les choix effectués dans les projets.

Nous répondons de ce fait positivement à notre seconde hypothèse de recherche qui affirme que l'intégration des enjeux d'exploitation réoriente les choix de conception dans les projets vers la facilité de l'exploitation des systèmes énergétiques. En effet, les préoccupations d'exploitation constituent un des éléments déterminants affectant les choix de conception des projets immobiliers et urbains. Ils s'additionnent, ce faisant, à d'autres facteurs impactant les choix de conception des projets (la longue durée des projets, l'incertitude, la distribution des capacités d'action, variables exogènes). L'analyse montre également que l'intégration des préoccupations d'exploitation des SE accompagne l'apprentissage et l'évolution des manières de faire des acteurs que ce soit en matière de la mobilisation de logiques en coût global, l'intégration de nouveaux acteurs, la remise en cause des objectifs énergétiques. La plupart des acteurs interrogés nous expliquent avoir beaucoup appris en travaillant collectivement sur des projets très ambitieux sur les questions énergétiques et la prise en charge des enjeux d'exploitation comme Sollys et NCU. La

[260] Les tarifs de rachat de l'électricité produite par les PV sont plus intéressants que les tarifs de rachat de l'électricité produite par la cogénération à l'huile végétale ou au gaz.

section suivante interroge les effets de l'intégration des préoccupations d'exploitation sur l'activité de conception spatiale.

2.3 L'impact relatif des objets de l'énergie sur la conception spatiale

Avant d'aborder les effets des préoccupations d'exploitation des objets techniques sur l'activité de conception spatiale, attardons-nous sur les effets directs de la matérialité des objets sur la spatialité des objets. Nous verrons que l'intégration d'une pluralité d'objets techniques peut avoir un impact important sur la spatialité des projets créant notamment des concurrences d'usage (a). Pourtant, notre enquête montre que l'intégration de ces objets et leurs préoccupations d'exploitation interroge peu l'activité des architectes (b).

a. L'impact important de l'intégration des objets de l'énergie sur la spatialité des projets

L'analyse de la conception spatiale du projet NCU et Sollys montre que l'intégration des objets techniques et leurs enjeux d'exploitation impacte fortement la spatialité des projets en réduisant les surfaces utiles et en engendrant, dans certains cas, des conflits d'usages. Nous avons notamment vu que les emprises spatiales occupées dans les projets sont souvent les RDC, les sous-sols ou les toits des bâtiments. Dans certains cas, ces systèmes ont également un impact sur l'intérieur des bâtiments (esthétique du plafond des systèmes de distribution de la chaleur, radiateurs, etc.). En outre, nous avons constaté que la conception spatiale suit toujours des logiques économiques où la valeur de l'espace est déterminée par la valeur du service rendu (Fenker, 2017). Les objets techniques sont toujours localisés dans des « délassés spatiaux » où il y a le moins de valeur d'usage. La priorité dans la conception des deux sous-sols du projet NCU est la réalisation de places de parking et non l'intégration des systèmes techniques.

L'intégration des objets techniques peut également créer des conflits d'usages dans le projet, à l'exemple des arbitrages autour de l'aménagement de la cinquième façade dans le projet Sollys ou encore des négociations autour de l'aménagement des parkings pour accueillir des locaux techniques à NCU. Nous rejoignons, de ce fait, le travail de I. Ramirez-Cobo, S. Tribout et G. Debizet (2020) qui expliquent l'existance de trois confugutaions caractérisant les liens entre les objets de l'énergie et l'organsiation spatiale des projets : des situations de dépendance synergie, de dépendance compatible et des situations d'incompatibilité. La confrontation des enjeux d'aménagement des toitures pour accueillir des espaces verts ou pour l'installation des PV, sont par exemple des situations d'incompatibilité alors que la couverture d'édicules techniques par des panneaux photovoltaïques constitue une situation de compatibilité. Ainsi, au-delà de l'impact spatial, c'est la question de la compatibilité des usages qu'il s'agit d'interroger. Les auteurs expliquent notamment que les incompatibilités « révèlent des processus de conception énergétique et urbanistique séquentiels, disjoints plutôt qu'itératifs et dépourvus d'acteurs intermédiaires susceptibles de dépasser les frontières professionnelles » (Ramirez-Cobo, Tribout et Debizet, 2020, p. 74). Nous rejoingnons cette analyse, ayant montré dans les chapitres pécédents la

séquentialité du processus de conception ainsi que l'absence de liens entre les activités de conception énergétique et spatiale, en rajoutant deux éléments qui accentuent ces incompatibilités :

- Le premier est l'importance des objetctifs énergétiques de production d'EnR dans les deux projets, ce qui engendre une pression forte qui s'exerce sur l'activité de conception spatiale qui se retrouve dans l'obligation d'intégrer divers systèmes énergétiques, notamment dans des milieux urbains denses déjà très contraints par les infrastructures existantes. Le cas de la couverture de toutes les toitures à Sollys par des PV en plus du rajout d'une cogénération pour la production d'électricité afin de répondre à l'objectif de l'énergie positive, constitue un bon exemple.
- Le second facteur relève de la réversibilité des choix techniques au cours du développment des projets. En effet, cette réversibilité importante des choix, due notamment aux éléments mis en lumière précédemment, rend cette compatibilité complexe car de nouvelles contraintes viennet se rajouter à la conception spatiale. Le cas du changement de solution technique après presque deux ans de conception à NCU et la nécessité de rajouter des locaux techniques suplémentaires constituent une bonne illustration.

La coordination et la communication entre les activités de conception énergétique et spatiale se révèlent plus que jamais primordiales pour anticiper l'intégration des artefacts énergétiques. Il s'agit de réaliser des arbitrages entre les fonctions énergétiques et d'autres fonctions des projets, que ce soit dans l'aménagement des sous-sol, RDC ou de la cinquième façade. En outre, l'intégration des objets techniques rajoute de nouvelles contraintes d'exploitation et d'usage à prendre en compte par les concepteurs (Seguin et Barataud, 2021 ; Toussaint et Vareilles, 2020). Les objets techniques jouent, ce faisant, le rôle d'actants qui agissent en imposant divers impératifs d'usage et d'exploitation à prendre en considération par les acteurs. Dans quelle mesure l'avènement des préoccupations d'exploitation réinterrogent-elles donc l'activité des architectes ?

b. L'impact relatif de l'intégration des objets de l'énergie sur l'activité des architectes

De manière générale, quand nous posons la question de l'intégration des sujets de gestion et d'exploitation des artefacts énergétiques aux architectes, la plupart estime que ce sujet se traduit dans le bon dimensionnement des espaces recevant ces objets.

> « L'exploitation n'est pas un sujet abordé par les architectes… Nous, on est là juste pour dessiner des locaux qui font la bonne taille, qui sont exploitables. Mais après, dans le suivi, on n'intervient pas vraiment. De toute façon, dans la conception du bâtiment, on se pose forcément la question des usages qui peuvent être faits des espaces que l'on dessine. On ne peut pas, non plus, imposer des usages aux gens. On ne sait pas exactement comment vont vivre les bâtiments. On crée des espaces que l'on se veut qualitatifs, bien équipés pour… Je ne sais pas trop comment répondre à ça… » (Architecte, Vera & Associés, 14/10/2020).

Au-delà, les architectes interrogés expliquent que les préoccupations d'exploitation des objets de l'énergie ne relèvent pas de leurs responsabilités, ces derniers étant notamment responsables d'autres enjeux fonctionnels, économiques et esthétiques dans les projets. Ces acteurs affirment

ainsi que les questions environnementales relèvent plutôt de la conception bioclimatique des bâtiments, l'usage de matériaux recyclables, le bilan en énergie grise du bâtiment, etc. Ainsi, plusieurs architectes interrogés insistent sur la dimension large et transversale du métier d'architecte au-delà de la spatialisation des systèmes techniques dans les bâtiments. Une distinction qui revient fréquemment dans les discours notamment par rapport aux métiers des ingénieurs très spécialisés et centrés sur la recherche de solutions optimisées.

> « La particularité c'est que c'est un métier large. On s'intéresse à l'amont et à l'aval du projet. Dans sa formation, l'architecte doit se demander : pourquoi je fais ça ? Pour qui ? Où ? Le métier comprend également une dimension plus humaniste. Enfin, la notion de projet est plus forte que celle de son auteur, tout le monde contribue pour le faire marcher. L'enseignement des ingénieurs, on leur apprend à compiler des informations d'une problématique et à trouver une solution avec des paramètres de temps, etc… Avec une capacité à ne pas moraliser la chose… En tant qu'architecte, en 1950 on arrivait à maîtriser 100% du bâtiment. Aujourd'hui, personne ne connaît la matérialité des choses. » (Architecte, Marin + Trottin Périphériques architecte, 10/03/2020).

Les objets de l'exploitation et leurs enjeux d'exploitation sont considérés comme des contraintes en plus à intégrer dans les projets, et cela ne réinterroge absolument pas leur manière de travailler. De plus, les impératifs énergétiques, dont certains objets de l'énergie (local de sous-station, PV) sont considérés aujourd'hui comme des standards de la fabrication de la ville durable : « Je n'ai pas l'impression qu'on fasse différemment, c'est des contraintes à intégrer. L'architecture c'est toujours la synthèse des contraintes de performance technique, de construction, des usages et du rapport au site. L'énergie est une couche en plus car il y a des exigences fortes. » (Architecte, Vera & Associés, 11/03/2020). L'exploitation ne s'est donc pas imposée aux architectes par le biais des objets énergétiques à exploiter.

La plupart des acteurs interrogés (ingénieurs, promoteurs, architectes) nous expliquent toutefois que l'anticipation des artefacts énergétiques et leur exploitation (accès, surface et isolation des locaux, entretien quotidien, etc.) est la clé de leur bonne intégration spatiale dans les projets. La localisation des objets de l'énergie se réalise ainsi souvent assez tôt pendant la conception. Par la suite, ce sont des questions moins structurantes qui sont discutées (dimensionnement des gaines, la couverture de ces systèmes, etc.). « [les objets de l'énergie et leurs enjeux d'exploitation] se discutent souvent, très facilement, en phase très amont du projet. Une fois que l'architecture est fixée, on n'a plus trop le choix. » (Ingénieur, BET Burgeap, 05/08/2019). Un des apprentissages de l'intégration des objets techniques est ainsi l'importance de leur intégration dans la réflexion très en amont des projets pour éviter des situations d'incompatibilités spatio-fonctionnelles. La partie suivante interroge les effets de l'intégration des préoccupations d'exploitation sur l'organisation de la conception urbaine et notamment la relation entre les architectes et les BET énergie.

3 Quelle réorganisation du processus de conception urbaine ?

Après avoir abordé les effets de l'intégration des enjeux d'exploitation sur les choix de conception, cette section a comme objectif d'aborder les effets de l'intégration de ces enjeux sur l'organisation de ce processus. Nous aborderons premièrement l'impact de la prise en charge de ces objets et de leurs préoccupations d'exploitation sur l'organisation horizontale de la conception, en mettant plus particulièrement l'accent sur les échanges entre les acteurs de la conception énergétique et spatiale (3.1). Ensuite, nous interrogerons l'intégration verticale de la conception suite à l'intégration d'acteurs ensembliers. Nous analyserons, de ce fait, les effets de l'intervention d'acteurs ensembliers en amont des projets en accordant une attention particulière aux caractéristiques des contrats de services énergétiques portés par ces derniers : portée et contenu des contrats et modalités de rémunération des prestataires (section 1.2.3 du chapitre 1) (3.2). Enfin, nous discuterons nos résultats avec les travaux sur l'organisation du projet urbain (Arab, 2007, 2018 ; Arab et Bourdin, 2017) et industriel (Lenfle et Midler, 2003 ; Midler, 1998 ; Midler et Ben Mahmoud Jouini, 1996) (3.3).

3.1 L'impact des objets techniques sur l'organisation horizontale de la conception

3.1.1 Des échanges intenses entre les acteurs en phase concours/workshops

L'intégration des objets de l'énergie et leurs préoccupations d'exploitation ont rajouté des sujets d'échanges entre les ingénieurs et les architectes comme le montrent les thématiques traitées dans nos chapitres empiriques: l'intégration des panneaux solaires et des cogénérations (accès, maintenance), la conception des systèmes de distribution de chaleur à l'intérieur des bâtiments, le dimensionnement des locaux techniques, etc.

La plupart des échanges se sont déroulés essentiellement en phase très amont que ce soit en concours d'opérateurs à NCU ou pendant les workshops à Sollys. En effet, notre enquête empirique a montré que plusieurs sujets structurants autour de ces objets (localisation, dimensions des locaux…) se réalisent en amont. L'analyse montre également que l'organisation de concours d'opérateurs et de workshops a accentué les relations entre les acteurs que ce soit autour des objets techniques ou d'autres enjeux dans les projets. À Sollys, l'organisation de workshops a permis la négociation de divers sujets de durabilité entre les acteurs de la conception énergétique et spatiale à l'exemple du travail sur les volumes des bâtiments, l'intégration des artefacts énergétiques que ce soit en toitures, au RDC ou au sous-sol. À NCU, l'organisation du concours d'opérateurs a permis plusieurs échanges entre les architectes et les ingénieurs autour de thématiques de conception bioclimatique des bâtiments, d'espaces verts en ville et d'intégration spatiale des systèmes énergétiques proposés. Par exemple, les plans d'architecture du projet NCU intégraient déjà, à cette période, des locaux techniques recevant ces objets dans leur dessin. Si les préoccupations d'exploitation des SE n'ont pas frontalement été abordées à ces périodes, ces moments d'accélération des échanges et des interactions ont été décrits comme très positifs par tous les acteurs interrogés. Notons par ailleurs que l'étape du concours est caractérisée par une forte

priorisation des aspects esthétiques des projets pour remporter les consultations (Macaire et Zetlaoui-Léger, 2019 ; Tribout, 2019). En effet, les impératifs de distinction que soulève cette étape ainsi que la priorisation importante des questions d'esthétique des projets notamment par certains élus, incitent vers un surenchérissement du travail formel et esthétique des projets engendrant souvent une mise au second plan des préoccupations d'exploitation (chapitre 2).

3.1.2 Retour vers une séparation des activités pendant la conception des projets

Toutefois, l'organisation de la conception a repris son rythme traditionnel de séparation des tâches entre les spécialistes des questions énergétiques et spatiales (voir figure 5.8). Les activités des architectes et des ingénieurs se réalisent ainsi en parallèle suivant une séquentialité des tâches entre les deux activités ; et ceci malgré l'intégration d'une pluralité d'artefacts énergétiques engendrant d'importants impacts spatiaux (emprise spatiale, accès) dans des projets très denses et contraints par la rareté du foncier. Les réunions ne sont organisées que dans le cas de controverse à l'exemple de la conception des édicules techniques sur le toit du Green Offices lot 4 à NCU et la conception de la canopée de photovoltaïque sur le toit du Green Office lot 6. Un chargé d'affaire CVC au sein du BET Ingerop explique que « Les architectes ne participent pas aux réflexions concernant la conception énergétique des bâtiments. En revanche, ils ont leur mot à dire sur l'intégration de ces objets dans leur bâtiment. Ils sont donc forcément intégrés en amont pour les prévenir des impacts sur l'aménagement des toitures, des sous-sols, de la nécessité de prévoir tel système, etc. » (14/03/2020). Le changement des solutions techniques que ce soit à Sollys ou NCU n'a également pas impliqué d'organisation concourante de la conception. Si le rajout de nouveaux artefacts énergétiques à NCU a nécessité des emprises spatiales supplémentaires, ces objets ont été localisés par les ingénieurs et intégrés par la suite par les architectes dans leurs dessins. Ce sont toujours les ingénieurs qui s'occupent de d'organisation de l'exploitation des espaces techniques.

Ce constat nous permet ainsi d'infirmer une de nos hypothèses qui explique qu'il y aurait une intensité des relations entre les architectes et les ingénieurs intervenant dans des projets en milieux urbains denses et contraints par le manque d'espaces autour des objets techniques. En effet, au-delà de la localisation de ces objets en amont, la conception reprend souvent un rythme habituel d'organisation des acteurs (H3.2). Notons cependant que les artefacts énergétiques analysés (petites cogé, PV, sondes géothermiques et PAC) ne sont pas représentatifs de toutes les technologies intégrées dans les projets urbains. Nous supposons ainsi que si les artefacts intégrés relevaient d'un équipement à l'échelle urbaine à l'exemple d'une chaufferie biomasse engendrant un fort impact sur la spatialité des projets, cela aurait pu soulever plus d'interactions entre les acteurs. L'intégration spatiale des artefacts énergétiques dans les deux projets a plutôt relevé de l'incrémentation dans les formes urbaines plutôt que d'une approche intégrée de spatialisation de ces actants.

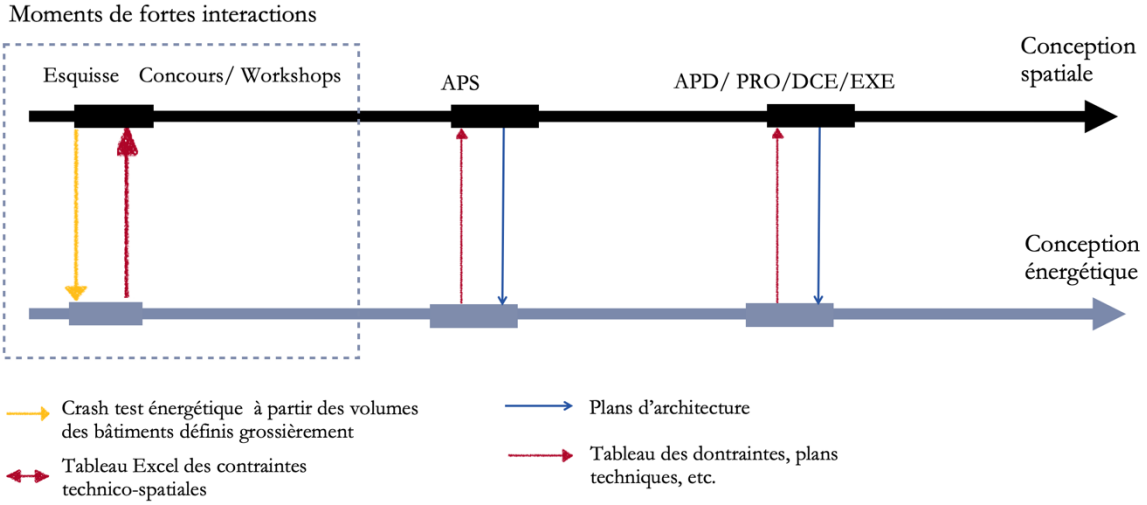

Figure 5. 8. Organisation des conceptions spatiales et énergétiques. Réalisation personnelle.

Les objets intermédiaires (Jeantet, 1998 ; Vinck, 2009) jouent un rôle très important dans la mise en relation des activités de conception énergétique et spatiale et ceci de la phase esquisse à celle de l'exécution. En effet, les architectes définissent les volumétries des projets, un travail qui permet ensuite aux ingénieurs de réaliser un dimensionnement des systèmes techniques. Les ingénieurs définissent ensuite les impératifs nécessaires à l'intégration des objets de l'énergie et à leur exploitation spatiale (impératifs de localisation, dimensionnement des locaux), des données qui sont ensuite transmises aux architectes à travers des objets intermédiaires (tableaux, descriptifs, plans techniques, etc.). En retour, les contraintes spatiales identifiées par le travail des architectes contribuent à réadapter la solution technique face aux contraintes spatiales et fonctionnelles du projet. Les ingénieurs poursuivent et finalisent la conception détaillée des locaux techniques en se basant sur les plans des architectes. Ces deux activités avancent donc constamment en parallèle selon une séquentialité des activités des professionnels. Notre analyse empirique montre même que, dans certains cas, l'interaction entre les acteurs se réalise exclusivement à travers ces objets. Nous distinguons trois fonctions de ces objets :

- Un rôle de traduction des solutions techniques dans la spatialité du projet. Il s'agit ainsi de localiser les différents espaces dédiés à l'énergie, leurs accès et leur exploitation (Jeantet, 1998 ; Vinck, 2009),
- Un support de négociation des sujets d'exploitation des SE notamment autour de la gouvernance des objets techniques et de leur exploitation,
- Un moyen de communication sur les performances énergétiques de l'intégration des préoccupations d'exploitation dans les projets que ce soit de la part des opérateurs urbains, énergétiques ou de la maîtrise d'ouvrage publique.

Nous répondons, de ce fait, négativement à notre troisième hypothèse qui affirme que l'intégration des objets techniques fait émerger de nouveaux enjeux (notamment d'exploitation) qui incitent

vers plus d'échanges entre les acteurs de la conception énergétique et spatiale. Nous nuançons également une de nos sous hypothèse (H3.1) qui suppose que l'intégration des objets techniques et de leurs enjeux d'exploitation associés rajoute des moments d'interaction et d'échange au sein de l'organisation du processus de conception urbaine. En effet, s'il y a des moments d'interaction entre les acteurs autour des objets de l'énergie, c'est souvent au départ des projets, une fois que l'architecture est définie et que les objets techniques sont localisés, la conception reprenant toujours son organisation séquentielle.

3.1.3 Trois hypothèses d'explication

En s'appuyant sur notre enquête, nous posons trois hypothèses explicatives de ce constat. La première porte sur l'existence de standards de conception qui n'incitent pas les acteurs à requestionner leurs logiques de travail habituelles, et ceci même avec l'intégration d'innombrables objets techniques comme le cas de NCU (a). La seconde hypothèse postule que cette division des tâches conviendrait finalement aux concepteurs car elle ne réinterroge pas les périmètres de travail habituels de ces derniers (b). La troisième envisage l'existence de plusieurs apprentissages des acteurs depuis une vingtaine d'années sur la performance énergétique des bâtiments, ce qui n'incite pas les concepteurs à travailler aujourd'hui de concert pour intégrer les objets de l'énergie et leurs préoccupations d'exploitation (c).

a) L'existence de standards et de conventions tacites de conception

L'activité de conception spatiale a été décrite par les architectes interrogés comme étant très standardisée et laissant peu de marges de liberté et de création aux concepteurs, certains parlant d'un « millefeuille législatif qui fige les productions architecturales ». Il existe par exemple une pluralité de normes PMR, des normes qui régissent la hauteur d'un étage de bureaux, l'épaisseur d'un faux plafond, l'intégration de certaines gaines techniques, etc. D'après un architecte, ces standards de conception existent pour des raisons d'optimisations économiques de la construction,[261] mais ils méritent largement d'être réinterrogés aujourd'hui pour optimiser la conception des projets.

> « On est souvent contraint en surface et en hauteur. Quand on prend une coupe-type d'un étage de bureaux, on va tout de suite se poser la question de comment passent les gaines. En général on est dans du standard, un étage de 3.52 m, tout le monde sait comment placer les gaines… Il y a des espèces de schémas comme ça tout faits, d'ailleurs ça mériterait d'être plus questionné et d'être challengé. Souvent on essaye de dire on gagnerait de l'argent à descendre un peu le pas d'étage et à optimiser un peu le passage de la CVC. » (Architecte, Leclercq & Associés, le 11/02/2019).

L'existence de plusieurs normes standards, contraignant la conception spatiale, a été documentée par plusieurs travaux (Piganiol, 2016 ; Raynaud, 2004). L'avènement des questions environnementales et énergétiques a amplifié la pluralité des contraintes à prendre en

[261] On retrouve cette standardisation aussi bien dans les programmes d'immobilier d'entreprise que dans les programmes résidentiels qui sont également souvent soumis à une très forte pression économique.

considération engendrant notamment la standardisation des savoirs et savoir-faire de la fabrique urbaine durable (Adam, 2017 ; Debizet et Godier, 2015 ; d'Emilio, 2015 ; Matthey et Gaillard, 2011 ; Nessi, 2018). Les architectes dénoncent, ce faisant, cette pluralité des normes qu'ils jugent comme étant la cause de leurs productions architecturales durables standardisées et « photographiques » (Adam, 2016, 2017). En plus de la pluralité des normes et contraintes, la conception spatiale repose également sur des conventions tacites de conception. À titre d'exemple, il est considéré chez beaucoup d'architectes que les panneaux photovoltaïques manquent d'esthétique et qu'il faut les cacher ou les dissimuler dans les projets. Un architecte nous confie par exemple : « Je n'ai jamais vu un exemple de bâtiment avec des PV en façade qui sont esthétiques. Si vous avez des exemples ça m'intéresse ». Les PV sont ainsi souvent intégrés discrètement sur le toit et cachés par des acrotères en façade[262]. Une de nos hypothèses postule donc que l'existence de plusieurs normes et standards n'inciteraient pas les architectes à collaborer avec les spécialistes des questions technico-énergétiques autour de l'intégration des objets de l'énergie. Les conventions inciteraient les architectes à intégrer ces objets de manière traditionnelle sans penser à explorer d'autres options plus adaptées aux spécificités des projets, en collaboration avec les spécialistes énergie par exemple.

b) Une division des tâches dénoncée mais entretenue par les concepteurs

Notre enquête montre qu'en théorie, les acteurs sont tous d'accord sur le fait que les activités de conceptions énergétique et spatiale doivent se réaliser conjointement. Toutefois, en pratique les questions énergétiques restent souvent des prescriptions réalisées par les ingénieurs et qu'elles doivent être prises en compte par les architectes dans leurs projections spatiales. Une de nos hypothèses consiste donc à dire que cette division et séparation « tacite » des tâches convient d'une certaine manière à ces acteurs. Pour garder leur position après l'avènement des questions énergétiques, plusieurs architectes tentent de se positionner comme des généralistes de la conception face à l'importance que prennent les ingénieurs énergétiques thermiques/énergie/assistants à la maitrise d'ouvrage énergie et environnement, etc. (Henry et Puybaraud, 2009). À défaut de s'imposer comme des généralistes, ces acteurs entretiendraient cette séparation des tâches avec les bureaux d'étude pour conserver leur périmètre d'action. D'un autre côté, cette division convient également aux ingénieurs qui défendent, pour leur part, leur domaine d'expertise. De plus, plusieurs ingénieurs énergie interrogés ont mis en avant la pression exercée sur leur métier avec une concurrence accrue entre experts et de fortes exigences de rentabilité.

> « Je pense que c'est quelque chose qui doit être fait en commun entre les BET énergie, les AMO énergie et les architectes. Ça ne reste pas du tout la compétence des architectes, même si j'ai vu des architectes qui commençaient à faire des études solaires par exemple. Ils utilisent un outil basique disponible sur le marché. Donc les architectes doivent avoir en tête qu'ils doivent prendre ces enjeux en compte mais ça reste des prescriptions faites par les experts coté énergie. » (Ingénieur A, Embix, 13/09/2019).

[262] Mais il existe bien entendu des exceptions comme le montre le projet de l'agence Béchu qui affiche ces objets techniques.

> « Les marchés de l'ingénierie en conception sont de plus en plus tendus, de plus en plus bas, il faut faire de la rentabilité, une meilleure production et donc utiliser des outils à bon escient... De toute façon demain on sera que sur du Revit. » (Ingénieur Ingerop, 21/01/20).

Enfin, nous avons constaté, pendant notre enquête, que l'organisation de la conception par la maîtrise d'ouvrage privée n'a pas aidé à supprimer les frontières entre les métiers de la maîtrise d'œuvre. Ces acteurs jouent un rôle de mise en réseau de la maîtrise d'œuvre mais toujours suivant les codes de séparation traditionnelle des responsabilités et des expertises (Blanchard, 2018 ; Haller, 2019). Notre hypothèse explicative, qui mériterait d'être explorée plus amplement, est que cet acteur contribue également à la séparation des expertises de la maîtrise d'œuvre pour mieux contrôler le travail de conception.

c) Des apprentissages sur la performance énergétique qui réduisent le besoin d'échanges entre les acteurs

Lorsque nous interrogeons les architectes sur les impacts de l'intégration d'objets techniques dans leur activité, ces acteurs nous expliquent que cela n'a pas impacté leurs méthodes de travail habituelles. Les apprentissages réalisés par ces acteurs, depuis plusieurs années de pratique sur les questions environnementales, seraient une des explications. En effet, l'accumulation des connaissances et des expériences réalisées sur divers projets expérimentaux ont contribué à réduire l'impact de l'incertitude pendant la conception, et par conséquent, la nécessité d'intensifier les échanges entre les acteurs (Debizet et Godier, 2015 ; Henry et Puybaraud, 2009). Selon H. Haller (2019), qui a interrogé l'organisation de la conception après l'avènement de la notion de performance globale dans les projets immobiliers et urbains, si l'émergence de la notion de performance globale à l'échelle du bâtiment a renforcé la coordination entre les acteurs pour converger vers un modèle de conception concourante, il y a eu bien un retour vers le modèle séquentiel d'organisation de la conception dans les projets récents.

> « Outre un apprentissage des connaissances nécessaires à son atteinte, la performance énergétique globale a également entraîné des conséquences sur les modalités de coordination entre acteurs. Du fait de son statut d'innovation, la performance énergétique globale a été accompagnée par un certain nombre d'incertitudes auxquelles les concepteurs ont répondu en adoptant le modèle concourant : la conception des bâtiments s'appuie sur l'intervention commune de tous les acteurs concernés en amont de l'opération, afin de soulever le maximum de difficultés possibles et de proposer des solutions pour y répondre. A l'inverse, on tend à observer une configuration plus séquentielle pour les cas d'étude plus récents, ce qui tend à montrer une diminution des incertitudes liées à la conception de bâtiments performants et une certaine stabilisation dans les solutions à mobiliser. » (Haller, 2019, p. 259).

Notre troisième hypothèse explicative affirme que la réalisation de divers apprentissages par les acteurs en matière d'enjeux environnementaux et énergétiques depuis les années 2000, ne les incite pas aujourd'hui à réaliser une conception collaborative dans la troisième génération de projets durables. Dans les cas analysés dans cette recherche, l'intégration des objets techniques et leurs préoccupations d'exploitation n'a pas contribué à rapprocher les concepteurs des formes architecturales et urbaines, et ceci malgré la pluralité des systèmes intégrés au sein de milieux denses et très contraints. Après l'analyse de l'organisation horizontale de la conception et

notamment des liens entre les concepteurs des questions énergétiques et spatiales, nous interrogerons dans la partie suivante l'organisation verticale de la conception.

3.2 L'impact de l'intégration verticale d'ensembliers conception-réalisation-exploitation sur l'organisation de la conception

Avant d'analyser l'impact de l'intégration des acteurs de l'exploitation sur l'organisation du processus de conception traditionnel, rappelons le statut de ces acteurs ainsi que les effets de leur intervention sur la conception énergétique des deux projets analysés.

- Dalkia Smart Building a signé un contrat de conception, réalisation et d'exploitation des systèmes énergétiques pendant 27 ans à NCU [263],
- Embix a signé un contrat de conception, réalisation et d'exploitation des systèmes énergétiques pendant deux ans à Sollys[264].

Lors de nos différents entretiens, la plupart des acteurs reconnaissaient la compétence de ces acteurs (DSB et Embix) sur la conception et l'exploitation des SE. Cependant, l'analyse montre que l'intervention de ces acteurs peut, dans certains cas, créer des tensions avec les opérateurs urbains. L'intervention de DSB à NCU est un bon exemple illustrant les différentes logiques de fonctionnement de la production urbaine et de d'exploitation des SE. L'entreprise énergétique DSB a, ainsi, toujours souhaité réduire les équipements techniques dans les projets NCU pour faciliter leur exploitation alors que l'opérateur urbain a souhaité anticiper les demandes de ces clients, en rajoutant des systèmes techniques pour pouvoir assurer la vente de ces produits immobiliers. De plus, l'entreprise énergétique avait toujours tendance à sur-dimensionner les réseaux suivant des motivations de se prémunir d'éventuelles fortes demandes d'énergie en exploitation alors que l'opérateur urbain souhaitait dimensionner ces derniers au plus juste pour réduire le coût global des systèmes techniques. L'intervention d'une entreprise énergétique à NCU a même été décrite comme bridant la conception et ayant notamment un modèle économique basé sur l'usage de certaines technologies et une extension des réseaux.

Toutefois, l'intervention d'Embix à Sollys n'a pas été problématique. En effet, d'une part, c'est une filiale du promoteur qui a des habitudes de travail avec Bouygues immobilier. D'autre part, la définition du métier de cet acteur comme « tiers de confiance » dans le projet, n'étant ni dépendant du promoteur Bouygues, ni des exploitants, facilite sa collaboration avec les différentes parties-prenantes du projet. La solution trouvée, par les acteurs et notamment par le promoteur Bouygues Immobilier pour éviter la mainmise des exploitants sur ces projets, est la création d'un tiers de confiance ensemblier sur les questions énergétiques. Par ailleurs, au-delà de la relation avec les opérateurs urbains, l'intégration de ces acteurs peut également créer des concurrences avec la maîtrise d'œuvre énergie qui se voit déposséder de ces expertises en amont des projets. Nous avons, par exemple, relevé plusieurs frictions entre Embix et les BET énergie de Sollys pendant notre enquête, ces derniers voyant leur travail relu et commenté par l'entreprise.

[263] L'exploitation des systèmes techniques va être sous-traitée à la maison maire Dalkia.
[264] L'exploitation des systèmes techniques va être sous-traitée à des exploitants spécialisés.

Enfin, notons que la dimension ensemblière de l'offre de ces acteurs, en maîtrisant les phases conception, réalisation et exploitation, leur offre un poids et une capacité d'action importante en phase conception (Ortega, Louis et L'Helguen, 2020). En effet, cette capacité d'action aurait été très différente s'il s'agissait d'exploitants classiques de réseaux sans connaissance accrue de l'activité de conception (Collet, 2017). Pourtant, l'intégration de ces acteurs en amont des projets ne veut absolument pas dire qu'ils sont décideurs. Les choix techniques font toujours l'objet de négociations entre ces acteurs et les maîtrises d'ouvrage publique et privée. Pour résumer, notre enquête montre que l'intervention de ces acteurs met à l'agenda plusieurs enjeux d'exploitation dans les projets qui sont de trois ordres :

1. L'incitation vers un raisonnement en coût global de la conception énergétique en prenant en considération la qualité des systèmes techniques intégrés et la facture énergétique des habitants. En effet, même si nous avons montré que les enjeux d'exploitation ont fini par être portés par divers acteurs dans les projets, nous mettons l'accent sur le rôle primordial de ces acteurs dans la mise en place des logiques en coût global de la conception.

2. L'organisation de la gouvernance énergétique des projets avec une attention particulière, accordée au volet de montage contractuel de la réalisation et de l'exploitation des solutions techniques explorées. Nous avons notamment vu que les contrats de bail et d'abonnement ont fait l'objet de longues négociations que ce soit à Sollys et NCU. En effet, la dimension juridique s'est révélée très importante dans les projets analysés avec la mobilisation de plusieurs spécialistes sur ces sujets (LexCity avocats, E-Nergy, des notaires…).

3. Le renforcement d'un besoin d'i*ntégration* des questions énergétiques avec notamment des réflexions autour de la garantie de performance énergétique (Collet, 2017 ; Llorente et Vilmin, 2011 ; Souami, 2017). En effet, au-delà de la conception technique, c'est une logique de qualité des services énergétiques proposés qui est mise en avant par ces acteurs (facture, pérennité des services, taux d'EnR).

En définitive, les acteurs interrogés pendant notre enquête ont été presque unanimes sur la nécessité d'intégrer ces exploitants en amont des projets. Si les deux projets analysés sont loin d'être représentatifs de la production urbaine, ils montrent ainsi des indices forts sur l'évolution des acteurs et de leurs modes d'actions dans la fabrique durable (chapitre 6).

3.3 Quelle réorganisation du processus de conception urbaine?

Notre enquête montre néanmoins une volonté forte de dépasser le schéma linéaire de la conception par les acteurs des projets tendant même vers un schéma concourant (Arab, 2001 ; Midler et Ben Mahmoud Jouini, 1996). Rappelons, comme expliqué dans le chapitre 1, que le modèle de l'ingénierie concourante combine, en même temps, une coordination procédurale (forte relation inter-métiers, instruments de coordination favorisant le dialogue, outils de validation des

choix et d'évaluation) et une coordination par les objectifs de résultats dans les projets (avec notamment un recours important à la contractualisation). Ce processus est notamment caractérisé par une irréversibilité des choix de conception (Midler, 1998, 2002).

Les indices constatés sur nos terrains sont : l'intégration d'acteurs ensembliers, le recours important à la contractualisation[265], la garantie de performance dans le cas de DSB à NCU, l'organisation de workshops à Sollys, et enfin la forte mobilisation d'objets intermédiaires favorisant le dialogue entre les acteurs. Toutefois, nous ne pouvons pas, à ce stade, parler d'un modèle d'ingénierie concourante dans les deux projets analysés. Concernant NCU, s'il y a eu une coordination par les objectifs de résultat par DSB, la coordination procédurale entre les acteurs du projet a été très compliquée notamment avec l'entreprise énergétique DSB[266]. Dans le cas de Sollys, Embix n'a pas réussi, quant à lui, à garantir les résultats pendant l'exploitation. De plus, nous avons montré, dans les deux cas, que si la coordination entre les acteurs a été intense au moment des workshops/concours, elle a fini par reprendre la répartition traditionnelle du travail de conception. Enfin, nous avons vu que la conception énergétique des projets a été itérative et n'a pas suivi le schéma de l'organisation concourante du projet expliqué par C. Midler structuré selon une phase d'exploration, puis de gel de la conception, pour ensuite passer rapidement à la réalisation (Midler, 2002). Les deux projets analysés ont ainsi suivi diverses bifurcations dans les choix techniques, avec des renouvellements des études pour arriver à figer les solutions techniques. En définitive, nous pouvons dire que si une anticipation des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques a été réalisée, cela ne signifie donc pas qu'il y ait un basculement vers une conception concourante.

4 Les perspectives du BIM pour une approche intégrée de la conception

L'objectif, dans cette partie, est de montrer la manière dont les acteurs tentent d'améliorer la coordination horizontale et verticale dans les projets en ayant notamment recours aux outils numériques comme le BIM. Nous présenterons les perspectives de cet outil en matière d'intégration des préoccupations d'exploitation dans la conception des projets immobiliers et urbains.

Cela fait maintenant quelques années que *Building Information Modeling* (BIM) est présenté comme un processus qui va révolutionner la conception, la réalisation et l'exploitation des bâtiments et des infrastructures. Il est défini comme une démarche de travail collaborative entre les différents acteurs du projet, accompagné d'une maquette numérique qui contient un grand nombre de données intelligentes[267]. La maquette 3D permet notamment une visualisation des objectés architecturaux et des systèmes techniques intégrés aux projets, ce qui permet d'optimiser le cycle de conception et de minimiser le nombre de collisions entre les différents artefacts conçus.

[265] En effet, la contractualisation est de plus en plus adaptée à l'organisation immobilière du projet et à la typologie des systèmes énergétiques intégrés.
[266] UrbanEra a dû par conséquent avoir recours à divers BET pour encadrer le travail de cet acteur.
[267] Voir la page internet « Définition du BIM », http://www.objectif-bim.com/index.php/bim-maquette-numerique/le-bim-en-bref/la-definition-du-bim, (consultée le 06/10/2021).

Aujourd'hui, il est même présenté comme un processus qui va contribuer à la transition énergétique (Crépon et Charrue, 2018). En effet, il permet de stocker un grand nombre d'informations sur les caractéristiques énergétiques des matériaux, les résultats de calculs énergétiques, les systèmes techniques intégrés (plomberie, ventilation, électricité, chauffage, désenfumage, etc.), ce qui favorise le partage de ces informations entre les différents corps de métier au sein des projets.

> « Le BIM nous permet de dire que si je déplace la chaufferie pour la ramener au centre, je gagnerai des mètres linéaires de tuyaux, ou si je creuse moins, je serai plus efficient, on peut le faire du autocad mais ça ne donne pas encore les quantités […] mais ce qui donne le choix d'une chaufferie ou d'une autre solution technique, ça reste une expertise technique qui reste liée aux label ou à des choix économiques et ce n'est pas le BIM. » (Responsable déploiement BIM et service conception, Losinger-Marazzi, 04/04/2019).

Le schéma figure 5.9 résume ainsi la différence d'une conception en BIM d'une conception traditionnelle[268]. La courbe noire représente la conception en BIM en montrant l'importance d'intégrer une pluralité de préoccupations d'exploitation en amont des projets pour éviter les problèmes en phase d'exécution ou d'usage. La courbe bleue représente, quant à elle, une conception traditionnelle où plusieurs sujets non anticipés en amont émergent en phase de conception détaillée et en phase d'exécution.

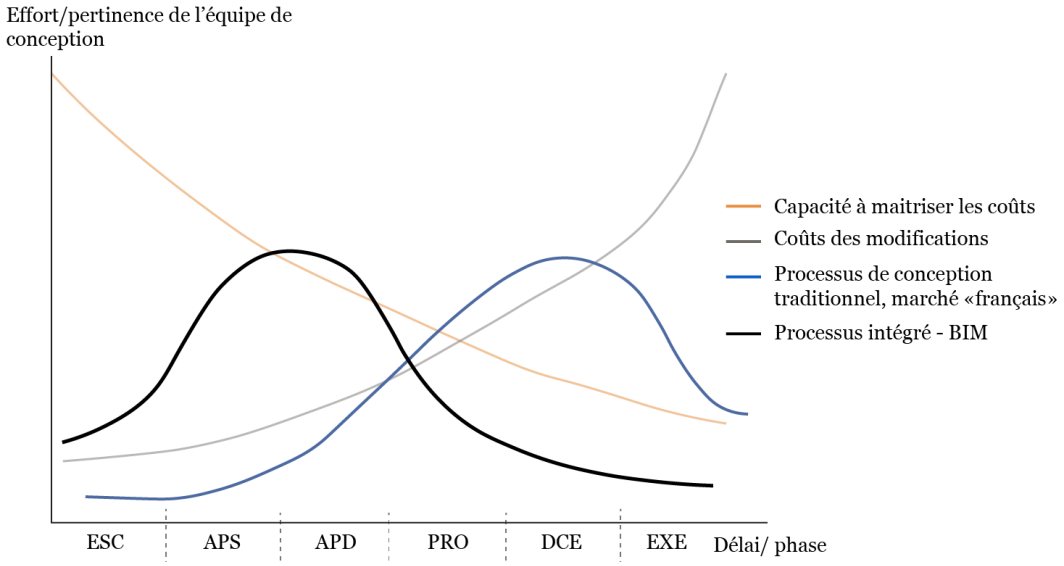

Figure 5. 9. La courbe McLearny. Source: Bouygues Immobilier, 2016. (Retravaillée par l'auteur).

[268] Bouygues Immobilier, 2016, « L'ingénierie de la construction et le développement durable », Communication du directeur central de Bouygues Immobilier E. Wood aux journées de formation métiers de l'Immobilier, 45p, 04/16 /16.

a) Le BIM comme outil de coordination verticale

Ce processus est présenté comme très intéressant pour favoriser la coordination horizontale entre les acteurs et notamment entre la conception énergétique et spatiale. En effet, même si cette mise en relation de la conception énergétique et spatiale n'est pas simple, ces deux activités ayant des enjeux et des priorités très différentes, la plupart des architectes et des ingénieurs interrogés s'accordent sur le fait que le BIM constitue un outil d'avenir.

> « On a beaucoup de problèmes avec les architectes car on n'a pas forcément les mêmes priorités au niveau de l'intégration maquette. Nous typiquement si les murs ne sont pas droits ou que les espaces ne sont pas bien fermés ça nous pose des problèmes pour intégrer nos éléments, d'autant plus qu'on essaye de plus en plus de se servir des espaces créés dans ces maquettes à des fins de conception pour faire nos bilans. Pourtant, tout un travail est réalisé pour essayer de systématiser les calculs énergétiques à partir de leurs maquettes. » (Ancien ingénieur, Ingerop, 21/01/2020).

Un ingénieur chez Artelia nous explique, par exemple, qu'ils sont, actuellement, en train de mener un travail qui vise à créer des liens interactifs entre les maquettes des architectes et les tableaux des calculs énergétiques des ingénieurs. L'objectif est de partir des surfaces disponibles sur les plans des architectes pour générer automatiquement le calcul des besoins énergétiques des projets. À terme, l'enjeu est même de réaliser le dimensionnement des artefacts énergétiques nécessaires pour alimenter ces espaces en chaleur, en froid ou en renouvellement d'air. Ainsi, si l'architecte modifie les volumes de ces espaces, les artefacts énergétiques affectés à ces derniers se mettront par conséquent à jour. Ce faisant, ce processus permet d'avoir tous les espaces affectés de fiches techniques représentant leurs consommations énergétiques et les objets techniques intégrés.

> « Le lien qu'on essaye de faire aujourd'hui c'est de se servir des espaces créés dans les maquettes des architectes pour pouvoir les intégrer dans nos tableurs de calculs et à l'inverse de réintégrer les tableurs de calculs dans les maquettes des architectes pour avoir en automatique les mises à jour de nos bilans chaud, froid et équipements […] Les tableurs de calcul c'est des Excels qu'on a créé pour réaliser nos bilans pour dimensionner les équipements… Pour faire simple, selon des surfaces en m² ou les volumes en m3, on affecte des besoins de chaud, de froid et d'air. L'objectif est d'arriver un jour à automatiser la modélisation de ces besoins fluides. Après, peut-être qu'on pourrait même faire des générations de réseaux automatiques. » (Ancien ingénieur, Ingerop, 21/01/2020).

Cependant, il faut noter que le BIM n'est aujourd'hui qu'à ses débuts et de nombreux acteurs s'accordent à dire qu'il reste encore un long chemin pour intégrer pleinement les questions énergétiques dans ce processus. Un ingénieur au BET Burgeap nous explique que le BIM se limite aujourd'hui à une question de représentation des objets de l'énergie (dimension, géométrie) avec, dans certains cas, des indications des puissances de production. Il ne permet ni d'identifier les besoins de consommation des bâtiments et encore moins leur mise en cohérence avec les ressources énergétiques locales.

> « On fait en sorte que nos études soient compatibles avec cet outil-là, après sur l'énergie c'est plutôt la représentation des réseaux et des systèmes, c'est intéressant car on suit notamment leur évolution dans le projet […] Les autres informations comme le coût de la chaleur on ne la

montre pas trop dans le BIM, c'est un peu délicat, ça ne peut pas être que le système BIM qui centralise tous les résultats. » (Ingénieur, Burgeap, 05/08/2019).

b) Le BIM comme outil de coordination verticale

La difficulté majeure, mise en avant par les acteurs concernant le développement du BIM, est la non adéquation des besoins entre les maquettes BIMs conception, réalisation et exploitation maintenance. En effet, il existe plusieurs maquettes BIMs et le BIM conception est beaucoup plus développé que le BIM réalisation ou le BIM exploitation. Les maquettes BIMs utilisées au départ des projet ne sont donc pas adaptées pour la réalisation et l'exploitation des artefacts conçus et notamment les artefacts techniques[269]. Si la maquette conception est très détaillée avec les mesures de chaque élément, ces informations n'intéressent pas les mainteneurs. Les données qui les intéressent sont la localisation précise des équipements techniques comme les vannes d'arrêt, les émetteurs et capteurs car souvent ces derniers sont cachés dans des faux plafonds, des parois, etc. En outre, si les maquettes de conception venaient à intégrer toutes ces données, cela alourdirait très fortement les maquettes de conception en les rendant inutilisables. Ce constat est autant partagé par des ingénieurs conception que par des exploitants :

> « Je pense qu'on ne pourra jamais réutiliser une maquette BIM d'exécution ou de conception pour de l'exploitation car c'est trop détaillé…Et même les bailleurs pour qui ça peut servir énormément, je pense que ce n'est pas utilisé. Ce qui m'intéresse en exploitation, ce n'est pas de connaitre le diamètre de ma vanne d'arrêt ou sa dimension mais plutôt sa localisation pour pouvoir intervenir efficacement en cas de problème car si je dois démonter tout le faux plafond pour savoir où sont les équipements c'est une perte de temps. Le sujet est qu'il faut absolument que la maquette soit cohérente avec la réalité du terrain en termes de localisation […] En exécution c'est un peu plus compliqué j'ai l'impression que les entreprises ne sont pas vraiment prêtes, elles s'y mettent mais que sur de gros chantiers. » (Directeur commissioning et énergie, Aveltys, 22/07/2019)

> « Le problème est qu'il y a tellement d'informations qu'on peut attribuer à ces objets que ça alourdit les maquettes numériques de conception […] car vous avez même des constructeurs et fournisseurs qui nous fournissent leurs objets BIM issus de leurs catalogues, nous, on ne les utilise pas car ils sont trop lourds. On a besoin de la taille de la chaufferie mais pas forcément de toutes les informations techniques qui caractérisent cette chaufferie, alors que c'est ça dont on a besoin : d'exploitation. Après nous, on essaye de travailler en machine virtuelle, ça veut dire que toutes les maquettes des objets sont stockées sur des serveurs Cloud mais on peut les visualiser pendant la conception. » (Ancien ingénieur, Ingerop, 21/01/2020).

Les cas d'études analysés dans cette recherche NCU et Sollys n'ont pas été développés en BIM. Les acteurs interrogés nous expliquent que cet outil n'était pas très développé à l'époque de NCU et que même s'il y avait une forte ambition de développer cet outil à Sollys, les directions de Bouygues ont fini par trancher qu'ils n'étaient pas prêts pour développer tout le projet en BIM notamment en phase d'exécution ; « En exécution, on n'aura pas de maquette, car le contexte lyonnais n'est pas prêt pour la maquette d'exécution, donc à quoi bon dépenser beaucoup de

[269]Voir la page internet « Comment passer du BIM conception au BIM gestion-exploitation-maintenance ? » du site Batiactu, https://www.batiactu.com/edito/comment-passer-bim-conception-au-bim-exploitation-exploitation-54931.php , (consultée le 06/10/2021).

temps, d'argent et d'énergie juste pour une maquette en conception » (Directeur Technique Conception C, IE, Bouygues Immobilier, 23/03/2020). L'îlot A1S de Linkcity a tout de même réalisé une maquette BIM conception. Plusieurs tentatives sont toutefois réalisées par les acteurs pour systématiser l'usage de cet outil.

Le cas du Green Office Intencity, livré depuis 2011 par Bouygues immobilier, a été cité dans notre enquête comme un cas d'école intéressant pour son usage du BIM. D'après le directeur de l'ingénierie chez Bouygues Immobilier, le BET Manaslu a mobilisé plusieurs informations dans la maquette BIM pour alimenter sa simulation énergétique dynamique (SED) du bâtiment : « Notre AMO responsable du commissionnement et de l'énergie, Manaslu Ing., a créé un modèle énergétique intégrant environ 500000 variables. Il permet de simuler, par exemple, toutes les caractéristiques thermiques et de performance du bâtiment, la course du soleil, les masques solaires et les gains solaires. Les données météorologiques locales ont été utilisées pour alimenter le modèle » [270]. En effet, après une conception énergétique poussée du projet, il y a eu un commissioning intégral sur les façades et les équipements techniques du bâtiment. Après deux ans de paramétrage du bâtiment en exploitation, l'objectif est d'aboutir à un jumeau numérique du bâtiment.

> « La première année est utilisée pour calibrer le bien virtuel par rapport au bien physique et vice versa. Par exemple, il peut y avoir des écarts dans les modèles de comportement des utilisateurs, dans les performances dynamiques de certains équipements et dans les lois de régulation. Ceci requérait l'analyse de mesures réelles afin de comprendre précisément d'où proviennent ces écarts pour ensuite les corriger via un paramétrage virtuel et physique. Les données sont fournies toutes les deux minutes par plus de 60 000 points de données… La deuxième année permet de suivre les performances et le comportement du bâtiment sur quatre saisons consécutives (été-automne-hiver-printemps) et de valider l'ensemble du processus de commissionnement virtuel et physique engagé sur plusieurs années[271].

Plusieurs nouveaux métiers émergent autour de l'usage du BIM comme le chef de projet BIM, le gestionnaire de l'information, le coordonnateur BIM ou encore le modélisateur BIM (Beddiar, Grellier et Woods, 2019). En effet, les acteurs interrogés s'accordent sur la nécessité de l'évolution des métiers de la conception mais surtout de la maintenance pour maîtrise ces outils numériques. D'après un responsable commissioning et énergie chez Aveltys : « aujourd'hui aucun exploitant n'est formé pour utiliser une maquette BIM. Il y a la question de la bonne solution technique mais également la question de d'apprentissage de cette solution et l'évolution des métiers. » (22/07/2019).

c) Un outil qui soulève également plusieurs questions

Cependant, le suivi de ce processus soulève plusieurs questions. Le format ou le modèle de l'outil, qui est de la gestion de données "géolocalisées" sur une 3D, ne risque-t-il pas au contraire

[270] Voir la page internet internet « IntenCity - Un cas d'école de commissionnement virtuel et physique », publication du directeur de l'ingénierie de Bouygues Immobilier Eddy Wood sur le réseau social Linkedin, 16/07/2021. https://www.linkedin.com/pulse/intencity-un-cas-d%25C3%25A9cole-de-commisionnement-virtuel-et-edward-woods/?trackingId=Ch6Ip%2BmGSUi7bDluiGQSJw%3D%3D, (consultée le 07/10/2021).
[271] Idem.

d'augmenter la distance entre les acteurs ? Car dans la pratique, chaque acteur est responsable de ses données, et plus précisément de ses "calques" représentants ces données comme on peut l'observer déjà dans les utilisations du SIG. De plus, la coordination de données autour d'une 3D peut-elle être un support d'échanges, d'apprentissage et d'évolution des savoirs et savoir-faire des acteurs que ce soit en matière de thématiques de durabilité ou d'autres enjeux ?
L'ambition de coordination verticale du BIM soulève également d'autres questions. L'introduction d'informations sur un bâti par le BIM construit-il nécessairement des liens avec l'exploitation? Est-ce réellement une voie par laquelle l'exploitation remonterait davantage vers la conception ? En effett, même si la maquête de conception est réalisée de manière à convenir à l'exploitation, la réalisation de cette dernière n'implique pas forcément la communication entre les concepteurs et les exploitants et encore moin la remontée de ces denriers en amont des projets.

En somme, l'usage du BIM montre une réelle volonté de dépassement et d'intégration des étapes conception, réalisation et exploitation par les acteurs de la production urbaine. Au-delà d'une intégration verticale, cet outil présente également un potentiel intéressant en matière de coordination horizontale des acteurs, avec la mise en relation des architectes et des ingénieurs autour de l'intégration des artefacts énergétiques et leurs enjeux d'exploitation. Plusieurs freins restent néanmoins à lever que cela concerne les outils techniques en eux-mêmes ou encore autour de l'apprentissages et de l'évolution des compétences des acteurs.

5 Synthèse

La mise en perspective synthétique des études de cas menée au cours de ce chapitre nous a permis de confronter nos trois premières hypothèses par rapport à nos résultats empiriques. Dans un premier temps, nous avons montré que les préoccupations d'exploitation des artefacts énergétiques sont portées par divers acteurs, au sein des projets, et ne sont plus reléguées aux exploitants et mainteneurs comme cela se fait de manière traditionnelle. Si ces enjeux n'étaient pas intégrés dans les cadrages des collectivités, ils sont portés par ces acteurs en cours du développement des projets, en s'appuyant notamment sur diverses négociations avec les acteurs privés. Par ailleurs, l'analyse a montré l'existence de diverses motivations des acteurs privés pour intégrer les enjeux d'exploitation. En effet, au-delà des motivations assurantielles d'exploitation des projets durables, ces enjeux sont intégrés comme un levier de marketing urbain vert et de distinction par rapport aux concurrents ainsi que comme une opportunité de développement de nouveaux marchés.

Dans un second temps, nous avons montré que l'intégration des enjeux d'exploitation dans la conception réinterrogeait fortement les choix de conception. Il y a eu une redéfinition des objectifs des projets ainsi que plusieurs bifurcations des choix dans les technologies mobilisées pour ainsi maîtriser les risques et les incertitudes d'exploitation des systèmes sociotechniques. Ainsi, l'intégration des enjeux d'exploitation, dans la réflexion, amène à réaliser des choix de conception différents car il s'agit de prendre en considération, au-delà de la logique discontinue de

fabrication des projets, une logique continue de leur exploitation sur le long terme. Nous avons ainsi constaté l'existence d'un processus d'apprentissage en double boucle des acteurs, une démarche qui consiste à réinterroger les objectifs en cours de route pour pouvoir avancer. Par ailleurs, si les objets et leurs préoccupations d'exploitation ont un impact sur la spatialité des projets, l'intégration de ces actants ne redéfinit pas les manières de travailler des concepteurs de l'espace. Ces acteurs considèrent ainsi que les préoccupations d'exploitation des objets de l'énergie ne relèvent pas de leur responsabilité, en étant responsables d'autres enjeux fonctionnels, économiques et esthétiques dans les projets. Ces objets sont souvent intégrés (localisation, dimension des locaux, impératifs d'usages…) par les spécialises énergie en collaboration avec la maitrise d'ouvrage en amont des projets.

Ensuite, nous avons montré que si l'intégration des objets de l'énergie et leurs préoccupations d'exploitation créait des moments d'échanges entre les concepteurs des questions énergétiques et spatiales, ces interactions ne se réalisent qu'en phase amont des projets (réalisation de concours d'opérateurs urbains, esquisses, workshops de conception…). Les activités des architectes et des ingénieurs énergétiques se réalisent par la suite toujours en séquentiel en s'appuyant sur les objets intermédiaires de la conception. Concernant l'intégration verticale, l'analyse a montré plusieurs effets positifs en matière d'intégration d'acteurs ensembliers sur les questions énergétiques (organisation de la gouvernance et contractualisation, raisonnement en coût global et la garantie de performance des services énergétiques proposés dans certains cas). L'analyse montre cependant que l'intégration de ces acteurs peut créer diverses frictions au sein des projets avec notamment une confrontation de leur logique d'exploitation à la logique de production urbaine des promoteurs (chapitre 3). Si la création de l'opérateur de services urbains constitue un élément important d'une volonté de dépassement de ces freins par les acteurs, cet OSU n'arrive pas encore à garantir la performance énergétique des projets face à la complexité de l'exploitation des systèmes sociotechniques. À partir de ces analyses, nous concluons ainsi que l'intégration des préoccupations d'exploitation des SE n'implique pas de conception concourante entre les acteurs (faible interaction entre les acteurs en phase développement, bifurcation des choix techniques, pas de garantie de résultat à Sollys). L'organisation des conception énergétique et spatiale se sont réalisées de manière hiérarchique et séquentielle dans les deux projets analysés.

Enfin, pour ouvrir le champ de l'analyse, nous avons abordé le *building information modeling* comme moyen de mise en avant par les acteurs pour améliorer la coordination horizontale entre ces derniers et pour dépasser la fragmentation des métiers de la conception et de l'exploitation. Si cet outil apparaît comme fortement prometteur pour une approche intégrée de la conception et de l'exploitation, son application reste balbutiante et soulève encore plusieurs questionnements. Partant de cette série d'analyses, nous constatons que nos deux premières hypothèses sont vérifiées et que la troisième est infirmée. Le chapitre suivant va aborder les apprentissages et l'évolution des compétences des acteurs.

Chapitre 6. Apprentissages, évolution des méthodes et des acteurs de la production urbaine

Le chapitre précédent a exploré les trois premières hypothèses de cette recherche, centrées respectivement sur les motivations des acteurs pour l'intégration des enjeux d'exploitation, les effets de la prise en charge de ces enjeux sur les choix de conception et sur l'organisation de ce processus. Nous allons, dans ce chapitre, explorer notre quatrième hypothèse de recherche qui interroge ce que révèle l'analyse de l'intégration des enjeux d'exploitation des apprentissages des acteurs, de l'évolution de leurs modes d'action et organisation pendant la conception. Plus généralement, le chapitre a l'ambition de conclure notre analyse transversale des études de cas et d'ouvrir, par la suite, le champ sur l'évolution des acteurs sur les services urbains.

Le chapitre est organisé en trois parties. Nous analyserons, premièrement, les canaux, les leviers et les freins de l'apprentissage des acteurs au sein de l'entreprise Bouygues Immobilier et ses filiales ainsi qu'au sein de la maîtrise d'œuvre énergétique et spatiale (1). Ensuite, nous caractériserons le réseau d'acteurs observé dans notre recherche agissant régulièrement ensemble dans le cadre de la réalisation de projets immobiliers et urbains durables. Nous analyserons précisément le rôle des artefacts énergétiques dans la capitalisation des enseignements et l'apprentissage des acteurs (2). Enfin, nous allons ouvrir l'analyse en interrogeant l'évolution des acteurs autour de l'intégration des services urbains. En effet, un de nos objectifs, en ayant abordé l'énergie dans ce travail de recherche, a été d'interroger l'évolution des acteurs et de leurs modes d'action dans la production de la ville durable (3).

1 Lieux, leviers et freins de l'apprentissage des acteurs sur les sujets d'exploitation

Dans cette section, nous étudierons, dans un premier temps, les canaux et les leviers de l'apprentissage et de la capitalisation des expériences au sein de l'entreprise Bouygues immobilier et ses filiales. Nous considérons, ici, BI comme le pivot d'un écosystème social et professionnel et non comme une organisation au sens sociologique du terme. L'objectif est de suivre de quelle manière le réseau d'acteurs se tisse autour de la conception et de l'intégration de l'exploitation dans la conception parmi les salariés de BI comme autour d'eux. Autrement dit, nous ne considérons pas ici BI comme une organisation dont les salariés se transforment pour prendre en compte l'exploitation mais comme un support sur laquel se constitue un réseau d'acteurs à travers les interractions au sein des projets urbains. Les liens sur l'exploitation ne se constituent pas d'abord et uniquement au sein des rapports sociaux et des mécanismes internes à BI, ils se mettent en place dans les cadres du travail collectif au sein des projets urbains, travail qui déborde largement les limites de l'espace social de l'entreprise BI (filiales comprises).

Nous verrons notamment que cette capitalisation s'inscrit dans une histoire de plus d'une quinzaine d'années d'investissement des acteurs sur les questions énergétiques et de durabilité (1.1). Dans un second temps, nous présenterons les apprentissages et l'évolution des compétences de la maîtrise d'œuvre spatiale et énergétique en matière d'intégration des enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques. Ces acteurs capitalisent fortement suite à leur intervention sur des projets de plus en plus ambitieux sur les questions énergétiques (1.2). Enfin, nous aborderons les freins de l'apprentissage des acteurs. Si nous avons constaté pendant notre enquête l'accumulation de plusieurs enseignements au fil des projets, plusieurs freins restent encore à lever en matière de capitalisation des expériences des acteurs (1.3).

1.1 Les leviers de l'apprentissage au sein de Bouygues Immobilier, de ses filiales et prestataires

La question des apprentissages des acteurs a été traitée en arrière-plan au cours de tous les chapitres de cette thèse. Au-delà des questions énergétiques et de l'intégration des préoccupations d'exploitation, c'est l'accumulation des connaissances par l'expérimentation, l'incrémentation ou l'itération qui a fait l'objet de notre attention. Si le projet NCU et Sollys ont constitué nos deux cas d'étude principaux, l'écosystème que constitue Bouygues Immobilier, ses filiales et ses partenaires a constitué notre second terrain de recherche.

Nous nous appuyons sur notre enquête empirique et sur la littérature sur l'apprentissage organisationnel (Koenig, 2006 ; Nonaka, 1998) et inter-organisationnel (Lièvre et al., 2016 ; Wenger, McDermott et Snyder, 2002) et notamment sur le travail de M. Fenker qui distingue trois leviers de structuration de l'apprentissage au sein de la maîtrise d'ouvrage publique : l'exploration de nouvelles démarches, la mobilisation de compétences exogènes et la filiation entre projets (Fenker, 2015). Grace à ce cadre, nous distinguons trois vecteurs d'apprentissages au sein de Bouygues Immobilier et ses filiales : l'expérimentation de nouveaux dispositifs sociotechniques et/ou organisationnels, la mobilisation de diverses expertises exogènes, et l'apprentissage par filiation de projets démonstrateurs au sein de l'entreprise. Nous montrerons qu'il y a une évolution des approches du promoteur après la capitalisation sur divers projets durables. Par ailleurs, si ces trois canaux de l'apprentissages ont été identifiés à partir du cas de Bouygues immobilier et ses filiales, ils peuvent également s'appliquer à d'autres maîtrises d'ouvrages privées ou publiques portant sur la réalisation de divers projets durables.

1.1.1 L'expérimentation de nouveaux dispositifs sociotechniques et organisationnels

La réalisation de projets démonstrateurs sur les questions énergétiques est un mode d'action stratégique pour le promoteur pour développer sa stratégie de durabilité et garder un avantage concurrentiel sur ses concurrents. L'expérimentation au sein du promoteur a commencé à petite échelle avec la réalisation de plusieurs bâtiments de bureaux à énergie positive intégrant d'innombrables objets techniques pour la production et la distribution de l'énergie (chapitre 1). Elle s'est élargie par la suite à l'échelle de l'îlot et puis à celle du quartier avec la réalisation de

plusieurs projets démonstrateurs comme l'îlot Hikari, l'écoquartier Ginko à Bordeaux, le Fort d'Issy les Moulineaux[272] et plus récemment avec les projets NCU et Sollys.

L'expérimentation dans ces projets se basait en même temps sur l'usage de divers dispositifs sociotechniques et organisationnels. En matière de dispositifs sociotechniques, nous pouvons citer l'usage des systèmes de cogénération ou des sondes géothermiques dans les premiers projets, ou l'usage du double *smart grid* électrique et thermique à NCU et l'expérimentation de la *blockchain* dans le cadre de l'autoconsommation collective à Sollys, pour les projets beaucoup plus récents. En matière de dispositifs organisationnels, nous pouvons citer l'intégration d'exploitants en amont des projets à l'exemple de DSB et d'Embix à NCU et Sollys ou encore l'organisation de workshops de conception à Sollys. Une nouvelle organisation des équipes projets est par exemple mise en place au sein du projet Charenton Bercy actuellement en cours de développement à UrbanEra. Au lieu d'avoir un responsable de tout le projet comme le cas de NCU, le promoteur et sa filiale d'aménagement ont désigné un responsable pour chaque bâtiment pour maîtriser la complexité des artefacts conçus. Le directeur central technique au sein de Bouygues Immobilier nous explique que l'objectif est de tenter de nouvelles organisations pour renforcer le travail en mode projet entre les acteurs :

> « Charenton Bercy est beaucoup plus grand que Nanterre Cœur Université. On a décidé de créer une équipe projet et j'ai détaché deux personnes de mon pôle conception pour gérer le tertiaire sur toute la durée du projet. On s'est rendu compte via l'expérience de Nanterre qu'il y avait trop de passerelles compliquées. Si le mode projet n'est pas réel et concret dans sa structuration ça ne marche pas […]. C'est la même chose concernant la pluralité des architectes intervenant. Même s'il y a un architecte type aménageur qui doit bien travailler avec les autres architectes pour avoir une cohérence, ce n'est pas simple du tout. Ces grands projets de quartiers nécessitent d'être très agiles, très ancrés dans un mode projet et très communicants sur l'ensemble de la chaîne. » (10/09/2020).

Notre enquête révèle l'existence d'une culture de l'expérimentation (La Branche, 2014) au sein du promoteur Bouygues Immobilier. L'évolution des modes de pensée et d'action de l'entreprise passe fortement par son engagement dans des processus d'expérimentation, afin de constituer de nouveaux savoirs et savoir-faire. Cette culture de l'expérimentation peut s'expliquer notamment par la présence d'acteurs porteurs de nouvelles visions et expériences. Ces professionnels ont pour la plupart bénéficié d'une grande expérience professionnelle en circulant entre les filiales du groupe Bouygues ou en passant chez d'autres structures. Ils portent ainsi de nouvelles visions et manières de faire au sein de la structure, caractérisée parfois de rigide, que constitue Bouygues Immobilier. Nous pouvons citer par exemple les directeurs Innovation de Bouygues Immobilier, deux acteurs qui se sont succédés pendant la réalisation de notre enquête, ou les directeurs des filiales EMBIX et Aveltys qui ont fortement porté les enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques dans les projets du promoteur. Le cas de l'ancien directeur Innovation est un très bon

[272] L'écoquartier Ginko à Bordeaux a eu le prix de la sobriété en 2006, Hikari a ainsi été désigné comme premier îlot à énergie positive de France et le projet du Fort d'Issy les Moulineaux est considéré comme l'une des concrétisations de la Smart City.

exemple avec une vision de l'innovation basée sur l'expérimentation et le développement de nouvelles offres de services énergétiques et urbains (voir encadré 6.1)[273].

Encadré 6. 1. Portrait de l'ancien directeur Innovation de Bouygues Immobilier, Christian Grellier[274]

Diplômé de l'École Supérieure des Géomètres et Topographes ESGT, il entre en 1986 chez Bouygues construction en tant que chef de projet digital opérationnel. Il passe par la suite une 15aine d'années au groupe TF1[275]. Il réalise, entre autres, des études stratégiques du positionnement de TF1 et de ses filiales sur les nouveaux médias et des missions d'incubation des nouveaux business[276]. Il rejoint par la suite Bouygues Immobilier en 2007 en tant que Directeur de l'Organisation et des Systèmes d'Information puis en tant que Directeur Innovation Opérationnelle et Nouveaux Business où il passe près de 13 ans.

C'est cette expertise en matière de création de nouvelles offres de services qui a notamment permis de faire avancer les idées autour des enjeux d'exploitation de divers services à l'échelle des projets immobiliers et urbains de l'entreprise. En effet, cet acteur est promoteur de l'innovation ouverte ou l'*Open Innovation*, définie comme une méthode qui « pousse la logique encore plus loin, en rendant la capacité d'innovation dépendante de la capacité de la firme à nouer des contacts et des mécanismes de collaboration avec des entités qui lui sont extérieures[…] l'apprentissage peut se faire par acquisition d'entreprise ou par *joint-venture* » (Petitbon, Bastianutti et Montaner, 2020). C'est l'un des acteurs clé qui ont préfiguré les deux *spin-off* Embix (avec Alstom), Aveltys (avec Schneider Electric) et Wojo (avec Accor)[277], des filiales qui sont toujours considérées aujourd'hui comme innovantes. Il fonde la société de capital venture BIRD en 2015, labellisée FrenchTech[278] , dont l'objectif est de découvrir de nouvelles start-up innovantes sur divers usages immobiliers et urbains et de prendre des participations minoritaires (de 10 à 15%) dans ces sociétés. Au-delà des questions énergétiques, cet acteur s'intéresse également à l'intégration du numérique dans l'immobilier. Il écrit en 2019, en collaboration avec le Directeur de l'ingnierie chez Bouygues Immobilier E. Wood et de l'ingénieur et docteur des Ponts Paris Tech K.Beddiar, le livre « Construction 4.0, Réinventer le bâtiment grâce au numérique : BIM, DfMA, Lean Managment… ». L'objectif de cet ouvrage est d'appréhender les enjeux et les impacts de l'intégration du numérique dans le secteur du bâtiment.

[273] Voir également les portraits des présidents d'Aveltys et d'Embix présentés dans les chapitres 3 et 4.
[274] Depuis 2020, il réalise des activités de conseil en management de transformation digitale et d'innovation opérationnelle ainsi que le design d'offres de services.
[275] Il occupe des postes de Directeur du Studio Multimedia puis de Directeur Général e-TF1 (Filiale digitale de TF1).
[276] Il a réalisé notamment le lancement de la 1ère offre de services de TV sur ADSL.
[277] Il a supervisé également plusieurs activités d'*intraprenariat* au sein de Bouygues Immobilier à travers le dispositif Digital Makers.
[278] Société qui s'occupe aujourd'hui de l'exploitation d'un portefeuille de 10 startups.

Le nouveau directeur Innovation arrivé en 2020 propose une nouvelle vision. Venant de l'industrie de l'automobile (Groupe Renault), il a passé sept années chez Linkcity en tant que Directeur Marketing stratégique, puis Directeur Prospective et Innovation, avant de rejoindre Bouygues Immobilier. Il a ainsi restructuré cette direction pour devenir la direction maîtrise d'usages puis la direction Innovation et Nouvelles Offres. Il nous explique avoir été surpris en arrivant dans le monde du bâtiment par la rigidité de ce secteur et par le manque de prise en compte de l'avis des usagers dans la conception des projets. D'après ce dernier, contrairement au monde du bâtiment, le monde de l'automobile démarre des besoins des usagers pour concevoir les services proposés, et il est inconcevable de proposer des produits plus chers en exploitation. Le coût d'exploitation d'une voiture est considéré par les fabricants au même niveau que son coût de fabrication. Cet acteur nous confie que l'une de ses préoccupations actuelles est l'intégration des usages dans la conception des projets urbains. Il a, par exemple, porté la réalisation d'une feuille de route sur l'aménagement de quartiers à UrbanEra avec un accent important sur l'anticipation des usages des habitants (marchabilité des quartiers, espaces verts, aménagements intérieurs des logements, etc.).

L'exploration de nouveaux outils sociotechniques et organisationnels sont donc des leviers importants de structuration des apprentissages au sein de la maîtrise d'ouvrage urbaine. L'exploration et surtout l'expérimentation de nouvelles solutions est le moyen de produire de nouvelles connaissances qui sont les premiers ingrédients des apprentissages. Pour autant, il faut préciser que l'expérimentation ne signifie pas toujours l'adoption de nouvelles démarches qui signent une rupture avec les pratiques existantes (Fenker, 2015). Si les premiers projets durables du promoteur comme Hikari ou encore le Green Office Meudon sont démonstrateurs, notamment en matière de systèmes techniques mobilisés. Les nouvelles procédures expérimentées dans les projets récents : différents artefacts énergétiques mobilisés (cogénérations, PV…) et les nouvelles organisations (un chargé de projet par bâtiment…) soulignent souvent des déplacements et des continuités par rapport aux démarches existantes plutôt que des innovations majeures.

1.1.2 La mobilisation de diverses expertises exogènes

La réalisation de projets ambitieux en termes de production locale d'énergie, au sein du promoteur, repose fortement sur le recours à diverses compétences exogènes que ce soit des architectes, des assistants à maîtrise d'ouvrage, des bureaux d'étude thermique/ fluide/ énergie, des énergéticiens/exploitants, etc. La multiplication des interactions entre les différents acteurs contribue au partage et à l'accumulation des connaissances au sein des organisations et structures. Un MOTC explique ainsi sur le projet Sollys : « Le côté très positif est qu'on avait des gens motivés et qui avaient envie d'apprendre dans ce processus où on apprend en marchant. On aurait pu avoir des partenaires qui s'épuisent et qui disent « Maintenant on arrête ». Dans un contexte parisien, je pense que ça aurait été plus dur, beaucoup plus contractuel. » (23/03/2020). Un ingénieur au sein de l'AMO Greenaffair affirme également que le projet NCU était un formidable terrain d'apprentissage pour tous les acteurs intervenants.

La forte mobilisation des BET énergie contribue à la consolidation de la culture de durabilité du promoteur, et parfois sur des sujets très pointus. L'ancien directeur technique au sein d'UrbanEra nous explique, par exemple, qu'il n'y a aucune personne spécialisée sur les questions énergétiques à UrbanEra, et ceci malgré l'engagement de cette structure sur les thématiques environnementales. La solution est de s'appuyer sur les expertises des bureaux d'études énergie qui ont plus de compétences et d'expériences sur la conception des objets sociotechniques.

> « On n'a pas de personne spécifique qui s'occupe des questions énergie ou qui décide tout sur l'énergie. D'abord toutes les idées sont bonnes à prendre, en plus si on spécialise quelqu'un sur l'énergie, ça serait forcément quelqu'un d'hyper technique et les idées ne viennent toujours pas que de la technique malheureusement [je dis ça en étant moi-même ingénieur]. Nous avons plutôt une vision de projet et d'équipe où chacun amène sa réflexion en interne comme en externe. On s'appuie beaucoup sur nos BET. Nous on a une expérience et une expertise sur différents systèmes qu'on a pu mettre en œuvre dans les années passées mais nos BET ont beaucoup plus de volumes et d'expérience que nous sur ces sujets » (Ancien directeur technique, UrbanEra, 30/04/2019).

L'intervention d'une pluralité de BET au sein des projets est un des pivots de l'apprentissage des acteurs, et ceci pour trois raisons essentielles :

- Dans un premier temps, les BET ont une expérience et des savoirs importants acquis lors de leurs propres pratiques sur d'autres projets et pour lesquels ils ont été sélectionnés. En effet, la sélection de ces acteurs par Bouygues immobilier se réalise selon leurs expertises sur des sujets précis (thermique, géothermique, contractualisation…) ainsi que par rapport à leurs « références » déjà réalisées. La sélection de Greenaffair s'est réalisée en fonction des expertises de cet acteur sur la conception de bâtiments à énergie positive et de certains Green Offices. La sélection du Burgeap à NCU s'est basée sur les expertises de cet acteur sur la géothermie concernant d'autres projets. « La géothermie, il y a des acteurs qui s'y connaissent très bien comme le Burgeap, on les sollicite à chaque fois » (Ingénieur, Aveltys, 22/07/2019).

- Puis, les BET amènent, par leur positionnement et leurs manières de travailler, des connaissances et des savoir-faire au sein de chaque projet. Ces acteurs portent plusieurs convictions en matière de conception des objets techniques (localisation des objets techniques, le dimenssionnement des locaux techniques, l'estimation des consommations énergétiques…). Greenaffair et Ingerop ont été des acteurs moteurs qui ont portés les diverses expertises techniques à NCU face aux différentes contraintes sociotechniques du projets (chapitre 3). Plusieurs MOTC intérrogés chez Bouygues Immobilier nous expliquent l'importance des connaissances derrière chacune de ces structures, qui ont fortement contibué à enrichir les savoirs techniques au sein du promoteur.

- Enfin, les BET sont parfois moteurs et initateurs de l'introduction de nouvelles techniques d'expérimentation. Nous pouvons prendre l'exemple du BET Manaslu, qui propose diverses expertises de commissionnement à Sollys, après les enseignements réalisés sur Hikari. C'est le cas de E-nergy qui a amené une expertise pointue sur la contractualisation autour des objets de l'énergie face à la complexité de la répartition des responsabilités entre Bouygues Immobilier et DSB à NCU. Enfin, nous pouvons également citer le cas d'Ingerop et l'investissement important de cette structure sur le BIM, un outil que propose cet acteur au sein de ses projets. L'objectif du BET est la mise en pratique, à travers cet outil, des enseignements sur l'intégration spatiale et technique des objets de l'énergie au sein des projets (chapitre 5).

Les BET représentent donc des maillons imporants de ce processus de circulation des enseignements et des apprentissages sur l'énergie (chapitre 2 et 4). Le rôle que jouent ces experts est indéniable sur l'évolution des savoirs et savoir-faire sur les questions énergétiques. Notons cependant que tous les BET n'amènent pas toujours de nouveaux savoir-faire au sein des projets. Nous retrouvons égalemnt des acteurs moins porteurs de propositions comme le BET Catene et l'AMO Milieu Studio à Sollys, dont le rôle s'est cantonné à répondre à la commande très contraignante que représente le cahier des charges de Tribu[279] (chapitre 4). L'évolution des compétences des BET va être analysée dans la partie 1.2.3 de ce chapitre.

Le promoteur Bouygues Immobilier s'érige ainsi comme un chef d'orchestre face à cet écosystème d'acteurs pour l'organisation des compétences et pour s'assurer de la prise en charge de diverses problématiques technico-économiques, environnementales, sociales, etc., en jeu dans les projets. En effet, si nous avons montré que les motivations de la sélection des experts relèvent essentiellement des logiques de partage d'expériences de BI avec ces acteurs, ceci s'explique également par la volonté de BI de faciliter la coordination des experts au sein des projets. L'un des enjeux de cette modalité d'apprentissage est d'« accroitre la maîtrise des procédures et la capacité de piloter des systèmes d'acteurs plus complexes » (Fenker, 2015, p. 188).

En intérrogeant l'épaisseur des savoirs et les histoires des experts et des BET, l'analyse montre que derrière chacun de ces acteurs, il existe un univers de connaissances qui, d'une certaine manière, est mobilisé par le promoteur. L'apprentissage de l'entreprise, ses filiales et partenaires se réalise ainsi selon des interactions en réseaux autour de la conception de projets collectifs (Akrich, Callon et Latour, 2006 ; Latour, 1996a). Le travail en mode projet (Arab, 2004, 2018 ; Berthier, 2018) est revenu, dans le cadre de nos entretiens, comme étant un levier important pour la transformation des pratiques professionnelles et l'intériorisation des principes de durabilité (Matthey et Gaillard, 2011). Dans cette perspective « L'apprentissage organisationnel n'est donc pas la production d'un savoir collectif attribuable à l'organisation, il est simplement la dynamique collective qui résulte des capacités cognitives des acteurs, capacités qui interagissent dans un système de relations, mais aussi en prenant ce système de relations pour objet de connaissance et d'action » (Hatchuel, 2015, p. 135). M. Fenker écrit : « la construction de pratiques nouvelles prend appui sur une coordination transversale et itérative. Elle inclut l'échange d'expériences construites par une pluralité de points de vue, la promotion de savoirs collectifs, la mobilité des ressources ainsi que l'exploitation collective de l'échec » (Fenker, 2015, p. 197). La contribution de nombreux acteurs spécialisés contribue à la richesse des projets et à la consolidation d'une « culture d'aménagement durable » du promoteur et ses filiales.

[279] Notre analyse n'étant pas centrée sur les BET, nous ne sommes pas allés plus loin dans la catégorisation de ces derniers.

1.1.3 L'apprentissage par filiation de projets démonstrateurs

a) La circulation des apprentissages entre projets

La troisième modalité d'apprentissage passe par l'enchainement de projets portés par le promoteur et ses filiales. Nous avons montré tout le long de cette recherche les divers enseignements réalisés au fur et à mesure de la réalisation de projets immobiliers et urbains durables. Nous avons vu comment les acteurs du projet Sollys ont beaucoup bénéficié des retours d'expérience d'Hikari, de NCU ou encore de Clichy-Batignolles pour aller encore plus loin sur les sujets de l'exploitation. Les expériences sur Clichy-Batignolles ont circulé à travers la présence d'Embix, filiale du promoteur sur ce projet. En effet, les filiales Embix et Aveltys sont des acteurs très importants pour la circulation des apprentissages techniques sur l'énergie et l'exploitation. Plusieurs projets de ces filiales ont été cités, par les acteurs de Bouygues immobilier comme le Éole Évangile porté par Linkcity et sur lequel intervient Embix ou encore les divers Green Offices conçus et exploités par Aveltys (Rueil, Meudon, etc). Ces deux structures jouent donc des rôles stratégiques dans cet écosystème d'acteurs autour de l'énergie et contribuent à la consolidation des connaissances au sein du promoteur. De plus, si le promoteur et ses filiales bénéficient de retours d'expériences sur leurs propres projets, la diversité des experts intervenant au sein des projets est également vectrice de circulation des enseignements (partie précédente).

En outre, nous avons constaté une faible circulation des enseignements et connaissances entre les filiales du groupe Bouygues (Bouygues construction, Linkcity et Losinger Marazzi), ces filiales fonctionnant de manière complétement autonome et ceci mis à part le projet Eole Evangil par l'intermédiaire d'Embix ou encore de Eikenott porté par Lonsinger Marazzi. Le cas d'Eikenott est particulier car c'est le premier projet durable porté par l'entreprise Lonsinger Marazzi dans les années 2000. Des visites du projet ont été organisées par les acteurs de Bouygues Immobilier il y a quelques années pour profiter des enseignements de cette opération qui était très innovante à l'époque. Même si cette opération, livrée en 2004, est largement dépassée aujourd'hui, elle est revenue plusieurs fois lors de nos entretiens. Il représente une des premières inspirations du promoteur Bouygues pour développer ces projets de quartiers innovants sur les questions énergétiques.

Notons cependant l'apprentissage important réalisé par Bouygues Immobilier sur ces propres projets. La frise 6.1 présente les moments forts des démarches de production de projets immobiliers et urbains durables par Bouygues Immobilier et ses filiales. Nous pouvons distinguer sur la frise une pluralité de projets ambitieux sur les questions énergétiques avant 2015 (les Green Offices, Ginko, le Fort d'Issy les Moulineaux et Hikari) et des projets intégrant de plus en plus de préoccupations d'exploitation depuis 2015 comme les projets NCU, Sollys et Charenton-Bercy. Lors de nos entretiens avec divers professionnels sur NCU et Sollys (maîtrise d'ouvrage publique et privée, BET), ces derniers faisaient constamment référence soit à des projets passés, en expliquant l'évolution par rapport à ces derniers, soit à des projets en cours de développement en présentant de nouvelles méthodes de faire. Plusieurs visites sont par exemple réalisées dans les

projets livrés à l'exemple Hikari ou encore le Fort d'Issy, par les équipes projets pour tirer des enseignements à suivre ou à éviter.

Au-delà de la circulation des bonnes pratiques (Arab, 2007 ; Devisme, Dumont et Roy, 2007), c'est la circulation des retours d'expériences négatifs de certains projets et des pratiques à éviter qui vont être décisifs dans l'accélération du processus d'apprentissage des acteurs. En effet, c'est en partant des retours d'expériences précis de plusieurs projets durables que le promoteur va mettre en place divers leviers d'actions pour faire évoluer ces pratiques et modes d'action (investissement dans les smart grid, partenariat avec des entreprises énergétiques, création d'un OSU, etc.). En définitive, nous pouvons dire que la prise en compte des enjeux de l'exploitation au sein du promoteur s'inscrit donc dans une temporalité longue (de près d'une quinzaine d'années) d'investissement sur les questions énergétiques. Au-delà de l'apprentissage en réseau, il y a un apprentissage diachronique au sein de l'organisation.

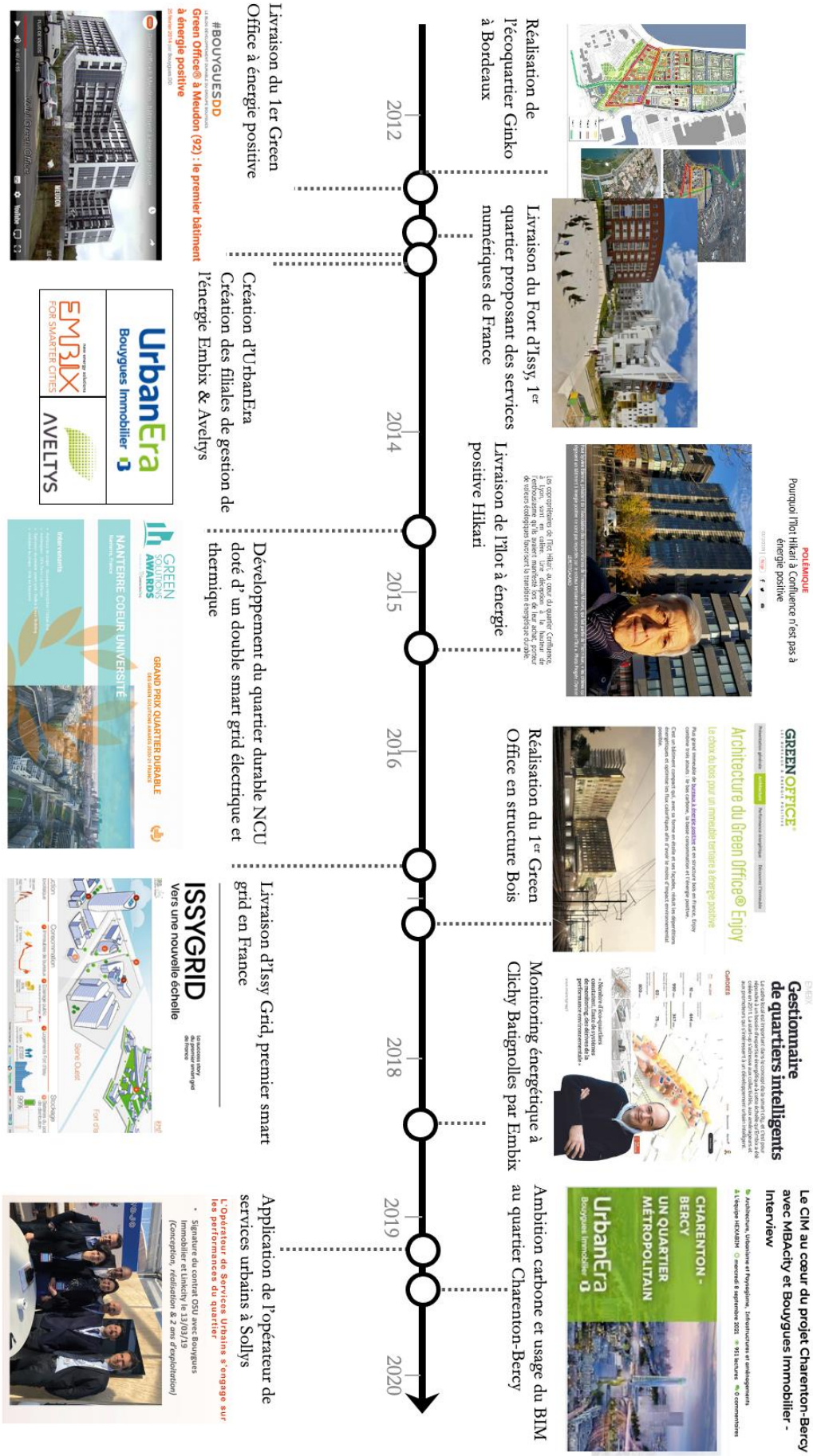

Figure 6. 1. Apprentissage au sein de Bouygues immobilier. Réalisation personnelle.

b) La réalisation d'études et de retours d'expériences sur l'exploitation de projets durables

La plupart de nos interlocuteurs s'accorde sur l'importance de la capitalisation pour ne pas reproduire les mêmes erreurs et ceci d'autant plus que la capitalisation permet de faire évoluer les pratiques des acteurs pour garder un avantage concurrentiel sur le marché « on capitalise pour faire la différence et gagner plus d'opérations et à termes commercialiser plus vite et mieux nos projets » (Chef de projet, Direction Innovation, Bouygues Immobilier, 08/04/21). La capitalisation sur les opérations de l'entreprise a cependant été décrite comme insuffisante par plusieurs acteurs interrogés au sein de Bouygues Immobilier notamment dans le cadre des réponses à consultations urbaines : « Les REX sur les réponses à consultations ne sont pas formalisés […] on se dit on n'a pas gagné, c'était quoi le problème et puis c'est tout, on passe à autre chose » (Responsable consultations urbaines, Bouygues Immobilier, 28/09/21).

En conséquence, l'entreprise et ses filiales tentent de mettre en place des démarches de capitalisation des enseignements et des expériences des acteurs. Ce processus de capitalisation est accéléré par deux ponts : le premier est une demande croissante de garantie de résultats et de la qualité des services fournis par les actuers publics ; le second est une demande des acteurs en situation de projet à avoir des informations et des renseignements plus précis autour de la conception et de l'exploitation des objets techniques pour éviter les dysfonctionnements en exploitation, au delà d'infirmation vagues et générales sur les projets réalisés. Pour consolider les expériences, l'entreprise réalise plusieurs Retours d'EXpériences (REX). Nous distinguons deux types de REX au sein de Bouygues immobilier : des REX généralistes rélisés en interne sur les projets et des Rex plus précis, ciblés et commandités à des experts externes. En outre, notons qu'une de nos missions, dans le cadre de cette thèse en partenariat, était la réalisation de retours d'expériences des projets de Bouygues Immobilier et d'autres projets internationaux. Nous avons restitué nos résultats à plusieurs directions du promoteur (la direction Innovation, et la direction technique centrale) et ses filiales UrbanEra et Embix.

Les REX internes sont réalisés par la direction Innovation de Bouygues Immobilier. Ces études se basent sur quelques entretiens (1 à 4) avec des chefs de projets et sont matérialisés dans des documents PPT composés de quelques diapos (entre 5 et 10). Ils sont par la suite déposés au sein d'un serveur internet accessible à tous les employés de l'entreprise. Une chef de projet au sein de cette direction explique ainsi :

> « Il y a trois ans, on a développé une méthodologie pour capitaliser sur tout ce qu'on a en place, la méthode des REX a comme objectif de voir ce qui marche et ne marche pas après la livraison et pourquoi ? Combien ça a coûté ? Si je devais le refaire, ça coûterait combien ? […] Par la suite, on le donne aux développeurs et on leur dit surtout ne faites pas ça, prend cette référence qui marche super bien, prend plutôt cet acteur-là, et… En plus tu as une référence que tu peux montrer, la boucle est bouclée. » (Chef de projet, Direction Innovation, Bouygues Immobilier, 08/04/21).

En effet, l'analyse de ces REX montre qu'ils sont très sommaires et réalisent plus un retour sur les thématiques abordées au sein des projets (traitement des eaux pluviales, présence d'assiettes commerciales, qualité architecturale des constructions…) qu'une analyse critique des freins rencontrés au sein des projets. Ils ne comportent également pas de propositions d'action. De surcroit, ces REX n'abordent frontalement pas les questions énergétiques et environnementales[280], les thématiques abordées concernent essentiellement les lebels et récompenses des projets (label biodiversity, BEPOS, NF Habitat…). Ces REX ressemblent finalement plus à des fiches de projets qui présentent les références du promoteur que des REX précis qui contribuent à la capitalisation des enseignements des acteurs et à l'évolution des pratiques des acteurs.

D'autre part, l'entreprise fait appel, dans certains cas, à des experts externes pour la réalisation de certains REX. Nous pouvons citer deux exemples. Le premier est une étude de retours d'expériences sur les quartiers durables qui a été commanditée au BET Burgeap en 2018[281], que nous avons précédemment évoqué dans ce travail (chapitre 5). La mission précise commanditée au BET est la définition d'une stratégie énergie carbone dans les aménagements urbains de Bouygues Immobilier. L'étude s'est basée sur l'analyse de 13 projets dont une grande partie portée par Bouygues comme Hikari, Issy les Moulineaux, Ginko à Bordeaux, NCU ou encore Marseille XXL[282]. La conclusion de cette étude montrait la nécessité de créer un opérateur énergétique à l'échelle du quartier pour porter dans une logique globale la conception, réalisation et exploitation des systèmes énergétiques. Le second exemple est une étude sur les services urbains commanditée par Bouygues Immobilier à une consultante indépendante L. Peronnin en 2018[283]. L'objectif de l'étude consistait à identifier des services urbains sur lesquels pourrait se positionner Bouygues Immobilier. Cette expertise s'est basée sur un comparatif entre les différents services que propose Bouygues Immobilier sur ses projets et ceux proposés par d'autres promoteurs dans le cadre des réponses à consultation Réinventer (Paris, la MGP, Toulouse…)[284].

Ces REX ont été réalisés sur une période de temps de 3 à 6 mois par les BET Burgeap et L. Perronin et se sont appuyés sur plusieurs matériaux : l'analyse de plusieurs projets de Bouygues et d'autres promoteurs, la réalisation entre 20 et 30 entretiens et quelques visites de certains projets. Plusieurs réunions d'échanges avec les acteurs de Bouygues Immobilier ont également été réalisées au fur et à mesure des études. À partir de l'analyse critique des divers projets, ces expertises ont identifié divers manques et leviers d'action autour de l'alimentation énergétique des quartiers, du développement de divers services urbains, etc. L'analyse des questions posées à ces études montre que ces dernières sont commanditées afin de répondre à des préoccupations très opérationnelles du promoteur. L'enjeu est de définir une stratégie énergie-carbone pour la première et d'identifier de nouvelles offres de services urbains pour la seconde. La réalisation de REX n'est pas une finalité mais une condition nécessaire pour identifier les pratiques existantes et les freins

[280] Ces sujets sont peu maîtrisés par les acteurs au sein de la direction innovation.
[281] Bouygues Immobilier, 2018 « Définition d'une stratégie énergie carbone dans les aménagements urbains de Bouygues Immobilier », *étude interne*, 34p.
[282] Les REX des cas non portés par Bouygues Immobilier sont anonymisés par le BET dans l'étude.
[283] L. Peronnin, 2018, « Étude services urbains », *Etude interne commanditée par Bouygues Immobilier*, 41p.
[284] Pour plus de détail sur cette étude, voir la partie 3 de ce chapitre.

rencontrés afin de proposer de nouveaux modes d'actions. L'apprentissage et l'évolution des pratiques des acteurs sont ainsi traités indirectement toujours dans l'objectif de développement et d'évolution des capacités d'action du promoteur. Au-delà de l'identification de nouvelles pratiques, ces études visent essentiellement à développer de nouvelles offres de services urbains (chapitre 5).

Par ailleurs, si ces REX sont précis et réalisent des propositions d'actions, ils sont peu diffusés au sein de l'entreprise et ruissèlent très peu auprès des opérationnels. S'ils ont été évoqués par l'ancien directeur Innovation et le directeur de l'ingénierie de Bouygues immobilier (qui les ont commandités), ils n'ont à aucun moment été cités par les opérationnels. La diffusion de ces REX et l'appropriation de certains modes d'action par les opérationnels, qui ne sont pas spécialistes des questions énergétiques et qui sont souvent submergés par leurs préoccupations quotidiennes, reste donc une question largement posée. Ces études montrent toutefois que l'apprentissage ne se met pas en place seulement à travers une accumulation passive des conaissances mais à travers un travail sur des retours d'informations plus précis et complets au sein des projets. À ce sujet, citons également le monitoring énergétique sur Hikari commandité par Bouygues Immobilier au BET Manalu rélisé en 2016 et 2018. Les retours précis de cette étude sur le commissioning et l'exploitation des systèmes énergétiques, pendant deux ans à Hikari, ont été déterminants par la suite dans l'évolution des compétences et des modes de faire des acteurs. Aujurd'hui le BET Manaslu propose également des prestations de commisioning, des prestations qui sont également de plus en plus envisagées par Bouygues Immobilier au sein de ces opérations. La réalisation de REX précis, et l'anlyses critiques des projets et la prise de recul sont des conditions importantes de l'apprentissage. L'apprentissage et l'évolution des savoirs et des savoir-faire se réalisent à travers l'adoption d'une posture reflexive par les acteurs (Schön, 1984).

Enfin, nous souhaitons insister à partir du cas de Bouygues Immobilier, sur l'importance des procédés d'exécution, définis comme des outils construits pour répondre à une commande, comme levier important de capitalisation (Koenig, 2006). En effet, le promoteur crée des filiales dédiées exclusivement pour traiter certains sujets et éviter les pertes en ligne. La création d'Urbanera est, par exemple, une manière de sédimenter les apprentissages réalisés sur la conception de quartiers durables. La création d'Aveltys et d'Embix est également un moyen très important pour capitaliser sur des sujets très pointus de l'alimentation énergétique des projets et de l'exploitation des objets techniques. L'exemple d'Embix est très parlant avec un modèle technico-économique conçu pour répondre au plus juste aux enjeux de conception et d'exploitation des systèmes énergétiques à l'échelle des quartiers. Ces filiales apprennent ce faisant à leur tour en bénéficiant des projets réalisés par Bouygues Immobilier et en intervenant également sur divers projets hors Bouygues.

c) De l'expérimentation à la volonté de la standardisation des méthodes de faire

En analysant les projets du promoteur du premier quartier durable que constitue le Fort d'Issy à Sollys, nous observons ainsi une évolution de la stratégie de cet acteur ainsi que ses méthodes d'action (voir figure 6.2). L'ancien directeur innovation de Bouygues Immobilier nous explique ainsi qu'en matière de technologie énergétique, il y a eu très vite une volonté de standardiser les systèmes mobilisés dans les projets. Il s'agissait par exemple d'éviter l'usage d'artefacts énergétiques peu performants comme les PV en façade ou présentant un coût économique important comme le rafraichissement des bâtiments avec des ouvrants automatiques en façade. Cet acteur nous affirme ainsi que le souhait de l'entreprise n'était pas de réaliser du marketing énergétique mais bien d'arriver à une optimisation technico-économique des bâtiments conçus car les clients n'acceptent plus d'avoir des factures énergétiques exorbitantes.

> « S'est posée donc la question de la reproductibilité [du Green Office Meudon] car il y avait un surplus de 14 à 18% par rapport au prix d'un bâtiment normal. Les PV sur toutes les façades ça coûtait très cher et ne produit pas beaucoup. Le rafraichissement était réalisé avec des volets ouvrants en été, avec une ventilation entièrement pilotée… La reproduction de ces systèmes présentait un surcoût considérable. On s'est donc mis à éviter ces solutions dans les bâtiments qui ont suivi. La question de la cogénération bois, avec une livraison du bois tous les deux jours a été écartée. La cogé à l'huile de colza avait plus de sens. On encadrait l'exploitation de colza. **»** (Ancien directeur innovation, Bouygues Immobilier, 09/07/2019).

La seconde période (à partir de 2015) exprime ainsi une sobriété des architectures produites avec une priorité accordée aux usages, au confort thermique et lumineux dans les bâtiments construits ainsi qu'à l'exploitation des systèmes intégrés. La démonstration écologique ne réside plus dans l'affichage technique et esthétique en façade mais dans l'anticipation des enjeux de confort et de l'exploitation des bâtiments. Un Directeur commissioning et énergie chez Aveltys nous explique que la conception des Green Offices aujourd'hui est centrée sur le confort des usagers. L'objectif des acteurs est ainsi d'élargir cette approche à la conception des quartiers.

> « Maintenant on va jouer beaucoup plus sur les aspects qualité des espaces intérieurs dans les bâtiments. La technique ce n'est pas quelque chose qui passionne les foules je pense, on veut avant tout se sentir bien dans un bâtiment de bureaux. C'est pour ça que nous dans notre métier de garantie de charge, même s'il est très compliqué de garantir un confort, c'est une notion qu'on met vraiment en avant. Car quand vous avez un bâtiment où il fait trop froid, les gens vont se plaindre tout le temps, derrière les responsables des services généraux qui gèrent l'aspect *tech* vont avoir des plaintes, ce qui va nous impacter ainsi que le mainteneur, derrière on a un enchainement les CHSCT (Comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail) qui se déclenchent, on doit courir partout, etc. » (Directeur commissioning et énergie, Aveltys, 22-07-19).

Aujourd'hui, les acteurs interrogés au sein des diverses directions de BI (innovation, technique, Immobilier d'entreprise, commerces…) affirment vouloir aller encore plus loin sur le bilan carbone des projets pour notamment respecter la RE 2020, plusieurs formules sont revenues dans notre enquête : « la technicité va descendre », « on va vers des choses plus sobres », « on essaye d'avoir une réflexion sur le bilan carbone ». L'entreprise propose à ses employés (dévelopeurs, chefs de projets opérationnels, MOTC…) plusieurs modules de formations sur les questions énergétiques et les sujets de carbone. Ces modules sont des vidéos d'une vingtaine de minutes

traitant du bilan énergétique et carbone d'un bâtiment, de la réglementation énergétique, des différents labels, etc. Nous avons également constaté une volonté récente de l'entreprise de se positionner sur l'usage du bois comme matériau de construction à l'exemple du Green Office Enjoy[285] livré en 2018 et qui dispose d'une structure mixte bois-béton ou encore des diverses tentatives de réaliser des bâtiments en bois dans le projet Sollys. Même si l'expérimentation ne passe plus par l'affichage technologique et esthétique, les projets du promoteur expriment toujours une volonté de dépassement des cadres réglementaires en vigueur.

Cette évolution des approches sur les questions énergétiques vers les enjeux d'exploitation et le bilan carbone est également le cas d'autres promoteurs. Nous pouvons citer par exemple le positionnement récent du promoteur Linkcity dans le cadre du projet Eole Evangil, lauréat du concours Reinventer Paris[286]. En effet, cet acteur ayant beaucoup capitalisé sur Sollys autour du métier d'opérateur de services urbains, intègre Embix dès l'amont du projet comme opérateur de services urbains avec engagement Zéro Carbone en phase d'exploitation sur un périmètre défini à l'échelle du projet. Il mobilise pour ce faire les prestations du BET AMOES pour réaliser des calculs de consommation avec des simulations énergétiques dynamiques (SED), un calcul E+C-, des tests d'étanchéité à l'air et une analyse de cycle de vie. Cet engagement carbone dépasse ainsi le sujet de l'énergie avec toute une réflexion sur les matériaux de construction (structures en pierres porteuses des bâtiments, etc.) associée à des pénalités si l'objectif Carbone n'est pas tenu. Embix est chargé de réaliser une mission d'« opérateur de suivi de la performance carbone » pendant 10 ans après la livraison des bâtiments. Enfin, cette capitalisation diachronique par la réalisation de projets démonstrateurs est également le cas de l'entreprise Losinger Marazzi. En analysant les projets de l'entreprise et en ayant interrogé plusieurs acteurs au sein de cette structure, nous avons constaté une évolution de ces pratiques et des manières de faire pour répondre à la montée des enjeux environnementaux et énergétiques. Les choix réalisés par cet acteur diffèrent de la stratégie de Bouygues Immobilier et montrent un intérêt précoce pour la prise en compte des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques (voir encadré 6.2).

Encadré 6. 2. L'apprentissage par filiation de projets au sein du promoteur Losinger Marazzi

Losinger Marazzi est une entreprise générale qui combine des activités de promotion immobilière et de construction. Elle a réalisé plusieurs quartiers durables en Suisse qui sont pour la plupart labélisés site 2000 watts. Les questions énergétiques sont ainsi fortement mises en avant dans la stratégie de communication et de marketing de l'entreprise avec des constructions à très haute performance énergétique et un taux d'ENR très ambitieux visé dans ses projets.

[285] Le projet est situé au sein du quartier Clichy-Batignolles.
[286] Site du BET AMOES, AMO du projet Eole Evangile : https://www.amoes.com/references/eole-evangile-reinventer-paris.html , (consulté le 10/06/2021).

La dimension très expérimentale des artefacts énergétiques mobilisés n'a pas été observée dans les projets de l'entreprise**.** Sur les quatre quartiers réalisés par le promoteur, un seul projet (Greencity) présente un système innovant de production de chaleur et d'électricité locale (géothermie superficielle). La chaufferie bois est la technologie mobilisée dans la majorité des quartiers (3cas/5). Cette solution est appréciée notamment pour sa simplicité de réalisation et son faible impact sur l'architecture. Toutefois, notons que ce choix technique est également fortement orienté par le contexte réglementaire Suisse qui est décrit par les acteurs comme très contraignant. Certains usages comme la climatisation[287] ou le chauffage électrique sont proscrits et l'usage du gaz est très taxé en Suisse :

> « Le chauffage électrique et la climatisation sont interdits en Suisse […] Donc nous, on fait systématiquement des chaufferies collectives d'immeuble. Un RCU c'est très simple d'un point de vue urbanisme, on fait un gros local technique dans un coin enterré, des canalisations enterrées, des sous-stations au pied de chaque cage d'escalier et c'est fini ». (Directeur Ingénierie Technique & Systèmes d'informations, Losinger Marazzi, 04/04/2019).

> « ... On fonctionne beaucoup avec des productions de chaleur avec des PAC parce que le gaz est très taxé, on perd des points quand on fait une conception avec du gaz » (directeur technique Suisse Romande, Losinger, 04/04/2019).

Figure 6. 2. De gauche à droite : les quartiers Eikenott à Gland (livré en 2003), Erlenmatt à Bale (livré en 2019) et Greencity à Zurich (livré en 2020). Source : Losinger Marazzi.

Par ailleurs, notons que les expériences positives de l'exploitation du premier quartier durable Eikenott, alimenté par une chaufferie bois et géré par un exploitant énergétique local, ont ainsi incité cet acteur à poursuivre ce modèle sur ces projets. En effet, comme nous l'avons montré dans le chapitre 3, si Losinger Marazzi ne s'est pas engagé sur la création de structures dédiées pour les questions énergétiques comme le cas de Bouygues Immobilier, cet acteur a souvent eu recours au contracting sur ses projets. L'entreprise a constitué des connaissances importantes sur la négociation et la contractualisation avec les entreprises énergétiques au fil de la réalisation de ces projets, ce qui lui a permis de porter des projets complexes tout en négociant en amont leur exploitation avec des énergéticiens.

Enfin, notons que les artefacts énergétiques ne sont pas affichés ou mis en valeur comme c'était

[287] Il faut disposer d'une autorisation pour en installer dans les bâtiments.

le cas de certains projets expérimentaux de Bouygues Immobilier. D'après un directeur ingénierie technique chez Losinger Marazzi, ceci est notamment dû à la culture Suisse de la construction qui privilégie une architecture épurée et fonctionnelle ainsi qu'à la rareté du foncier qui fait que même s'il y a des chaufferies centralisées, elles sont enterrées ou cachées derrières d'autres bâtiments comme les parkings. « Le terrain est très cher en Suisse, le volume construit est limité à l'extérieur donc dans 99%, [les sujets de l'énergie] sont intégrées dans des locaux techniques enterrés sous les immeubles ou à côté » (Directeur Ingénierie Technique & Systèmes d'informations, Losinger Marazzi, 04/04/2019).

1.2 Apprentissage de la maîtrise d'œuvre sur les sujets d'exploitation des AE

Au-delà de l'apprentissage de Bouygues immobilier et ses filiales, nous nous sommes également intéressés à l'apprentissage de la maîtrise d'œuvre, des acteurs responsables de la conception des artefacts énergétiques et urbains. L'enjeu dans cette section n'est pas de s'intéresser aux canaux de l'apprentissage de ces acteurs, mais plutôt à l'évolution des compétences de ces derniers pour la prise en charge des enjeux d'exploitation des artefacts énergétiques. En effet, nous considérons que l'apprentissage de ces acteurs passe par les trois leviers, cités précédemment dans le cas de BI : l'intervention sur des projets ambitieux sur la question énergétique, l'interaction et l'échange d'expériences avec d'autres acteurs en participant à des projets de quartiers durables ainsi que l'apprentissage par filiation de leurs projets.

1.2.1 Apprentissage des bureaux d'étude en énergie

a) Des préoccupations d'exploitation des SE peu maitrisées par certains BET centrés sur les enjeux de dimensionnement

D'après notre enquête, il est reproché à certains BET énergie d'avoir une approche très théorique de dimensionnement des artefacts énergétiques avec une faible prise en considération de leurs enjeux d'exploitation et d'usage. En effet, le devoir de responsabilité de ces structures les inciterait vers un surdimensionnement des systèmes techniques, pour se prémunir d'éventuels futurs besoins énergétiques, plutôt que d'opter pour une conception au plus juste des besoins (Blanchard, 201). L'ancien directeur Innovation de Bouygues Immobilier raconte ainsi que, pendant la conception des premiers Green Offices au cours des années 2008-2010, les BET étaient très réticents à dimensionner les systèmes énergétiques au plus juste des besoins de ces bâtiments très performants par peur d'éventuels manques d'énergie produite en exploitation. Le promoteur a donc dû avoir recours à des petits BET énergie pour les accompagner dans la conception des BEPOS. « Ils nous freinaient, ils disaient que ça ne marcherait pas, on a donc pris que des petits BET » (28/09/2020).

Au-delà de ce devoir de responsabilité, les sujets d'exploitation des systèmes énergétiques comme la facture énergétique ou l'organisation de la gouvernance ne sont pas maîtrisés par ces acteurs. Interrogés, certains BET (Katene, Manaslu et Milieu Studio) expliquent que ces enjeux ne relèvent pas de leur domaine de compétences. Un ingénieur chez Manaslu affirme : « [l'organisation de la gouvernance énergétique à Sollys], je ne m'en occupe pas. C'est Embix qui s'en charge et ça m'arrange bien parce que c'est une chose qui ne m'intéresse pas du tout. » (20/04/2020). L'ancien directeur Innovation de Bouygues Immobilier explique ainsi que dans le cas du projet Sollys « Katene, c'est le cadet de ses soucis le coût des charges. » (28/09/2020), en ajoutant que l'intervention d'Embix était nécessaire pour appréhender les sujets d'exploitation des SE.

Cette posture des BET s'explique également par la culture professionnelle de ces acteurs constituée au sein des formations d'ingénieurs et solidifiée pendant la pratique : les ingénieurs apprennent et pratiquent en fonction de l'objectif d'assurer la desserte énergétique d'abord et avant toute chose. Cette vision ancrée depuis le début du XXe siècle vient de la préoccupation d'alimenter les projets dans un monde où le coût de l'énergie n'était pas un critère important. Avec la montée de l'importance accordée aux coûts économiques et environnementaux des objets de l'énergie, les préoccupations d'explotation se trouvent ainsi confontées à des références professionnelles profondémment ancrées dans la culture et les pratiques des ingénieurs (devoir de responsabilité, protocoles de travail prétablis…). Ces références concernent aussi bien les ingénieurs agissant sur le dimenssionnement des réseaux à l'échelle nationale ou à l'échelle de projets urbains.

En outre, quand nous posons la question de la capitalisation des connaissances au sein des BET à nos interlocuteurs, les réponses sont très diverses. Un ingénieur chez Manaslu explique qu'il y a très peu de capitalisation chez tous les acteurs de la fabrique urbaine, et notamment au sein de la maîtrise d'œuvre. « Après, on n'apprend pas tant que ça, il y a une problématique d'évaluation et de capitalisation, je trouve. On pourrait faire nettement mieux. » (20/04/2020). Le directeur d'Embix explique cependant le contraire en citant plusieurs exemples de BET très à la pointe sur les questions énergétiques et même sur les enjeux de l'exploitation. « Nous, on capitalise, je pourrais citer également beaucoup d'acteurs qui ont capitalisé sur leurs projets : Autre Ville, Amoes, Indigo, ce sont de bons exemples. Manaslu tire également beaucoup profit d'Hikari et aujourd'hui sur Sollys aussi. Il y a donc ce transfert. » (Directeur d'Embix, 19/06/2020). La capitalisation des enseignements et le positionnent des BET sur l'exploitation sont très différents d'une structure à l'autre. Nous avons toutefois constaté, lors de notre enquête, un positionnemnt croissant de ces acteurs sur les préoccupations comme le montre la suite du texte.

b) Apprentissages et évolution des compétences de la maîtrise d'œuvre énergie

Par ailleurs, certains BET interrogés, comme le Burgeap ou E-Nergy affirment se saisir de plus en plus des sujets d'exploitation, en expliquant que la conception énergétique, aujourd'hui, ne se limite pas seulement au dimensionnement des systèmes techniques, mais elle s'élargit également à

des sujets comme la construction de la gouvernance énergétique (limite de prestations, contractualisation) et l'anticipation des factures des usagers.

> « Très souvent l'étude ne peut plus se limiter au dimensionnement technique des solutions. C'est une étape indispensable qui permet de chiffrer des investissements, de vérifier la possibilité technique de le faire, mais elle doit forcément être doublée de comment on met en œuvre ça, qui pilote ? Quelles sont les limites du périmètre de chacun ? Quelles sont les conditions de facturation ? L'aspect opérationnel est aussi important que l'aspect dimensionnement technique. Pour BI, s'ils se limitent à une dimension technique du système, l'opération aura des difficultés en livraison. » (Ingénieur, Burgeap, 05/08/2019).

Un ingénieur au sein d'E-Nergy affirme qu'il s'agit aujourd'hui, dans leur conception énergétique, de viser un double objectif combinant un taux d'ENR important et une faible facture énergétique pour les futurs usagers : « Nous travaillons sur beaucoup de quartiers alimentés par des ENR, avec des modèles différents, et quels que soient les modèles, l'objectif est de répondre à un taux d'ENR et d'autre part de faire en sorte que la facture des usagers soit acceptable à l'échelle du quartier sur des durées qui vont de 15 à 35 ans. On est vraiment sur cette double pédale. » (Ingénieur, E-nergy, 08/03/2019).

Certains BET se positionnent également de plus en plus sur des prestations de commissioning énergétique à l'exemple des BET AMOES ou Manaslu. Pendant notre enquête, les acteurs au sein d'Embix expliquent même qu'ils souhaitent se positionner aujourd'hui sur le commissioning numérique qui implique la mise en conformité des *smart grid,* pendant le chantier, pour assurer la bonne récupération des données de consommation et d'exploitation des systèmes énergétiques. Ces acteurs apprennent ainsi, chemin faisant, en s'inscrivant au sein d'un réseau d'acteurs et d'actants dans le cadre de la réalisation de projets durables. Nous rejoignons ainsi S. Tribout qui affirme que « la phase de mise en œuvre a donc constitué un moment d'apprentissage, chemin faisant, autant pour le bureau d'études techniques que pour les entreprises. Cet apprentissage montre que le tâtonnement et l'incertitude ne concernent pas seulement les métiers généralistes de la conception, mais aussi ceux, plus spécialisés, de l'exécution ou de l'ingénierie, pourtant marqués du sceau de la rationalité. » (Tribout, 2017, p. 94).

Enfin, certains acteurs expliquent que pour impliquer les BET sur les questions d'exploitation des SE, il faut notamment penser l'évolution de leurs responsabilités. En effet, les BET ont une obligation de moyens et pas de résultats. Pour avancer sur cette obligation de résultats, le directeur de l'ingénierie de Bouygues Immobilier propose que les BET travaillent autrement en intégrant en particulier de nouveaux outils comme le *Building Information Modeling (*BIM). En effet, cet outil peut regrouper une grande masse de données sur les objets techniques et les différents usages, ce qui permet de suivre ces derniers en exploitation. Sur le projet Charenton-Bercy, qui est en développement au sein d'UrbanEra au moment où nous écrivons ce texte, le promoteur a fait appel au BET SOM, expert sur les questions énergétiques et leur modélisation dans le BIM, pour appréhender les enjeux d'exploitation des systèmes.

> « C'est toujours délicat ces discussions-là parce qu'on demande aux BET de faire un effort, mais en même temps, ce sont eux qui prennent l'engagement en phase d'exploitation. Si jamais il y a des coupures d'électricité, ou si l'électricité est de mauvaise qualité, c'est vers eux qu'on va se retourner. C'est là aussi où je pense que faire bouger les lignes impose aussi de faire bouger les responsabilités. » (Ingénieur Embix, 24/06/2020).

> « Première chose c'est déjà réfléchir autrement, ce n'est pas gagné. Et après c'est comment les ingénieurs sont outillés aujourd'hui ? Comment fonctionnent les ingénieurs ? Un cabinet d'ingénierie aujourd'hui a une obligation de moyens et pas de résultats… Mais je suis convaincu qu'ils vont l'avoir avec tous les outils numériques qui arrivent à l'exemple du BIM et tout ça. Aujourd'hui, un BET lambda est outillé avec des outils basiques de simulation, de calcul RT, tout ce qui est réglementaire, mais le réglementaire c'est le garde-fou, c'est pour empêcher les gens de faire des bêtises […] Si je prends l'outil agréé d'un point de vue réglementaire et je fais une comparaison avec un outil numérique à ma disposition, c'est deux mondes différents, le fossé est énorme entre les deux [...] Ma vision, c'est de dire, un BET qui est bien équipé en outils numériques digne de son nom peut avoir une obligation de résultats. Bien entendu basé sur les données d'entrées, des hypothèses d'occupation et d'utilisation parce qu'il faut Benchmarquer. Le BET ne peut pas être responsable s'il y a 150 personnes sur un plateau de bureaux au lieu de 100 prévus initialement. Il faut calibrer le modèle. C'est ce que fait Aveltys avec la garantie de charge en disant notre garantie est basée sur tels usages de l'immeuble. » (Directeur de l'ingénierie, Bouygues Immobilier, 30/02/2019).

On voit ainsi que même si les préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques ne sont pas le cœur du métier des BET énergie, cette question devient aujourd'hui fondamentale incitant de plus en plus de BET à se saisir de ces enjeux pour répondre aux demandes de la maîtrise d'ouvrage urbaine, mais également pour élargir leurs champs activités. La prise en charge de ces préoccupations constitue des changements importants dans les cultures professionnelles de certains de ces acteurs. Se saisir du commissioning illustre pafaitement ces évolutions, car au-delà de la conception, cela signifie prendre des responsabilités dans l'atteinte d'objectifs de fonctionnement des systèmes et des services proposés, et même parfois participer à la co-exploitation. Le positionnement sur l'usage du BIM peut notamment conférer à ces acteurs un positionnement sur la coordination technique des projets. Au-dela des enjeux de conception et d'innovation, les préoccupations d'exploitation et d'usage des objets techniques seraient des enjeux qui requestionnent les cultures professionnelles et les professionalisés des ingénieurs. En outre, l'analyse montre que la saisie des enejux d'exploitation peut être réalisée par les grands BET comme le Burgeap, les moyens comme Amoes et E-nergy et les petits comme Manaslu. Ces sutructures se saisissent de ces questions pour notamment répondre aux enjeux économiques du marché de l'ingénierie, décrit comme extrêmement compétitif et tendu. Se positionner sur les expertises en exploitation représente pour ces structures aussi bien une manière de développer de nouvelles offres qu'un levier pour se distinguer des concurents.

1.2.2 Apprentissage des architectes

Concernant la montée en compétence des architectes sur les questions énergétiques, tous nos interlocuteurs convergent pour dire que cela dépend de la sensibilité des architectes. « Les architectes, il y a des passionnés par les questions environnementales qui les maîtrisent bien et d'autre non ». En matière d'intégration de divers matériels techniques et de leurs enjeux d'exploitation, la plupart des architectes interrogés nous confient que l'intégration des systèmes

énergétiques ne rajoute pas beaucoup de contraintes à leur activité et ceci d'autant plus si ces objets sont anticipés dès le départ des projets. En effet, cette affirmation a été partagée même par les architectes les plus engagés sur les questions énergétiques à l'exemple du cabinet Vera et Associés. Les architectes interrogés affirment ainsi que les questions environnementales qui les préoccupent sont la conception bioclimatique des bâtiments, l'usage de matériaux recyclables, le bilan en énergie grise du bâtiment, etc. De plus, ces acteurs insistent ainsi sur la dimension large et transversale du métier d'architecte au-delà de la spatialisation des systèmes techniques dans les bâtiments. Une distinction qui revient fréquemment dans les discours notamment par rapport aux métiers des ingénieurs très spécialisés et centrés sur la recherche de solutions optimisées.

> « La particularité c'est que c'est un métier large. On s'intéresse à l'amont et à l'aval du projet. Dans sa formation, l'architecte doit se demander : pourquoi je fais ça ? Pour qui ? Où ? Le métier comprend également une dimension plus humaniste. Enfin, la notion de projet est plus forte que celle de son auteur, tout le monde contribue pour le faire marcher. L'enseignement des ingénieurs, on leur apprend à compiler des informations d'une problématique et à trouver une solution avec des paramètres de temps, etc… Avec une capacité à ne pas moraliser la chose… En tant qu'architecte, en 1950 on arrivait à maîtriser 100% du bâtiment. Aujourd'hui, personne ne connaît la matérialité des choses. » (Architecte, Marin + Trottin Périphériques architecte, 10/03/2020).

La plupart des acteurs interrogés (promoteurs, ingénieurs, architectes) insistent sur la montée en compétence des architectes sur les questions bioclimatiques. Cette montée en compétence sur le travail de l'enveloppe des bâtiments est revenue fortement dans nos entretiens en expliquant par exemple qu'il y aujourd'hui de plus en plus d'études poussées et systématiques sur l'orientation des bâtiments, l'ensoleillement, la ventilation, etc., dans le cadre des projets.

Notre enquête montre par ailleurs l'existence de plusieurs postures d'intégration des objets de l'énergie par les architectes ou par d'autres acteurs intervenants au sein des projets. En nous appuyant sur notre enquête empirique réalisée sur divers projets urbains durables[288] et sur le travail de I. Grudet, qui distingue trois postures/approches (industrielle, critique et culturelle) de l'architecture durable (Grudet, 2012), nous distinguons à notre tour trois postures d'intégration des artefacts énergétiques et leurs préoccupations d'exploitation dans les projets urbains : culturelle, indifférente et fonctionnelle. Bien entendu, ces postures ne sont pas exhaustives, elles peuvent se superposer et se croiser. Toutefois, leur distinction nous permet d'avoir un schéma théorique de lecture des logiques d'intégration de ces objets par divers acteurs.

- La posture « culturelle » est adoptée souvent par des architectes, elle affiche les objets techniques et les mets en scène dans l'espace urbain. Ils sont appréhendés comme des objets de design et de marketing urbain vert. L'intégration du projet dans son environnement urbain, historique, paysager est considérée comme très importante. Cette approche peut être très critique vis à vis du caractère quantitatif et technique de l'architecture écologique et durable.

[288] Nous nous appuyons sur nos entretiens avec divers acteurs et notamment des architectes des projets NCU, Sollys, Vernets et Clichy-Batignolles.

Nous avons retrouvé cette posture chez des architectes des agences Béchu et Associés et Marin +Trottin périphériques Architectes à Clichy-Batignolles.

- La seconde posture que nous appelons « indifférente » est elle aussi adoptée par des architectes, elle considère que les objets de l'énergie ne sont pas un sujet d'architectes mais l'affaire des ingénieurs car ils ne posent pas de problèmes ni fonctionnels ni spatiaux ou esthétiques. Les systèmes énergétiques sont appréhendés en termes de surfaces occupées. D'autres sujets sont considérés comme plus importants à aborder ou à mettre en valeur comme la biodiversité, la qualité des espaces, etc. Nous avons retrouvé cette logique au sein de l'agence Leclercq & Associés, où un architecte nous affirme que les objets de l'énergie et leur exploitation sont juste une couche parmi d'autres à rajouter pendant l'activité de conception spatiale.

- La troisième posture que nous appelons « fonctionnelle » peut être adoptée par divers acteurs (ingénieurs, architectes, promoteurs), elle intègre fortement les préoccupations d'exploitation et d'usage des systèmes énergétiques et ceci en visant une très forte optimisation de la construction ainsi qu'une intégration discrète et fonctionnelle des artefacts énergétiques. Cette vision s'inscrit dans une recherche d'efficacité et de rentabilité des systèmes techniques. Les objets de l'énergie doivent avoir une utilité technique et architecturale (les panneaux photovoltaïques peuvent ainsi être utilisés pour couvrir des édicules techniques, etc.). Nous retrouvons cette logique chez l'atelier Fruehauf, Henry & Viladoms intervenus sur le projet Quai Vernets en Suisse et les architectes du cabinet Vera & Associés intervenus à Sollys.

Diverses postures accompagnent ainsi l'intégration des questions énergétiques par ces acteurs, des plus critiques face au caractère normatif des questions énergétiques aux plus militants, en passant par les indifférents. En sommes, nos conclusions rejoignent les travaux qui expliquent le caractère non consensuel de l'architecture durable, la diversité des approches de durabilité et des moyens consacrés pour y parvenir (Guy et Farmer, 2001 ; Guy et Moore, 2005 ; Mosconi, 2016).

1.3 Les freins de l'apprentissage : entre l'individu et la structure

Nous avons cependant identifié plusieurs freins de l'apprentissage et de la capitalisation des enseignements par les acteurs. Au sein de Bouygues Immobilier, malgré la volonté de l'entreprise de capitaliser sur ces projets, il y a souvent des « pertes en ligne » qui s'expliquent notamment par un décalage entre l'échelle individuelle et celle de l'organisation. Nous les synthétisons en trois points : le changement d'acteurs porteurs de diverses connaissances au sein des organisations, la pluralité des expertises et des acteurs intervenants, et, enfin, la résistance de certaines cultures professionnelles à adopter certaines pratiques.

Dans un premier temps, le changement régulier de chefs de projets au sein de Bouygues Immobilier et d'UrbanEra est revenu, dans notre enquête, comme un frein important à la capitalisation (Koenig, 2006). Le changement des équipes de projets est une question à laquelle

nous avons été nous-même confrontés en réalisant notre enquête sur le projet NCU. En effet, sur la durée du développement et de la réalisation du projet NCU de 2014 à 2020, cinq personnes ont occupé successivement le poste de chef de projet NCU au sein d'UrbanEra. Alors que les architectes et les chargés de mission au sein des collectivités (au sein de la ville de Nanterre et de l'aménageur Paris la Défense[289]), conservent longtemps les mêmes postes[290]. Les trois chargés de projets que nous avons interrogés sur NCU, sont partis chez d'autres promoteurs. Pour le projet Sollys, il y a eu trois chargés de mission lorsque nous avons arrêté notre enquête entre janvier 2018 et avril 2021. Cette forte mobilité engendre ainsi des « pertes en ligne » ainsi que le questionnement constant des choix de conception par les nouveaux arrivants.

> « Sur le projet NCU, il n'y a aucune personne qui était au départ du projet chez Bouygues Immobilier. C'est une catastrophe ! Personne ne sait pourquoi certains choix ont été faits au départ. Et quand on ne sait pas le pourquoi, on pense toujours qu'on a de meilleures idées. On ne voit pas les contraintes de départ. Le dimensionnement du réseau a été revu 50 fois. Tous les choix ont été revus. Et dès qu'on changeait un objet il y avait un impact sur le réseau […]. Mais quand vous êtes sur un projet de quartier, il n'y a aucune chance pour que les gens qui terminent le projet soient ceux qui l'ont commencé. Il y a beaucoup de pertes en ligne. » (Président, Aveltys, 09/04/2019).

Le changement régulier des professionnels produit ainsi une rupture des chaines de transmission des connaissances et des savoir-faire au sein du promoteur, mais également au sein d'autres structures. Si l'apprentissage collectif ne peut dépendre de la présence physique d'une seule personne, le changement pafois de plusieurs professionnels fragilise fortement la chaine de transmission et d'apprentissage collectifs. En effet, le rôle d'oganisateurs de la conception que jouent ces acteurs leur permet de centraliser les expertises, les analyser, les challenger et les faire dialoguer pour avoir une vision globale sur les projets. Ce rôle d'organisateurs est stratégique notamment dans le cadre de projets de plus en plus complexes et intégrant une diversité d'experts. Par ailleurs, cette forte mobilité des professionnels a été relevée par divers acteurs au sein des BET Énergie. Les acteurs interrogés, au sein de ces structures, ont mis en avant la précarité de leurs métiers et les fortes exigences de rentabilité exerçant des pressions importantes sur les professionnels et engendrant la mobilité importante de ces derniers (section 1.1.2).

Ensuite, l'important recours aux expertises externes par Bouygues Immobilier et ses filiales, engendre une complexité de suivi des projets et de capitalisation des expériences. Le cas de NCU est particulièrement saisissant concernant le très grand nombre d'experts mobilisés. UrbanEra s'est trouvé dans la situation de gérer 5 architectes et un paysagiste, 6 BET énergie en plus du travail du partenaire énergétique DSB. L'enjeu de la coordination des ingénieries de projets devient ainsi central pour le promoteur et sa filiale UrbanEra. Se rajoute à cela les tensions qui peuvent exister entre les différentes directions du promoteur (logements, bureaux, commerces), qui n'ont pas toujours les mêmes objectifs dans le cadre des projets.

---

[289] Nous avons d'ailleurs interrogé ces acteurs alors qu'ils travaillaient dans d'autres structures.
[290] Effectivement, nous avons constaté pendant notre enquête une circulation fréquente des opérationnels au sein des promoteurs, ce qui laisse également présager une circulation plus large des enseignements des acteurs.

Enfin, nous avons mis en avant, dans le chapitre précédent, l'existence de routines de travail et de standards de conception qui freinent parfois l'évolution des compétences individuelles et collectives. Cette question se matérialise par la résistance de certaines cultures professionnelles à l'intégration de nouvelles méthodes de faire, à l'exemple de certains architectes qui priorisent parfois des enjeux esthétiques de leurs productions architecturales face aux impératifs d'intégration des enjeux d'exploitation des objets techniques (Camus et Durand, 2015 ; Grudet, 2012 ; Piganiol, 2016). Nous pouvons citer également le cas de certains BET énergie qui se concentrent sur le dimensionnement des infrastructures sans intégration des enjeux d'exploitation des objets techniques dans leurs routines de travail. Nous rejoignons ainsi les travaux qui expliquent que les freins de la capitalisation sont notamment le décalage entre les enseignements individuels et collectifs, les apprentissages étant loin d'être homogènes entre les acteurs à l'intérieur de l'organisation (départ de certains acteurs clés, complexité de coordination et de capitalisation), ainsi que l'existence de routines défensives de certains professionnels (Argyris et Schön, 1978).

En somme, nous avons constaté que certains apprentissages restent parfois abstraits et difficiles à saisir. En effet, si ces idées circulent, la précision de certaines informations est parfois déformée ou perdue. Nous nous sommes retrouvés, par exemple dans notre cas, dans l'obligation de remonter précisément aux spécialistes qui ont réalisé les retours d'expériences sur certains projets, et à nous plonger dans les études de monitoring énergétique pour comprendre la portée de certains enseignements. Les acteurs interrogés au niveau de Bouygues et certains BET (Burgeap, Greenaffair) expliquaient qu'il y avait un problème dans la gouvernance du projet Hikari, cependant aucun ne comprenait pas quel était concrètement le problème de cette gouvernance au tantième (chapitre 4). Ceci est également le cas des dysfonctionnements techniques du système géothermique du projet Clichy-Batignolles, où les acteurs ne comprenaient pas précisément l'origine des défaillances des PAC du réseau de chaleur (chapitre 3). De plus, plusieurs travaux sur les apprentissages expliquent que les enseignements accumulés par les acteurs, sont plus au moins pérennes dans le temps et même réversibles (Koenig, 2006). Si la capitalisation des connaissances est indéniable, la question de leur pérennité dans le temps demeure posée, notamment face à l'importance des prescriptions de durabilité dans les projets.

2 Les apprentissages comme moteurs de transformation de la conception

Dans cette section, nous montrerons la constitution d'un écosystème d'acteurs composés de Bouygues Immobilier, de ses filiales et partenaires partageant des expériences et des valeurs communes autour de l'intégration des questions énergétiques et des préoccupations d'exploitation dans la fabrique urbaine (2.1). Puis, nous discuterons des effets des apprentissages autour des artefacts énergétiques sur l'activité de conception des acteurs. En effet, nous avons montré tout le long des chapitres empiriques l'importance des apprentissages réalisés sur divers projets démonstrateurs dans l'évolution des approches des acteurs sur les projets récents. Il s'agit de saisir ici concrètement, les effets de ces retours concrets sur l'activité de conception ainsi que les évolutions des savoirs et savoir-faire des acteurs de la conception (2.2).

2.1 La constitution d'un écosystème d'acteurs avec des valeurs partagées

Pour caractériser Bouygues Immobilier et ses partenaires, nous pouvons ainsi parler d'écosystèmes travaillant régulièrement ensemble dans le cadre de la réalisation de projets immobiliers et urbains durables. Si nous avons décrit les circulations entre Bouygues et ces filiales, notons qu'il existe également une circulation des professionnels entre Bouygues Immobilier et ses BET Énergie et cabinets d'architecture. Plusieurs acteurs interrogés dans cette recherche au sein de Bouygues Immobilier étaient par exemple des anciens du BET Ingérop ou de divers cabinets d'architecture[291]. Il faut toutefois noter que cet écosystème d'acteurs ne se décrète pas comme un collectif homogène sur les questions énergétiques mais il se constitue progressivement, de manière tacite et non planifiée au fil des projets. Il échappe de fait au pouvoir managérial au sein de Bouygues Immobilier ou d'autres structures partenaires. Les savoirs sont ainsi enracinés dans les pratiques situées des acteurs.

La constitution de valeurs communes se réalise à travers des interactions en réseaux (Akrich, Callon et Latour, 2006) entre ces acteurs que ce soit au sein des projets ou dans des événements externes (Journée de formation des métiers de l'Immobilier, Forum des projets urbains[292], les matins de l'immobilier Buisiness Immo, etc.)[293]. Ces acteurs partagent des histoires, des récits de retours d'expériences et des questionnements sur la conception et l'exploitation de certains systèmes techniques. Les apprentissages sur Hikari ou du Fort d'Issy les Moulineaux reviennent par exemple souvent dans le discours des acteurs au sein du Burgeap ou d'Embix qui n'ont pas forcément participé au projet. Plusieurs formules partagées sont ainsi revenues dans notre enquête comme : « il est nécessaire de raisonner en coût global », « il est très important de recourir au commissioning dans les projets », « Moi je suis convaincu de la nécessité d'avoir un opérateur urbain », etc. D'ailleurs, c'est après le constat de ces récurrences, dans le cadre de cette recherche, que nous avons décidé de traiter cette question de l'apprentissage et d'accumulation des connaissances autour des enjeux d'exploitation comme fil conducteur en arrière-plan dans ce manuscrit. Ainsi, même si la capitalisation des expériences est décrite comme insuffisante par la plupart des acteurs interrogés, nous constatons qu'il existe, même inconsciemment, une sédimentation des savoirs et des apprentissages chez tous les acteurs rencontrés (Nonaka, 1998) et ceci notamment concernant les enjeux d'exploitation des artefacts énergétiques, des sujets qui n'étaient pas abordés il y a encore quelques années.

L'intégration des enjeux d'exploitation des SE par les acteurs, s'inscrit dans une dynamique d'apprentissage et de la constitution d'une culture commune entre les acteurs concernant la conception, la réalisation et l'exploitation des systèmes énergétiques dans la fabrique urbaine, enclenchée depuis plus d'une quinzaine d'années. L'intégration des enjeux d'exploitation

[291] En plus de ces circulations professionnelles, les acteurs nous confient se rencontrer hors de la sphère professionnelle en échangeant régulièrement sur leurs projets.
[292] Site du Forum des projets urbains, https://www.projetsurbains.com , consulté le 07/10/2021.
[293] Malheureusement, nous n'avons pas pu avoir plus d'information concernant les rencontres de ces acteurs au sein d'événements professionnels.

représentent une évolution des manières de faire des acteurs sur les questions énergétiques et de durabilité dans la troisième et quatrième génération de quartiers durables. La constitution de cet écosystème d'acteurs participe ainsi au renouvellement des réflexions et des méthodes de la production de la ville durable. Les acteurs de la fabrique urbaine et de l'exploitation partagent de plus en plus de valeurs communes sur la conception et l'exploitation des artefacts en étant de plus en plus liés par la pratique de projets communs. La grande majorité des acteurs interrogés dans notre enquête ont insisté sur la nécessité de créer un acteur ensemblier sur les questions énergétiques à l'échelle du quartier pour anticiper l'exploitation des systèmes techniques (figure 6.3). De plus en plus de sujets non traités auparavant font aujourd'hui consensus entre les acteurs. À titre d'exemples : le promoteur Linkcity intègre Embix dans le projet Eole Évangile comme opérateur carbone et l'aménageur Paris Métropole aménagement prévoit de lancer une consultation d'opérateurs de services urbains sur son projet Saint-Vincent-de-Paul.

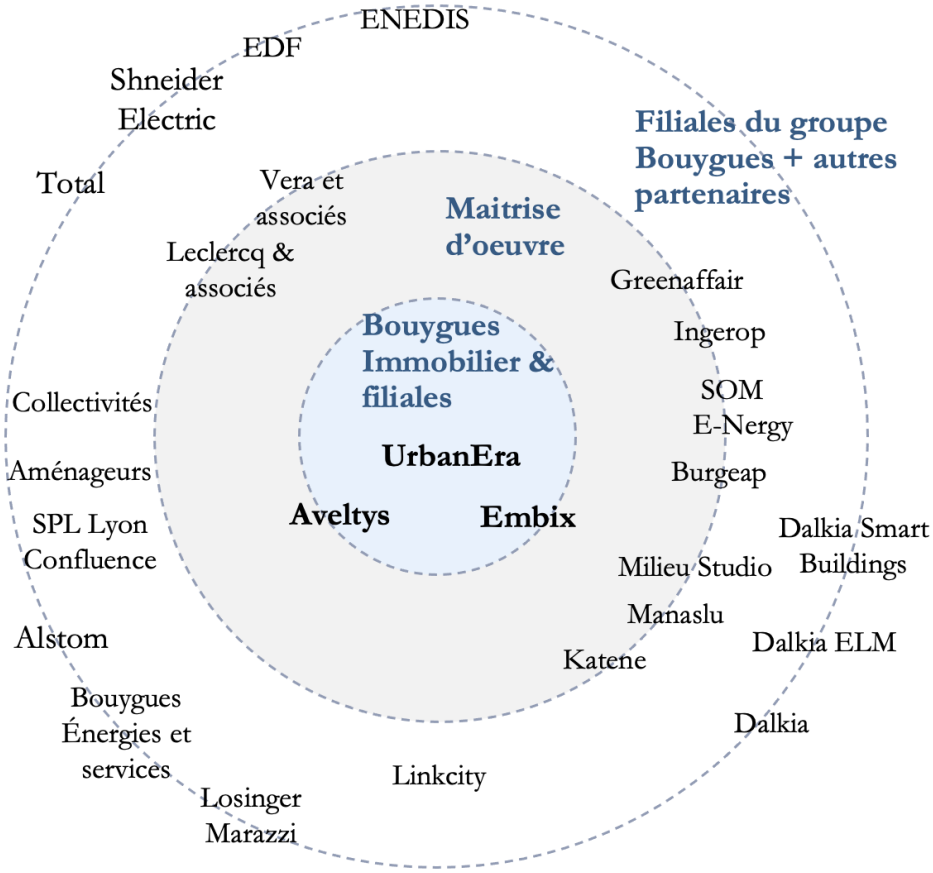

Figure 6. 3. Écosystème d'acteurs intervenants sur les questions énergétiques et leurs enjeux d'exploitation. Réalisation personnelle.

Nous ne parlons cependant pas de communauté ou de collectivité de pratique pour caractériser ce collectif d'acteurs (Verhage et Leroy, 2014 ; Wenger, 1998). En effet, une communauté de pratique implique trois paramètres : un engagement mutuel, un répertoire partagé entre les acteurs et une entreprise commune (Wenger, 1998). Dans notre cas, ces acteurs n'appartiennent pas aux mêmes organisations, ils ne partagent pas tous les mêmes objectifs/engagements même s'ils sont liés par la pratique et ils sont très hétérogènes avec différentes cultures et identités (des architectes aux

ingénieurs, en passant par les promoteurs et développeurs). La culture partagée se développe au fur et à mesure des interactions entre les acteurs. Par ailleurs, il existe des relations de pouvoir dans les projets, ce qui ne met pas tous les acteurs sur le même plan, ce qui n'est pas pris en compte dans la théorie sur les communautés de pratiques (Verhage et Leroy, 2014) (chapitre 1). La section suivante s'intéresse au rôle des objets techniques dans l'apprentissage des acteurs.

2.2 Les objets techniques comme leviers/supports de l'apprentissage

La socialisation de ces artefacts techniques (Toussaint et Vareilles, 2019), c'est-à-dire l'intégration de ces objets dans l'organisation spatiale, sociotechnique, juridique et économique des projets contribue aux échanges entre acteurs au sein des projets mais également à la constitution des savoirs collectifs. Notre enquête montre que l'intégration de ces objets impacte les projets que ce soit directement ou indirectement:

- Ils produisent des impacts directes à travers les contraintes de leur matérialité.

Les surfaces occupées par ces objest en toitures, en RDC ou en sous-sol peuvent engendrer des contraintes importantes réduisant les surfaces utiles à mobiliser dans les projets notamment en milieux denses. De plus, la matérialité de ces objets amène des sujets de nuisances sonores, olfactives et mêma parfois visuelles, qu'il est nécéssaire d'anticiper pour éviter des prblématiques pendant les usages des projets. Les contraintes matérielles très concrètes de ces objets incitent donc les profesionnels (promoteurs, architetes, ingénieurs...) à collaborer et à faire évoluer leur modes d'actions pour réduire les impacts sur la spatialité et la fonctionalité des projets en les localisant dans des délaissés spatiaux, en les cachant derrière des acrotères, etc.

- Ils produisent des impacts indirectes en soulevant diverses préoccupations d'exploitation.

Ces objects ont également des effets indirectes qui impactent les pratiques des acteurs en soulevant des préoccupations d'exploitation comme le coût de l'énergie, les conditions d'accès aux locaux techniques, les conditions de leur explotation inscrites dans les contrats de bails et d'abonnements, qui questionnent la conception. En définissant une partie des conditions d'usage, ces objets jouent ainsi le rôle d' « objets intermédiaires » entre concepteurs et usagers et invitent vers une évolution des pratiques pour appréhender leur exploitation. Au-delà des effets de l'intégration de ces actants dans l'activité de conception des acteurs, l'analyse a montré qu'ils représtent des vecteurs importants de l'apprentissage des acteurs. Au-dela de ces effets, ces objets représenent un levier de circulation des connaissances au sein des projets, ce que montre la partie suivante.

2.2.1 Les objets techniques comme support de circulation et de consolidation des apprentissages

L'analyse montre que la circulation et la consolidation des enseignements entre les projets se réalise en faisant référence aux caractéristiques des objets techniques intégrés dans les projets et à leurs enjeux d'exploitation. Les acteurs reviennent sur les systèmes techniques intégrés dans le projet Hikari (composé d'une cogénération à l'huile de colza et de panneaux solaires) pour ensuite expliquer les enseignements retenus : l'installation de PV en façade n'est pas efficace, la cogénération à l'huile végétale nécessite une maintenance spécialisée, la gouvernance des objets techniques doit être réfléchie, etc. C'est après avoir expliqué le système technique d'Issy-les-Moulineaux (composé d'un réseau de chaleur alimenté par des puits de géothermie de moyenne surface), que les acteurs expliquent la nécessité de créer un opérateur énergétique à l'échelle du quartier. Enfin, c'est après avoir présenté le réseau de chaleur alimentant Clichy-Batignolles par la géothermie profonde ainsi que les défaillances techniques des systèmes (PAC), que les acteurs concluent à la nécessité du suivi numérique des consommations énergétiques et à la réalisation du commissioning. Notre analyse a permis de montrer que les objets techniques participent à l'apprentissage et à l'évolution des compétences des acteurs. C'est à partir des défaillances et des préoccupations d'exploitation que posent les objets techniques et que se coordonnent les acteurs pour adopter des solutions nouvelles (Callon, Lascoumes et Barthe, 2001). Il existe ainsi des échanges en réseaux entre acteurs et actants qui constituent des leviers importants de capitalisation dans les projets. L'une des hypothèses est que les expériences sont rattachées à ces objets qui deviennent des vecteurs à la fois symbolisant et signifiants : ils font la réputation des connaissances rattachées à des procédés techniques (Ah, les PV, ça ne marche pas…). Ils sont la porte d'entrée par laquelle les acteurs arrivent aux connaissances sur les fonctionnements des systèmes et sur leurs enjeux d'exploitation. La partie suivante montre que les apprentissages autour des objets techniques sont également moteur de changement dans la conception.

2.2.2 Les apprentissages autour des objets techniques comme leviers de transformation de la conception

L'analyse montre ainsi que l'intégration des objets techniques conduit à des évolutions de trois ordres dans la fabrique urbaine : des transformations de repères culturels des acteurs, des modifications dans le contenu de la conception et enfin des modifications mineures de l'organisation de la conception liées à ces apprentissages.

a) Des apprentissages et des transformations de repères culturels

L'intégration de plus en plus importance des objets techniques au sein des projets a reintérrogé les repères des acteurs (section 1). Si les ingénieurs étaient cantonnés à des enjeux de dimenssionnement de ces objets, ils sont de plus en plus invités à discuter de ces objets et de leurs préoccupations d'exploitations et ceci face à des contraintes sociotechniques, spatiales, juridiques et financières des projets. Les préoccupations très concrètes d'exploitation comme le coût de l'énergie, la contractualisation ou le dimenssionnemnt des locaux techniques viennent

requestionner les repères déjà bien établis de ces acteurs. En outre, si les architectes n'abordaient pas ces sujets il y a quelques années, plusieurs concepteurs nous affirment que l'intégration de ces systèmes rentre aujourd'hui des les standards de la fabrique urbaine (PV, local chaufferie, PAC, etc.). Certains architectes s'en saisisent même comme des élements d'architecture et des supports d'expression d'une esthétique écologique et environnementale. Si l'intégration des préoccupations d'exploitation n'est pas considérée comme relevant de leur responsabilité, ces objets s'intègrent de plus en plus dans la pratique et les repères de ces acteurs. Enfin, les promoteurs dont le rôle s'arrêtait anciennement aux phases amont des projets se projettent de plus en plus sur l'exploitation des artefacts énergétiques et urbains construits. Les effets d'images négatives que peuvent amener les défailances de ces objets sur la communictaion des opérateurs, avec les plaintes des habitants et le mécontentement des élus, les incitent à prendre en charge ces préoccupations. Les repères et les cultures de ces derniers, centrés sur des logiques d'investissement en amont en réduisnt au maximum les coûts de réalisation et en ne se préoccupant pas de l'exploitation sont réintérrogés par la qualité d'usage et d'exploittaion des objets produits. Plus généralement, c'est en amenant des enjeux d'usages et d'exploitation que ces objets bousculent les repéres et logiques traditionnels des acteurs.

b) Des modifications dans le contenu de la conception liées à ces apprentissages

L'importance de la dimension d'usage qu'amènent ces objets requestionne le contenu de la conception et plus précisément les objectifs de la conception énergétique. En effet, si la conception des premiers projets durables avait comme ambition la démontration technologique, ces objets amènent à s'intérroger sur leurs conditions d'exploitation et leurs qualité d'usage (chapitre 5). Concrètement, le fait de revoir les objectifs énergétiques à la baisse à Sollys et NCU, afin de maitriser la facture énerégétique des habitants, constitue une illustation de ce reversement des préoccupations de la conception. Il s'agit aujourd'hui de se saisir des dimensions techniques, économiques, juridiques, spatiales et d'usages de ces objets, avec parfois des phases de conception qui se prolongent jusqu'à l'exécution pour assurer la prise en charge de ces préoccupations. L'émergence du métier de commissioning, désignant la mise en service de ces équipements en phase chantier ainsi que le suivi de leur fonctionnemnt, est également révélatrice de l'évolution des pratiques des acteurs. L'intégration de ces actants depuis plusieurs années amènent donc plusieurs apprentissages et évolutions des savoirs et savoir-faire autour de la conception, de la réalisation et de l'exploitation des objets sociotechniques.

c) Des modifications de l'organisation de la conception liées à ces apprentissages

L'analyse montre une prise de conscience importante des acteurs des freins de la coordination horizontale et verticale au sein de la fabrique urbaine. Pour dépasser la fragmentation fonctionnelle par phase de projets, de plus en plus de recours à des contrats de conception-réalisation-exploitation, avec des enteprises énergétiques, pour assurer la phase d'exploitation des projets. En outre, pour améliorer la coordination hotizontale au sein des projets, et notamment entre les architectes et les BET énergie, des *workshops* sont mis en place par les professionnels pour

accélérer les échanges entre les différents acteurs intervenants et faciliter l'intégration des objects techniques et les préoccupations d'exploitation (chapitre 4). Si l'analyse a montré qu'il reste encore plusieurs freins à lever, elle a également mis en lumière un apprentissage et une évolution progressive des compétences des acteurs autour de l'organisation de la conception en expérimentant différents leviers d'action. Les apprentissages autour des objets techniques, avec le constat de plusieurs défaillances, mal anticipées en phase conception, ou mal mises en œuvre en phase réalisation, ont contribué à mettre l'accent sur les enejux d'organisation du processus de fabrique urbaine. Enfin, l'analyse fait apparaitre également des moments d'accélération des échanges autour de l'intégration des objets technqiues (PV, cogé, systèmes de distribution de chaleur…), en amont des projets. L'intégration de ces objets crée des moments d'échange entre les acteurs et soulève plusieurs questions qui contribuent à faire évoluer les savoirs et savoir-faire des acteurs.

Nous confirmons de la sorte notre quatrième hypothèse qui stipule que les apprentissages sont des moteurs de transformation de la conception, en particulier de l'intégration de l'exploitation au sein de cette activité. Les apprentissages contribuent à initier l'introduction de l'exploitation dans la conception, la mettre à l'agenda du programme de travail et même parfois à la modifier en requestionnant les objectifs de départ, en engendrant des changements de technologies, etc. Les acteurs ont, de ce fait, recours à des analyses en coût global pour limiter les factures énergétiques des usagers, à des partenariats avec des entreprises énergétiques, au commissioning des systèmes, à la création de nouveaux acteurs sur l'énergie comme Embix, à l'organisation de workshops de conception, etc.

Si les travaux sur l'apprentissage (Fenker, 2015 ; Koenig, 2006 ; Nonaka, 1998 ; Verhage et al., 2012) se sont souvent concentrés sur les acteurs humains, notre enquête montre ainsi que les objets techniques participent également à la constitution des savoirs collectifs. Notre apport par rapport à cette littérature, est l'importance des objets techniques dans la diffusion et la consolidation des enseignements ainsi que la constitution de nouveaux apprentissages. En amenant des enjeux d'usage et d'exploitation, ces objets intérrogent l'évolution des savoirs et des savoir-fair autour de la conception, la réalisation et l'exploitation de projets urbains. La mobilisation de la sociologie de l'acteur réseau et notamment l'analyse des acteurs humains et des objets techniques (Akrich, Callon et Latour, 2006 ; Callon, 2006 ; Latour, 1996b) dans la fabrique urbaine, nous a aidés à relever l'importance des objets techniques dans la consolidation des apprentissages des acteurs. La prise en compte de la dimension matérielle est fondamentale pour appréhender les savoirs et les compétences des acteurs. Plus généralement, c'est la place des artefacts urbains dans la consolidation des apprentissages et l'évolution des savoirs et savoir-faire en urbanisme, que nous interrogeons également. En effet, les travaux sur la circulation des bonnes pratiques (Arab, 2007 ; Béal, Epstein et Pinson, 2015 ; Devisme, Dumont et Roy, 2007) ont montré l'importance de la circulation des différentes innovations techniques, architecturales et organisationnelles dans différents quartiers durables.

Enfin, la question qui reste posée est la diffusion des apprentissages à un cercle plus large d'acteurs, au-delà du cercle socioprofessionnel autour de Bouygues Immobilier. En effet, une des pistes de recherche de ce travail serait d'interroger à une plus grande échelle l'évolution des pratiques professionnelles du champ de l'urbanisme et de l'immobilier autour des questions énergétiques et des préoccupations d'exploitation urbaine. La partie suivante ouvre justement le champ de l'analyse, au-delà des apprentissages sur les questions énergétiques et les enjeux d'exploitation, sur l'évolution des acteurs et de leurs pratiques sur les services urbains.

3 Des services énergétiques aux services urbains : évolution des acteurs et de leurs modes d'actions

L'objectif dans cette section est d'ouvrir le champ de notre analyse pour interroger l'évolution des acteurs et de leur organisation, au-delà des questions énergétiques, sur divers services urbains. En effet, nous avons constaté au fil de notre enquête empirique, qu'au-delà des services énergétiques, les acteurs se positionnent de plus en plus sur divers services urbains, en intégrant leurs enjeux d'exploitation dès l'amont des projets. Nous montrerons dans un premier temps qu'il y a une évolution des pratiques des acteurs vers l'intégration des enjeux d'exploitation et ceci dès les phases concours (3.1). Dans un second temps, nous analyserons l'évolution des stratégies des promoteurs dans le cadre de leur positionnement en phase amont et aval des projets (3.2). Troisièmement, nous analyserons la montée progressive de plus en plus d'exploitants qui se positionnent en amont des projets. Nous verrons notamment que cela soulève plusieurs questions (3.3). Par la suite, nous discuterons du rôle des acteurs publics face à ces changements (3.4), pour enfin interroger la reconfiguration des acteurs de la fabrique urbaine suite à ces évolutions (3.5).

3.1 Évolution des pratiques vers l'intégration des enjeux d'exploitation en phase concours

Pour appréhender l'ampleur de l'intégration des enjeux d'exploitation en amont des projets, nous nous sommes intéressés aux projets Reinventer. Ces projets sont revenus plusieurs fois dans le cadre de nos entretiens comme des exemples de l'intégration des enjeux de durabilité ainsi que les préoccupations d'exploitation des nouveaux usages proposés en phase de consultation[294]. Plusieurs travaux ont mis en avant l'intégration de nouveaux usages et services dans les projets Reiventer par les opérateurs urbains (Rio, Josso et Gréco, 2019). Les usages intégrés dans les projets sont très diversifiés que ce soit des activités liées à la création de liens sociaux (co-living, résidences étudiantes, animation de quartier, conciergerie, la poste, collecte de données), l'alimentation localisée, le sport et les loisirs, la mobilité, l'éducation, les nouveaux espaces de travail, l'énergie, etc. Les tendances majeures, d'après une étude sur les services, réalisée en interne

[294] De plus, ces consultations sont plus récentes que le concours de NCU lancé en 2013, ce qui peut nous donner certains indices sur l'évolution de l'intégration des enjeux d'exploitation dans les projets ainsi que l'évolution des manières de faire des acteurs.

par Bouygues immobilier en 2018, ce sont les services liés à la création de liens sociaux et en second lieu arrivent les services liés à l'alimentation localisée (voir figure 6.4).

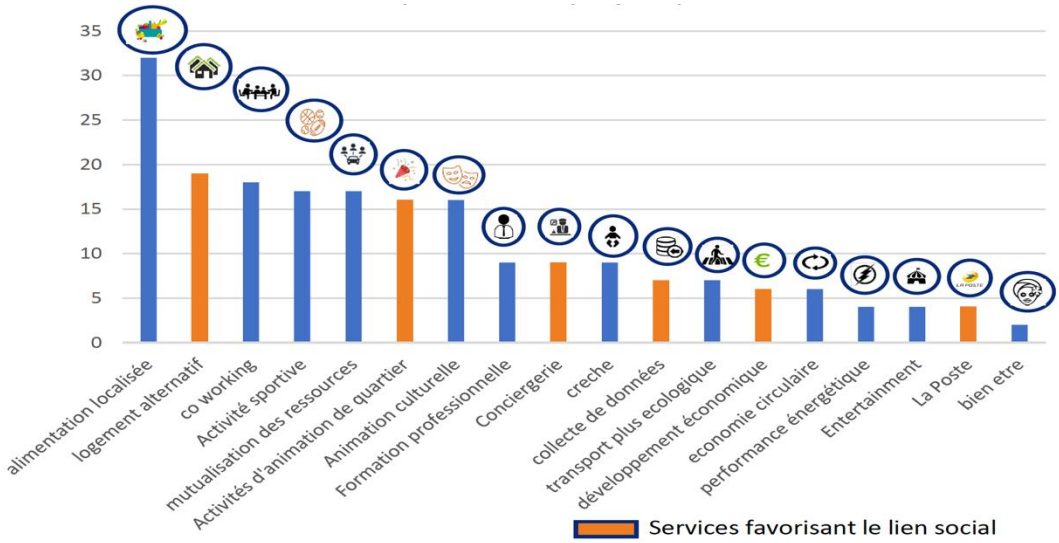

Figure 6. 4. Les types de services urbains intégrés dans les consultations Réinventer. Source : Bouygues Immobilier, 12/2018.

Divers exploitants sont par conséquent intégrés, dès l'amont des projets, pour porter les services proposés. La figure 6.5 montre la progression dans l'intégration des exploitants dans les groupements candidats à certains concours Réinventer composés de promoteurs, BET, AMO conseil, d'architectes et de paysagistes. En effet, « Alors que ces acteurs étaient le plus souvent absents du monde de l'aménagement et relégués en phase d'exploitation, la nouveauté des Réinventer consiste à intégrer les exploitants dès la conception des projets aux côtés des promoteurs et des architectes » (Rio, Josso et Gréco, 2019, p. 29). Notons par ailleurs, que les travaux menés depuis 2017 dans le séminaire « Métiers de l'aménagement : profils, trajectoires et compétences » de la Chaire « Aménager le Grand Paris »[295] montrent que l'avènement de nouveaux exploitants n'a pas été synonyme de création de nouveaux services, mais plutôt celui d'activation de ces derniers, essentiellement en centres urbains avec un potentiel important de création d'usages. Il y a eu ce faisant très peu de services créés en périphérie urbaine[296]. Cette tendance suit, d'après notre enquête, les demandes des collectivités. En effet, plusieurs acteurs nous expliquent qu'il y a aujourd'hui une évolution des méthodes des acteurs publics pour inciter les opérateurs privés à s'impliquer de plus en plus dans l'exploitation des projets avec une attention accrue donnée à l'animation des quartiers produits. Un chef de projet au sein de la direction innovation de Bouygues Immobilier nous explique ainsi :

[295] Voir à ce sujet «Qui aménage le Grand Paris ? », vidéo sur le site de l'université Gustave Eiffel, https://collections.univ-gustave-eiffel.fr/webdoc/Qui_amenage_le_Grand_Paris/ , (consulté le 06/10/2021).
[296] ? «Qui aménage le Grand Paris ? », vidéo sur le site de l'université Gustave Eiffel, https://collections.univ-gustave-eiffel.fr/webdoc/Qui_amenage_le_Grand_Paris/ , (consulté le 06/10/2021).

> « Dans les appels d'offres récents : Inventer Paris, Inventer la MGP, dessine-moi Toulouse, etc., les collectivités nous demandent d'apporter toujours plus de services et de valeurs ajoutées… Ils nous demandent de créer des espaces partagés, de porter des plateformes qui mettent en relation les usagers, etc. Car leurs objectifs ce n'est plus de faire du logement, mais de dynamiser un site... Qu'on fasse vivre le quartier, c'est très ambitieux... Ils peuvent même imposer des choses dans le PLU (ex de mettre des locaux à vélos). » (08/04/21).

D'après N. Rio et al, les appels à projets sont utilisés par la collectivité pour divers sujets : La volonté de contrer le tendanciel du marché en imposant certains usages ; la recherche de modèles économiques pour certains programmes spécifiques, la facilitation de l'acceptabilité de la densification, de l'usage du foncier public et l'incitation vers une réflexion urbaine territoriale au-delà des opérations et, enfin, l'identification d'exploitants et la définition de nouvelles offres de services. Effectivement, l'identification d'exploitants (fragiles et peu connus) sur divers sujets est exprimée clairement comme un souhait des collectivités dans le cadre des Réinventer. De plus, les appels à projets seraient une manière de rapprocher les opérateurs urbains des exploitants, ce qui peut inciter les premiers à faire évoluer leurs manières de faire les modèles économiques pour penser l'exploitation des artefacts urbains.

> « Les Réinventer se substituent à un appel à exploitants, voire à un appel à idées sur des lieux où la programmation reste à définir. Elle permet aux acteurs publics d'externaliser ce travail de *sourcing* sur les groupements privés et de se construire un large panorama des offres existantes et des modèles d'exploitation possibles. Cet usage est presque exclusif quand les sites sont des bâtiments patrimoniaux à réhabiliter que la ville souhaite conserver sans forcément savoir comment les occuper. L'émulation des appels à projets suscite des rapprochements inédits entre des acteurs fragmentés et obligent les opérateurs traditionnels à faire évoluer leur modèle économique pour donner une place à des exploitants plus fragiles et moins standardisés. Elle agit aussi comme un révélateur des porteurs de projets mobilisables sur le territoire, même si cela diminue avec la taille des projets (c'est une des grandes vertus des deux éditions de Réinventer Paris, ciblés sur des sites plus petits et plus atypiques) » (Rio, Josso et Gréco, 2019, p. 30)

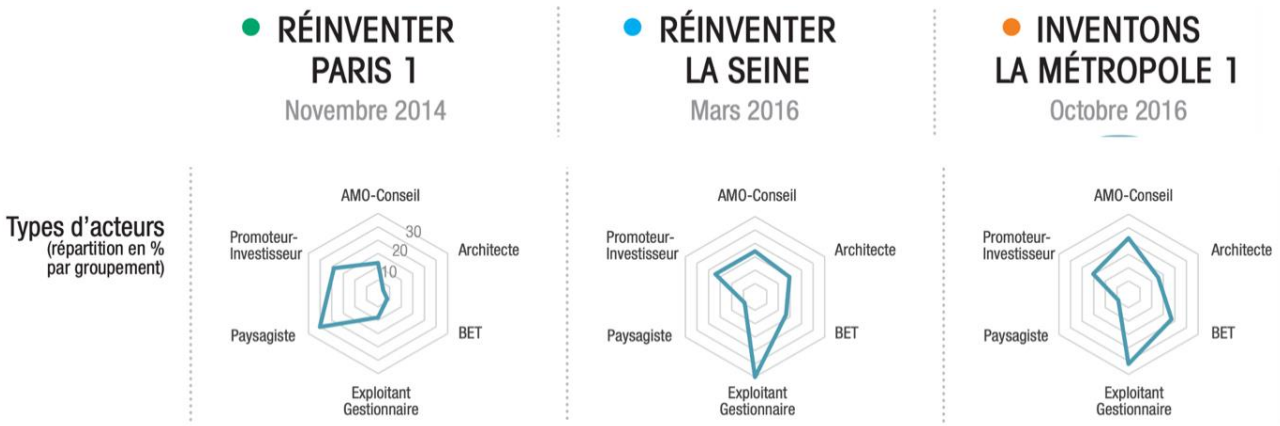

Figure 6. 5. Types d'acteurs intégrés dans les équipes de réponses à concours. Source: Institut Paris Région, 2018.

Par ailleurs, il convient de noter que l'une des « innovations juridiques des Appels à projets urbains innovants était dans le fait que, dans leurs réponses, les candidats prenaient des engagements sur 10 ans, avec une obligation de moyen sanctionnée à posteriori. La portée juridique de ces clauses de sauvegarde restera à vérifier, mais elles traduisent assurément l'émergence d'un nouvel horizon temporel pour les promoteurs » (Baraud-Serfaty et Rougé, 2020, p. 10). En effet, cet engagement d'une dizaine d'années montre clairement les préoccupations des acteurs privés pour intégrer les usages et l'exploitation des quartiers produits.

Plusieurs auteurs expliquent ainsi que cette intégration des exploitants en phase concours incite ainsi vers une conception en partant des services en mettant l'accent plus sur l'exploitation que sur la conception et la réalisation : « L'accent sur les « gestionnaires » s'accompagne de la mise en visibilité de nouvelles programmations, emblématiques du basculement vers un *immobilier as a service* où l'exploitation prime sur la construction du bâti. Ce n'est donc pas un hasard si ces consultations foisonnent de concepts programmatiques innovants : tiers-lieux culturels, espaces de co-working, résidences en co-living, fablabs, sports urbains et écoles hors contrats, agriculture urbaine, etc. » (Rio, Josso et Gréco, 2019, p. 29). L'intégration de nouveaux usages et services ainsi que des acteurs chargés de porter ces enjeux en amont constituent ce faisant des innovations des projets Réinventer (Rio, Josso et Gréco, 2019). Au-delà de l'innovation de méthode, cela re-questionne fortement le processus traditionnel de fabrique de la ville avec de nouveaux acteurs arrivant très en amont du développement des projets. Ces évolutions des manières de faire des acteurs sont également révélatrices d'une évolution des acteurs et de leur organisation. La partie suivante s'intéresse à l'évolution des stratégies des promoteurs pour se positionner sur les services urbains.

3.2 Évolution des promoteurs pour se positionner sur les services urbains

3.2.1 De la production urbaine à l'exploitation des services urbains

Le constat du positionnement des promoteurs sur les sujets d'exploitation des projets, en proposant divers services urbains, a été réalisé par divers chercheurs et acteurs professionnels (Baraud-Serfaty et Jacquot, 2016 ; Peynichou, 2020) comme expliqué dans le chapitre 1. Les préoccupations grandissantes sur la qualité des services proposés aux habitants et la vision, communément partagée par les acteurs, que la valeur se retrouve en phase aval, incitent les opérateurs urbains à se positionner de plus en plus en phase d'exploitation des projets.

Le positionnement du promoteur Bouygues Immobilier en phase d'exploitation a vu le jour dans le quartier du Fort d'Issy (Peynichou, 2020). En effet, face aux problématiques qui se sont posées sur le projet, cet acteur s'est trouvé dans l'obligation de se positionner comme un opérateur de services urbains en phase d'exploitation alors même que le métier de cet acteur était terminé. « après la livraison des logements, l'entreprise a continué de veiller pendant plusieurs années au fonctionnement général de l'ensemble, à la vitalité des commerces en partenariat avec la ville et la SEMADS, au service après-vente des dispositifs domotiques implantés dans les logements, à la

prise en charge ou à la redirection vers les opérateurs concernés des plaintes, des litiges ou des dysfonctionnements » (Peynichou, 2020, p. 8). Une agence locale de Bouygues Immobilier a même été chargée de « répondre aux questions et aux demandes des résidents et des commerçants, souvent en posture d'intermédiaire entre la ville, l'intercommunalité, les prestataires de services (exploitation des déchets par aspiration, système domotique, etc.) et les occupants du Fort » (Peynichou, 2020, p. 9). Le promoteur s'est associé notamment avec la *stratup* BeParK, en entrant en capital de l'entreprise via son fonds d'investissement BIRD, pour l'exploitation de l'assiette de parking mutualisée dans le projet à l'aide d'une application numérique. C. Grellier, ancien directeur de l'open innovation de Bouygues Immobilier, explique ainsi « Après la modélisation 3D avec Mycloud 3D, le crowfunding immobilier avec Lymo et l'habitat connecté avec Intent Technologies, BIRD investit avec BePark le secteur du smart parking. Ce nouvel investissement illustre une fois encore notre ferme volonté de développer l'innovation dans tous les domaines pour être à même de relever les défis de la ville de demain » [297]. Depuis, le promoteur propose plusieurs services à l'échelle de ces opérations. Il met en avant des offres de logements connectés avec l'application Flexome qui inclut divers services de domotique[298] ; il a développé en interne une application appelée « Entre voisins » [299] qui a comme objectif la création de liens sociaux entre les habitants et il propose un service de conciergerie, expérimenté dans plusieurs de ces résidences et notamment au sein du projet Gingko à Bordeaux.

Au-delà du cas de Bouygues Immobilier, plusieurs promoteurs tentent également de se positionner sur les services urbains. D'après un chef de projet chez BI, « Notre objectif est de se démarquer. Donc, tous les promoteurs se positionnent sur les sujets de services. Quand on a sorti par exemple Entre voisins, Nexity a sorti à l'époque son application Eugenie[300] ». Ceci est également le cas du promoteur Quartus qui a lancé en 2019 « FaciliCiti » « une initiative qui associe l'animation d'une communautée de vie à l'échelle d'un quartier, la gestion de copropriété ou la gestion locative, et la prestation de services […] A mi-chemin entre syndic et conciergerie, à travers une application, une équipe de proximité dédiée et un lieu ressources, FaciliCiti a l'ambition de simplifier le quotidien des habitants et de contribuer à l'animation du quartier. Objectif : partir des modes de vie des habitants pour leur proposer une offre de services entièrement repensée, au plus près de leurs attentes et des spécificités du quartier » (Baraud-Serfaty et Rougé, 2020, p. 10).

---

[297] Voir la page « Bouygues Immobilier prend une participation dans BePark, Une start-up innovante spécialisée dans le smart parking » du site de Bouygues Immobilier, https://www.bouygues-immobilier-corporate.com/fr/communique-de-presse/bouygues-immobilier-prend-une-participation-dans-bepark-une-start-innovante, (consulté le 15/06/2021).

[298] Elle offre des services de gestion du chauffage, de la lumière, des volets roulants et de détecteurs de fumée connectés.

[299] Voir la page « Entre Voisins : mieux connecté à vos voisins du site de Bouygues Immobilier, https://www.bouygues-immobilier.com/choisir-bi/flexom-et-entre-voisins/entre-voisins, (consulté le 06/10/2021).

[300] Solution de logements intelligents et de réseau social des résidents, application qui est arrêtée aujourd'hui.

De nouvelles offres immobilières sont même aujourd'hui proposées en intégrant des packs de services. Nous pouvons lire sur le site de Bouygues immobilier « Fournir des m² ne suffit plus, nous sommes entrés dans l'ère des services. Avec nos partenaires, nous avons développé une offre variée de solutions d'exploitation de résidences (Jardin d'Arcadie, Koumkwat), mais aussi de co-working et de services pour les immeubles tertiaires (Aveltys, Embix, Wojo) »[301]. Une offre de logements locatifs appelée « built to rent »[302] est également proposée par Linkcity, proposant divers services intégrés. « Ces résidences seront composées de logements familiaux « prêts à vivre ». Elles comporteront d'importantes surfaces partagées telles que des salons de lecture ou TV, un rooftop, une salle de sport ou encore un espace de coworking, particulièrement utile en période de télétravail. Les résidents des immeubles pourront également solliciter leur conciergerie connectée, accédant ainsi à de nombreux services d'aide à la personne (ménage, jardinage, bricolage, etc.) ou aux services de commande à distance des commerçants de leur quartier. Ces logements bénéficieront de cuisines entièrement équipées avec un haut niveau de qualité et ils bénéficieront de la dernière technologie de bâtiments connectés Wizom Connected, développée par Bouygues Construction »[303].

Mais un des leadeurs sur les services est le promoteur Nexity. En effet, ce leader de la promotion immobilière, est désormais le numéro 2 de l'administration de biens en France. « Nexity est le premier groupe immobilier français intégré intervenant sur l'ensemble des métiers de la promotion et des services immobiliers et ayant une présence forte sur l'ensemble des cycles. Notre plateforme de services à l'immobilier est centrée sur les attentes et les besoins de nos clients »[304]. Il investit divers sujets comme le télétravail avec sa filial Blue Office, la gestion locative avec sa filiale E-Gérance ou encore le covoiturage avec sa filiale Autopartage[305]. La stratégie de ce promoteur aujourd'hui est de rentrer en capital d'investissement de diverses entreprises pour élargir leur champ d'intervention sur les services, à l'exemple de sa participation au capital de Morning Coworking (Groupe BAP), l'un des leaders du coworking en France[306] ou encore à celui de Agide-Domitys, leader des résidences services seniors non médicalisées[307]. Enfin, le promoteur Nexity propose même des services de syndic de copropriété sur ces opérations[308].

---

[301] Voir la page « Exploitation et services » du site de Bouygues Immobilier, https://www.bouygues-immobilier-corporate.com/fr/activite/exploitation-et-services , (consulté le 06/10/2021).

[302] Voir la page « Une initiative pour développer le Build to Rent en France » du site Constructioncayola, https://www.constructioncayola.com/batiment/article/2020/09/17/130181/une-initiative-pour-developper-build-rent-france , (consulté le 07/10/2021).

[303] Bouygues Immobilier, « Keys asset management et Bouygues construction s'associent pour développer le BTR (Build To Rent) en France », *communiqué de presse*, 2p, 17/09/20.

[304] Nexity, 2018, « Document de référence incluant le rapport financier annuel », *rapport,* p.48.

[305] Voir la page « Nexity lance une offre de service d'autopartage » du site de Nexity, https://www.nexity.fr/immobilier/particuliers/actualites/service-autopartage, (consulté le 08/10/21).
Notons aussi que le promoteur s'intéresse également à la colocation avec sa filiale Weroom qui n'existe plus aujourd'hui.

[306] Nexity, 2018, « Document de référence incluant le rapport financier annuel », *rapport,* p.48.

[307] Ceci est également le cas de Bouygues Immobilier qui porte plusieurs offres en partenariat avec d'autres entreprises comme Accord, Alstom, Schneider Électric, etc.

[308] Page « Des besoins des français aux services immobiliers de demain : l'approche unique de Nexity pour le bien vivre ensemble » du site de Nexity, https://pressroom.nexity.fr/actualites/des-besoins-des-francais-aux-services-immobiliers-de-demain-l-approche-unique-de-nexity-pour-le-bien-vivre-ensemble-b023-6731a.html , (consulté le 08/10/21).

Encadré 6. 3. La remontée des promoteurs en amont

Notons par ailleurs que de nombreux promoteurs tentent dans le sens inverse de remonter en amont pour contrôler toute la chaine de l'aménagement. En effet, en parallèle du glissement des acteurs vers l'aval de l'aménagement, certains s'appliquent également à remonter de plus en plus en amont de la chaine de l'aménagement (Baraud-Serfaty et Jacquot, 2016). Un des exemples est le promoteur Bouygues Immobilier avec la création de sa filiale UrbanEra qui s'occupe de l'aménagement de plusieurs quartiers durables (NCU, Charenton Bercy). Ceci est également le cas de la filiale suisse de Bouygues Construction Losinger Marazzi qui s'occupe ainsi depuis plusieurs années de la conception et de la réalisation de divers quartiers durables en Suisse, en tant qu'entreprise ensemblière[309]. Enfin, nous pouvons également citer le cas de Nexity qui a « racheté près de 20 hectares sur le secteur des Docks de Saint-Ouen avant la création de la ZAC et la transformation du PLU. Cette opération a été possible du fait de l'occupation du site, permettant à Nexity de percevoir des loyers couvrant tout ou une partie du portage du foncier. Le rachat du site de la direction de l'armement à Bagneux (DGA), suite à son transfert à Balard, par l'investisseur LBO France qui le développe avec Linkcity (groupe Bouygues), constitue un autre exemple » (Baraud-Serfaty et Jacquot, 2016, p. 5). L'évolution du rôle des promoteurs dans la fabrique urbaine est indéniable. P. Citron parle d'intégration verticale des activités des grands promoteurs notamment avec la maîtrise en amont du foncier. « Leurs importantes capacités d'investissement en amont dans l'aménagement urbain leur permettent d'assurer des réserves foncières et des volumes d'activité pour leurs filiales situées en aval de la chaîne de production de valeur ». En effet, ces grands acteurs arrivent à réaliser des péréquations économiques entre leurs filières projets ce qui leur permet d'avoir une flexibilité dans les montages financiers (Citron, 2017).

Pourtant, ce fort investissement sur les services par les promoteurs n'est pas aussi simple. La partie suivante aborde le recours de plus en plus courant aujourd'hui au partenariat face à la complexité des services urbains.

3.2.2 Le recours aux partenariats face à la complexité de faire vivre les services proposés

Pendant notre enquête, la viabilité de ces nouveaux services proposés par les promoteurs a été décrite comme étant très compliquée. Par exemple, l'application « Flexhome », lancée Bouygues avec un partenaire, pour proposer des services de domotique dans les logements (dont quelques résidences à NCU), a été abandonnée dans plusieurs résidences, pour des questions de faible adhésion des usagers à l'application et quelques soucis techniques. L'application « Entre voisins », qui a comme objectif de créer du lien social au sein des résidences du promoteur, a également été complètement arrêtée pour des questions de complexité de l'exploitation des données numériques des résidents ainsi que la faible adhésion des usagers. L'installation de plusieurs conciergeries, un

[309] L'entreprise a porté plusieurs projets de quartiers durables : Eikenott à Gland, Im Lenz à Lenzburg Greencity à Zurich, Erlenmatt à Bâle, Quai Vernets à Genève.

concept à la mode il y quelques années, a également été abandonné, essentiellement pour des raisons de non rentabilité de ce service. Enfin, les services de mise à disposition d'espaces partagés (à l'exemple de *friends and family room*) au sein des résidences ont été décrits comme particulièrement complexes car cela implique de mettre en place des règles d'usages qui doivent être intégrées dans le règlement des copropriétés. Selon un chef de projet au sein de la direction Innovation de Bouygues Immobilier, il est impératif que ces services soient accompagnés d'une prestation d'animation et d'exploitation. Il convient par exemple de créer *des community manager* et de désigner des ambassadeurs (des habitants assez engagés) et ceci dès la livraison des résidences pour porter ces usages et services, auprès de tous les habitants. Les acteurs au sein de BI, nous expliquent ainsi que l'exploitation de ces services au sein des quartiers sont des sujets très complexes et dépassent largement les compétences et le champ de responsabilités des promoteurs.

> « Mais là où il y a une complexité, c'est sur ces fameux espaces partagés à l'exemple de *la friends and family room*… Un espace partagé ça fait partie des parties communes, tu dois donc mette en place des règles qui doivent être votées dans le règlement de copropriété, de plus il faut accompagner ces usages ce qui crée une prestation en plus […] Il y a vraiment besoin d'un *community manager* qui anime au moins au moment de la livraison, qu'on identifie des ambassadeurs qui ont pour objectif de faire vivre cette application à l'exemple de poster des propositions d'événement, des rencontres et autres… C'est plein de choses qu'avant, on ne gérait pas du tout, ça va carrément au-delà de notre métier. » (Chef de projet, Direction Innovation, Bouygues Immobilier, 08/04/21).

De plus, d'après notre enquête, au sein de Bouygues Immobilier, ces services ne sont absolument pas rentables pour les promoteurs. Pour les rentabiliser, il est nécessaire d'avoir des effets d'échelle importants, ce qui s'avère très compliqué en restant que sur les opérations du promoteur.

> « Il y deux ans, tout le monde voulait des conciergeries, le modèle économique, on ne le trouve toujours pas, ça nous coûte 130.000€ de mettre en place une conciergerie. …Quand tu as une conciergerie, il faut payer le loyer, le salaire du concierge et les prestations de services que tu fais. Donc il faut faire de la marge, et pour ça, il faut être dans des quartiers où tu as beaucoup de résidents. Si je prends l'exemple de Ginko à Bordeaux, ils ont mis une conciergerie, ça ne marchait pas très bien. Ils ont fait par la suite du coworking, ça ne marchait pas aussi. Du coup, là ils font de la location de salles. » (Chef de projet, Direction Innovation, Bouygues Immobilier, 08/04/21).

D'après notre enquête, au-delà du développement de certains services en interne ou de la rentrée en capital de certaines entreprises de services, les opérateurs ont de plus en plus tendance à recourir aux partenariats avec divers exploitants en amont des projets. Ce recours au partenariat s'explique essentiellement par la complexité de l'exploitation des services proposés. L'intégration d'une pluralité d'exploitants dans les groupements candidats dans les consultations Réinventer, portée par les promoteurs, est un bon exemple de cette évolution des manières de faire des acteurs. Si ces services ont été, au départ, intégrés pour des questions de différenciations par rapport aux concurrents (partie 2.1), cette tendance tend à devenir aujourd'hui, d'après les acteurs interrogés dans notre enquête, moins systématisée et plus réfléchie pour éviter des problèmes en exploitation. En effet, les collectivités deviennent de plus en plus méticuleuses dans l'analyse des offres services proposées et leur faisabilité.

> « Le sujet des services est là depuis cinq ans et il commence à se tarir car tout le monde a compris que le promoteur ne peut pas payer, après ça rentre dans les charges des copros et les gens ne veulent pas payer… Les collectivités ne sont pas dupes. En phase de développement on met une petite startup qui fait bien briller le projet, mais au final, elle n'est pas suffisamment solvable et dans la réalité c'est hyper compliqué à mettre en œuvre. Nous, maintenant on fait attention à avoir des partenaires solides…Au lieu de répondre à tout va avec une liste de partenaires, on fait une vraie réponse, ce qui est logique. Les collectivités aujourd'hui nous demandent tellement de rendre des comptes qu'on est obligé de faire ça. Il faut choisir son combat et tenir ses promesses. » (Chef de projet, Direction Innovation, Bouygues Immobilier, 08/04/21).

Aussi, pour la gestion de l'ensemble de ces partenaires intégrés au sein des projets, les acteurs interrogés reviennent toujours à l'importance du rôle d'opérateur de services urbains. En effet, cet acteur, au-delà de porter un engagement sur l'exploitation des projets, jouerait également le rôle de chef d'orchestre pour les différents partenaires embarqués (chapitre 4).

3.2.3 Évolution des méthodes de faire vers la sobriété des solutions proposées

Face à la multiplicité des objectifs et de la complexité de l'exploitation des nouveaux usages et services proposés, les acteurs tentent aujourd'hui, d'après notre enquête, de prioriser leurs engagements pour arriver à concrétiser ces derniers en exploitation. Les acteurs interrogés au sein de la direction innovation de Bouygues Immobilier nous affirment par exemple avoir complètement changé leurs méthodes aujourd'hui pour accompagner les développeurs concours dans les réponses à consultations. L'objectif est ainsi de réduire le nombre d'objectifs et de promesses portés par le promoteur (dont le sujet des services) pour proposer une réponse structurée autour de trois piliers et une promesse.

> « À la direction innovation, on a mis une méthodologie qui permet d'accompagner les développeurs fonciers dans les réponses à concours. On réalise premièrement un diagnostic économique et social de territoire. Parfois on fait appel à des sociologues pour comprendre qu'est ce qui manque sur le territoire ; on fait ensuite une cartographie des parties prenantes, avec qui on va pouvoir s'associer et, enfin, on fait un énorme brainstorming, plus ou moins des ateliers d'intelligences collectives pour arriver à construire une réponse qui comprend trois piliers et une promesse. » (Chef de projet, Direction Innovation, Bouygues Immobilier, 08/04/21).

De surcroit, au-delà de proposer d'innombrables services, l'enjeu aujourd'hui est de porter des concepts moins onéreux et plus maîtrisables au sein des projets[310].

> « À l'innovation, on travaille sur les concepts en ce moment. On va carrément travailler, dans le logement, sur comment on améliore ou on crée de nouveaux usages, on travaille sur les circulations, les espaces de rangement… On a donc fait un catalogue de solutions facilement

[310] La direction communication de Bouygues immobilier communique sur Linkedin sur un catalogue de produits et services réalisé par la direction innovation « La direction de l'Innovation de Bouygues Immobilier a conçu un catalogue de produits et services à forte valeur ajoutée pour embellir le quotidien des habitants de nos programmes immobilier. Ce guide destiné à nos équipes opérationnelles fourmille de conseils et bonnes pratiques pour mettre en place des lieux de vie et de convivialité en phase avec nos #enjeux #environnementaux : #Potagers urbains, jardins partagés, #mobilité douce, #nichoirs , hôtels à insectes… Des solutions vertueuses qui devraient aussi être sources de plaisir pour nos clients #Environnement#Biodiversité #nature #RSE » (26/06/21).

implémentables, peu onéreuses, et avec beaucoup de valeurs perçues, à destination des programmes. Par exemple, mettre des bacs de composteurs dans les opérations, mettre en place des ruches ou des nichoirs, faire des ateliers pédagogiques pour accompagner l'usage des espaces paysagers, etc. Ça reste quand même des services qu'on propose mais pas que... » (Chef de projet, Direction Innovation, Bouygues Immobilier, 08/04/21).

Par ailleurs, l'intégration de divers nouveaux acteurs et exploitants en amont des projets n'est pas évidente et soulève également plusieurs questions, ce qui est l'objet de la partie suivante.

3.3 La remontée des exploitants dans la fabrique urbaine qui pose question

3.3.1 L'intégration d'exploitants qui pose question

Les concours Réinventer ont montré qu'il y a une diversité d'exploitants intégrés que ce soit de nouveaux acteurs de petite taille à l'exemple de plusieurs acteurs intervenant sur l'alimentation localisée comme Mugo[311],Topager[312], Agripolis[313] ou sur le logement alternatif comme GNC Colocation[314], ou de grandes entreprises de services urbains comme Bouygues énergies et services, Coefely ou la poste services[315]. Au-delà des concours Reinventer, la plupart des exploitants interrogés nous expliquent qu'ils sont de plus en plus consultés en amont mais sans être officiellement intégrés dans des démarches de *partnering* par exemple. Un énergéticien Suisse explique que la demande des opérateurs, à cette étape, concerne souvent des demandes d'informations sur l'alimentation énergétique des projets, des précisions sur les limites de prestation des acteurs, la répartition du portage financier des artefacts énergétiques installés ainsi que le prix de l'énergie.

> « Ils nous font intervenir en phase de concours pour bien clarifier certains éléments: « je n'avais pas compris que le *contracting* ça voulait dire que c'était mon locataire qui payait la pompe à chaleur, pour moi, tu dois payer la pompe à chaleur, etc. ». On leur dit : on prend la pompe à chaleur, on met un échangeur, l'échangeur d'eau chaude sanitaire est chez vous, donc vous payez, etc. On donne des infos et si oui on y va et on donne des procédures un peu standard, des limites de prestation mais on ne va pas au-delà ... [après c'est l'opérateur urbain qui] fait la feuille de route, qui nous donne notre niveau de prestation attendu et nous, on leur donne soit le prix de raccordement, et le prix de l'énergie. » (Ingénieur d'affaires, Service Industriel de Genève, SIG, 22/10/2020).

D'après un chef de projet au sein de Bouygues Immobilier, le recours à des petits exploitants est plus favorisé que les grandes entreprises de peur de se retrouver en situation de dépendance face à ce dernier, à l'exemple de ce qui s'est passé avec DSB comme expliqué dans le chapitre 3 sur le cas de NCU. Les critères de sélection de ces petits exploitants relèvent ainsi de ces trois points d'après notre interlocuteur : leur ancrage local, leur maturité (des structures matures avec une certaine expérience) et leur stabilité financière.

---

[311] Voir le site internet de Mugo, https://www.mugo.fr/ , (consulté le 07/10/2021).
[312] Voir le site internet de Topager, http://topager.com/, (consulté le 07/10/2021).
[313] Voir le site internet de Agriplus, http://agripolis.eu/, (consulté le 07/10/2021).
[314] http://gncolocation.paris/ (plus accessible).
[315] L. Peronin, 2018, « Étude services urbains », *Etude interne commanditée par Bouygues Immobilier*, 41p.

> « Moi j'oriente les développeurs à prendre des partenariats locaux. Je leur dis ne prenez pas les gros. Notre premier client c'est la collectivité pour avoir le terrain. Si on lui dit on participe au développement économique de sa commune, c'est un plus. Pour trouver les exploitants, on cherche dans un premier temps dans un spectre d'échelle local et si on ne trouve pas, on va au national…2) on regarde la stabilité de l'entreprise, si elle est trop jeune, c'est un risque que dans trois ans elle ne soit plus là. 3) Le sujet financier. Au final, c'est au développeur de nous dire oui ou non. Après, généralement, si on met un exploitant stable, on peut mettre à côté une association qui ne fonctionne pas très bien. Tout est une question d'équilibre économique de l'opération. » (Direction Innovation, 08/04/21).

Toutefois, si l'intégration de ces grandes entreprises peut engendrer la contrainte de la conception, l'intégration de nouveaux acteurs plus fragiles en phase très amont (et notamment en phase concours) soulève deux autres questions : Dans un premier temps, cela pose la question du rôle précis joué par ces acteurs en phase amont. Ces derniers se positionnent-ils comme AMO, comme conseil ou comme futurs exploitants ? Dans un second temps, cela pose la question de la pérennité de leurs activités en phase aval. L'intégration d'exploitants est-elle suffisante pour sécuriser l'exploitation ? Comment l'habitant disposant de ces services en complément de son produit immobilier peut-il avoir l'assurance de ces services dans le temps long de l'exploitation ? (Baraud-Serfaty et Rougé, 2020).

> « Lors de l'enquête menée auprès des opérateurs privés, nous avions souligné l'ambiguïté qui plane sur le statut de ces exploitants au sein des groupements candidats. Sont-ils mobilisés en tant qu'AMO apportant leur maîtrise d'usage des espaces concernés, en tant que gestionnaires futurs de ces espaces à moyen-terme ou comme preuve de la commercialisation possible de ces produits immobiliers hybrides ? Les commentaires recueillis lors du questionnaire Acteurs publics témoignent de ce malaise. Si les répondants soulignent l'apport de ces acteurs pour « l'ancrage local des projets », l'élaboration d'une « programmation sur-mesure » et la « bonne prise en compte des contraintes d'exploitations », personne n'est dupe de leur fragilité. La temporalité des projets immobiliers n'est pas conforme à celle beaucoup plus rapprochée de l'exploitation, et questionne sur la nature de leur engagement. Le risque que ces programmes innovants soient abandonnés au fur et à mesure de la réalisation du projet est aussi envisagé. » (Rio, Josso et Gréco, 2019, p. 29)

Enfin, le manque d'association des usagers finaux à ses démarches d'appels à projet a été relevé par divers travaux comme un risque d'aboutir à des projets tournés vers les usages les plus solvables ou privilégiant des intérêts spéculatifs sans forcément répondre aux besoins des habitants.

> « L'élargissement du dialogue au sein des groupements à de futurs utilisateurs et gestionnaires de services ne signifie pas pour autant que les questions d'usages et les enjeux démocratiques soient posés dans ces consultations. La "création de valeur d'usage" ne peut être suscitée uniquement dans l'entre-soi d'investisseurs et de professionnels idéalisant "en chambre" des pratiques "d'usagers-consommateurs", en présageant une appropriation et une acceptabilité sociale de leurs solutions » (Meunier, Redoutey et Zetlaoui-Leger, 2018, p. 4).

Au-delà des exploitants, nous avons également constaté, dans notre enquête, la remontée de plusieurs gestionnaires/investisseurs immobiliers en amont des projets que ce soit à Sollys, NCU ou Suai Vernets. La partie suivante discute la remontée de ces acteurs dans l'amont de la fabrique urbaine.

3.3.2 La remontée des investisseurs et gestionnaires immobiliers

Plusieurs gestionnaires/investisseurs immobiliers tentent de plus en plus d'intervenir en amont pour influencer la conception de leurs produits immobiliers et urbains. Nous avons observé dans le cas de la conception énergétique du projet NCU (chapitre 3) comment les investisseurs des Green Offices AG2R LA Mondiale et Ivanhoe Cambridge ont impacté la conception énergétique du projet en imposant à être propriétaire de leurs systèmes techniques et à avoir une réserve de déconnexion du réseau d'eau tempérée commun. Ceci est également le cas des investisseurs immobiliers dans le projet Suisse Quai Vernet, où ces acteurs ont impacté même les détails de l'aménagement intérieur des logements. Ces gestionnaires/investisseurs réalisant ce faisant un contrôle du futur en remontant en amont de la fabrique urbaine pour influencer sur la conception des bâtiments (Baraud-Serfaty et Jacquot, 2016).

La remontée des investisseurs est également constatée dans le cas de projets d'aménagement. Certains investisseurs remontent en amont des projets, par le biais de montages spécifiques sur l'acquisition de foncier de projets d'aménagement. Nous pouvons citer les deux exemples de l'intervention de la société de capital d'investissement LBO France le projet des Mathurins à Bagneux ou encore de la société d'investissement Tikehau « Plusieurs fonds ont été créés à cette fin, pour le portage foncier et pour l'investissement immobilier. Le fonds TLS (Tikehau Logistics Properties) a par exemple acquis un parc d'entrepôt en 2016 pour 40 millions d'euros, cédés en 2018 à la société Charenton-Bercy détenue conjointement par Bouygues Immobilier et Tikehau Real Estate Opportunity » (Llorente, Drozdz et Vazquez, 2020, p. 26). La motivation des aménageurs ou des promoteurs dans l'intégration de ces acteurs s'explique par le fait que la présence de ces derniers « contribue à sécuriser les projets et permet d'apporter une certaine visibilité sur les utilisateurs / investisseurs finaux » (Llorente, Drozdz et Vazquez, 2020, p. 97). En effet, les logiques de maîtrise des risques et de sécurisation de la phase d'exploitation, par les promoteurs, inciterait à l'avènement de ces acteurs en amont de la chaine de l'aménagement.

Si ces logiques sont observées dans certains projets, il faut toutefois relativiser ce phénomène. Dans une communication intitulée « Les modalités de financement et les investisseurs en projets urbains dans le Grand Paris : de l'immobilier à l'aménagement »[316] M.Drozdz, M.Llorente et J-I. Vila Vázquez affirment que l'intervention des investisseurs reste très ponctuelle en étant notamment circonscrite à des opérations très spécifiques du Grand Paris (ex de sites pollués). Ils expliquent ainsi dans un rapport intitulé « L'aménagement urbain, une nouvelle étape de la diversification d'actifs ? Les investisseurs dans les projets du Grand Paris » que « L'intérêt des investisseurs identifiés est souvent concentré sur la partie immobilière, à l'aval de la chaîne de production. Le positionnement de ces acteurs dans des projets d'aménagement semble s'expliquer avant tout par la nécessité de « se sourcer » en amont, dans un contexte à la fois de raréfaction des opportunités foncières et de concurrence sur les secteurs porteurs du Grand Paris (en particulier à proximité de certaines gares du GPE). A cette occasion, certains gestionnaires d'actifs et sociétés foncières cherchent à augmenter la visibilité de l'entreprise, à monter en compétences dans la

[316] Communication du jeudi 6 mai 2021 à l'Ecole d'Urbanisme de Paris – EUP/ Latts.

maîtrise d'ouvrage et mettent ainsi en place une stratégie de diversification de leurs portefeuilles » (Llorente, Drozdz et Vazquez, 2020, p. 99).

3.4 Quel rôle des acteurs publics dans la gouvernance de la ville servicielle ?

L'intervention élargie des opérateurs privés qui devient de plus en plus courante, pose la question du devenir des objets et des espaces produits, traditionnellement gérés par les collectivités (Baraud-Serfaty et Rougé, 2020). Plus largement, ceci pose la question de l'intérêt général, délégué aux acteurs privés (Meunier, Redoutey et Zetlaoui-Leger, 2018). En effet, un des risques de la montée en puissance d'une logique de services c'est que tous les services anciennement rendus par les collectivités ou les communautés suivant des logiques d'entraides entre voisins par exemples (réceptions de colis), deviennent une opportunité de création de valeurs marchandes par les acteurs privés (Baraud-Serfaty et Rougé, 2020). Plusieurs travaux expliquent que si différents usages ont vite circulé (coworking, fablab, etc.), selon des logiques de circulation des innovations, les logiques de marchés ont vite repris le dessus (Meunier, Redoutey et Zetlaoui-Leger, 2018, p.3).

> « Cette servicialisation peut faire débat car elle induit un risque de marchandisation (au sens de « faire rentrer dans l'économie marchande ») de nombreux services qui étaient auparavant rendus soit par la collectivité (les « services publics »), soit par la communauté (au sens anglo-saxon de voisinage) selon un principe d'entraide (par exemple, réception de colis quand on est absent). Dans tous les cas, cela pose une question inédite : comment l'habitant peut-il avoir l'assurance que ces services, a fortiori s'il les considère comme constitutifs de son bien immobilier, puissent être pérennes dans le temps, alors même que le promoteur qui les a initiés disparaît après la livraison? » (Baraud-Serfaty et Rougé, 2020, p.4).

Pendant notre enquête, nous n'avons pas constaté d'extension de l'activité des collectivités ou de leur société d'aménagement en aval des projets pour prendre en charge l'exploitation des artefacts urbains construits. En effet, malgré le fait que ces acteurs soient extrêmement préoccupés par l'exploitation des espaces et bâtiments construits, ils restent souvent en retrait sur les phases d'exploitation, à l'exception de certains aménageurs pionniers comme P&MA et la SPL Lyon Confluence. En effet, l'aménageur Paris Métropole Aménagement a créé en 2010, en collaboration avec divers acteurs dont SAFIDI (EDF)[317] Solarvip, une filiale dédiée au développement et à l'exploitation de centrales photovoltaïques. Une réflexion sur le développement d'un facilitateur énergétique a été réalisée à Clichy-Batignolles et est en train d'être mise en place à Saint-Vincent-de-Paul (14ème arrondissement de Paris). La SPL Lyon Confluence adopte, quant à elle, des méthodes de partenariat avec les acteurs privés pour orienter les acteurs vers la prise en compte des enjeux d'exploitation à l'exemple de la création de l'opérateur de services urbains à Eurêka Confluence.

D'après notre enquête, les acteurs publics jouent plutôt un rôle d'incitateur des opérateurs privés vers l'intégration des sujets d'usage pendant les phases amont des projets. Dans certains cas, cela passe même par de la prescription. À titre d'exemple, certains cahiers de charges des consultations

[317] Solarvip est une Société par Actions Simplifiée (SAS), détenue à 49% par Paris Métropole Aménagement, à 26% par SAFIDI (EDF), à 12% par le Crédit Coopératif et à 8% par la Caisse d'Epargne Ile-de-France.

urbaines incitent les acteurs à répondre avec des exploitants des espaces et des artefacts urbains proposés que ce soit des gestionnaires de commerces, de parkings, etc. Un responsable d'opérations au sien de P&MA nous explique par exemple qu'ils incitent les opérateurs à suivre une réflexion en coût global et une analyse du cycle de vie sur toute la durée de vie des projets. « Nous, on a toujours cette discussion avec les opérateurs, il y a des externalités positives jamais prises en compte, on ne peut pas se contenter juste du coût de construction, il faut réfléchir en coût global, en cycle de vie. Dire par exemple que la construction durable présente un surcoût, ce n'est plus d'actualité, ce n'est plus comme ça que ça se pose. Il faut réfléchir différemment. » (24/03/2020).

D'après I-Baraud Serfaty et N. Rouget (2020), cette faible intégration des enjeux d'exploitation par les sociétés d'aménagement publiques s'explique par deux facteurs : le premier est juridique et financier car ces acteurs n'ont aucune mission, ni subvention pour l'exploitation des artefacts urbains produits ; et le second est culturel, le métier de ces acteurs étant traditionnellement centré sur la construction et les travaux publics. D'après ces auteurs, les aménageurs disposent toutefois de leviers pour agir. Ils peuvent intervenir pendant le découpage du foncier ou encore à travers leurs cahiers des charges. Dans le cas de l'énergie par exemple, les cahiers de prescriptions énergétiques, rédigés par les collectivités, peuvent intégrer des obligations de réflexion en coût global et même d'intégration des habitants dans la conception de projet. De plus, comme nous l'avons discuté dans le chapitre 3, l'intégration des enjeux d'exploitation peut même être un élément de sélection des candidats pendant les concours. Ces acteurs publics peuvent également avoir un droit de regard sur les montages de gouvernance des objets construits par les acteurs privés ou encore proposer des montages d'exploitation des services proposés « pour s'assurer d'un bon passage de relais entre concepteurs, constructeurs, gestionnaires/exploitants et usagers. Il s'agirait d'une certaine manière d'élargir la logique du commissionnement des sujets autres que techniques et sur des périmètres plus larges que le seul bâtiment » (Baraud-Serfaty et Rougé, 2020, p. 16). Dans leur article « Comment gouverner la ville servicielle ? » I. Baraud-Serfaty, C. Rouchy et N. Rio affirment que les acteurs publics doivent assurer trois principes au fondement du service public. Un principe d'égalité d'accès aux services urbains pour toute la population, un principe de continuité du service et ceci même en cas de défaillance[318] et, enfin, un principe de mutabilité qui encadre les logiques de dominance de certains acteurs sur le marché et encadre la rentrée de nouveaux acteurs. À ces trois principes, les auteurs ajoutent le principe des communs qui met en avant la question de la préservation des ressources indispensables aux fonctionnement de la ville durable que ce soit en matière d'usage des ressources énergétiques disponibles, d'aménagement des espaces verts et espaces publics, etc.

3.5 Quelle reconfiguration des acteurs de la fabrique urbaine ?

Ce récit démontre l'existence d'une évolution des acteurs pour appréhender l'intégration des services urbains. L'analyse des questions énergétiques dans cette recherche a été un indice

[318] Ce qui revient à réfléchir à un travail de continuité et de mutualisation en les différents services urbain (mobilité, énergie, etc.).

révélateur de certaines évolutions en cours, le sujet de l'énergie étant un des services le plus ancien et le plus mature des services urbains. Nous avons ainsi observé qu'il y a diverses tentatives des promoteurs d'intégrer les enjeux d'exploitation en se positionnant sur les services et la remontée de nouveaux acteurs et exploitants en amont des projets immobiliers et urbains (voir figure 6.4). Nous rejoignons ainsi les travaux qui expliquent une évolution de l'organisation des acteurs de la fabrique urbaine (Baraud-Serfaty et Jacquot, 2016). En effet, la diversité des services proposés aujourd'hui (l'alimentation localisée, le sport et loisirs, la mobilité, l'éducation, les nouveaux espaces de travail, l'énergie, etc.) crée autant d'occasions pour l'évolution des acteurs traditionnels et la rentrée de nouveaux acteurs. Ces services s'appuient notamment sur la mobilisation d'outils numériques que ce soit de nouveaux outils et technologies comme la *blockchain*, la maquette BIM, *les smart grids,* les applications de création de liens entre voisins, etc[319].

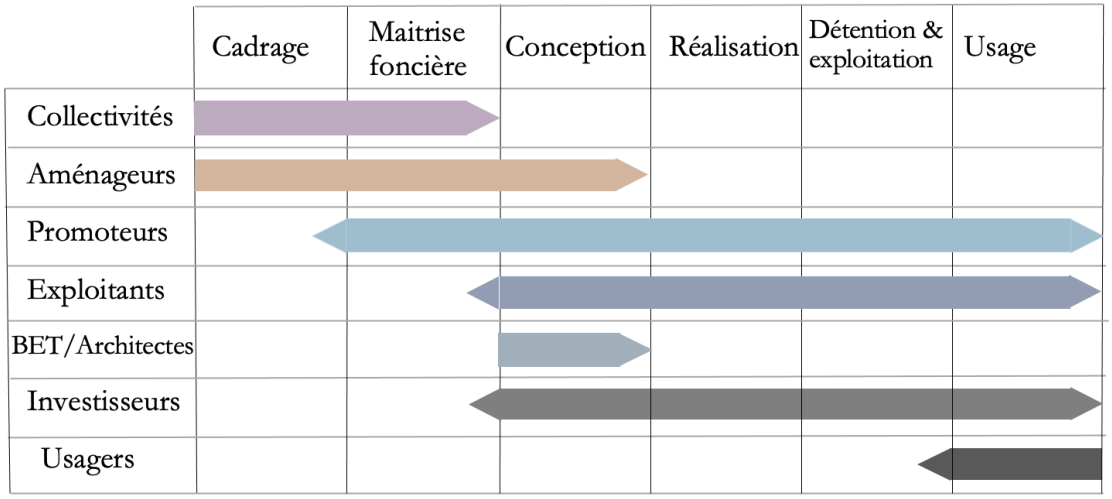

Figure 6. 6. Les périmètres d'intervention des acteurs à Sollys et NCU. Réalisation personnelle.

L'apprentissage des acteurs interrogent l'évolution de leurs modes d'action ainsi que la répartition traditionnelle des fonctions avec des acteurs de l'aval qui interviennent de plus en plus en amont et des acteurs de l'amont qui se positionnent de plus en plus sur l'aval des projets. Nous confirmons ainsi une de nos sous-hypothèse qui affirme que l'apprentissage des acteurs sur l'intégration des enjeux d'exploitation questionne les modes d'action des acteurs ainsi que la répartition traditionnelle des fonctions avec des acteurs de l'aval qui interviennent de plus en plus en amont et des acteurs de l'amont qui se positionnent de plus en plus en aval des projets (H4.2.) mais tout en la nuançant. En effet, notre analyse nous incite à présenter plusieurs nuances à ces observations. Dans un premier temps, il est nécessaire de re-contextualiser ces constats relevés souvent sur des opérations assez démonstratives notamment dans le cadre des projets Réinventer ou des projets comme Sollys ou de NCU. Dans un second temps, le positionnement sur les services n'est pas le cas de tous les promoteurs. C'est notamment le cas des acteurs les plus engagés sur ces enjeux

[319] Nous avons également noté que de nouveaux métiers émergent également comme le commissioning, l'opérateur de services urbains, *l'energy manager*, le BIM manager, etc.

comme Bouygues Immobilier. De plus, les services ne constituent qu'une infime partie du travail de ces acteurs. Une responsable réponse à consultation au sein de Bouygues immobilier nous explique ainsi que « Les services ça vient après, nous, on nous attend sur l'infrastructure, sur la qualité architecturale des bâtiments et des espaces proposés, sur les questions environnementales et de biodiversité. […] L'innovation c'est tout sauf les applications numériques de domotique, de création de liens sociaux […] De plus, ce n'est pas à nous de s'investir sur ça, il y a suffisamment d'acteurs spécialisés sur ces sujets. » (28/09/21). De surcroit, nous avons montré le recours de plus en plus important de ces opérateurs aux partenariats face à la complexité de certains services. D'un autre côté, le positionnement des exploitants/ gestionnaires/investisseurs en amont des projets ne concerne également pas tous ces acteurs et soulève également plusieurs interrogations. Enfin, les usagers restent les grands absents de ces évolutions. Aucun des projets analysés dans cette recherche n'a eu recours à la participation des habitants à la conception. En définitive, s'il y a une évolution indéniable de certains acteurs, on est loin d'une réorganisation des acteurs de l'aménagement et de l'immobilier avec notamment une prédominance du modèle linaire et hiérarchique de production urbaine.

4 Synthèse

Dans ce chapitre, nous avons analysé les apprentissages et l'évolution des pratiques des acteurs sur les enjeux d'exploitation urbaine. Nous avons montré que l'apprentissage, au sein de la maîtrise d'ouvrage privée en nous appuyant sur le cas promoteur Bouygues Immobilier et ses filiales, se réalise à travers trois leviers : l'expérimentation de nouveaux dispositifs sociotechniques et organisationnels, la mobilisation de diverses expertises exogènes et l'apprentissage par filiale de projets. Nous avons vu qu'il y a une évolution des approches de Bouygues Immobilier de projets très démonstrateurs sur les questions énergétiques vers une approche plus standardisée dans l'intégration des objets de l'énergie et vers une plus grande prise en compte des préoccupations de leur exploitation. Dans un second temps, nous avons montré l'existence de divers apprentissages au sein de la maîtrise d'œuvre au fil de la réalisation de projets ambitieux sur les questions énergétiques et d'exploitation. Les BET énergie se saisissent ainsi de plus en plus des sujets de commissioning, de contractualisation ou de facture énergétique des usagers et ceci pour répondre aux demandes de la maîtrise d'ouvrage et pour se positionner sur de nouveaux marchés. Concernant les architectes, l'évolution des compétences a été relevée notamment en matière de conception bioclimatique des bâtiments. Par ailleurs, nous avons constaté, dans le cadre de notre enquête, plusieurs freins en matière d'apprentissage des acteurs, qui relèvent de la forte mobilité des individus au sein des organisations, de la complexité de la coordination des différentes expertises dans les projets et enfin la résistance de certaines cultures professionnelles au changement.

Dans un second temps, nous avons constaté l'existence d'un écosystème d'acteurs autour de Bouygues Immobilier et ses filiales, partageant des expériences et des valeurs communes autour des questions énergétiques et des enjeux d'exploitation. Ce réseau d'acteur se constitue ainsi à travers la collaboration régulière de ces derniers autour de la réalisation de projets démonstrateurs

sur les questions énergétiques. Les apprentissages autour des objets techniques et de leurs préoccupations d'exploitation contribuent à interroger l'activité de conception voire à la transformer. Les apprentissages réalisés par les acteurs au fil des projets (l'importance des factures énergétiques des usagers, de la performance des technologies mobilisées, de la répartition de la gouvernance énergétique, du dimensionnement des locaux techniques...) mettent les préoccupations d'exploitation à l'agenda de la conception pour orienter les choix techniques afin d'éviter des problèmes rencontrés sur des projets précédents. C'est à partir de retours d'expériences très précis et concrets que se coordonnent les acteurs pour adopter des solutions nouvelles (Callon, Lascoumes et Barthe, 2001). Les acteurs ont, ce faisant, recours à des analyses en coût global pour limiter les factures énergétiques, à des partenariats avec des entreprises énergétiques, au commissioning, à la création de nouveaux acteurs sur l'énergie comme Embix, à l'organisation de workshops de conception, etc.

Nous avons également montré l'importance des objets techniques dans la consolidation des apprentissages. En effet, au-delà des interactions entre les acteurs, c'est autour de ces objets que se cristallisent les apprentissages et les retours d'expériences. Ces objets représentent ainsi une porte d'entrée par laquelle les acteurs arrivent aux connaissances sur les fonctionnements des systèmes et leurs enjeux d'exploitation. Au-delà de la consolidation des apprentissages, les préoccupations matérielles et d'exploitation, qu'amènent ces objets, réinterrogent l'évolution des pratiques des acteurs vers une meilleure prise en compte des enjeux d'usage dans la conception. Plus largement, un des enjeux serait d'interroger la diffusion de ces apprentissages auprès des acteurs de la fabrique urbaine au-delà de l'écosystème d'acteurs analysé dans cette recherche.

Enfin, la troisième partie a interrogé l'évolution des acteurs et de leurs compétences au-delà des services énergétiques, sur les services urbains. Plusieurs travaux ont montré l'intégration de plusieurs services portés par des exploitants dès les phases concours des projets urbains et immobiliers. Toutefois, si depuis maintenant quelques années plusieurs promoteurs se positionnent sur les services urbains, nous avons montré que ces acteurs ont de plus en plus recours aux partenariats avec des exploitants face à la complexité des services proposés. D'autre part, la remontée de plus en plus d'exploitants en amont pose également plusieurs sujets que cela concerne le statut précis de ces acteurs en amont, les effets qu'ils peuvent avoir sur la conception ou encore la pérennité des services proposés. L'analyse montre que les acteurs publics sont plutôt en retrait face à ces évolutions en jouant plutôt le rôle d'incitateurs vers l'intégration de nouveaux usages services notamment dans une optique d'animation des ensembles urbains produits. Pour conclure, notons que si nous observons plusieurs indices de reconfiguration des acteurs avec l'évolution des compétences des acteurs traditionnels sur l'amont et l'aval de la fabrique urbaine ainsi que l'introduction de nouveaux acteurs, il est nécessaire de re-contextualiser ces constats relevés souvent sur des opérations assez démonstratives, notamment dans le cadre des projets Réinventer, et portées par des acteurs assez engagés sur ces enjeux comme le cas de Bouygues Immobilier. De plus, comme nous l'avons montré au fil de cette recherche, la production urbaine

est toujours organisée selon un schéma linéaire et hiérarchique de séparation des tâches. Si plusieurs indices d'évolution de certains acteurs et de leurs organisations ont été observés, une des pistes de recherche serait d'interroger la diffusion de ces constats.

Conclusion générale

Objectifs de la recherche

L'objectif dans ce travail a été d'interroger l'intégration des préoccupations d'exploitation des artefacts énergétiques dans la conception des projets immobiliers et urbains durables. En effet, plusieurs travaux ont abordé la conception énergétique des quartiers durables que ce soit en interrogeant les effets sur le processus de conception (Adam, 2017 ; Debizet et Godier, 2015b ; Doussard, 2017) ou en analysant l'évolution des compétences des acteurs (Adam, 2017 ; Debizet et Godier, 2015b ; Fenker, Grudet et Weber, 2015 ; Molina, 2012 ; Souami, 2008). Cependant, peu de recherches ont analysé les effets de l'intégration des enjeux d'exploitation sur le processus de conception. Ces travaux très disparates ont traité ces enjeux par différents biais : l'intégration des habitants à la conception (Biau, Fenker et Macaire, 2013 ; Grudet, 2016 ; Grudet, Fenker et Gardesse, 2012), le raisonnement en coût global dans les projets (Charlot-Valdieu et Outrequin, 2018) et les contrats globaux (Campagnac et Deffontaines, 2013 ; Duplessis, 2008 ; Garcin, 2008) ou encore l'évolution des acteurs de la production urbaine pour l'intégration de ces enjeux en amont (Baraud-Serfaty, 2017 ; Peynichou, 2020 ; Souami, 2017). Pourtant, là aussi, si ces travaux ont montré l'importance de la prise en charge des préoccupations d'exploitation en phase de conception, ils n'ont pas traité des effets de l'intégration des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques sur cette activité, ce qui a été l'objet de notre recherche. La mobilisation des différents travaux sur la conception et l'intégration des questions énergétiques et d'exploitation au sien de cette activité nous ont ainsi aidés à définir notre objet recherche qui est l'analyse de la conception au prisme de l'intégration des préoccupations d'exploitation.

Pour analyser notre objet de recherche, nous avons mobilisé la sociologie de l'acteur réseau (Callon, 1986 ; Akrich & al, 2006) dans le but d'appréhender aussi bien la dimension sociale que matérielle de la conception des projets durables. Notre sujet portant sur les objets de l'énergie, la prise en compte de la dimension matérielle dans l'analyse a été fondamentale pour appréhender l'intégration de l'exploitation au sein d'un réseau d'acteurs et d'actants intervenant dans la conception. La mobilisation du concept de cadrage-débordement a permis d'analyser l'évolution de ce processus au prisme des enjeux d'exploitation des artefacts énergétiques. D'autre part, nous avons mobilisé la littérature sur l'apprentissage organisationnel (Koenig, 2006 ; Nonaka, 1998) et inter-organisationnel (Knight, 2002 ; Verhage et al., 2012) pour appréhender le processus d'apprentissage et d'accumulation des connaissances par les acteurs dans le cadre de la réalisation d'une succession de projets durables. Ces travaux ont aidé à proposer des schémas d'explication des apprentissages des acteurs observés dans cette recherche.

Partant, nous avons défini quatre hypothèses de recherche. Premièrement, nous avons supposé que les préoccupations d'exploitation sont saisies par les opérateurs urbains, au-delà des retours négatifs pendant l'exploitation des projets, pour d'autres motivations (de marketing urbain vert ou de volonté de la création de nouveaux marchés) qui leur donnent une place particulière dans la

conception. La seconde hypothèse porte sur les choix de conception et affirme que l'intégration des enjeux d'exploitation réoriente les choix de conception vers la facilité de l'exploitation des systèmes énergétiques. La troisième hypothèse traite de l'organisation du processus de conception et suppose que l'intégration des objets techniques fait émerger de nouveaux enjeux qui incitent vers plus d'échanges entre les concepteurs des questions énergétiques et spatiales, donc conduisent à une réorganisation du processus même. Enfin, la dernière hypothèse stipule plus généralement que l'intégration des enjeux d'exploitation dans l'activité s'inscrit dans une dynamique d'apprentissage des acteurs concernant les questions énergétiques et de durabilité. Ces apprentissages deviennent des moteurs de transformation de la conception.

Pour mettre ces hypothèses à l'épreuve, nous avons mené une investigation empirique de deux projets immobiliers et urbains, Nanterre Cœur université et Sollys, des projets qui ont mis en avant la prise en charge des enjeux d'exploitation dès l'amont de leur lancement. Les deux études de cas sont portées à des temporalités distinctes par le promoteur Bouygues Immobilier et ses filiales. Elles ont été mises en perspective avec plusieurs projets urbains afin d'appréhender les apprentissages et l'évolution des compétences des acteurs sur les questions énergétiques et d'exploitation des objets de l'énergie sur un laps de temps de près d'une quinzaine d'années.

Résultats de la recherche

Suivant nos quatre hypothèses, nos résultats de recherche sont de quatre ordres. Dans un premier temps, les préoccupations d'exploitation des artefacts énergétiques sont portées par divers acteurs, au sein des projets, et ne sont plus seulement laissées aux exploitants et mainteneurs comme cela se faisait traditionnellement, où ces acteurs arrivaient aux étapes d'achèvement de l'aménagement et de la construction. Ensuite, nous avons montré que même si les opérateurs urbains mettent en avant des motivations assurantielles et de prévention des défaillances en exploitation, les motivations qui sous-tendent ces enjeux suivent également des logiques de marketing et de différentiations par rapport aux concurrents, de satisfaction des demandes des collectivités ainsi qu'une volonté de création de nouveaux services urbains par ces opérateurs. En effet, les questions énergétiques sont l'un des premiers sujets qui ont incité les acteurs à s'investir dans l'exploitation des quartiers durables, une tendance qui s'élargit aujourd'hui à d'autres services, que ce soit autour de la mobilité, de la santé, des espaces verts, de la création de liens sociaux, etc. D'autre part, l'analyse a montré que si ces enjeux n'étaient pas intégrés dans les cadrages des collectivités, ils sont portés, par ces acteurs au cours du développement des projets, en s'appuyant sur diverses négociations avec les acteurs privés. Notons par ailleurs que les exploitants se positionnent également de plus en plus en amont des projets, soit dès le début de la conception, en suivant des motivations de création de nouveaux marchés et de sécurisation de l'exploitation de leurs objets techniques.

Dans un second temps, nous avons vu que l'intégration des enjeux d'exploitation engendre des évolutions des objectifs et des choix de conception. Il y a eu une redéfinition des objectifs énergétiques ainsi que plusieurs bifurcations des choix techniques, suite à la prise en compte des questions d'exploitation, au sein des deux projets analysés. Un de nos résultats principaux est ce

faisant la réversibilité des choix dans la conception énergétique des projets urbains et ceci même à des stades très avancés de conception détaillée des projets. Nous rejoignons ainsi N. Arab (2004, 2007) qui explique la spécificité du projet urbain par rapport au projet industriel avec notamment la réversibilité des choix techniques. Cette situation s'explique d'après notre enquête par quatre points : la longue durée des projets, la volonté de réduire l'incertitude et de maîtriser les risques d'exploitation en intégrant les enjeux d'exploitation des artefacts conçus (ce qui engendre par conséquent d'autres incertitudes dans les projets), la distribution de la capacité d'action des acteurs intervenants qui orientent plus au moins les choix de conception et, enfin, l'impact des variables externes sur la conception des objets sociotechniques (réglementation, fiscalité, prescriptions locales…). En définitive, nous pouvons dire que l'intégration des enjeux d'exploitation, dans la réflexion, amène à réaliser des choix de conception différents car il s'agit de prendre en considération, au-delà de la logique discontinue de fabrication des projets, qui s'étale sur quelques années, une logique continue de leur exploitation sur plusieurs décennies.

Nos résultats convergent pour affirmer l'existence d'un apprentissage en double boucle à travers l'intégration des enjeux d'exploitation par les acteurs, une démarche qui consiste à réinterroger les objectifs au cours de l'action pour pouvoir avancer. Les acteurs adoptent ainsi des pratiques réflexives dans les projets qui leur permettent de changer le cadre d'analyse et les hypothèses de départ (Petitbon, Bastianutti et Montaner, 2020). Les professionnels apprennent en corrigeant leurs erreurs et en faisant évoluer leurs modes d'action. Ce constat se différencie d'un apprentissage en simple boucle où il y a une accumulation des enseignements par les acteurs sans forcément remettre en cause les objectifs initiaux (Argyris et Schön, 1978). Par ailleurs, nous avons démontré que si les objets de l'énergie avaient des impacts importants sur la spatialité des projets, la prise en compte de leurs préoccupations d'exploitation ne redéfinit pas les choix de conception spatiale (et ceci mis à part certaines contraintes de localisation), ni les manières de travailler des concepteurs de l'espace. Ces objets sont de manière générale considérés, par les concepteurs des formes urbaines, comme des contraintes supplémentaires à intégrer dans les projets.

Ensuite, l'analyse a montré que l'intégration des objets de l'énergie et leurs préoccupations d'exploitation n'oriente pas vers plus d'interactions entre les concepteurs des questions énergétiques et spatiales. Même si l'intégration de ces objets crée des moments d'échanges entre les concepteurs des questions énergétiques et spatiales, ces interactions ne se réalisent qu'en phase amont des projets (réalisation de concours d'opérateurs, workshops de conception…) ou lors de rares moments de controverses. Les activités des architectes et des ingénieurs énergétiques se réalisent toujours de manière séparée et séquentielle. Les objets intermédiaires (Jeantet, 1998 ; Vinck, 2009) jouent ainsi un rôle très important dans la mise en relation des activités de conception énergétique et spatiale. Au-delà de cette mise en relation, ces objets intermédiaires jouent des rôles de : traduction des objets de l'énergie dans la spécialité des projets, de support de négociation des enjeux d'exploitation et, enfin, un moyen de communication sur les performances énergétiques l'intégration des préoccupations d'exploitation des projets. Par ailleurs, si l'intégration

d'exploitants en amont des projets a permis la coordination avec une garantie de résultats à NCU, ceci n'est pas le cas à Sollys. Nous concluons ainsi que l'intégration des préoccupations d'exploitation des objets techniques n'implique pas de conception concourante entre les acteurs (faible interaction entre acteurs en phase développement, bifurcation des choix techniques, pas de garantie de résultat à Sollys).

D'autre part, nous distinguons trois leviers d'apprentissage au sein de Bouygues Immobilier, ses filiales et partenaires qui sont : l'expérimentation de nouveaux dispositifs sociotechniques et organisationnels, la mobilisation de diverses expertises exogènes et l'apprentissage par filiation de projets. L'analyse a montré l'évolution des approches de Bouygues immobilier dans le cadre de la réalisation de projets très démonstrateurs sur les questions énergétiques vers une approche plus standardisée d'intégration des objets de l'énergie, qui met l'accent sur le confort des usagers et l'intégration des enjeux d'exploitation. Au-delà de Bouygues Immobilier, l'intégration des enjeux d'exploitation a également requestionné les compétences des bureaux d'études en énergie. Certains BET se saisissent ainsi progressivement des sujets de commissioning, de contractualisation ou du calcul des factures énergétiques des usagers pour répondre aux demandes croissantes des maîtrises d'ouvrage en matière d'exploitation ainsi que pour se positionner sur de nouveaux marchés. Concernant les architectes, l'évolution des compétences a été soulignée en matière de conception bioclimatique des bâtiments, les enjeux d'exploitation des SE étant considérés comme ne relevant pas de leur responsabilité. Nous avons notamment distingué diverses postures/approches d'intégration des objets de l'énergie par les acteurs : industrielle, critique et culturelle. Par ailleurs, l'analyse a montré l'existence de plusieurs freins à l'apprentissage des acteurs, qui relèvent de la forte mobilité des individus au sein des organisations, de la complexité de la coordination des différentes expertises mobilisées dans le cas de la maîtrise d'ouvrage privée, et enfin de l'existence d'attitudes défensives de certains professionnels au changement. La question de la capitalisation des enseignements et de la pérennité des apprentissages au sein des organisations reste donc largement posée.

Plus largement, la recherche montre que l'intégration des préoccupations d'exploitation s'inscrit dans une dynamique d'apprentissage des acteurs de la fabrique urbaine autour des enjeux énergétiques et d'exploitation qui transforment la conception. Nous avons ainsi constaté l'existence d'un écosystème composite avec des acteurs portant des références identitaires divergentes mais partageant, à travers des expériences communes, de plus en plus de références autour des préoccupations d'exploitation des objets techniques. Les apprentissages réalisés par les acteurs au fil des projets (l'importance des factures énergétiques des usagers, de la performance des technologies mobilisées, de la répartition de la gouvernance énergétique, du dimensionnement des locaux techniques...) contribuent à mettre les préoccupations d'exploitation à l'agenda de la conception pour éviter des problèmes rencontrés sur des projets précédents. C'est à partir des défaillances et des préoccupations d'exploitation, que posent les objets techniques, que se coordonnent les acteurs pour adopter des solutions nouvelles (Callon, Lascoumes et Barthe, 2001). Les acteurs ont, ce faisant, recours à des analyses en coût global pour limiter les factures

énergétiques, à des partenariats avec des entreprises énergétiques, au commissioning, à la création de nouveaux acteurs sur l'énergie comme Embix, à l'organisation de workshops de conception, etc.

L'analyse a également montré l'importance des objets techniques dans la consolidation des apprentissages des acteurs. Une conclusion forte de notre travail de recherche concerne le rôle important de ces objets dans la structuration et la circulation des apprentissages entre les acteurs. En effet, au-delà des interactions entre les professionnels, c'est autour de ces objets que se cristallisent les apprentissages et les retours d'expériences, et c'est en les abordant que les acteurs arrivent aux connaissances sur les fonctionnements des systèmes et leurs enjeux d'exploitation. Si les travaux sur l'apprentissage (Fenker, 2015 ; Koenig, 2006 ; Nonaka, 1998 ; Verhage et al., 2012) se sont souvent concentrés sur les acteurs humains, notre apport à cette littérature relève de l'importance des objets techniques dans la consolidation des apprentissages et la constitution des savoirs collectifs.

Les travaux analysant la conception des projets urbains s'arrêtent aux limites de cette actitivté, c'est-à-dire en situation de négociation, de décision et d'arbitrage, et analysent peu les activités au delà de ce périmètre et de leurs effets sur la conception (Blanchard, 2018 ; Haller, 2019 ; Marquet, 2018 ; Tardieu, 2015). Ponctuellement, certains travaux indiquent l'existence de références techniques ou professionnelles qui dépassent le cadre de chaque projet venant influencer l'activité de conception (Arab, 2007a ; Béal, Epstein et Pinson, 2015 ; Debizet et Godier, 2015a). Ici, la thèse propose de considérer la mobilisation concrète d'enseignements et d'apprentissages issus d'autres projets comme un espace de compréhension pour venir alimenter un projet particulier. Il ne s'agit pas de références globales et culturelles qui seraient convoquées par certains techniciens et/ou décideurs, mais bien des enseignements précis, concrets, directs... qu'il est posssible de suivre, de tracer... pour en voir l'influence sur la conception. La thèse propose également de prendre une entreprise, ses partenaires, son histoire comme un espace d'observation et d'analyse révélateur et significatif. Cette approche, peu utilisée dans les travaux de recherche en urbanisme ou en sociologie de l'énergie, nous a permis d'appréhender l'espace social et professionnel autour des activités de BI et de ses partenaires, afin de produire une analyse et des conclusions sur les effets des préoccupations d'epxloitation sur la conception.

Enfin, en partant des apprentissages des acteurs et de l'évolution de leurs compétences sur les questions énergétiques et d'exploitation, nous nous sommes également interrogés sur l'évolution de ces derniers sur d'autres services urbains (Baraud-Serfaty, 2015b ; Baraud-Serfaty et Rio, 2016 ; Rio, Josso et Gréco, 2019). Nous avons montré d'un côté, l'existence de plus en plus de promoteurs qui se positionnent sur l'exploitation des projets urbains et immobiliers en proposant une variété de nouveaux services. De l'autre côté, une pluralité d'exploitants remonte en amont pour porter divers services et usages. Les acteurs publics jouent le rôle d'incitateurs vers la prise en charge des enjeux d'exploitation par les opérateurs privés. Cependant, si plusieurs indices

d'évolution des acteurs et de leurs organisations ont été observés, on est loin d'une réorganisation de la fabrique urbaine vers une logique d'intégration. En effet, il est nécessaire de recontextualiser ces constats relevés souvent sur des opérations assez démonstratives à l'exemple de Sollys, NCU et les consultations Réinventer, portées par des acteurs assez engagés sur ces enjeux comme le cas de Bouygues Immobilier. La production urbaine est toujours organisée selon un schéma linéaire et hiérarchique de séparation des tâches. Le tableau suivant résume les résultats de nos quatre hypothèses de recherche.

Tableau 6. 1. Résultats de recherche

Questions de recherche	Résultats
Les motivations des acteurs	R1. Les enjeux d'exploitation sont saisis par les opérateurs urbains, au-delà des retours négatifs durant l'exploitation des projets, pour des motivations de marketing urbain vert et de différentiation, d'anticipation des demandes des collectivités et de création de nouveaux marchés.
L'impact sur les choix de conception	R2. L'intégration des enjeux d'exploitation dans les projets réoriente les choix de conception vers la facilité de l'exploitation des systèmes énergétiques. La réflexion autour de l'exploitation amène même à une remise en cause des objectifs énergétiques de départ au prisme de la qualité de l'exploitation. Il y a ainsi souvent un recadrage du projet, après la réalisation d'un apprentissage en profondeur des acteurs, autour des objets de l'énergie et de leurs préoccupations d'exploitation.
L'impact sur l'organisation de la conception	R3. L'intégration des objets techniques fait émerger plusieurs enjeux mais cela n'engendre pas de conception concourante entre les acteurs, notamment entre les acteurs de la conception énergétique et spatiale et ceci mis à part quelques échanges intenses au départ des projets. En effet, la plupart des échanges se réalisent très en amont des projets (concours, esquisse) pour reprendre une organisation séquentielle par la suite.
Apprentissage des acteurs	R4. L'intégration des enjeux d'exploitation des SE par les acteurs s'inscrit dans une dynamique d'apprentissage des acteurs concernant la conception, la réalisation et l'exploitation des systèmes énergétiques, des apprentissages qui sont des moteurs de transformation de la conception.

Perspectives de recherche

Le travail mené dans cette thèse ouvre à notre sens plusieurs pistes de recherche que cela concerne l'évolution des périmètres d'action classiques des acteurs urbains, des professionnalités ou encore l'analyse des effets de ces évolutions sur le processus de conception urbaine ou sur les matérialités des formes urbaines et architecturales.

a) Apprentissages, évolution et recomposition des acteurs de la fabrique urbaine

Notre enquête a montré qu'il y a une diffusion des apprentissages au sein de l'écosystème d'acteurs que constituent Bouygues Immobilier, ses filiales et partenaires. Une des pistes de recherche interrogerait la diffusion de ces enseignements à un cercle d'acteur plus large, au-delà du groupe Bouygues. De plus, au-delà des questions énergétiques, nous avons esquissé une évolution des acteurs sur plusieurs services urbains[320]. Certains auteurs parlent même d'une reconfiguration des acteurs de la fabrique urbaine (Baraud-Serfaty, 2015a ; Baraud-Serfaty et Jacquot, 2016 ; Baraud-Serfaty et Rio, 2016). Là aussi, l'enjeu consiste à explorer ces évolutions à partir d'un échantillon plus large. Ces évolutions requestionnent-elles les divisions fonctionnelles et sectorielles de la production urbaine ?

b) Analyser des effets de la montée des enjeux serviciels sur la conception urbaine

Plusieurs travaux ont abordé l'intégration progressive d'une diversité d' usages et de services dans les projets immobiliers ou de quartier : l'exploitation des assiettes de parkings partagées, des bornes de recharges électriques, des espaces verts, etc. (Hébert et Moreil, 2017 ; Rio, Josso et Gréco, 2019 ; SCET, 2020). L'échelle de quartier se révèle comme un réel chainon de valeur pour la matérialisation des principes de la ville durable et la création de valeur (Baraud-Serfaty, Fourchy et Rio, 2020). Certains auteurs expliquent même que l'intégration de ces enjeux oriente les acteurs vers une conception par les services (Baraud-Serfaty, 2015b ; Fenker, 2017 ; Souami, 2017). D'après T. Souami (2017) : « l'ensemble semblerait s'organier à travers un modèle émergeant orienté « services » intégrant finalement toute la chaine de création de valeur, dont la révélation sociale et la monétarisation financière s'opère dans l'exploitation et par l'usage […] ce modèle conduirait à une inversion fondamentale du processus de fabrication classique : il faudrait réellement partir des usages pour élaborer, réaliser et exploiter les espaces qui font la ville ; il faudrait réellement repartir des usagers de la ville » (p. 61). D'après L. Devisme et K. Chesnel « Un régime marqué ici par la mobilisation de fonciers – terrains de jeux – pour l'expérimentation d'objets techniques orientés « usages » impliquant par là même une transformation des cultures professionnelles : du design urbain au design de service » (Devisme et Chesnel, 2020). Une des pistes de recherche serait ainsi d'interroger l'impact de l'intégration de ces nouveaux services sur la conception spatiale (Biau, 2018 ; Fenker, 2008 ; Fenker et Lautier, 2008) et urbaine (Arab et Bourdin, 2017). Quels impacts sur les choix de conception ? L'intégration de nouveaux services réinterroge-elle l'organisation hiérarchique et séquentielle du processus de conception ? Quelle évolution des compétences et les manière de faire des acteurs ?

c) Sociologie des métiers et professionnalités

Si nous avons abordé ici l'apprentissage des acteurs et l'évolution de leurs compétences sur les questions énergétiques et d'exploitation, une sociologie des professionnalités permettrait d'analyser

[320] De plus en plus de promoteurs s'investissent ainsi sur l'exploitation de leurs projets immobiliers et urbains et dans le sens inverse, une pluralité d'exploitants remonte pour intervenir dès les phases concours des projets.

finement les différentes logiques d'action des acteurs ainsi que l'évolution de leurs compétences. En effet, nous avons constaté au cours de notre enquête l'existence de diverses références identitaires chez les différents acteurs interrogés qui expliquent la réalisation de certains choix, certaines attitudes défensives ou même l'existence de certaines tensions dans les projets. Une analyse plus fine des métiers d'architecte (Camus, 2001 ; Chadoin, 2000, 2013 ; Raynaud, 2001), d'ingénieur (Blanc, 2010) ou de promoteur (Citron, 2016 ; Coulondre, 2017 ; Peynichou, 2018 ; Silberstein, 2014 ; Taburet, 2014) permettrait de comprendre les impacts de l'intégration de nouveaux enjeux d'exploitation ou de services urbains sur ces professions. La place des outils numériques comme le BIM, les SED sont également à questionner dans ces évolutions des compétences des acteurs (Abdellatif, 2019 ; Guéneau, 2019 ; Okakpu et al., 2019, 2016).

d) L'impact de l'intégration des objets de l'énergie et du numérique et de leur exploitation sur les spatialités urbaines

L'exploration de nos questionnements de recherche s'est centrée sur des projets en milieux urbains denses. Les technologies énergétiques mobilisées étant également assez proche (PV, cogé, sondes géothermiques et PAC.). Une des pistes de recherche serait d'interroger l'intégration des enjeux d'exploitation des services énergétiques et services urbains dans d'autres milieux péri-urbains ou ruraux. Une des hypothèses serait de supposer qu'il y aurait moins de conflits ou d'incompatibilités (Ramirez-Cobo, Tribout et Debizet, 2020) entre les conceptions énergétiques et spatiales en milieu péri-urbains, des territoires moins soumis aux fortes spéculations foncières des milieux denses. Au-delà du processus de conception, nous pouvons nous poser la question de l'impact de l'intégration croissante des objets de l'énergie et de leurs enjeux d'usages sur les pagayes urbains (Lopez, 2016, 2019) et ruraux (Coste et al., 2015 ; Ignis mutat res, 2012 ; Lopez, 2019 ; Pistoni, 2020).

Propositions d'actions

À la suite de notre enquête empirique, nous avons identifié plusieurs facteurs de prise en compte des enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques pendant la conception des projets que nous résumons ainsi à travers les cinq points suivants :

a) Cadrage de la conception énergétique par les enjeux d'exploitation

Si nous avons expliqué que les opérateurs tendent à intégrer de plus en plus les enjeux d'exploitation en amont des projets notamment pour gagner les concours, ceci ne garantit pas que ces promesses soient tenues. En effet, les objectifs sont souvent réinterrogés pendant le développement des projets face à la complexité des objets sociotechniques et à la pluralité des objectifs visés. La présence des acteurs publics s'est par conséquent révélée comme fondamentale pour intégrer les enjeux d'exploitation dans la conception des projets. Nous avons ainsi observé que ces acteurs étaient présents tout le long des projets analysés pour représenter les futurs habitants et mettre à l'agenda certains sujets d'exploitation comme la facture énergétique. Une des

recommandations serait alors d'intégrer les enjeux d'exploitation dans les cadrages énergétiques des collectivités afin de s'assurer que ces enjeux soient tenus et/ou de désigner un responsable qui porte ces enjeux tout au long des projets au risque de se retrouver avec des projets dénudés de leurs ambitions initiales.

b) La présence des futurs usagers et bailleurs immobiliers

La présence de futurs preneurs ou de gestionnaires des bâtiments pendant la conception constitue également un élément déterminant. À titre d'exemple, certains bailleurs à Sollys, présents en phase conception, ont demandé l'intégration du prix de renouvellement des équipements dans le calcul des bilans économiques globaux des systèmes. Dans le cas de NCU, les preneurs des Green offices ont également fait remonter des sujets d'exploitation qui ont enrichi/contraint le processus de conception, comme les demandes des possibilités de déconnexion de ces immeubles du réseau collectif ou encore des demandes de la propriété de tous les équipements et locaux techniques. En effet, la présence des usagers est incontestablement un moyen de porter les sujets d'exploitation en amont des projets. Outre ces professionnels, l'intégration des usagers à la conception constituerait un des meilleurs moyens d'appréhender ces questions, des acteurs qui seront présents tout au long de l'usage des artefacts contruits (Adam, 2016 ; Grudet, 2017 ; Grudet, Fenker et Gardesse, 2012 ; Leonet, 2018). I. Grudet montre par exemple que les dispositifs participatifs, à l'échelle architecturale, facilitent l'engagement des usagers dans la maintenance et l'exploitation des objets techniques (Grudet, 2017).

c) Évolutions des pratiques des opérateurs privés vers des logiques en coût global

L'évolution des pratiques et méthodes de faire des acteurs, notamment vers des démarches en coût global de la conception s'est également révélée comme fondamentale. En effet, notre analyse a montré que raisonner en coût global implique notamment de faire des choix différents en phase de conception que ce soit en matière de technologies mobilisées, d'objectifs énergétiques visés ou encore de la contractualisation avec les partenaires intégrés dans les projets. L'intégration de démarches de commissioning des artefacts techniques et architecturaux conçus, s'inscrit également dans cette démarche globale, car si les objets ne sont pas correctement mis en œuvre, cela risque de contraindre toutes les phases d'exploitation des projets. L'une des pistes consiste alors à systématiser le recours à ces démarches, notamment chez les promoteurs qui sont amenés à s'engager de plus en plus sur des projets urbains avec des garanties de résultats.

d) La définition des responsabilités entre les opérateurs urbains et énergétiques

Le *partnering énergétique* réalisé par les opérateurs urbains devient de plus en plus courant dans la fabrique et la gestion urbaine. La définition des responsabilités et des engagements entre les opérateurs urbains et les énergéticiens/exploitants très en amont est identifiée, dans cette recherche, comme un enjeu primordial de conception des projets. Le cas des longues négociations entre Bouygues Immobilier et Dalkia Smart Building sur le dimensionnement et le financement du

réseau d'eau tempérée à NCU est un bon exemple des complexités qui peuvent survenir. Une des propositions serait ainsi d'aborder plus en amont les questions de contractualisation entre ces acteurs. Par ailleurs, la définition d'un APS de la solution énergétique avant de faire appel à un exploitant est également revenue comme un enjeu important, les acteurs expliquant qu'« il faut d'abord savoir ce qu'on veut avant de faire appel à un exploitant ».

e) L'importance de la mise en place de dispositifs de capitalisation des connaissances au sein de Bouygues Immobilier

Les pertes de connaissances en ligne au fur et à mesure de la réalisation des projets ont été soulignées par une grande partie des enquêtés au sein de Bouygues Immobilier (*turn over* des chargés de projets et diversité des expertises mobilisées dans les projets). Si certaines démarches de capitalisation existent comme le REX commandité par Bouygues Immobilier au BET Burgeap concernant l'alimentation énergétique des projets, le manque de capitalisation a fortement été relevé dans notre enquête. Les propositions seraient alors la réalisation de retours d'expérience sur des sujets plus précis (ex des obstacles rencontrés au cours des démarches en coût global, de la contractualisation avec les partenaires, etc.) afin d'avoir des retours d'expériences plus applicables par les opérationnels. Une seconde piste serait la mise en place de formations pour les développeurs et maîtres d'ouvrages techniques conception au sein du promoteur Bouygues Immobilier et sa filiale UrbanEra pour faciliter l'intégration de ces enjeux, considérés comme très pointus, par les non experts.

Bibliographie

1.1. Ressources académiques

ABDELLATIF M., 2019, « Du BIM au BEM en phase d'exploitation », *Academic Journal of Civil Engineering*, *37*, 1, pp. 382-388.

ABOUT C., DOUSSARD C., HOLDEN M., 2019, *(re)Penser la ville du XX Ie siècle : 20 ans d'écoquartiers dans le monde*, Dunod, 331 p.

ADAM M., 2016, *La production de l'urbain durable. L'enrôlement des concepteurs et des habitants par l'intégration des contradictions*, Thèse en aménagement en Aménagement de l'espace et urbanisme, Université François-Rabelais de Tours, 534 p.

ADAM M., 2017, « Concevoir l'urbain durable. De l'injonction généralisée aux réalisations standardisées, les concepteurs face à la normativité économique et technique », *RIURBA*, 3, pp. 13.

AKRICH M., CALLON M., LATOUR B., 1988, « A quoi tient le succès des innovations ? 1 : L'art de l'intéressement; 2 : Le choix des porte-parole », *Gérer et comprendre. Annales des mines*, 11, pp. 4-17.

AKRICH, M., CALLON, M., LATOUR, B. (dirs.), 2006, *Sociologie de la traduction : Textes fondateurs*, Paris, Presses des Mines (Sciences sociales), 304 p.

ALEXANDER C., 2002, *The Phenomenon of Life*, Berkeley, Center for Environmental Structure (The Nature of Order), 476 p.

AMARILLO H., 2013, « Le secteur du bâtiment durable : vers de nouveaux rapports entre acteurs de l'acte de construire ? », *La Revue de l'Ires*, *79*, 4, pp. 85-109.

AMARILLO H., GADILLE M., 2019, « L'enjeu des qualifications face au défi énergétique et environnemental dans la construction : Étude de la situation au moment du « Grenelle de l'environnement » », *Rapport de recherche*, Laboratoire d'économie et sociologie du travail (LEST), Centre national de recherches scientifiques, 164p.

ANGOT J., 2020, « Analyse et traitement des risques dans les contrats des projets d'aménagement urbain », dans ZEMBRY-MARY G. (dir), *Quand l'incertitude s'invite dans les projets d'aménagement : Nouveaux contextes, nouvelles pratiques*, Le Manuscrit Eds, pp. 203-228.

ARAB N., 2001, « La coproduction des opérations urbaines : coopération et conception », *Espaces et sociétés : revue critique internationale de l'aménagement, de l'architecture et de l'urbanisation*, pp. 57-81.

ARAB N., 2004, *L'activité de projet dans l'aménagement urbain : processus d'élaboration et modes de pilotage. Les cas de la ligne B du tramway strasbourgeois et d'Odysseum à Montpellier.* Thèse de doctorant en aménagement, Marne-la-Vallée, École nationale des Ponts et Chaussées, 509 p.

ARAB N., 2007a, « Activité de projet et aménagement urbain : les sciences de gestion à l'épreuve de l'urbanisme », *Management & Avenir*, *12*, 2, pp. 147-167.

ARAB N., 2007b, « À quoi sert l'expérience des autres? "Bonnes pratiques" et innovation dans l'aménagement urbain », *Espaces et sociétés*, 4, pp. 33-47.

ARAB N., 2017, « L'élaboration collective des projets d'urbanisme : organiser l'intégration des acteurs et gérer l'incertitude des processus de conception », *RIURBA*.

ARAB N., 2018, « Pour une théorie du projet en urbanisme », *Revue européenne des sciences sociales*, 56-1, pp. 219-240.

ARAB N., BONNEFOND M., DRIS Y., LEFEUVRE M.-P., MIOT Y., 2020, « 14. La production de la ville au prisme de ses acteurs et de leurs activités : des recompositions à explorer », dans ADISSON F., BARLES S., BLANC N., COUTARD O., FROUILLOU L., RASSAT F. (dirs.), *Pour la recherche urbaine*, Paris, CNRS Éditions (Espaces et milieux), pp. 293-311.

ARAB N., BOURDIN A., 2017, « La conception en urbanisme : un objet de recherche », *RIURBA*, 3.

ARGYRIS C., SCHÖN D.A., 1974, *Theory in practice: increasing professional effectiveness*, San Francisco: Jossey-Bass, 264p.

ARGYRIS C., SCHÖN D.A., 1978, *Organizational Learning: A Theory of Action Perspective*, Reading, Addison Wesley Longman Publishing Co, 356 p.

AUBERT F., 2020, *« Communautés énergétiques » et fabrique urbaine ordinaire Analyses croisées Allemagne, France, Royaume-Un*, Thèse de doctorat en Aménagement de l'espace et Urbanisme, Université Paris-Est, 547 p.

BARAUD-SERFATY I., 2015a, « Nouveaux modes de production de la ville », *Communication au séminaire du Conseil Scientifique de l'AIGP,* Atelier International du Grand Paris, *22/05/2015,* 14p.

BARAUD-SERFATY I., 2015b, « La ville servicielle, une ville coproduite», *Tempo Territorial, réseau national des acteurs des démarches temporelles,* https://tempoterritorial.fr/la-ville-servicielle-une-ville-coproduite/

BARAUD-SERFATY I., 2017, « Recomposition de la chaine de l'aménagement et de l'immobilier et révolution numérique », *Commination aux cycles de conférences dédié à l'utilisation du foncier en lien avec divers acteurs, EPF île-de-France*, 13/11/2017, 31p,

BARAUD-SERFATY I., FOURCHY C., RIO N., 2017, « Financer la ville à l'heure de la révolution numérique », *Esprit*, 6, pp. 129-141.

BARAUD-SERFATY I., FOURCHY C., RIO N., 2020, « Les maires au défi des plates-formes numériques », *L' Economie politique*, *85*, 1, pp. 74-85.

BARAUD-SERFATY I., JACQUOT C., 2016, « Les recompositions de la chaine de l'aménagement et de l'immobilier », *Réseau National des Aménageurs*, 13p.

BARAUD-SERFATY I., RIO N., 2016, « Quand la valeur de l'immobilier glisse vers l'aval : contribution à une réflexion sur les nouveaux modèles économiques urbains », *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, *84*, 4, pp. 51-54.

BARAUD-SERFATY I., ROUGE N., 2020, « Les aménageurs au défi du fonctionnement des quartiers « Gouvernance et gestion » », *Réseau national des aménageurs*, 16p.

BEAL V., EPSTEIN R., PINSON G., 2015, « La circulation croisée. Modèles, labels et bonnes pratiques dans les rapports centre-péiphèrie », *Gouvernement et action publique*, *4*, 3, pp. 103-127.

BEDDIAR K., AMJAHDI M., LEMALE J., 2015, *Solutions énergétiques dans les écoquartiers*, Paris, Dunod, 219 p.

BEDDIAR K., GRELLIER C., WOODS E., 2019, *Construction 4.0. Reinventer le bâtiment grâce au numérique : BIM, DFMA, Lean Management…*, Dunod, 225 p.

BEN MAHMOUD-JOUINI S. (dir.), 2003, « Co-conception et savoirs d'interaction», *Rapport de recherche*, CEREMA, 290 p.

BERNARD B., 2005, « Le « cadrage-débordement » : un concept pour comprendre le changement. Le cas de la gestion des forêts publiques », *Pyramides. Revue du Centre d'études et de recherches en administration publique*, 10, pp. 25-38.

BERRY, 2017, « Les réseaux de chaleur dans les écoquartiers. Approche de la pertinence technique et économique, » *Rapport public*, Cerema Ouest, 42 p.

BERTHIER S., 2018, « Le développement expérimental en situation de projet. Études des modes constructifs en bois dans l'architecture de Lipsky+Rollet », *Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère*, 1, 23 p.

BERTHOU T., MARTY-JOURJON V., STABAT P., ROUGÉ N., 2019, « Projet CoRDEES Co-responsibility in District Energy Efficiency & Sustainability », *Rapport public*, consortium CoRDEES, 34 p.

BESLAY C., GOURNET R., ZELEM M.-C., 2014, « Le " bâtiment économe " : utopie technicienne et " résistance " des usages », dans BOISSONADE J. (dir.), *La ville durable controversée. Les dynamiques urbaines dans le mouvement critique*, Paris, Éditions Pétra, pp. 335-364.

BESLAY, C., ZELEM, M.-C. (dirs.), 2019, *Sociologie de l'énergie : Gouvernance et pratiques sociales*, Paris, CNRS Éditions, 478 p.

BIAU V., 2012, « Une incursion dans les « coulisses » de la fabrication de la ville », *Les Cahiers de la recherche architecturale et urbaine*, 26/27, pp. 88-96.

BIAU V., 2014, « Les architectes et les contrats globaux : l'expérience d'un " monde à l'envers" », *Lieux Communs - Les Cahiers du LAUA (Langages, Actions Urbaines, Altérités),* École Nationale Supérieure d'Architecture de Nantes, 17, pp.29-45

BIAU V., 2018a, « Les architectes dans la chaîne de conception et la production architecturale », *communication de la journée d'étude sur le 40ème anniversaire de la loi sur l'architecture*, Paris, 8 mars 2017.

BIAU V., 2018b, « Nouveaux appels à compétences et enjeux de qualification chez les professionnels de la fabrication de la ville », *Cybergeo*.

BIAU V., 2020, *De l'architecte, de la ville néolibérale... Un état de la profession.*, Marseille, Parenthèses (Collection Eupalinos), 242 p.

BIAU V., EVETTE T., 2008, « Activités et métiers de l'architecture et de l'urbanisme. Recherche et

dispositifs réflexifs. », *Les Annales de la recherche urbaine*, *104*, 1, pp. 164-173.

BIAU V., FENKER M., MACAIRE É. (dirs) , 2013, *L'implication des habitants dans la fabrication de la ville Métiers et pratiques en question*, Cahiers Ramau, 6, Paris, Éditions de la Villette, 359p.

BIAU, V., TAPIE, G. (dirs.), 2009, *La fabrication de la ville: métiers et organisations*, Marseille, Éditions Parenthèses (Collection Eupalinos. Série Architecture et urbanisme), 217 p.

BIDDULPH M., 2012, « The Problem with Thinking about or for Urban Design », *Journal of Urban Design*, *17*, 1, pp. 1-20.

BIJKER, W.E., HUGHES, T.P., PINCH, T. (dirs.), 2012, *The social construction of technological systems: new directions in the sociology and history of technology*, Anniversary ed, Cambridge, Mass, MIT Press, 425 p.

BLAIS M., MARTINEAU S., 2006, « L'analyse inductive générale : description d'une démarche visant à donner un sens à des données brutes », *Recherches Qualitatives*, 26, 2, 18p.

BLANC M., 2010, « Métiers et professions de l'urbanisme : l'ingénieur, l'architecte et les autres », *Espaces et sociétés*, *142*, 2, p. 131-150.

BLANCHARD G., 2017, « Quelle traduction des stratégies territoriales de transition énergétiques dans les choix opérationnels des projets d'aménagement ? L'exemple de Bordeaux Saint-Jean Belcier », *Développement durable et territoires*, 8, 2. http://developpementdurable.revues.org/11752.

BLANCHARD G., 2018, *Comment la maîtrise d'ouvrage urbaine conçoit-elle les choix d'aménagement ? Élaboration et assemblage des choix énergétiques à Bordeaux Euratlantique*, Thèse de doctorat en Aménagement de l'espace, Urbanisme, Université Paris-Est, 509 p.

BLANCHARD G., MIOT Y., 2017, « Quelle activité de conception dans les séquences aval des projets d'aménagement? Apprentissages et négociations dans l'encadrement des opérations immobilières à Bordeaux Euratlantique et Lille-Arras-Europe », *RIURBA*, 3.

BLANCHARD G., SOUAMI T., 2017, « Expertise énergétique et décision publique locale dans les opérations d'aménagement "innovantes" », dans Benchendikh F. (dir.), *Expert(ise) et action publique locale*, Paris, LexisNexis, pp. 95-111.

BLOK A., 2013, « An ANT View on Sustainable City Building Projects », *Science & Technology Studies*, *26*, 1, pp.5-24.

BONCENNE F., BRY L., PESIN M., 2020, « Collecter et traiter les données: l'exemple de la blockchain énergétique », dans ORTEGA O. (dir.), *Fabrique la ville durable. Mise en œuvre technique, juridique et financière*, Antony, Le Moniteur, pp. 157-165.

BONETTI M., 1995, « La reconstruction de l'espace public. L'enjeu de la gestion politique et de la gestion urbaine », *Les Annales de la recherche urbaine*, *68*, 1, pp. 15-25.

BONETTI M., COLLET A., 2011, « Rénovation urbaine. Outil d'auto-évaluation des opérations livrées au regard de la gestion et des usages », *Guide de l'Union sociale de l'habitat*, 78p.

BONNAFOUS A., 2002, « Les infrastructures de transport et la logique financière du partenariat public-privé : quelques paradoxes », *Revue française d'économie*, *17*, 1, pp. 173-194.

BOULEAU G., 2011, *Réseaux d'eau et services publics de gestion de l'eau*, dans BOULEAU G & GUERIN-

SCHNEIDE L. (dirs.), Des tuyaux et des hommes, Éditions Quæ, pp. 13-20.

BOURDON I., TEISSIER N., KIMBLE C., 2011, « Relations et participation au sein d'une communauté de pratique virtuelle: étude de cas dans une multinationale de l'ingénierie », *16ème conférence de l'AIM,* La réunion, France, May 2011, 14p.

BOURG D., BUCLET N., 2005, « L'économie de fonctionnalité. Changer la consommation dans le sens du développement durable », *Futuribles*, 313, pp. 27-38.

BOUSSARD V., 2008, *Sociologie de la gestion : Les faiseurs de performances*, Paris, Belin, (Perspectives sociologiques), 264 p.

BOUTAUD B., 2009, « Quartier durable ou éco-quartier ? », *Cybergeo : European Journal of Geography*, https://journals.openedition.org/cybergeo/22583?lang=en

BROUSSEAU E., RALLET A., 1995, « Efficacité et inefficacité de l'organisation du bâtiment : une interprétation en termes de trajectoire organisationnelle », *Revue d'économie industrielle, 74*, 1, pp. 9-30.

CALLON M., 1986, « La domestication des coquilles Saint Jacques dans la baie de Saint Brieuc », *l'Année sociologique*, 36, pp. 169-208.

CALLON M., 1996, « Le travail de la conception en architecture », *Cahiers de la recherche architecturale*, 37, pp. 25-35.

CALLON M., 1999, « La sociologie peut-elle enrichir l'analyse économique des externalités ? essai sur la notion de cadrage-débordement », dans *Innovations et performances*, École des hautes études en sciences sociales, pp. 399-431.

CALLON M., 2001, « Actor network theory », *International encyclopedia of the social & behavioral sciences*, pp. 62-66.

CALLON M., 2006, « Sociologie de l'acteur réseau », dans AKRICH, M., CALLON, M., LATOUR, B. (dirs.), *Sociologie de la traduction : Textes fondateurs*, Paris, Presses des Mines (Sciences sociales), pp. 267-276.

CALLON M., 2009, « Concevoir : modèle hiérarchique et modèle négocie », dans GODIER P., TAPIE G. (dirs.), *L'élaboration des projets architecturaux et urbains en Europe. Volume I : Les acteurs du projet architectural et urbain*, Paris, PUCA, pp. 169-174.

CALLON M., 2017, « 7. Les agencements marchands et leur dynamique », dans CALLON M*, l'emprise des marchés, Comprendre leur fonctionnement pour pouvoir les changer,* La Découverte (Sciences humaines), pp. 395-431.

CALLON M., LASCOUMES P., BARTHE Y., 2001, *Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique*, Paris, Seuil, 357 p.

CAMPAGNAC E., 2001, « La "commande" comme nouveau marché de services: crise ou renouveau du professionnalisme ? Les leçons de l'expérience britannique », *Espaces et sociétés*, Erès, *105*, 2, pp. 17-56.

CAMPAGNAC E., 2006, « De l'équipement au service, la métamorphose des organisations : Coopération, gestion du risque et techniques contractuelles dans les nouveaux Partenariats Publics

Privés. », dans AZAN W., BARESF., CORNOLTI CH, *Logiques de création: enjeux théoriques et management*, L'Harmattan, pp. 137-158.

CAMPAGNAC É., 2017, « Partnering et gestion des risques : les transformations de l'action publique », dans *Concevoir la ville durable Un enjeu de gestion ? Cahiers Ramau*, Éditions de la Villette, Paris, pp. 138-144.

CAMPAGNAC E., DEFFONTAINES G., 2013, « Une analyse socio-économique critique des PPP », *Revue d'économie industrielle*, *140*, 4, pp. 45-79.

CAMUS C., 2001, « L'architecte : entre le service et l'œuvre », *Rapport de recherche*, Cahiers Ramau 2, Éditions de la Villette, Paris, 208 p.

CAMUS C., DURAND B., 2015, « La presse architecturale, miroir actif de la préoccupation environnementale. Construction médiatique d'une architecture durable et changements des codes journalistiques », *Communication,* Information médias théories pratiques, 33/1. https://journals.openedition.org/communication/5115?lang=en

CAMUS C., DURAND B., FENKER M., GRUDET I., WEBER B., 2010, « Projet architectural durable négocié. Pratiques, compétences, valeurs », *Rapport de recherche*, Paris, PUCA-MEDDE, 282 p.

CAMUS C., GRUDET I., DURAND B., FENKER M., WEBER B., 2012, « Négociation et projets d'architecture durable, Analyses croisées de deux opérations et de la presse professionnelle », dans CHOMBART DE LAUWE P. (dirs.), *Le projet négocié*, pp. 111-132.

CARASSUS J., 2003, *Construction: la mutation de l'ouvrage au service*, Paris, Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 255 p.

CARASSUS J., BOUGRAIN F., 2003, *Bâtiment : de l'innovation de produit à l'innovation de service*, *Rapport de recherche*, PUCA, 71 p.

CARASSUS J., DUPLESSIS B., 2010, *Economie et développement urbain durable. Modèles économiques appliqués à la ville. Financement et coût de l'investissemnt durable*, Presses des mines; 1ère édition, 166 p.

CAUCHARD L., 2010, *Les collèges d'experts et la fabrique de la normalisation technique. Hybridation Normative et Performation de la Haute Qualité Environnementale (HQE) des Bâtiments en France.*, Thèse de doctorant en sociologie, Université Paris-Est, 331 p.

CEREMA, 2017, *EcoQuartiers, quels enseignements ?* Éditions du Cerema, 94 p.

CERTU, 2014, « Prendre en compte l'exploitation-maintenance dans la conduite d'opération d'investissement de bâtiment », *Rapport public*, CERTU, DGUHC, MINISTERE DE L'EQUIPEMENT, DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT, 155 p.

CHADOIN O., 2000, « L'architecte coordonnateur entre originalité et ordre », *Les Annales de la recherche urbaine*, *88*, 1, pp. 63-72.

CHADOIN O., 2007, *Être architecte, les vertus de l'indétermination. De la sociologie d'une profession à la sociologie*, Limoges, PULIM, 384 p.

CHARLOT-VALDIEU C., OUTREQUIN P., 2009, *Ecoquartier mode d'emploi*, Eyrolles, 244 p.

CHARLOT-VALDIEU C., OUTREQUIN P., 2018, *Mener un projet de construction ou d'aménagement en coût*

global. Méthodes et outils, Le Moniteur, 2e Édition, 288 p.

CHOCAT B., 2008, « État de l'art sur la gestion urbaine des eaux pluviales et leur valorisation. Tendances d'évolution et technologies en développement », *Rapport public*, Office International de l'Eau ONEMA, 36 p.

CITRON P., 2016, *Les promoteurs immobiliers dans les projets urbains. Enjeux, mécanismes et conséquences d'une production urbaine intégrée en zone dense*, Thèse de doctorat en aménagement, Paris, Université Paris 1 Panthéon Sorbonne, 450 p.

CITRON P., 2017, « Produire la ville grâce aux opérateurs immobiliers : quel modèle pour l'aménagement privé en zone dense ? », *Métropoles*, 20, https://journals.openedition.org/metropoles/5461

COINTE B., 2016, « Les tarifs d'achat, un instrument de " transition " ? Le cas du photovoltaïque. », *Communication des journées Approches Critiques de la Transition Energétique en Sciences Sociales*, , Strasbourg, 09 et 10 juin 2016, 10 p.

COLLET A., 2017, « Pour une intégration des enjeux de gestion dans la conception », dans GRUDET I., MACAIRE E., ROUDIL N. (dirs.), *Concevoir la ville durable Un enjeu de gestion ? Cahiers Ramau 8*, Paris, Éditions de la Villette, pp. 100-112.

COLLET A., KOUKOUI O., 2018, « La place des espaces publics dans les programmes de rénovation urbaine », *Les Cahiers du Developpement Social Urbain*, *67*, 1, pp. 34-35.

COSTE A., GUILLOT X., DUBUS N., PERNET A., RUCHON M., CHAMODOT M., 2015, « Spatialiser la transition énergétique. Vers la production d'« écosystèmes énergétiques territoriaux » en milieu rural », *Rapport public*, Ignis mutat res Penser l'architecture, la ville et les paysages au prisme de l'énergie Programme interdisciplinaire de recherche 3ème session*, 2013-2015*, 183p.

COULONDRE A., 2017, « La création de profit par les promoteurs immobiliers », *Revue française de sociologie*, *58*, 1, pp. 41-69.

COUTARD O., RUTHERFORD J., 2009, « Les réseaux transformés par leurs marges : développement et ambivalence des techniques « décentralisées » », *Flux*, *76-77*, 2, pp. 6-13.

COUTARD O., RUTHERFORD J., 2013, « Vers l'essor de villes « post-réseaux » : infrastructures, innovation sociotechnique et transition urbaine en Europe », dans FOREST, J. ET HAMDOUCH, A. (eds.), *L'innovation face aux défis environnementaux de la ville contemporaine*, Presses Polytechniques Universitaires Romandes, pp. 97-118.

CREPON É., CHARRUE H., 2018, « Le bâtiment, entre idéal et réalité : les facteurs clés du succès de la transition énergétique », *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 2, *90*, pp. 95-98.

CROZIER M., FRIEDBERG E., 1977, *L'acteur et le système. Les contraintes de l'action collective*, Paris, Seuil, 504 p.

DAGALLIER L., 2019, « Les reseaux de chaleur :combien ça coûte pour l'usager final ? Groupe de travail . Approche financière dans les ecoquartiers », *Communication au GT Approche financière dans les EcoQuartiers*, AMORCE, 25 p.

DEBIZET G., 2011, « La coupe permet-elle de traiter opportunément des questions

environnementales ? », Dans TIXIER N., MASSON D., OKAMURA C., *L'ambiance est dans l'air : la dimension atmosphérique des approches architecturales et urbaine dans les approches environnementales, CRESSON*, pp. 139-143.

DEBIZET G., 2012, « Bâtiment et climat : la guerre des normes n'aura pas lieu », *Métropolitiques, https://metropolitiques.eu/Batiment-et-climat-la-guerre-des.html*

DEBIZET G. (dir.), 2015, *Scénarios de transition énergétique en ville : Acteurs, régulations, technologies*, Paris, La Documentation Française, 197 p.

DEBIZET G., GODIER P. (dirs.), 2015a, *Architecture et urbanisme durables Modèles et savoirs,* Cahiers Ramau 7, Paris, Éditions de La Villette, 308 p.

DEBIZET G., GODIER P., 2015b, « Savoirs et modèles en transition, constats et pistes de recherche », dans DEBIZET G., GODIER P.(dirs.), *Architecture et urbanisme durables Modèles et savoirs. Cahier Ramau 7*, Paris, Edition de la Villette, pp. 276-286.

DEBIZET G., GODIER P., 2015c, « Introduction. Architecture et urbanisme durables. Modèles et savoirs », dans DEBIZET G., GODIER P.(dirs.), *Architecture et urbanisme durables Modèles et savoirs. Cahier Ramau 7*, Edition de la Villette, pp. 8-18.

DEBIZET G., HENRY E., 2009, « Qualités en conception, concourance et management de la qualité: Exemple par la démarche HQE », dans BIAU V., LAUTIER F. (dirs.), *La qualité architecturale. Acteurs en enjeux*, Cahier Ramau 5, Paris, Editions de la Villette, pp. 143-162.

DEBIZET G., SCHNEUWLY P., 2015, « Technologies de mobilisation des énergies renouvelables et de coordination énergétique dans les écoquartiers », *Innovatio*, Energies en (éco)quartier, 2, 11 p.

DELANDA M., 2016, *Assemblage Theory*, Edinburgh, Edinburgh University Press, 216 p.

DELEUZE G., GUATTARI F., 1980, *Capitalisme et schizophrénie. 2, Mille Plateaux*, Paris, Editions de Minuit, 645 p.

DENIS J., PONTILLE D., 2019, « Why do maintenance and repair matter? », dans BLOK A., FARÍAS I., ROBERTS C. (dirs.), *The Routledge Companion to Actor-Network Theory*, 1re edition, Routledge, pp. 283-293.

DENIS J., PONTILLE D., 2021, « Le soin des infrastructures : politiques de la maintenance », *Communication lors du Webinaire organisé par des chercheurs des labos DEST (Université Gustave Eiffel), ThéMA (l'université de Bourgogne Franche-Comté) et LAET (Université Lyon 2*), 28/05/21, (Page internet non disponible).

DESHAYES P., 2012, « Le secteur du bâtiment face aux enjeux du développement durable : logiques d'innovation et/ou problématiques du changement », *Innovations*, 1, *37*, pp. 219-237.

DEVISME L., CHESNEL K., 2020, « La ville en mode « démonstrateur urbain » : learning from Nantes City Lab », *RIURBA*, 9.

DEVISME L., DUMONT M., ROY É., 2007, « Le jeu des « bonnes pratiques » dans les opérations urbaines, entre normes et fabrique locale », *Espaces et sociétés*, *131*, 4, p. 15-31.

DOBIGNY L., 2009, « Changement énergétique et rapport au monde », dans MENOZZI M-J., FLIPO F & PÉCAUD D. (dirs.), *Énergie et Société. Sciences, gouvernances et usages*, Aix en Provence,

Éditions Sud, pp. 215-224.

DOBIGNY L., 2012, « Absence de representations ou representation d'une présence? Pour une socio-anthropologie de l'énergie », dans Poirot-Delpech S., Raineau L. (dirs.), *Pour une socio-anthropologie de l'environnement, Tome 1 : Par-delà le local et le global*, L'Harmattan, pp. 149-164.

DOUSSARD C., 2017, *Evaluer les éco-quartiers : analyses comparatives internationales,* thèse de doctorat en géographie, Université Paris 1, 400 p.

Driancourt A., Berthou T., Stabat P., 2019, « Etude de la performance énergétique des éco-quartiers européens existants », *Rapport public*, Project Co-responsibility in District Energy Efficiency & Sustainability CoRDEES, 41p.

Drozdz M., Llorente M., Vila Vázquez J-I., 2021, « Les modalités de financement et les investisseurs en projets urbains dans le Grand Paris : de l'immobilier à l'aménagement », *communication à l'Ecole d'Urbanisme de Paris – EUP/ Latts*, Champs-sur-Marne, 6 mai 2021, https://latts.fr/les-modalites-de-financement-et-les-investisseurs-en-projets-urbains-dans-le-grand-paris-de-limmobilier-a-lamenagement/

DUARTE P., 2015, « Représentations sociales, négociations et interactions : le cas de deux projets urbains à Grenoble », *Négociations*, *23*, 1, pp. 137-149.

DUPLESSIS B., 2008, *Mise en œuvre des contrats de performance énergétique pour l'amélioration des installations de production frigorifique*, Thèse de doctorat en énergétique, École des Mines de Paris, 239 p.

DUPLESSIS B., 2010, « Évaluation de l'efficacité des services énergétiques pour l'amélioration des installations de climatisation », dans CARASSUS J., DUPLESSIS B., (dirs.), *Economie et développement urbain durable. Modèles économiques appliqués à la ville. Financement et coût de l'investissement durable.*, Presses de l'école des mines (Développement durable), pp. 95-116.

D'EMILIO L., 2015, « La normalisation durable au risque d'une déculturation de l'environnement », dans DEBIZET G., GODIER P. (dirs.), *Architecture et urbanisme durables Modèles et savoirs, Cahier Ramau 7*, Éditions de la Villette, pp. 138-151.

ESHIEN C., LANNIER A.L., STAROPOLI C., 2013, « Les contrats de performance énergétique à l'heure du bilan: l'éclairage de l'économie des contrats », *Economies et sociétés. Série en, Economie de l'énergie*, ISMEA, 2, pp. 366-380.

FARÍAS I., 2010, « Introduction: decentring the object of urban studies », dans FARÍAS, I., BENDER T. (dirs.), 2010, *Urban Assemblages: How Actor-Network Theory Changes Urban Studies*, Routledge, pp.1-24

FARÍAS, I., BENDER T. (dirs.), 2010, *Urban Assemblages: How Actor-Network Theory Changes Urban Studies*, London, Routledge, 333 p.

FENKER M., 2008, « La conception architecturale tournée vers la relation de service : nouvelles questions ergonomiques », dans P. NEGRONI., Y. HARADJI. (dirs.), *Ergonomie et conception – concevoir pour l'activité humaine*, Montrouge, Éditions ANACT, pp. 308-315.

FENKER M., 2015, « La fabrication des écoquartiers comme espace d'apprentissage pour la maitrise d'ouvrage urbaine », dans DEBIZET G., GODIER P. (dirs.), *Architecture et urbanisme durables, Modèles et savoirs*, Cahiers Ramau 7, Éditions de la Villette, pp. 184-200.

FENKER M., 2017, « L'espace comme enjeu de gestion. Éléments pour un élargissement du questionnement sur la ville durable », dans GRUDET I., MACAIRE E., ROUDIL N., *Concevoir la ville durable. Un enjeu de gestion ?* Cahiers Ramau 8, Paris, Édition de la Villette, pp. 28-46.

FENKER M., GRUDET I., WEBER B., 2015, « Une analyse systémique du travail de conception dans le contexte de la montée des questions environnementales », *Lieux Communs - Les Cahiers du LAUA (Langages, Actions Urbaines, Altérités),* École Nationale Supérieure d'Architecture de Nantes, Les Mondes de l'architecture, pp. 70-91

FENKER M., LAUTIER F., 2008, « Architecture et Facilities Management La conception face à la montée des services », *Communication à l'atelier international du Réseau Activités et Métiers de l'Architecture et de l'Urbanisme RAMAU*, le 17-18 avril 2008, Paris, 7 p.

FENKER M., ZETLAOUI-LEGER J., 2015, « Méthode Nationale Évaluation ÉcoQuartiers », *Rapport de recherche,* LAVUE, LET, 56p.

FERCHAUD F., JAGLIN S., KENNEDY L., ROBERT J., 2020, « 13. La production urbaine et ses dispositifs sociotechniques », dans ADISSON F., BARLES S., BLANC N., COUTARD O., FROUILLOU L., RASSAT F. (dirs.), *Pour la recherche urbaine*, Paris, CNRS Éditions (Espaces et milieux), pp. 267-292.

FLEURY A., WUEST L., 2016, « Vers de nouveaux modes de production des espaces publics à Paris ? », *Métropolitiques*, https://metropolitiques.eu/Vers-de-nouveaux-modes-de.html

FLYVBJERG B., 2006, « Five Misunderstandings About Case-Study Research », *Qualitative Inquiry*, *12*, pp. 219-245.

FOREST J., HAMDOUCH A. (dirs.), 2015, *Quand l'innovation fait la ville durable*, PPUR Presses polytechniques, 240 p.

FOREST J., MEHIER C., 2014, « Chapitre 14. Du processus de conception comme objet d'étude à une économie de la conception», dans HATCHUEL A, et *al.*, *Les nouveaux régimes de la conception*, Hermann, pp. 213-222.

FOREST J., SERRATE B., 2011, « Diffusion et production des connaissances : les deux faces d'une action territoriale réussie », *Revue d'Économie Régionale et Urbaine*, 2, pp. 295-312

FRIEDBERG E., 1993, *Le Pouvoir et la Règle. Dynamiques de l'action organisée*, Paris, Le Seuil, 416 p.

GALLEZ C., MAKSIM H.-N., 2007, « À quoi sert la planification urbaine ? », *Flux*, *69*, 3, pp. 49-62.

GALLEZ C., MORONCINI A., 2003, *Le manager et l'environnement. Outils d'aide à la déision stratégique et opérationnelle*, PPUR Presses polytechniques et universitaires romandes (Gérer l'environnement), 248 p.

GARCIN L., 2008, « Le Contrat de Partenariat facilite-t-il l'intégration d'objectifs de développement durable dans la gestion de services en réseaux ? Une illustration par le cas de l'éclairage public », *Flux*, *74*, 4, pp. 47-55.

GAUTIER B. (dir.), 2009, *Recherche sociale de la problématique à la collecte des données*, Canada, Presses de l'université du Québec, 747 p.

GOURNET R., BESLAY C., 2015, « Les professionnels du bâtiment face aux enjeux de la performance énergétique : nouveaux savoirs et nouveaux métiers », *SociologieS*, https://journals.openedition.org/sociologies/5063

GRAHAM S., THRIFT N., 2007, « Out of Order: Understanding Repair and Maintenance », *Theory, Culture et Society*, *24*, 3, pp. 1-25.

GRUDET I., 2010, « Jeu d'images intermédiaires : le grand projet architectural et urbain de Lyon Confluence », *Sociétés et Représentations*, *30*, 2, pp. 111-122.

GRUDET I., 2012, « Mobilisation, méfiance et adaptation des architectes devant la demande de durabilité », *Métropolitiques, https://metropolitiques.eu/Mobilisation-mefiance-et.html*

GRUDET I., 2016. (dir.), « L'habitant et la fabrication énergétique des éco-quartiers. Processus, conception, réception », *Rapport de recherche*, Programme Ignis Mutat Res, ministère de la culture et de la communication, financé par VERI, 397.

GRUDET I., 2017, « La concertation énergétique et l'implication des habitants dans la gestion », dans GRUDET I., MACAIRE E., ROUDIL N. (dirs.), *Concevoir la ville durable. Un enjeu de gestion? Cahiers Ramau 8*, Paris, Éditions de la Villette, pp. 145-159.

GRUDET I., FENKER M., GARDESSE C., 2012, « L'implication des habitants dans les projets d'écoquartiers en France : Quelles pratiques, quelles perspectives ? », *Rapport de recherche*, Programme « Concertation, Décision, Environnement » du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 149 p.

GRUDET I., MACAIRE E., ROUDIL N. (dirs.), 2017, *Concevoir la ville durable. Un enjeu de gestion,* Cahiers Ramau 8, Paris, Éditions de la Villette, 183p.

GUENEAU J., 2019, « Le métier d'architecte et le BIM. Nouvelles répartitions des tâches et des responsabilités dans les métiers de la création », *Techniques et Culture. Revue semestrielle d'anthropologie des techniques*, https://journals.openedition.org/tc/10327

GUIRONNET A., 2018, *La financiarisation du capitalisme urbain : Marchés immobiliers tertiaires et politiques de développement urbain dans le Grand Paris et le Grand Lyon, les projets des Docks de Saint-Ouen et du Carré de Soie*, Thèse de doctorat en Aménagement de l'espace, Urbanisme, Université Paris-Est, École doctorale Ville, Transports et Territoires, 588 p.

GUY S., FARMER G., 2001, « Reinterpreting Sustainable Architecture: The Place of Technology », *Journal of Architectural Education*, *54*, 3, pp. 140-148.

GUY S., GRAHAM S., MARVIN S., 1997, « Splintering networks: Cities and technical networks. Networks in 1990s Britain », *Urban Studies*, *34*, 2, pp. 191-216.

GUY, S., MOORE, S.A. (dirs.), 2005, *Sustainable architectures: cultures and natures in Europe and North America*, New York, Spon Press, Taylor & Francis Group, 269 p.

HALBERT L., 2013, « Les acteurs des marchés financiers font-ils la ville ? Vers un agenda de recherche. », *EspaceTemps, https://www.espacestemps.net/articles/les-acteurs-des-marches-financiers-font-ils-la-ville/*

HALLER H., 2018, « Le désintérêt des concepteurs de bâtiments performants envers les

comportements énergétiques des habitants : stratégie défensive de leurs savoirs ? », *Journée doctorale du RT9-AFS : Normes et usages de la ville, quand les pratiques sociales interrogent les modalités de production urbaine,* 9p.

HALLER H., 2019, *Concevoir des bâtiments performants : prescriptions publiques, coordination, apprentissage*, Thèse de doctorant en Urbanisme et aménagement, Université Grenoble Alpes, 318 p.

HAMPIKIAN Z., 2016, *De la distribution aux synergies ? Circulations locales d'énergie et transformations des processus de mise en réseau de la ville*, Thèse de doctorat en Urbanisme et aménagement, 454 p.

HAMPIKIAN Z., 2017, « Distribuer la chaleur fatale des entreprises : la construction dynamique d'un réseau d'énergie décarbonée, entre flux et infrastructure », *Développement durable et territoires*, 8, 2.

HATCHUEL A., 2015, « Apprentissages collectifs et activités de conception », *Revue Française de Gestion*, *253*, pp. 109-120.

HATCHUEL A., WEIL B. (dirs.) , 2008, *Les nouveaux régimes de la conception : Langages, théories, métiers*, Vuibert, Paris, 272 p.

GUILLAUME H., HEBERT G., MOREIL L., 2017, « Appels à projets, appels à manifestation d'intérêt : quels facteurs clés de succès ? », Réseau national des aménageurs, SCET, La fabrique de la ville, 14p.

HENKE C.R., 2000, « The Mechanics of Workplace Order: Toward a Sociology of Repair », *Berkeley Journal of Sociology*, *4*, pp. 55-81.

HENRY E., PUYBARAUD M., 2009, « Expertises, compétences et gestion de projets en construction durable », dans *La fabrication de la ville. Métiers et organisations*, Marseille, Parenthèses (Collection Eupalinos), pp. 43-59.

HUGHES T.P., 1983, *Networks of power: electrification in Western society, 1880-1930*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 474 p.

Ignis Mutat Res, 2014, « Penser l'architecture, la ville et les paysages au prisme de l'énergie », *Programme de recherche,* (2011-13, 2012-14 et 2013-15) http://www.culturecommunication.gouv.fr/Thematiques/Architecture/Formations-Recherche-Metiers/La-recherche-architecturale-urbaine-et-paysagere/L-organisation-de-la-recherche/La-politique-incitative-a-la-recherche/Ignis-Mutat-Res-IMR

JAGLIN S., 1998, « La gestion urbaine en archipels en Afrique australe », *Les Annales de la Recherche Urbaine*, *80*, 1, pp. 27-34.

JAGLIN S., DUBRESSON A., 2020, « Petites installations PV et revenus municipaux dans les villes du Western Cape. Hybridation et mise en question d'un modèle redistributif », *Document de travail du programme Hybridelec ,* 43p.

JAGLIN S., ZERAH M.-H., 2010, « Eau des villes : repenser des services en mutation. Introduction », *Revue Tiers Monde*, *203*, 3, pp. 7-22.

JEANTET A., 1998, « Les objets intermédiaires dans la conception. Éléments pour une sociologie des processus de conception », *Sociologie du travail*, *40*, 3, pp. 291-316.

JOSSELIN J.-M., 1995, « Choix de projets d'urbanisme et gestion de l'incertitude », *Politiques et*

Management Public, *13*, 3, pp. 185-199.

JOUMNI H., 2010, « L'approche en coût global : éléments de méthodologie, critères d'arbitrage et démarches d'évalusation dans le champ de la construction. », dans *Economie et développement urbain durable. Modèles économiques appliqués à la ville. Financement et coût de l'investissemnt durable*, Presses des Mines, pp. 117-140.

KNIGHT L., 2002, « Network Learning: Exploring Learning by Interorganizational Networks - Louise Knight, 2002 », *Human Relations*, *4*, 55, https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0018726702554003

KOENIG G., 2006, « L'apprentissage organisationnel : repérage des lieux », *Revue francaise de gestion*, *160*, 1, pp. 293-306.

LA BRANCHE S.L., 2014, « Innovations dans les écoquartiers : quelques leçons pour la gouvernance de la transition énergétique », *VertigO*, *14*, 3.

LA BRANCHE S.L., 2015, « Gouvernance et jeux d'acteurs dans les écoquartiers - », *InnovatiO, La revue pluridisciplinaire en innovation*, SFR Innovacs, Energies en (éco)quartier.

LASCOUMES P., LE GALES P., 2012, *Sociologie de l'action publique*, 2ème, Paris, Armand Colin, 126 p.

LATOUR B., 1996a, « On Actor-Network Theory. A Few Clarifications, Plus More Than a Few Complications », *Soziale Welt*, *47*, pp. 369-381.

LATOUR B., 1996b, *Aramis, or the love of technology*, Cambridge (États-Unis), Harvard University Press, 313 p.

LATOUR B., 2005a, *Reassembling the Social- An Introduction to Actor-Network-Theory*, Oxford, Oxford University Press, 320 p.

LATOUR B., 2005b, *La science en action*, *Introduction à la sociologie des sciences*, La Découverte, 672p.

LAUTIER F., BIAU V. (dirs.), 2009, *Qualité architecturale, acteurs et enjeux*. Cahiers Ramau, 5, Paris, Editions de la Villette, 239 p.

LENFLE S., MIDLER C., 2003, « Gestion de projet et innovation », dans PENAN H., MUSTAR., *L'encyclopédie de l'innovation*, Economica, pp. 49-69.

LEONET J., 2018, *Les concepteurs face à l'impératif participatif dans les projets urbains durables. Le cas des écoquartiers en France.*, Thèse de doctorat en Aménagement de l'espace, Urbanisme, Conservatoire National des Arts et Métiers CNAM, 364 p.

LIEVRE P., BONNET E., LAROCHE N., BURGER-HELMCHEN T., AL, 2016, « XXI. Etienne Wenger. Communauté de pratique et théorie sociale de l'apprentissage », dans Burger-Helmchen T., Hussler C., *Les Grands Auteurs en Management de l'innovation et de la créativité*, EMS Éditions, pp. 427-447.

LINDKVIST L., 2005, « Knowledge Communities and Knowledge Collectivities: A Typology of Knowledge Work in Groups», *Journal of Management Studies*, *42*, 6, pp. 1189-1210.
LLORENTE M., DROZDZ M., VAZQUEZ J.I.V., 2020, « L'aménagement urbain, une nouvelle étape de la diversification d'actifs ? Les investisseurs dans les projets du Grand Paris », *Rapport de*

recherche, Groupe de travail Economie de l'Aménagement - Chaire Aménager le Grand Paris, Université Gustave Eiffel et Université Paris-Est Créteil, Ecole d'Urbanisme de Paris, LATTS - Laboratoire Techniques, Territoires et Sociétés, 122 p.

LLORENTE M., VILMIN T., 2011, « Nouveau regard sur l'aménagement », *Études foncières*, 153, pp. 23-30.

LOPEZ F., 2013, « Le réseau énergétique en projet », *Les Cahiers de la recherche architecturale et urbaine*, 28, pp. 25-36.

LOPEZ F., 2016, « Les monuments de la transition énergétique », dans BELTRAN A., LABORIE L., LANTHIER P., LE GALLIC P.(dirs.), *Electric Worlds / Mondes électriques: Creations, Circulations, Tensions,* Transitions, Peter Lang AG, pp.497-516.

LOPEZ F., 2019, *L'ordre électrique. Infrastructures énergétiques et territoires*, Metis Presses, 217 p.

LORRAIN D., 1992, « Le modèle ensemblier en France », dans Campagnac E., *Les grands groupes de la construction: de nouveaux acteurs urbains ?* L'Harmattan, pp. 71-82.

LORRAIN D., 1995, « La grande entreprise urbaine et l'action publique », *Sociologie du travail*, *37*, 2, pp. 199-220.

LORRAIN D., 2002, « Capitalismes urbains : la montée des firmes d'infrastructures », *Entreprises et histoire*, *30*, 3, pp. 7-31.

LUCAN J., 2012, *Où va la ville aujourd'hui? Formes urbaines et mixités*, Paris, La Villette, 208 p.

MACAIRE É., ZETLAOUI-LEGER J., 2019, « Dix ans de pratiques des concours d'architecture en France : bilan et perspectives. Article », *Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère*, 20p.

MALLET S., ZANETTI T., 2015, « Le développement durable réinterroge-t-il les temporalités du projet urbain? », *Vertigo*, *15*, 2.

MARQUET M., 2018, *Les modèles d'ilots/quartiers à système énergétique local bas carbone: fondamentaux techniques et économiques, conditions institutionnelles de mises en œuvre et conséquences pour les modes de vie*, Thèse de doctorat en Sciences Économiques, Communauté université Grenoble Alpes, 329 p.

MASBOUNGI A., 2012, *L'énergie au cœur du projet urbain*, Le Moniteur (Ville-Aménagement), 160 p.

MATTHEY L., GAILLARD D., 2011, « La norme et le label. Production de la norme et logiques d'hybridation dans la fabrique de la ville durable : le cas des écoquartiers », *Lieux communs : les cahiers du LAUA*, 14, pp. 113-129.

MCFARLANE C., 2011, « Assemblage and critical urbanism », *City*, *15*, 2, pp. 204-224.

MENANTEAU P., BLANCHARD O., 2014, « Quels systèmes énergétiques pour les écoquartiers ? Une première comparaison France – Europe », *Revue de l'Energie*, pp. 463-471.

MENEZ F., VERHAGE R., BOURDIN V., LEROY M., EMMANUEL LORENZI, DEVISME L., GEPPERT A., 2012, « Processus d'apprentissage pour un urbanisme plus durable », *Note de synthèse*, Ministère de l'égalité, des territoires et du logement, 6 p.

MEUNIER F., REDOUTEY E., ZETLAOUI-LEGER J., 2018, « Appels à projets innovants, concours de

programmes ou de programmation? », *Urbanisme,* 410, pp. 8-10.

MIDLER C., 1997, « Situations de conception et apprentissage collectif. Réponse à Schön et Llerena », dans Dupuy J-P., Livet P., *Les limites de la rationalité. Tome 1*, Paris, La Découverte, pp. 169-180.

MIDLER C., 1998, « Évolution des modèles d'organisation et régulations économiques de la conception », *Problèmes économiques*, 2.558, 12 p.

MIDLER C., 2002, « Modèle gestionnaire et régulation économique de la conception », dans de Terssac G., Friedberg E. (dirs.), *Coopération et conception*, Toulouse, Octarès Éditions, pp. 63-85.

MIDLER C., BEN MAHMOUD JOUINI S., 1996, « L'ingénierie concourante dans le Bâtiment » *Synthèse des travaux du Groupe de Réflexion sur le Management de Projet (GREMAP)*, Ministère du Logement Plan Construction et Architecture, 230 p.

MOLINA G., 2012, « Lutte contre le changement climatique : les acteurs de l'aménagement entre coopération, reconversion et concurrence », *Métropolitiques, https://metropolitiques.eu/Lutte-contre-le-changement.html*

MOLINA G., MUSY M., LEFRANC M., 2018, *Les professionnels du bâtiment face aux défis énergétiques et environnementaux: Compétences et pratiques en transition*, ISTE Group, 363 p.

MORLOT R., DEBERGUE S., MEUR M.I.L., MÜLLER D., FONTAINE C., 2018, « Retours d'expériences sur les îlots & quartiers à énergie positive », *Rapport public*, ADEME, Embix, FIDAL, 64p.

MORRIET L., 2021, *Conception multiacteur de systèmes énergétiques locaux bas-carbone : outils, modèles et analyses qualitatives*, Thèse de doctorat en Génie électrique, Université Grenoble Alpes, 293 p.

MOSBAH D., 2017, « Les villes n'ont plus un sou, la réorganisation de l'urbanisme va donc être largement portée par le privé. Les promoteurs capables de faire un quartier se comptent sur les doigts d'une main », *La revue foncière*, 20, pp. 25-31.

MOSCONI L., 2016, « Architecture et climat : au-delà de la crise, vers un récit collectif », *L'Architecture d'Aujourd'hui*, 411, pp. 48-51.

MULLON R., GOMES P., 2017, « La place de la composition spatiale dans la conception urbaine : deux études de cas », *RIURBA*, 3.

N. ROY S., 2009, « L'étude de cas », dans GAUTHIER B. (dir.), *Recherche sociale de la problématique à la collecte des données*, Canada, Presses de l'université du Québec, pp.199-255.

NARCY J.-B., 2004, *Pour une gestion spatiale de l'eau : Comment sortir du tuyau?*, Nouvelle édition, Bruxelles, New York, P.I.E-Peter Lang S.A., Éditions Scientifiques Internationales, 342 p.

NONAKA I., 1998, « Chapter 12 - The Knowledge-Creating Company », dans NEEF D., SIESFELD G.A., CEFOLA J. (dirs.), *The Economic Impact of Knowledge*, Boston, Butterworth-Heinemann, pp. 175-187.

NOVARINA G., 2000, « Conduite et négociation du projet d'urbanisme », dans Söderström O. (dir), *L'usage du projet Pratiques sociales et conception du projet urbain et architectural*, Payot Lausanne, pp. 51-64.

OKAKPU A., GHAFFARIANHOSEINI A., TOOKEY J., HAAR J., GHAFFARIAN HOSEINI A., 2019, « An optimisation process to motivate effective adoption of BIM for refurbishment of complex buildings in New Zealand », *Frontiers of Architectural Research*, *8*, 4, pp. 646-661.

OLSON M., 1978, *Logique de l'action collective*, Paris, Presses Universitaires de France, 214 p.

ORTEGA, LOUIS B., L'HELGUEN E. (dirs.) , 2020, « Fabriquer la ville durable: mise en œuvre technique, juridique et financière », dans ORTEGA O. (dir.), *La ville durable. Mise en œuvre technique, juridique et financière*, Le Moniteur, pp. 181-190.

ORTEGA O. (dir.), 2020, *Fabriquer la ville durable: Mise en œuvre technique, juridique et financière*, Le moniteur, 248 p.

PAILLE P., 2011, « L'analyse par théorisation ancrée », *Cahiers de recherche sociologique*, 23, pp. 147-181.

PELLEGRINO M., 2019, « Les acteurs du bâtiment face au défi de la massification de la rénovation énergétique très performante », *RIURBA*, 8.

PETITBON F., BASTIANUTTI J., MONTANER M., 2020, « 2. Aux sources de l'apprentissage organisationnel », dans PETITBON F., BASTIANUTTI J., MONTANER (dirs.), *Upskilling*, pp. 25-40.

PEYNICHOU L., 2018, *Quand les promoteurs immobiliers produisent la ville de demain : étude de deux projets urbains de standing en France et au Mexique*, Thèse de doctorat en aménagement de l'espace et urbanisme, Université Paris-Est, 352 p.

PEYNICHOU L., 2020, « Les promoteurs immobiliers deviennent-ils des acteurs de la gestion urbaine ? », *RIURBA*, 8.

PIGANIOL M., 2016, « Pouvoir statutaire, pouvoir relationnel. Une analyse organisationnelle des architectes en situation de travail. Deuxième prix », *Sociologie du travail*, 58, 3, pp. 253-272.

PISTONI R., 2020, *Landscape planning and design for energy transition in France and the Netherlands. Principles, practices, recommendations*, Thèse de doctorat en géographie, Institut agronomique, vétérinaire et forestier de France, 724 p.

PLOYE F., 2019, « L'énergie au cœur des stratégies », *Les cahiers techniques*, 376, pp. 50-53.

POLLARD J., 2018, *L'État, le promoteur et le maire*, Presses de Sciences Po (Académique), 216 p.

RAMIREZ-COBO I., TRIBOUT S., DEBIZET G., 2020, « Territoires d'énergie, territoires à projet. Articulations et dépendances entre conceptions urbaine et énergétique », *Espaces et sociétés*, 3, *182*, pp. 73-91.

RATEAU M., JAGLIN S., 2020, « Co-production of access and hybridisation of configurations: a socio-technical approach to urban electricity in Cotonou and Ibadan », *International Journal of Urban Sustainable Development*, pp. 1-16.

RAYNAUD D., 2001, « Compétences et expertise professionnelle de l'architecte dans le travail de conception », *Sociologie du Travail*, *43*, 4, pp. 451-469.

RAYNAUD D., 2004, « Contrainte et liberté dans le travail de conception architecturale », *Revue*

française de sociologie, *45*, 2, pp. 339-366.

REINTEAU B., 2019, « Pilotage et synergies de quartier », *Les cahiers techniques*, 376, pp. 58-59.

RENAULD V., 2012, *Fabrication et usage des écoquartiers français : éléments d'analyse à partir des quartiers De Bonne (Grenoble), Ginko (Bordeaux) et Bottière-Chénaie (Nantes)*, Thèse de doctorat en Géographie, Aménagement et Urbanisme, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 271 p.

RENAULD-GIARD V., 2012, « Les éco--techniques à l'épreuve des usages », dans GRUDET I., FENKER M., GARDESSE C. (dirs.), « L'implication des habitants dans les projets d'écoquartiers en France : quelles pratiques, quelles perspectives ? » *Rapport de recherche*, pp. 108-122.

RIO N., JOSSO V., GRECO L., 2019, « « Réinventer » les villes : effet de mode ou vraie transformation ? », *Réflexions en partage*, PUCA, 59 p.

RODE S., 2017, « La conception de projets d'aménagement urbain comme processus collectif », *Espaces et sociétés*, *171*, 4, pp. 145-161.

RYDIN Y., 2010, *Governing for Sustainable Urban Development*, Routledge, 172 p.

Réseau National des Aménageurs RNA, 2020, « Appels à projets innovants : Enjeux et perspectives », SCET, *fiche de synthèse*,11 p.

SCHÖN D.A., 1984a, *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*, New York, Basic Books, 384 p.

SCHÖN D.A., 1992, « Designing as reflective conversation with the materials of a design situation. », *Knowledge-Based Systems*, *5*, 1, pp. 3-14.

SEGUIN L., BARATAUD F., 2021, « Quand la trajectoire d'objets techniques liés à la gestion des eaux agricoles révèle des valeurs attachées à la nature », *VertigO*, 21, 1.

SILBERSTEIN V., 2014, *Choix d'un label énergétique par les promoteurs immobiliers en France et en Suisse*, Thèse de doctorat en environnement, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, 303 p.

SIMON H.A., 1974, *Administrative Behavior: A Study of Decision-Making Processes in Administrative Organization*, New York, Macmillan, 259 p.

SOUAMI T., 2007, « L'intégration des technologies énergétiques dans l'action urbaine. Éclairages théoriques d'expériences européennes », *Les Annales de la Recherche Urbaine*, *103*, 1, pp. 6-17.

SOUAMI T., 2008, « Le développement durable change-t-il le monde des urbanistes ? Vers une structuration du milieu professionnel ? », *Les Annales de la recherche urbaine*, *104*, 1, pp. 18-27.

SOUAMI T., 2009a, *Ecoquartiers: secrets de fabrication: analyse critique d'exemples européens*, Paris, Les carnets de l'info (Modes de ville), 207 p.

SOUAMI T., 2009b, « Conceptions et représentations du territoire énergétique dans les quartiers durables », *Flux*, 2, *76-77*, pp.71-91.

SOUAMI T., 2017, « Entreprises de services urbains : un nouveau modèle socio-économique

d'aménagement ? », dans GRUDET I., MACAIRE É., ROUDIL N., *concevoir la ville durable. Un enjeu de gestion ? Cahier Ramau 8,* pp. 47-67.

TABOURDEAU A., DEBIZET G., 2017, « Concilier ressources in situ et grands réseaux : une lecture des proximités par la notion de nœud socio-énergétique », *Flux*, 3, *109-110*, pp. 87-101.

TABURET A., 2014, *Promoteurs immobiliers privés et problématiques de développement durable urbain*, Thèse de doctorat en Géographie sociale et régionale, L'UNAM – Université du Maine Espaces et Sociétés (ESO-Le Mans), 373 p.

TALEN E., ELLIS C., 2002, « Beyond Relativism: Reclaiming the Search for Good City Form », *Journal of Planning Education and Research*, *22*, 1, pp. 36-49.

TARDIEU C., 2015, *Transition énergétique dans les projets urbains: conditions de mise en œuvre.*, Thèse de doctorat en Aménagement et Urbanisme, Université Lille 1 Sciences et technologies, 426 p.

TARDIEU C., 2017, « Approvisionnement en énergie des projets urbains : échelles et acteurs. Analyse des cas Paris Rive Gauche, Clichy-Batignolles et Paris Nord Est », *Développement durable et territoires*, 8, 2, 15p.

TERTRE C. DU, 2010, « Economie de la fonctionalité: un développemnt plus durable », *Cahiers de l'IAU Ile-de-France*, 156, pp. 69-72.

TERTRE C. DU, 2013, « Économie servicielle et travail : contribution théorique au développement « d'une économie de la coopération » », *Travailler*, 1, *29,* pp. 29-64.

TERTRE C. DU, LAURIOL J., GAGLIO G., 2011, *L'économie de la fonctionnalité : une voie nouvelle vers un développement durable ?* Octarès Édition, 198 p.

THEBAULT E., 2019, *La ville à fleur d'eau : doctrines, techniques et aménagements de l'eau de pluie et des cours d'eau dans l'agglomération parisienne, 1970-2015*, Thèse de doctorat en Géographie et Aménagement, Paris 1 Panthéon Sorbonne, 525 p.

THOMASSIAN M., 2006, « Pratiques de négociation dans les projets urbains ou la " fabrique " de décisions concertées », *Atelier de l'AIMS Le projet dans l'action collective. Regards pluriels*, 33p.

TOUSSAINT J.-Y., VAREILLES S., 2019, « Politiques environnementales et changements techniques : éléments de réflexions pour une mise en œuvre effective », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*.

TOUSSAINT J.-Y., VAREILLES S., 2020, « Des objets et des villes : réflexions sur le rôle des objets dans les changements urbains à partir de deux dispositifs en assainissement urbain », *RIURBA*, 9.

TRIBOUT S., 2015, *Les concepteurs en agence d'architecture, d'urbanisme et de paysage à l'épreuve du développement durable*, Thèse de doctorat en Aménagement de l'espace, Urbanisme, Université Paris Ouest Nanterre La Défense, 449 p.

TRIBOUT S., 2017, « La conception à l'épreuve de la gestion des eaux pluviales », dans GRUDET I., MACAIRE E., ROUDIL N. (dirs.), 2017, *Concevoir la ville durable. Un enjeu de gestion,* Cahiers Ramau 8, Paris, Éditions de la Villette, 183p.

TRIBOUT S., 2019, « Vers la fin du développement durable comme outil de justification du projet? Un éclairage par les concours de projet urbain », *RIURBA*, 7.

VERHAGE R., LEROY M., 2014, « Développement urbain durable : Comment apprendre des expériences d'écoquartiers ? », *Géocarrefour*, 89/4, *89*, pp. 235-245.

VERHAGE R., MENEZ F., LORENZI E., DEVISME L., GEPPERT A., BOURDIN V., LEROY M., 2012, « Apprentissage du développement urbain durable et changement des pratiques professionnelles : Expériences à Lyon, Nantes, Reims, Grenoble », *Rapport de recherche*, 99 p.

VEYRET Y., REGHAZZA M., 2006, « Vulnérabilité et risques. L'approche récente de la vulnérabilité », *Annales des mines, Responsabilité et environnement*, 43, p. 9-13.

VILLOT J., GONDRAN N., LAFOREST V., 2011, « Labels de la construction : quelle contribution possible au facteur 4 ? », *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie*, 2, 1, 30 p.

VILLOT J., GONDRAN N., LAFOREST V., 2015, « Les professionnels du bâtiment face aux enjeux énergétiques, une perspective limitée », *VertigO, 15*, 3.

VINCK D., 2009, « De l'objet intermédiaire à l'objet-frontière : Vers la prise en compte du travail d'équipement », *Revue d'anthropologie des connaissances*, *3, 1*, 1, pp. 51-72.

VOXOA Conseils, YRIS AMO, MESRI, 2019, « Programme d'Exploitation Maintenance générique. Référentiel immobilier de l'enseignement supérieur et de la recherche », Tome 3, EPAURIF, Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, 78p.

WENGER E., 1998, *Communities of Practice: Learning, Meaning, and Identity*, New York, Cambridge University Press (Learning in Doing: Social, Cognitive and Computational Perspectives), 336 p.

WENGER E., MCDERMOTT R., SNYDER W.M., 2002, *Cultivating Communities of Practice: A Guide to Managing Knowledge - Seven Principles for Cultivating Communities of Practice*, Cambridge, Harvard Business School Press, 304 p.

YIN R.K., 2013, *Case Study Research: Design and Methods*, 5ème edition, Los Angeles, SAGE Publications Inc, 312 p.

ZELEM M.-C., 2005, « "D'une confiance aveugle dans les technologies à la nécessité d'une science en conscience" », *Cahiers de global chance*, 6 p.

ZELEM M.-C., 2018, « Economies d'énergie : "Le bâtiment confronté à ses occupants" », *Annales des mines - Responsabilité et environnement*, 14 p.

ZETLAOUI-LEGER J., 2013, « La concertation citoyenne dans les projets d'écoquartiers en France : évaluation constructive et mise en perspective européenne », *Rapport de recherche*, Programme CDE - APR 2008/2009, 354p.

ZETLAOUI-LEGER J., FENKER M., GARDESSE C. (dirs.), 2015, « Concertation et mobilisations citoyennes dans les projets d'écoquartiers français. Panorama d'ensemble et essai de typologie », dans MERMET L., SALLES D. (dirs.), *Environnement, la concertation apprivoisée, contestée, dépassée ?* , De boeck supérieur, pp. 209-231.

1.2.Ressources institutionnelles, opérationnelles et administratives

Association française des professionnels de géothermie, 2014, « Écoquartier Cap Azur. Chauffage et rafraichissement par géothermie sur eaux usées », 2p, http://www.afpg.asso.fr/wp-content/uploads/2015/04/Eco-quartier-Roquebrune-06.pdf

Bouygues Construction, 2016, « Dossier de presse institutionnel », *Dossier de presse*, 50p, https://www.bouygues-construction.com/sites/default/files/dp-bouygues_construction-octobre_2015-fr_0.pdf

Bouygues Immobilier, 2016, « L'ingénierie de la construction et le développement durable », *Document de communication du directeur central de Bouygues Immobilier E. Wood aux journées de formation métiers de l'Immobilier*, 45p, 04/16 /16.

Bouygues Immobilier, 2020, « Keys asset management et Bouygues Construction s'associent pour développer le BTR (*Build To Rent*) en France », *Communiqué de presse*, 2p, 17/09/20.

Bouygues Immobilier, Schneider Electric, 2012 « Schneider Electric et Bouygues Immobilier créent Aveltys, une joint-venture pour garantir la performance énergétique des immeubles de bureaux », *Communiqué de presse*, 2p, 22/05/ 2012.

Buregap, 2018, « Définition d'une stratégie énergie carbone dans les aménagements urbains de Bouygues Immobilier », *Etude interne commanditée par Bouygues Immobilier*, 34p.

Guerrier L., Molton T., Parisot G., 2021, « Charges d'exploitation : pour un bâtiment tertiaire qui tient ses promesses », *Webinaire organisé par Aveltys*, 30/03/21, https://www.youtube.com/watch?v=7aWF7idLo6U

de Perthus C., Parisot G., Rodriguez C., 2021 , « Bas carbone, fini les grandes annonces, place à l'engagement », *Webinaire organisé par Aveltys*, 18/05/21, https://www.youtube.com/watch?v=ptygKZDyr_c

Institut Paris Région, 2018, « Appels à projets urbains innovants : nouvel équilibre public-privé, nouveaux acteurs », n°788, *Notre rapide*, 6p, https://www.institutparisregion.fr/fileadmin/NewEtudes/Etude_1687/NR_788_webv2.pdf

L.Bourdin, 2019, « De la recherche à l'industrie. Projet d'Organisation Locale et Environnementale de la Transition Énergétique-POLETE », *Rapport interne,* CEA, Ideas Laboratory, 83 p.

L.Peronin, 2018, « Étude services urbains », *Etude interne commanditée par Bouygues Immobilier*, 41p.

Nexity, 2018, « Document de référence incluant le rapport financier annuel », *rapport d'entreprise,* p.48.

PUCA, 2017, « Fiche d'identification Lyon Living Lab », *Document descriptif du projet*, 11p, http://www.urbanisme-puca.gouv.fr/IMG/pdf/divd_lyon_living_lab.pdf

Projet Européen Concerto-Renaissance, 2012, « intégrer la performance énergétique dans le processus de construction : retour d'expérience et recommandations », *Rapport public*, 40p.

SuisseEnergie, 2019 « Manuel relatif au certificat pour les Sites 2000 watts », *Manuel de certification 2000 watts,*77p, https://www.2000watt.swiss/dam/jcr:33d04ff6-d0a5-4f6d-ba13-e162369bba21/Sites-2000-watts_Manuel.pdf

SuisseEnergie, 2017, « Objectifs 2000 watts pour les sites. Recommandations pour les communes et les cantons », *Document public*, 18 p, https://www.2000watt.swiss/dam/jcr:9d976bfb-60f1-4d2a-83c7-59ca8c827ad8/S2000W_Recommandations_pour_communes_et_cantons__21.03.2017.pdf

1.1.Articles de presse – par ordre de parution

« Le commissioning, une pratique balbutiante mais prometteuse », *Le Moniteur*, 31/01/2013.

« Hauts-de-Seine, Issy-les-Moulineaux. Sans chauffage depuis un mois », *Le Parisien*, 23/11/2013.

« Lyon, Hikari, le premier îlot urbain à énergie positive », *Le monde*, 17/09/2015.

« Ecoquartiers : lancement de la 6e campagne de labellisation », *Le Moniteur*, 16/02/2018.

« Il faut mettre un pilote dans la ville intelligente », *Le Moniteur*, 13/07/2019.

« POLÉMIQUE. Pourquoi l'îlot Hikari à Confluence n'est pas à énergie positive », *LYONPLUS*, 02/12/2019.

« Lyon Confluence veut placer l'habitant au cœur de l'innovation urbaine (vidéo) », *Le monde,* 11/04/2017.

« Bouygues s'empare d'Equans, la filiale de services d'Engie », LesEchos, 06/11/2021.

« Pourquoi Bouygues casse sa tirelire pour racheter Equans », *Le Moniteur*, 09/11/2021.

1.3.Page internets internet – par ordre de mention dans la thèse

Page internet « Rapport du Cerema : Les réseaux de chaleur dans les écoquartiers » du site du Cerema, https://www.cerema.fr/fr/actualites/rapport-du-cerema-reseaux-chaleur-ecoquartiers, (Consultée le 06/10/21).

Page internet « BIRD, notre filiale qui soutient les start-up » du site de Bouygues Immobilier, https://www.bouygues-immobilier-corporate.com/fr/innovation/bird-notre-filiale-qui-soutient-les-start , (consultée le 14/10/21).

Page internet « Énergie vitale. Réalisations durables #bâtiment bas carbone #architectures » du site Ecologikmagazine, https://www.ecologikmagazine.fr/energie-vitale-a1169 , (Consultée le 06/10/21).
Site du projet CoRDEES , http://cordees.paris, (Consulté le 01/10/21).

Page internet « Un nouveau métier pour accélérer la transition énergétique : l'éco-gestionnaire » du site de l'Agence Parisienne du Climat : https://www.apc-paris.com/actualite/nouveau-metier-pour-accelerer-transition-energetique-leco-gestionnaire , (Consultée le 06/10/21).

Site de la revue RIURBA, http://www.riurba.review/revue/jan-juin-2017/ , (Consulté le 08/06/2021).

Site de la revue Flux, http://revue-flux.cairn.info/en/issues-project/ , (consulté le 24/10/21).

Page internet « La concertation numérique plébiscitée par les habitants » du site de l'EpaMarne-ÉpaFrance, https://www.epamarne-epafrance.fr/actualites/la-concertation-numerique-plebiscitee-par-les-habitants/, (Consultée le 07/11/21).

Page internet « Constructions neuves : les conséquences de la nouvelle RE 2020 en débat » du site Actu environnement.com, https://www.actu-environnement.com/ae/news/construction-neuve-reglementation-environnementale-RE-2020-36578.php4, (Consultée le 08/08/21).

Page internet « Prix de la chaleur et facturation » du site du Cerema, http://reseaux-chaleur.cerema.fr/prix-de-la-chaleur-et-facturation , (Consultée le 06/10/21).

Page internet «Approche en coût global des réseaux de chaleur dans les opérations d'aménagement durable » du site du Cerema, https://www.cerema.fr/fr/actualites/approche-coût-global-reseaux-chaleur-operations-amenagement, (Consultée le 06/10/21).

Page internet « Contrat de performance énergétique pour les collectivités territoriales » du site du ministère de la transition écologique, https://www.ecologie.gouv.fr/contrat-performance-energetique-collectivites-territoriales-0 , (Consultée le 06/10/21).

Site du dictionnaire Larousse, https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/exploitation/32280, (Consulté le 06/10/21).

Page internet « HQE performance quartier » du site, http://www.hqegbc.org/amenagement/nos-campagnes/hqe-performance-quartier/ , (Consultée le 06/10/21).

Page internet « Démonstrateurs industriels pour la ville durable » du site du PUCA, http://www.urbanisme-puca.gouv.fr/demonstrateurs-industriels-pour-la-ville-durable-r90.html , (Consultée le 31/07/21).
Site du WWF, https://www.wwf-ge.ch , (Consulté le 06/10/21).

Page internet « Qu'est-ce que la Société à 2000 watts ? » https://www.local-energy.swiss/fr/programme/2000-watt-gesellschaft.html#/ , (Consultée le 06/10/21).

Page internet « Création de réseaux de chaleur : grands principes juridiques, financiers et techniques » du site du Cerema, http://reseaux-chaleur.cerema.fr/creation-de-reseaux-de-chaleur-grands-principes-juridiques-financiers-et-techniques, (Consultée le 06/10/21).

Page internet « GEEN OFFICE Meudon (92) » du site de l'agence d'architecture 115, http://www.ateliers115.fr/index.php/etudes-realisations/bureaux/13-green-office-meudon-92 , (Consultée le 06/10/21).

Page internet « Architecture du Green Office® Rueil » du site Green Office, http://www.green-office.fr/fr/realisations/rueil/rueil-architecture, (Consultée le 06/10/21).

Page internet « La construction du syndicat » du site de Generia », https://www.generia.fr/decouvrez-generia/ , (Consultée le 06/10/2021).

Site internet de Dalkia Smart Building, https://www.dalkiasmartbuilding.fr/notre-histoire , (Consulté le 06/10/2021).

Site internet de la CPCU (filiale d'Engie), https://www.cpcu.fr/notre-histoire/, (Consulté le 06/10/21).

Page internet « Ivanhoé Cambridge acquiert en VEFA un immeuble de bureaux de 9 000 m2 à Nanterre, développé par Bouygues Immobilie » du site Green Offices du promoteur Bouygues Immobilier, http://www.green-office.fr/fr/actualites/ivanhoe-cambridge-acquiert-en-vefa-un-immeuble-de-bureaux-de-9-000-m2-nanterre-developpe , (Consultée le 06/10/2021).

Page internet « Avis Technique ou ATec » du site du CSTB », https://evaluation.cstb.fr/fr/avis-technique/, (Consultée le 06/10/2021).

Page internet « Double Smart Grid - Ecoquartier Nanterre Cœur Université » du site de Dalkia Smart Building, https://www.dalkiasmartbuilding.fr/double-smart-grid-ecoquartier-nanterre-coeur-universite , (Consultée le 06/10/2021).
Voir le site internet de Dalkia Smart Buildinf, https://www.dalkiasmartbuilding.fr/notre-histoire, (Consulté le 08/10/2021).

Site internet de l'entreprise Aveltys, https://www.aveltys.fr/expertises/ , (Consulté le 06/10/2021).

Page internet « Après la Garantie de Charges, AVELTYS lance la Garantie Carbone », https://www.aveltys.fr/garantie-carbone-by-aveltys/, (Consultée le 06/10/2021).

Page internet « Charges d'exploitation : pour un bâtiment tertiaire qui tient ses promesses », Webinaire du 30 mars 2021 qui associe Aveltys, la foncière AG2R la mondiale, Green Soluce, l'Ifpeb et un chercher de PSL Dauphine (fondateur de la chaire Économie Climat). https://www.youtube.com/watch?v=7aWF7idLo6U , (Consultée le 06/10/2021).

Page internet « Bas carbone, fini les grandes annonces, place à l'engagement », Webinaire du 18 mai 2021 qui associe Aveltys, la foncière AG2R la mondiale, Green Soluce, l'Ifpeb et un chercher de PSL Dauphine (fondateur de la chaire Économie Climat), https://www.youtube.com/watch?v=ptygKZDyr_c , (Consultée le 06/10/2021).

Site internet du fabricant Flipo Richir, https://www.flipo-richir.eu, (Consulté le 06/10/2021).
Page internet « Clichy-Batignolles: un quartier entier chauffé par la géothermie » du site de la ville de Paris, https://www.paris.fr/Page internets/clichy-batignolles-un-quartier-entier-chauffe-par-la-geothermie-4582 , (Consultée le 06/10/2021).

Page internet « Une solution énergétique doublement smart » du site de Dalkia Smart Building, https://www.dalkiasmartbuilding.fr/double-smart-grid-ecoquartier-nanterre-coeur-universite , (Consultée le 06/10/2021).

Page internet « Une cartographie pour Lyon Confluence » du site le-carthographe.net, https://www.le-cartographe.net/dossiers-carto/histoire-de-la-cartographie/59-references/agencescom/149-une-cartographie- , (Consultée le 09/10/2021).

Page internet « Lyon confluence veut placer l'habitant au cœur de l'innovation urbaine » du site de LexCity, https://lexcity.fr/2017/04/10/lyon-confluence-veut-placer-lhabitant-au-coeur-de-linnovation-urbaine/, (Consultée le 06/10/2021).

Page internet « Démonstrateur Industriel pour la Ville Durable - Lyon Eurêka Confluence » du site des services de l'État du Rhone, http://www.rhone.gouv.fr/Politiques-publiques/Amenagement-du-territoire-urbanisme-construction-logement/Amenagement-durable-du-territoire/Ville-durable/Demonstrateur-Industriel-pour-la-Ville-Durable-Lyon-Eureka-Confluence , (Consultée le 06/10/2021).

Page internet « On est à un moment charnière pour tous les métiers traditionnels » de la revue ZEPRO Énergie, https://zepros.eu/journaux/energie/numeros/energie-50/ , (Consultée le 06/10/2021).

Page internet « Ready to Grids » : du Smart Building à la Smart City » du site batiweb, https://www.batiweb.com/actualites/vie-des-societes/ready-to-grids-du-smart-building-a-la-smart-city-2018-12-10-33814, (Consultée le 06/10/2021).

Page internet « Retour à l'ordre: l'îlot A3 à Lyon Confluence » de la revue d'Architecture. https://www.darchitectures.com/retour-ordre-lilot-a3-lyon-confluence-a4083.html, (Consultée le 07/10/2021).

http://www.lyon-confluence.fr/ressources/document/rcu_lc_4-guide_raccordement.pdf
Site de l'ALEC Lyon, https://www.alec-lyon.org , (Consulté le 06/10/2021).

Page internet «Accompagner la transformation urbaine d'un quartier parisien de sa conception à sa communication. » du site du projet Clichy Batignolles , https://vectuel.com/portfolio/clichy-batignolles/ , (Consultée le 31/10/2021).

Page internet « Définition du BIM », http://www.objectif-bim.com/index.php/bim-maquette-numerique/le-bim-en-bref/la-definition-du-bim, (Consultée le 06/10/2021).

Page internet « Comment passer du BIM conception au BIM gestion-exploitation-maintenance ? » du site Batiactu, https://www.batiactu.com/edito/comment-passer-bim-conception-au-bim-exploitation-exploitation-54931.php , (Consultée le 06/10/2021).

Page internet « IntenCity - Un cas d'école de commissionnement virtuel et physique », publication du directeur de l'ingénierie de Bouygues Immobilier Eddy Wood sur le réseau social Linkedin, 16/07/2021. https://www.linkedin.com/pulse/intencity-un-cas-d%25C3%25A9cole-de-commisionnement-virtuel-et-edward-woods/?trackingId=Ch6Ip%2BmGSUi7bDluiGQSJw%3D%3D, [Consultée le 22/09/2021].

Site du BET AMOES, https://www.amoes.com/references/eole-evangile-reinventer-paris.html , (Consulté le 06/10/2021).

Site du Forum des projets urbains, https://www.projetsurbains.com , (Consulté le 07/10/2021).

Page internet « Qui aménage le Grand Paris ? », vidéo sur le site de l'université Gustave Eiffel, https://collections.univ-gustave-eiffel.fr/webdoc/Qui_amenage_le_Grand_Paris/ , (Consultée le 06/10/2021).

Page internet « Bouygues Immobilier prend une participation dans BePark, Une start-up innovante spécialisée dans le smart parking » du site de Bouygues Immobilier, https://www.bouygues-immobilier-corporate.com/fr/communique-de-presse/bouygues-immobilier-prend-une-participation-dans-bepark-une-start-innovante, (Consultée le 15/06/2021).

Page internet « Entre Voisins : mieux connecté à vos voisins » du site de Bouygues Immobilier, https://www.bouygues-immobilier.com/choisir-bi/flexom-et-entre-voisins/entre-voisins, (Consultée le 07/10/2021).

Page internet « Exploitation et services » du site de Bouygues Immobilier, https://www.bouygues-immobilier-corporate.com/fr/activite/exploitation-et-services , (Consultée le 06/10/2021).

Page internet « Une initiative pour développer le Build to Rent en France » du site Constructioncayola, https://www.constructioncayola.com/batiment/article/2020/09/17/130181/une-initiative-pour-developper-build-rent-france , (Consultée le 07/10/2021).

Page internet « Nexity lance une offre de service d'autopartage » du site de Nexity, https://www.nexity.fr/immobilier/particuliers/actualites/service-autopartage, (Consultée le 08/10/21).

Page internet « Des besoins des français aux services immobiliers de demain : l'approche unique de nexity pour le bien vivre ensemble » du site de Nexity, https://pressroom.nexity.fr/actualites/des-besoins-des-francais-aux-services-immobiliers-de-demain-l-approche-unique-de-nexity-pour-le-bien-vivre-ensemble-b023-6731a.html , (Consultée le 08/10/21).

Site internet de Mugo, https://www.mugo.fr/ , (Consulté le 07/10/2021).

Site internet de ToPage internetr, http://toPage internetr.com/, (Consulté le 07/10/2021).

Site internet de Agriplus, http://agripolis.eu/, (Consulté le 07/10/2021).

Site internet de Gncoloation, http://gncolocation.paris/ (plus accessible).

1.4. Textes réglementaires – par ordre de mention dans la thèse

Loi n°85-704 du 12 juillet 1985 relative à la maîtrise d'ouvrage publique et à ses rapports avec la maîtrise d'œuvre privée.

Ordonnance n°2004-559 du 17 juin 2004 sur les contrats de partenariat.

Ordonnance n°2016-1729 du 15 décembre 2016 sur les réseaux fermés de distribution en France.

LOI n° 2017-227 du 24 février 2017 ratifiant les ordonnances n° 2016-1019 du 27 juillet 2016 relative à l'autoconsommation d'électricité et n° 2016-1059 du 3 août 2016 relative à la production d'électricité à partir d'énergies renouvelables et visant à adapter certaines dispositions relatives aux réseaux d'électricité et de gaz et aux énergies renouvelables.

1.5. Liste des documents mobilisés pour les études de cas

4.1.1 NCU

1. Documents mis à disposition par les acteurs – par ordre alphabétique puis chronologique

Agence François Leclercq, 2015, « Présentation générale du projet NCU », *Dossier de présentation du projet NCU pour les concours d'architecture des différents lots*, 26p.

Agence François Leclercq, 2015, « Nanterre Cœur de Quartier, Fiche de Lot 4 », *Dossier de concours d'architectes,* 27p.

Greenaffair, 2015, « Stratégie énergétique lot 4 Nanterre Cœur de Quartier », *Dossier de concours d'architectes,*16p.

Agence François Leclercq, Ingerop, Berim, Green Affair, Embix, Socotec, 2016, « Analyse des réponses à concours d'architecte du lot 4 », *Document de travail,* tableau Exel, 9p.

Bouygues Immobilier, 2013, « NCU, Carnet Architectural », *dossier de réponse à consultation*, 67p.

Bouygues Immobilier, 2013 « NCU, Carnet équipe et compléments programmatiques », *Dossier de réponse à consultation*, 121p.

Bouygues Immobilier, 2013, « NCU, Carnet technique », *Dossier de réponse à consultation*, 77 p.

Bouygues Immobilier, 2013 « Présentation du projet NCU », *Dossier de réponse à consultation*, 53p.

Bouygues Immobilier, 2013, « Une proposition Bouygues Immobilier. Oral Final » *Document de présentation orale*, 03/12/2013, 71p.

Bouygues Immobilier, 2017, « Bail civil entre Dalkia Smart Building et l'association NCU (ASL) », *Document contractuel*, 42p.

Bourgues Immobilier, Dalkia Smart Building, 2018, « La ville énergie : quelles solutions mettre en œuvre? », *Présentation orale dans les entretiens du cadre de ville*, 24p.

Dalkia Smart Building, 2016, « Tarification Résidentiel projet NCU », *Note explicative*, 11p.

Dalkia Smart Building, 2017 « Contrat d'abonnement bureaux Du volume X dans le lot Y de cœur de quartier », *Document contractuel*, 44p.

Dalkia Smart Building, 2017 « Nanterre cœur de Quartier, présentation réseau d'énergie, alimentation lots 4 et 6 », *Études énergétiques*, 16p.

Embix, 2017, « Cahier des charges Nanterre Coeur Université Commerces et tertiaire de la Tranche 1 Lots 4 et 6 », *Cahier des charges*, septembre 2017, 21p.

Ingerop, Burgeap, Greenaffair, Embix, Bouygues Immobilier, Urbanera, 2014, « Nanterre Cœur de Quartier phase 2 Energie & développement durable », *Études énergétiques*, 02/2014, 58p.

Ingerop, Burgeap, Greenaffair, Embix, Bouygues Immobilier, Urbanera, 2015, « Nanterre Cœur de Quartier phase 2 Energie & développement durable », *Études énergétiques*, 02/2015, 7p.

Ingerop, Burgeap, Greenaffair, Embix, Bouygues Immobilier, Urbanera, 2016, « Nanterre Cœur de Quartier phase 2 Energie & développement durable », *Études énergétiques*, 10/2016, 22p.

LesENR, 2013 « Cahier des prescriptions environnementales, Cœur de quartier- phase 2 EPADES », *Dossier de consultation d'opérateurs*, 23/01/2013, 29p.

Paris la Défense, 2013 « Cœur De Quartier Phase 2. Présentation générale, programme et règlement de consultation », *Dossier de consultation d'opérateurs*, Avril 2013, 28p.

Paris la Défense, 2013 « ZAC Seine Arche, Secteur Coeur de Quartier Lots Ouest, cahier des charges de cession de terrain », *Dossier de consultation d'opérateurs*, Avril 2013, 23p.

Paris la Défense, 2013, « ZAC Seine Arche, Secteur Coeur de Quartier Lots Ouest, cahier des limites de prestations techniques », *Dossier de consultation d'opérateurs*, Avril 2013, 23p.

TGT atelier d'urbanisme, d'architecture et de paysage, 2006, « Projet Seine Arche, étude d'ensoleillement », *Dossier de consultation d'opérateurs,* mai 2006, 66p.

Ville de Nanterre, Paris la Défense, 2013, « Cahier des prescriptions architecturales et urbaines – CPAU Coeur de Quartier lots ouest », *Dossier de consultation d'opérateurs*, janvier 2013, 42p.

2. Documents disponibles en ligne – par ordre alphabétique puis chronologique

Ingérop, 2019, « Nanterre Cœur Université - L'expertise d'Ingérop à l'échelle d'un quartier », *Vidéos*, https://www.youtube.com/watch?v=CJC_24JKVLg , (Consultée le 11/10/21).

Page internet « Nanterre Cœur Université. Un éco-quartier, véritable pôle de vie » du site d'UrbanEra, https://www.urbanera.fr/nanterre-coeur-universite/ , (Consultée le 11/10/21).

Ville de Nanterre, 2006, « Plan Climat Territorial de Nanterre », *Document public*, 42p.

4.1.2 Sollys

A. Documents mis à disposition par les acteurs – par ordre alphabétique puis chronologique

Bouygues Immobilier, Linkcity, Katene, 2017, « Ilots A1 & A2 Nord Note énergie positive Faisabilité technique et économique », *Études énergétiques*, 27p. (Notes réalisées le 08/17, 10/17, 10/18).

Bouygues Immobilier, Linkcity, Katene, 2017, « Consommation tous usages des bâtiments. Bilans énergétiques détaillés », *Études énergétiques*, 6p. (Notes réalisées le 10/18, 11/18, 12/18).

Bouygues Immobilier, 2018, « Lyon Confluence Sollys Stratégie énergétique », *Document de travail*, 14p.

Bouygues Immobilier, Linkcity, Katene, 2018, « Note autoconsommation. Faisabilité technique et économique énergie positive Autoconsommation collective d'électricité et de chaleur », *Document de travail*, 32p. (Notes réalisées le 10/18, 11/18, 12/18).

Bouygues Immobilier, Linkcity, Katene, 2019, « Lyon confluence Ilots A1 sud – A2 Nord – A1 Nord. Notice environnementale- phase APD », *Document de rendu phase APD*, 7p.

Bouygues Immobilier, Linkcity, Katene, 2019, « Lyon confluence Ilots A1 sud – A2 Nord – A1 Nord. Notice BEPOS- phase APD », *Document de rendu phase APD*, 35p.

Bouygues Immobilier, Linkcity, Vera & Associes, Aires Mateus Associados, David Chipperfield Architectes, 2019, « Ilots A1 sud – A2 Nord – A1 Nord. Notices descriptives des lots architecturaux- phase APD définitif », *Document de rendu*, 33p.

Bouygues Immobilier, Linkcity, SPL Lyon Confluence et al, 2019, « Comptes rendus comités Eurêka Confluences », *Comptes rendus de réunions*. (Comités du 02/19, 04/19, 07/19, 01/20).

Bouygues Immobilier et al, 2020, « Eurêka Confluence Bilan projet DIVD », *Présentation orale au comité de suivi Eurêka Confluence*, 27/01/20, 10p.

Dalkia ELM, 2020, « Guide des préconisations techniques à l'usage des promoteurs, architectes, ingénieurs conseils et abonnés. Réseau Centre Métropole 2020/2021 », *Guide des préconisations*, 56p.

Embix, 2018, « Lyon – Sollys. Analyse de la stratégie énergétique », *Document de travail*, 11p.

Embix, 2020, « Lyon – Sollys Réunion Cogénération SPL – Groupement », *Présentation orale lors de la réunion du collectif d'acteur du projet Sollys*, 23p.

Métropole de Lyon, 2020, « Le Schéma Directeur des Energies. La stratégie de la Métropole pour accélérer la transition énergétique du territoire », *Présentation orale au comité de suivi Eurêka Confluence*, 27/01/20, 10p.

Tribu, 2015 « Ilots A1 & A2 Nord Cahier des charges bâtiment durable », *Cahier des charges énergétiques*, 21p.

A. Documents disponibles en ligne – par ordre alphabétique puis chronologique

Ministère de la transition écologique et solidaire, 2016 « Opérateur global de services urbains Lyon Living Lab Confluence », Démonstrateurs Industriels pour la Ville durable, *Plaquette de présentation*, 2p.

Métropole du Grand Lyon, 2019, « Plan climat air énergie territorial 2030 », *Document de planification*, 284p.

Métropole du Grand Lyon, 2019, « Schéma Directeur des Énergies 2019-2030, Stratégie énergétique métropolitaine », *Document de planification énergétique*, 234p.

4.1.3 Quai Vernets (tous les documents par ordre alphabétique)

CSD ingénieurs, 2016, « Plan localisé de quartier PDQ PAV "les Vernets", sur le territoire de la ville de Genève », *Rapport* d'*étude technique,* 29p. https://ge.ch/sitg/RDPPF/RDPPF-AMENAGEMENT/PLQ/29989EAUX.pdf

Equipe d'Ensemble, 2017, « Projet Quai Vernets îlot A et B. Rapport du collège d'experts mandat d'étude parallèle de projets sur invitation selon le règlement SIA 143 », *Rapport public*, 100p.

Losinger Marazzi, 2019, « Projet Quai Vernet », *Fiche d'information*, 2p.

République Suisse et Canton de Genève, 2014, « Rapport du jury, Concours d'architecture. Les Vernets Praille Acacias Vernets (PAV) », *Rapport public*, 151p.

4.1.4 Hikari (tous les documents par ordre alphabétique)

GUYOT D., CORGIER D., MOLLARD A., 2018, « Lyon Confluence Projet HIKARI / Îlot P. Évaluation par mesures des performances énergétiques d'un îlot mixte de 3 bâtiments *», Campagne de monitoring HIKARI 2018*, *Lyon Confluence.* Manaslu.ing,

Tribu, Lyon Confluence, 2011, « Ilot P Cahier des charges de qualité environnementale (HQE) », *cahier des charges*, 62p.

4.1.5 Clichy Batignolles (tous les documents par ordre alphabétique)

Paris Batignolles Aménagement, 2019, « L'écoquartier Clichy Batignolles. Une référence de développement Urbain durable à Paris », *Document de présentation*, 23p.

Paris Batignolles Aménagement, Tribu et al. « ZAC Clichy Batignolles – Paris 17e Secteur Ouest – Lot O8 Cahier Des Prescriptions Environnementales et De Développement Durable », *Cahier des charges*, 29p.

4.1.6 Issy les Moulineaux (tous les documents par ordre alphabétique)

Bouygues Immobilier, 2012 « Le Fort d'Issy. Présentation à l'Association des Maires des Hauts de Seine », *Document public*, 24p.

Page internet « Le Fort d'Issy-les-Moulineaux Premier bilan et perspectives d'un éco-quartier » du site de Bouygues Immobilier, https://www.bouygues-immobilier-corporate.com/fr/communique-de-presse/le-fort-dissy-les-moulineaux-premier-bilan-et-perspectives-dun-eco-quartier , (Consultée le 07/10/21).

Table des figures

Figure 1. 1. Comparaison des consommations de chauffage et d'ECS (kWh/m2/an) aux objectifs visés. Sources: (Morlot et al., 2018). 22
Figure 1. 2. Objectifs énergétiques et consommations réelles de chauffage & d'ECS du projet Clichy-Batignolles. Source : (Berthou et al., 2019, p. 17). 23
Figure 1. 3. La portée de différents contrats de service énergie dans le cas de la production de froid. Source: (Duplessis, 2010, p.99). 47
Figure 1. 4. Schéma désignant le processus de conception urbaine et le périmètre des phases amont et avales considérées dans cette recherche. Réalisation personnelle. 58
Figure 1. 5. Schéma résumant la démarche de la recherche. Réalisation personnelle. 64
Figure 1. 6. Chronologie de réalisation des terrains d'étude. Réalisation personnelle. 82
Figure 1. 7. Photo de la tranche 1 du projet NCU. Source : photo prise par l'auteur, 11/2020. 84
Figure 1. 8. Rendus 3D du projet Sollys. Source: Vera et Associés. 85
Figure 1. 9. Photo de l'îlot Hikari. Source : https://www.ecologikmagazine.fr/energie-vitale-a1169 86
Figure 1. 10. Schéma du réseau de chaleur à Clichy-Batignolles. Source : https://www.paris.fr/pages/clichy-batignolles-un-quartier-entier-chauffe-par-la-geothermie-4582 87
Figure 1. 11. De gauche à droite : plan de masse du projet Quai Vernets. Source: Plan localisé du quartier "les Vernets", CSD ingénieurs ; et vue 3D du projet. Source :Losinger Marazzi. 88
Figure 1. 12. Liste des entretiens réalisés. Réalisation personnelle. 92
Figure 1. 13. Terrains de recherche et acteurs interrogés. Réalisation personnelle. 91
Figure 1. 14. Organisation du promoteur Bouygues Immobilier. Réalisation personnelle. 96
Figure 1. 15. Évolution des RT et des labels associés en France. Réalisation personnelle. 98
Figure 1. 16. De gauche à droite: Le Green Office Meudon. Source : http://www.ateliers115.fr/index.php/etudes-realisations/bureaux/13-green-office-meudon-92. Le Green Office Rueil. Source : http://www.green-office.fr/fr/realisations/rueil/rueil-architecture. 99
Figure 1. 17. Dates de lancement et livraison des projets portés par Bouygues Immobilier ainsi que les dates de création de ses filiales. Réalisation personnelle. 102

Figure 2. 1. Les étapes du développement du projet NCU. Réalisation personnelle 104
Figure 2. 2. Situation urbaine du projet et plan de masse des deux phases du projet Nanterre cœur université. Source : CPAU de NCU, Paris La Défense, 2013. 107
Figure 2. 3. De gauche à droite : répartition des besoins énergétiques du quartier par usages; répartition annuelle des besoins chaud et froid . Source: dossier de réponse à consultation d'opérateurs, Bouygues Immobilier, 2013. 116
Figure 2. 4. Scénarios étudiés par Greenaffair. Source: Notes d'approvisionnement énergétique, dossier de réponse à consultation d'opérateurs, Bouygues Immobilier, 2013. 121
Figure 2. 5. Vue 3D du projet Nanterre cœur Université. Source: PPT de présentation orale du projet NCU, Bouygues Immobilier, 2013. 124

Figure 2. 6. Plan de masse, coupes, vues 3D et plan R-1 du projet NCU. Source : dossier de réponse à consultation d'opérateurs, Bouygues Immobilier, 02/2014. 136
Figure 2. 7. La proposition de Béchu au concours d'architecture. Source : Agence Béchu. 138
Figure 2. 8. Organisation des cercles de conception énergétique et spatiale en phase concours. Réalisation personnelle. 142

Figure 3. 1. Évolution de la conception énergétique et spatiale du projet NCU. Réalisation personnelle. 147
Figure 3. 2. Le rôle des différents acteurs de la conception énergétique. Extrait du PPT synthétisant les études énergétiques du projet NCU. Source : Bouygues immobilier, 2014..... 148
Figure 3. 3. Répartition des besoins par usage. Source : études énergétiques du projet NCU, Bouygues Immobilier, 2014. 151
Figure 3. 4. Situation des hypothèses du projet NCU par rapport au CPE. Source : études énergétiques du projet NCU, Bouygues Immobilier, 2014. 152
Figure 3. 5. De gauche à droite :graphique qui traduit la solution énergétique en schéma ; Graphique qui montre l'intégration des artefacts énergétiques dans le projet. Source : études énergétiques du projet NCU, Bouygues Immobilier, 2014. 156
Figure 3. 6. De gauche à droite : solution énergétique décentralisée présentée par DSB au départ du projet ; solution énergétique présentée par Bouygues. Source : note réalisée par Bouygues Immobilier pour chalenger DSB, 09/12/15. 162
Figure 3. 7. Comparaison économique des deux solutions énergétiques. Source: Bouygues Immobilier, 2015. 165
Figure 3. 8. Impact des enjeux de gestion sur la conception énergétique à NCU. Réalisation personnelle. 166
Figure 3. 9. Schéma de l'approvisionnement énergétique chaud, froid et ECS du quartier. Source : études énergétiques du projet NCU, Bouygues Immobilier, 16/10/2019. 173
Figure 3. 10. Solution technique du réseau de NCU. Source : présentation PPT de DSB à l'intention des acquéreurs des immeubles de bureaux, Bouygues Immobilier, 21/11/2017..... 174
Figure 3. 11. Explication du fonctionnement du systèmes énergétiques de NCU. Source : https://www.dalkiasmartbuilding.fr/double-smart-grid-ecoquartier-nanterre-coeur-universite .. 176
Figure 3. 12. Synthèse des acteurs intervenants sur les questions énergétiques en phase concours, conception et réalisation du projet NCU. Réalisation personnelle. 180
Figure 3. 13. Schéma de contractualisation énergétique du projet NCU. Source : Bouygues Immobilier. 187
Figure 3. 14. À gauche :passage en façade des réseaux transportant l'huile végétale du sous-sol à la toiture. À droite : implantation des équipements techniques en toiture de l'immeuble de bureau lot 6. Source : Bouygues Immobilier, 21/11/2017. 194
Figure 3. 15. Plan du sous-sol R-1 en phase PRO. Source : Agence François Leclercq, (retravaillé par l'auteur). 196

Figure 3. 16. De haut en bas : axonométrie de principe d'implantation des différents espaces verts réalisé en 2015 (Source : Bouygues Immobilier) ; Visualisation tridimensionnelle finale du projet à Nanterre (Source : Bouygues Immobilier) ; Photo de la tranche 1 du comportant plusieurs commerces au RDC (Prise par l'auteur). 198
Figure 3. 17. Vues 3D des Green Offices lot 6 à gauche et lot 4 à droite. Source: Bouygues Immobilier..... 200
Figure 3. 18. Organisation de la conception spatiale et énergétique du projet NCU. Réalisation personnelle. 203
Figure 3. 19. Photos du début du chantier en 2016. De gauche à droite : les cuves de Colza, la préparation du terrain pour le champ de sondes et un appareil de forage des sondes. Sources : photos prises par UrbanEra. 206
Figure 3. 20. Les activités de l'entreprise Aveltys. Source: Aveltys. 215

Figure 4. 1. Zonage de l'opération d'aménagement Lyon Confluence. Source: https://www.le-cartographe.net/dossiers-carto/histoire-de-la-cartographie/59-references/agencescom/149-une-cartographie-pour-lyon-confluence..... 221
Figure 4. 2. Évolution des performances énergétiques tout usage sur le territoire de la Confluence. Source : cahier des charges énergétique du projet Sollys, Tribu, 2016. 222
Figure 4. 3. Les ambitions de l'opérateurs de services urbains à l'échelle de la Confluence. Sourc: PUCA, 2017. 223
Figure 4. 4. Volumétrie du projet Sollys. Source: Bouygues immobilier. 224
Figure 4. 5. Les références de l'entreprise Embix. Sources: Embix. 226
Figure 4. 6. Le paysage architectural et urbain de la confluence présentant des couleurs en camaïeu de blanc. Source : https://www.darchitectures.com/retour-ordre-lilot-a3-lyon-confluence-a4083.html..... 232
Figure 4. 7. Quelques règles architecturales pour la ZAC 2. Source : CPAU, Herzog & Demeron. 232
Figure 4. 8. Coefficients de conversion du cahier des charges bâtiments durables de Tribu. Source : Tribu 234
Figure 4. 9. Évolution de la solution énergétique à Sollys. Réalisation personnelle. 235
Figure 4. 10. Plan des réseaux de chaleur et de froid. Source : Dalkia ELM, 2021. 243
Figure 4. 11. De gauche à droite :la répartition des consommations de chaleur et de froid Sollys ; répartition des consommations énergétiques par usage sur Sollys. Source : Bouygues Immobilier. 244
Figure 4. 12. Étude de deux solutions de cogénération biomasse. Source : études d'énergie positives réalisées par Katene, Bouygues Immobilier, 01/08/17. 247
Figure 4. 13. Solution énergétique retenue à Sollys. Source: Bouygues Immobilier. 255
Figure 4. 14. De haut en bas :Vue 3D de Sollys (source :Bouygues Immobilier) ; et vu 3D du quartier Clichy-Batignolles (source : https://vectuel.com/portfolio/clichy-batignolles/). 260

Figure 4. 15. De haut en bas :Perspective intérieur du bâtiment de bureaux F,H de Vera et associés (source : Vera & associés) et du bâtiment G de Aires Mateus intégrant un faux plafond (source : Aires Mateus). 262
Figure 4. 16. Schéma d'organisation de la conception du projet Sollys pendant les Workshops. Réalisation personnelle. 267
Figure 4. 17. Schéma d'organisation de la conception du projet Sollys après les Workshops. Réalisation personnelle. 268
Figure 4. 18. Plan des passages des fluides et de l'électricité pour le bâtiment G, réalisé par Katene sur le plan d'AIR Mateus. Source: Bouygues Immobilier, 02/2019. 269
Figure 4. 19. Les missions de l'opérateur urbain définies au sein du projet Sollys. Source : Bouygues Immobilier, 27/01/2020. 271
Figure 4. 20. Étude des points forts et faibles des cogénérations au bois et au gaz vert. Source : Embix 273
Figure 4. 21. Analyse de l'évolution de la solution énergétique à Sollys. Réalisation personnelle. 275
Figure 4. 22. Synthèse des acteurs énergie intervenants sur les questions énergétiques en phase conception et réalisation du projet Sollys. Réalisation personnelle 276
Figure 4. 23. Principe de gouvernance énergétique de Sollys et rôle de l'opérateur de service urbain. Source : Embix, 06/2019. 277
Figure 4. 24. Les réalisations principales de l'OSU en 11/2019. Source : Bouygues Immobilier. . 279

Figure 5. 1. Schéma des acteurs intervenants sur les enjeux d'exploitation des systèmes énergétiques à NCU et Sollys. Réalisation personnelle. 285
Figure 5. 2. Les filiales du groupe Bouygues intervenant sur les services mutualisés à l'échelle des projets immobiliers et urbains. Sources: Bouygues Immobilier, 2018. 289
Figure 5. 3. Comparaison des offres de promoteurs et d'énergéticiens sur les services énergétiques. Source : Bouygues Immobilier, 2018. 290
Figure 5. 4. Le positionnement du groupe Bouygues sur les services multi techniques après le rachat d'Equans. Source: https://www.lemoniteur.fr/article/pourquoi-bouygues-casse-sa-tirelire-pour-racheter-equans.2173757 292
Figure 5. 5. Répartition des investissements économiques dans l'infrastructure dans les projets Hikari, NCU et Sollys. Réalisation personnelle. 301
Figure 5. 6. Comparaison de prix de vente sur quelques quartiers (€/m2). Source : « retours d'expériences sur les îlots & quartiers à énergie positive », l'ADEME en partenariat avec Embix & FIDAL, Rapport final, 2018, p.39 302
Figure 5. 7. Évolution de la solution énergétique dans les projets Sollys et NCU. Réalisation personnelle. 304
Figure 5. 8. Organisation des conceptions spatiales et énergétiques. Réalisation personnelle. 312
Figure 5. 9. La courbe McLearny. Source: Bouygues Immobilier, 2016. (Retravaillée par l'auteur). 319

Figure 6. 1. Apprentissage au sein de Bouygues immobilier. Réalisation personnelle. 334
Figure 6. 2. De gauche à droite : les quartiers Eikenott à Gland (livré en 2003), Erlenmatt à Bale (livré en 2019) et Greencity à Zurich (livré en 2020). Source : Losinger Marazzi. 340
Figure 6. 3. Écosystème d'acteurs intervenants sur les questions énergétiques et leurs enjeux d'exploitation. Réalisation personnelle. 350
Figure 6. 4. Les types de services urbains intégrés dans les consultations Réinventer. Source : Bouygues Immobilier, 12/2018. 356
Figure 6. 5. Types d'acteurs intégrés dans les équipes de réponses à concours. Source: Institut Paris Région, 2018. 357
Figure 6. 6. Les périmètres d'intervention des acteurs à Sollys et NCU. Réalisation personnelle. 369

Table des tableaux

Tableau 1. 1. Liste des entretiens exploratoires réalisés. Réalisation personnelle.....76
Tableau 1. 2. Projets recensés en France et en Suisse. Légende : catégorie 1 (gris), catégorie 2 (jaune) et catégorie 3 (bleu). Réalisation personnelle. 77
Tableau 1. 3. Short liste des cas d'études. Réalisation personnelle. 80
Tableau 1. 4. Nombre d'entretiens réalisés sur les cas d'étude principaux et les éclairages. Réalisation personnelle. 91

Tableau 2. 1. L'intégration des préoccupations d'exploitation dans les cahiers des charges des projets Hikari, LOT O8 -Clichy-Batignolles, NCU et Sollys. Réalisation personnelle.....113
Tableau 2. 2. Solutions énergétiques envisagées dans le projet. Source: note d'approvisionnement énergétique, dossier de réponse à consultation d'opérateurs, Bouygues Immobilier, 2013.....119
Tableau 2. 3. Extrait du tableau de l'évaluation des réponses à concours des agences d'architecture Béchu, Demians et Saison Menu. Sources : Bouygues Immobilier, 2015. 139
Tableau 2. 4. Anticipation des préoccupations d'exploitation des artefacts énergétiques dans le concours d'opérateurs d projet NCU. Réalisation personnelle. 143

Tableau 3. 1. Évolution des estimations des besoins énergétiques et du potentiel géothermique disponible dans les différentes phases du projet NCU. Source: réalisation personnelle d'après les études énergétiques du projet NCU. 161
Tableau 3. 2. Anticipation des préoccupations d'exploitation des artefacts énergétiques dans la phase concours et développement du projet. Réalisation personnelle.....217

Tableau 4. 1. Anticipation des préoccupations d'exploitation des artefacts énergétiques du projet. Réalisation personnelle. 281

Tableau 5. 1. Hypothèses de recherche.....283
Tableau 5. 2.Évolution des processus de conception énergétique à NCU et Sollys. Réalisation personnelle. 299

Tableau 6. 1. Résultats de recherche.....378

Table des encadrés

Encadré 1. 1. Retour d'expérience sur l'exploitation énergétique du projet Hikari 19
Encadré 1. 2. Récit – faire une thèse sur l'intégration des enjeux d'exploitation dans la conception après une formation d'architecte urbaniste 71
Encadré 1. 3. Présentation du label Suisse 2000 watts 75

Encadré 3. 1. Portait de Guillaume Parisot, Président d'Aveltys 213

Encadré 4. 1. Portait de Eric L'Helguen, Directeur d'Embix 227

Encadré 6. 1. Portrait de l'ancien directeur Innovation de Bouygues Immobilier, Christian Grellier 328
Encadré 6. 2. L'apprentissage par filiation de projets au sein du promoteur Losinger Marazzi.... 339
Encadré 6. 3. La remontée des promoteurs en amont 361

Liste des sigles et abréviations

ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
AFUL : Association Foncière Urbaine Libre
AMO : Assistance à Maîtrise d'Ouvrage
ANRU : Agence Nationale pour la Rénovation Urbaine
ANT : Actor-Network Theory, Théorie de l'acteur-réseau
APC : Site de l'Agence Parisienne du Climat
APD Avant-Projet Définitif, au sens de la loi MOP
APS : Avant-Projet Sommaire , au sens de la loi MOP
ASP: Association Syndicale de Propriétaires
ATec : Avis TEChnique
ASL : Association Syndicale Libre
BBC : Bâtiment Basse Consommation
BEPOS : Bâtiment à Energie POsitive
BET : Bureau d'Étude Techniques
BI: Bouygues Immobilier
BIM: *Building Information Modeling*
CAPEX: *CAPital EXtpenditure*
CEMS: Community Energy Management System
CEREMA : Centre d'Études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement
CCCT : Cahier des charges de cession de terrains
CCTP : Cahier des Clauses Techniques Particulières
CLT: Cross Laminated Timber, ou Panneau massif lamellé croisé
CNIL : Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés
Copro : Copropriété
CPCU : Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain
CRE Commission de Régulation de l'Energie
CoRDEES, acronyme de Co-Responsibility inDistrict Energy Efficiency and Sustainability
COP : Coefficient of Performance
CPE : Certificat de Performance Énergétique
DCE : Dossier de consultation des entreprises, au sens de la loi MOP
DD : Développement Durable
DIVD : Démonstrateur Industriel pour la Ville Durable
DSP : Délégation de Service Public
ECS : Eau Chaude Sanitaire
EDF : Électricité De France
ENEDIS : gestionnaire du réseau public d'électricité
EnDK : Conférence des directeur cantonaux de l'énergie
EnR(&R) : Énergies renouvelables (et de récupération)
EPA Établissement Public d'Aménagement
GTC : Gestion Technique Centralisée
GMAO :Gestion de maintenance assistée par ordinateur
HQE : Haute Qualité Environnementale
IE : Immobilier d'Entreprise
MO: Maîtrise d'Ouvrage
MOE : Maîtrise d'Œuvre
MOP : Loi n°85-704 du 12 juillet 1985 relative à la maîtrise d'ouvrage publique et à ses rapports avec la maîtrise d'oeuvre privée
MOPEC: Modèle de Prescriptions Énergétiques des Cantons
MOTC : Maitre d'Ouvrage Technique Conception
NEDO: New Energy and Industrial Technology Development Organization
NCU: Nanterre Cœur Université
OPEX: *OPerational EXpenditure*
OSU : Opérateur de Services urbains

PAC : Pompe A Chaleur
PADD Plan d'Aménagement et de Développement Durable
PAV : Praille Acacias Vernets
PCAET : Plan Climat Air Énergie Territorial
PDG : Président Directeur Général
PLU : Plan Local d'Urbanisme
PM&A : Paris et Métropole Aménagement
PC : Permis de Construire
PROjet : Études de projet, au sens de la loi MOP
PUCA : Plan Urbanisme Construction Architecture
PV : Photovoltaïque
R2G : référentiel *Ready to Grids*
R2G: *r*éférentiel *Ready to Services*
RATP : Régie Autonome des Transports Parisiens
RCU : Réseau de Chaleur Urbain
RCF : Réseau de Chaleur et de Froid
RDC : Rez-de-Chaussée
REX : Retour d'EXpérience
RT : Réglementation Thermique
R&D : Recherche et Développement
STD : Simulation Thermique Dynamique
SE : Systèmes Énergétiques
SICUDEF : Syndicat mixte de Chauffage Urbain de la Défense, aujourd'hui appelé GENERIA.
STS : Socio-Technical Studies
SNCF Société National des Chemins de Fer
SPL Société Publique Locale
SPLA Société Publique Locale d'Aménagement
STS : études sociotechniques (Science and Technology Studies)
STD : Simulation thermique dynamique
TOTEX : *TOTal EXtpenditure*
TURPE: Tarif d'Utilisation des Réseaux Publics d'Électricité
TEPCV : La loi de transition énergétique pour la croissance verte du 17 août 2015.
TEPOS: Territoire à Énergie Positive
TFP: Thermo-Frigo-Pompe
VEFA : Vente en État Futur d'Achèvement
VRV: Volume Variable de Réfrigérant
ZAC : Zone d'aménagement concerté citer le gars qui bosse sur Bouygues

Annexes

1. Liste des entretiens (60 entretiens au total)

A. Projet NCU

Type d'acteur	Structure	Nombre	Fonction	Date
Ville	Ville de Nanterre	1	Ingénieur, service énergie	07/03/2020
Aménageur public	Paris la Défense	1	Responsable aménagement	03/04/2020
Architecte urbaniste	Leclerq et associés Béchu et associés	2 1	Architecte Architecte-Urbaniste	11/02/2019 11/02/2019
Énergéticien	Dalkia Smart Building	2	Ancien Directeur Technique et Innovation Chef de projets Montages	13/10/2020 20/02/2020
AMO énergie promoteur	Greenaffair	1	Responsable Immobilier et Villes Durables	12/03/2020
BET énergie/AMO	Ingerop	2	Ancien ingénieur, département Fluides et Energie Chargé d'affaire CVC	21/01/2020 14/03/2020
	Burgeap	2	Directeur du département Eau, Energie, Ville et Territoire Directeur de projets énergie, climat et aménagement durable	30/01/2019 05/08/2019
	E-nergy	1	Directeur de l'agence	08/03/2019
	Embix	1	Ingénieur D	13/09/2019
	Institut Français de l'Huile Végétale Pure	1	Directeur de l'agence	12/03/2019
Facility Manager	Aveltys	2	Président Directeur commissioning et énergie	09/04/2019 22/07/2019
Promoteur-Bouygues Immobilier	Urbanera	4	Ancien Directeur Grands Projets Ancien chef de Projets Urbains Ancien Directeur de Projets Urbains A Directeur de Projets Urbains B	29/11/2019 19/02/2020 11/02/2019 18/01/2020
	Dir. Immobilier d'entreprise	4	Directeur Technique Conception A Directeur Technique Conception B Maitre d'Ouvrag Technique Réalisation Directeur Central Technique	16/12/2019 06/03/2020 08/01/2020 10/09/2020
	Dir. Commerces	1	Directeur Exploitation-Gestion	28/11/2019
	Dir. Innovation	1	Ancien directeur innovation	29/09/20
				Total :**27**

B. *Projet Sollys*

Type d'acteur	Structure	Nombre	Fonction	Date
Aménageur public	SPL Lyon Confluence	1*	Responsable innovation et développement durable	03/02/2020
Architecte	Vera & architectes	2	Architecte	11/03/2020 14/10/2020
Énergéticien	Dalkia ELM	1	Ingénieur d'affaires	26/10/2020
Énergéticien	ENEDIS	1	Chargé de missions. Direction Territoriale Lyon Métropole	14/02/2021
BET énergie	Milieu Studio	1	Directeur de l'agence	11/03/2020
	Tribu	1*	Ingénieur	13/02/2020
	Embix	4	Directeur d'EMBIX Ingénieur A Ingénieur A Ingénieur C	19/06/2020 13/09/2019 21/03/2019 24/06/2020
	Katene	1	Ingénieur	12/02/2020
	Manaslu	1*	Ingénieur	20/04/2020
Promoteur-Bouygues Immobilier	Urbanera	1	Ancien directeur technique	30/04/2019
	Dir. Immobilier d'entreprise	3*	Directeur de l'ingénierie Directeur Technique Conception C Directeur Technique Conception C	30/02/2019 30/04/2019 23/03/2020
	Dir. Innovation	3*	Directeur Innovation Responsable Open Innovation	15/02/2021 08/04/2021
Cabinet d'avocats		1	Avocat	17/07/2020
Cabinet de conseil	Biomasse Conseil	1	Gérant	15/11/2019
				Total :**21**

*ces entretiens ont également abordé Hikari.

C. *Projet Quai Venets à Genève*

Type d'acteur	Structure	Nombre	Fonction	Date
Architecte	Fruehauf, Henry & Viladoms	1	Architecte	09/03/2020
Énergéticien	SIG (Genève) SEIC (Gland)	1 1	Ingénieur d'affaires Directeur SEIC	22/10/2020 04/04/2019
BET énergie	Amstein & Walthert	1	Ingénieur	08/06/2020
Consultant énergie	Mach&team	1	Directeur et président	30/04/2021
Promoteur-Losinger Marazzi	Direction Technique ingénierie et efficience énergétique	2	Ingénieur efficience énergétique Directeur de l'ingénierie Directeur technique Suisse romande	14/05/2020 04/04/2019 04/04/2019
	Dir BIM	1	Responsable conception et déploiement BIM	04/04/2019
				Total :9

D. Projet Clichy Batignolles

Type d'acteur	Structure	Nombre	Fonction	Date
Aménageur	Paris et Métropole aménagement	1	Responsable d'opérations	24/03/2020
Architecte	Marin + Trottin Périphériques architectes	1	Architecte	10/03/2020
AMO Énergie	Embix	1	Ingénieur B	27/02/2020
				Total :3

Liste des réunions

Réunions	Intervenants	Dates
Consortiums mensuels Eurêka Club	Métropole du Grand Lyon, SPL Lyon Confluence, Bouygues Energies et Services, Enedis, Bouygues Immobilier, Embix Linkcity, Colas. 4 (2h)	15/02/2019 20/03/2019 12/04/2019
Réunion commissioning des systèmes énergétiques	Embix et Urbanera (1h)	11/02/2019
Réunion de travail	Directeur technique Suisse romande, Losinger Marazzi (1h)	04/04/2019
Réunion de travail	Directeur de l'ingénierie Bouygues Immobilier 2 (1h)	13/01/2019 02/08/2021

1. Liste des visites de sites

Visite	Date
Visite organisée du projet NCU par UrbanEra. Acteurs présents : Urbanera et Équipe Bouygues Grand projet Bordeaux.	12/02/2019
Visite du projet Eikenott (Lausanne)	03/03/2019
Inauguration de la première tranche du projet NCU. Acteurs présents : Le maire de Nanterre, tous les architectes des lots, Bouygues immobilier, plusieurs habitants, etc	22/05/2019
Visite du chantier de Sollys	03/02/2020
Visite du projet Clichy Batignolles (Paris)	04/08/2021

Plan détaillé

Introduction générale **8**

Chapitre 1. Interroger la fabrique urbaine par les enjeux d'exploitation des artefacts énergétiques **16**

1 Contexte et état de l'art **17**

1.1 Des dysfonctionnements en exploitation à la prise en charge de ces enjeux en conception 17
1.1.1 Une pluralité de dysfonctionnements pendant l'exploitation des projets durables 17
1.1.2 Les questions de la gestion et de l'exploitation ne sont pas nouvelles 24
1.1.3 La prise en charge des enjeux d'exploitation en phase conception 25
1.2 La conception comme une activité collective, cognitive et productive 28
1.2.1 La conception comme une activité collective, cognitive et productive 29
1.2.2 Définitions des activités de conception urbaine, spatiale et énergétique 31
1.2.3 Les instruments cognitifs et organisationnels de la conception 32
1.3 L'intégration des enjeux énergétiques dans la conception 33
1.3.1 De l'innovation technique à la standardisation de la production urbaine durable 34
1.3.2 Évolution des savoirs, des pratiques et des professionnels suite à l'avènement de l'urbanisme durable 37
1.4 L'intégration des enjeux d'exploitation dans la conception 39
1.4.1 L'intégration des habitants dans la conception et l'exploitation des projets 40
1.4.2 Les approches en coût global et de contrats globaux 41
1.4.3 Évolution des acteurs de la fabrique urbaine dans une logique d'*intégration* 48
1.4.4 Définition des préoccupations d'exploitation des systèmes énergétiques 53
1.5 Crise de l'organisation de projet face à l'avènement des enjeux énergétiques et d'exploitation 57

2 Hypothèses de recherche **61**

3 Outils théoriques **63**

3.1 Une approche sociotechnique pour appréhender la matérialité des objets de l'énergie 64
3.1.1 La sociologie de l'acteur réseau 64
3.1.2 Le concept de cadrage-débordement 67
3.2 L'apprentissage organisationnel et inter-organisationnel et les objets de l'énergie 68
3.2.1 L'apprentissage organisationnel 68
3.2.2 L'apprentissage inter-organisationnel 69
3.3 Synthèse du cadre théorique : une analyse en deux niveaux 71

4 Posture de recherche et méthode **72**

4.1 Des études de cas afin de comprendre l'intégration des enjeux d'exploitation en amont des projets 73
4.1.1 Une approche de recherche empirique et inductive 73
4.1.2 La sélection des cas d'étude 74
4.1.3 Pourquoi une mise en perspective de deux cas ? 81
4.1.4 Présentation des cas d'étude 82
4.2 Protocole de recherche : sources et méthode d'analyse des matériaux 89
4.2.1 Trois matériaux empiriques 89
4.2.2 Analyse et restitution des matériaux de recherche 94
4.3 De la conception à l'exploitation des systèmes énergétiques au sein de Bouygues Immobilier 95
4.3.1 Intégration des questions énergétiques au sein de Bouygues Immobilier 95
4.3.2 Des questions énergétiques à l'émergence des enjeux d'exploitation 101

5 Synthèse **102**

Chapitre 2 : L'intégration balbutiante des enjeux d'exploitation en phase concours. Le cas de Nanterre Cœur Université (NCU) **104**

1 Une faible intégration des préoccupations d'exploitation dans les cadrages énergétiques et urbains 105

1.1 Le contexte de lancement de la consultation d'opérateurs du projet Nanterre Cœur Université 105
1.2 Des cahiers de prescriptions urbaines et énergétiques centrés sur la performance énergétique 109
1.2.1 Des cahiers de prescriptions architecturales et urbaines qui orientent l'intégration esthétique des artefacts énergétiques 109
1.2.2 Une faible intégration des enjeux d'exploitation dans les cahiers des prescriptions énergétiques et environnementales 111

2 Les questions énergétiques et d'exploitation comme moyen de distinction 115

2.1 Des enjeux d'exploitation qui n'impactent pas les choix techniques en phase concours 115
2.1.1 De l'estimation des besoins à la sélection des artefacts énergétiques 117
2.1.2 La réalisation de plusieurs scénarios énergétiques en phase concours 120
2.2 Des enjeux énergétiques et d'exploitation mis en avant pour gagner la consultation 123
2.2.1 La mise en avant des enjeux d'exploitation après divers apprentissages sur les projets durables 123
2.2.2 L'opérateur urbain retenu pour la qualité du projet et l'originalité de la proposition énergétique 127
2.2.3 La mise en avant des questions énergétiques et dans une moindre mesure des enjeux d'exploitation dans le concours d'opérateurs de Quai Vernets 128

3 Une sélection des prestataires et partenaires fondée sur l'interconnaissance 130

4 La primauté des aspects esthétiques dans la conception spatiale 133

4.1 Prédominance des approches formelles dans l'activité de conception architecturale 134
4.2 La sélection des architectes qui réfère à la qualité de leurs productions architecturales 137
4.3 La phase concours qui favorise de fortes interactions entre acteurs 141

5 Synthèse 143

Chapitre 3. L'intégration complexe des enjeux d'exploitation par une entreprise énergétique. Le cas de NCU 146

1 Évolution du cadrage énergétique pour intégrer les préoccupations d'exploitation 147

1.1 Renégociation des objectifs énergétiques à la baisse face aux incertitudes sociotechniques 147
1.1.1 Organisation de la conception énergétique et spatiale en parallèle 147
1.1.2 La complexité de la matérialisation des objets techniques en milieu urbain dense 149
1.1.3 Renégociation des objectifs énergétiques à la baisse face aux incertitudes sociotechniques 150
1.2 Un cadrage énergétique centré sur la réalisation des objetcifs à Clichy-Batignolles 156

2 Bifurcation de la solution technique et recadrage des objectifs énergétiques 158

2.1 Une bifurcation de la solution énergétique pour anticiper les demandes des investisseurs immobiliers 159
2.1.1 Une seconde négociation des objectifs énergétiques 159
2.1.2 Une bifurcation de la solution énergétique 163
2.2 Des investisseurs immobiliers qui remontent en amont pour influencer la conception 166
2.3 Une solution énergétique innovante à NCU qui met l'accent sur le suivi des consommations 169
2.4 Les objets intermédiaires comme support d'intégration des préoccupations d'exploitation 171
2.4.1 Les objets intermédiaires comme support de négociation des artefacts énergétiques 172
2.4.2 Les objets intermédiaires comme un moyen d'affichage des enjeux d'exploitation 175

3 Les enseignements du partenariat avec une entreprise énergétique 177

3.1 Une logique d'exploitation qui rentre en conflit avec une logique de production urbaine 177

3.1.1 Le recours à des expertises et à une consultation d'opérateurs pour encadrer le travail de l'entreprise d'exploitation énergétique ... 177
3.1.2 Une logique d'exploitation qui rentre en conflit avec une logique de production urbaine ... 180
3.2 Des motivations de maîtrise de l'exploitation qui sous-tendent la sélection de la maîtrise d'oeuvre ... 183
3.3 L'importance de la contractualisation en amont pour anticiper les enjeux d'exploitation ... 185
3.3.1 Une contractualisation énergétique longuement négociée à NCU ... 185
3.3.2 Un recours fréquent au *contracting* énergétique en Suisse, le cas de Quai Vernets ... 188

4 L'intégration complexe des objets techniques dans la conception spatiale ... 192

4.1 La conception spatiale impactée par l'intégration des SE et leurs enjeux d'exploitation ... 192
4.2 Diverses logiques d'intégration des SE et de leurs enjeux d'exploitation ... 199
4.2.1 L'existence de diverses logiques d'intégration des objets techniques ... 199
4.2.2 Des logiques qui peuvent rentrer en conflit et qui passent par diverses négociations pour l'intégration des SE 200
4.3 La permanente séparation des tâches entre la conception énergétique et spatiale ... 202
4.3.1 Il existe des interactions dans le cas de certaines controverses ... 202
4.3.2 La mise en relation de la conception technique et spatiale se réalise à travers les objets intermédiaires . 204

5 De la gestion des bâtiments à l'exploitation des systèmes énergétiques à l'échelle du quartier . 205

5.1 L'enjeu du commissioning et du suivi des consommations pour maîtriser l'exploitation ... 205
5.1.1 Les artefacts énergétiques qui mettent en avant divers sujets d'exécution en phase chantier ... 205
5.1.2 Les apprentissages du commissioning énergétique à Clichy-Batignolles ... 209
5.2 De l'exploitation des bâtiments à l'exploitation énergétique des quartiers. De Aveltys à Embix ... 212

6 Synthèse ... 216

Chapitre 4. L'intégration des enjeux d'exploitation par un nouvel opérateur de services urbains. Le cas de Sollys ... 219

1 De la production locale d'énergie à la création d'un opérateur de services urbains ... 219

1.1 Évolution des questions énergétiques à la Confluence de l'ilot ABC à Sollys ... 220
1.1.1 Émergence et évolution des questions énergétiques à la Confluence ... 220
1.1.2 Présentation du projet Lyon living lab Confluence ... 222
1.2 Contexte d'émergence et évolution de l'entreprise Embix ... 225
1.2.1 Présentation de l'entreprise Embix ... 225
1.2.2 Accumulation des apprentissages des acteurs et notamment d'Embix ... 228
1.3 Des prescriptions énergétiques et architecturales contraignantes ... 231
1.3.1 Un plan directeur urbanistique qui oriente l'intégration spatiale des SE ... 231
1.3.2 Un cahier des prescriptions énergétiques (CPE) ambitieux ... 233

2 Des enjeux d'exploitation effacés face aux fortes ambitions énergétiques ... 234

2.1 Les workshops comme lieu de négociation et de cadrage des questions énergétiques ... 235
2.1.1 La sélection de la maîtrise d'œuvre architecturale et énergétique ... 235
2.1.2 Les workshops comme lieu de négociation des objets de l'énergie ... 237
2.1.3 Les workshops comme moyen de cadrage énergétique et architectural du projet ... 240
2.2 Évolution des choix techniques face aux enjeux d'exploitation ... 242
2.3 Effacement des enjeux d'exploitation dans le projet ... 243
2.3.1 Effacement des enjeux d'exploitation face aux contraintes spatiales, économiques et énergétiques ... 243
2.3.2 Un cadrage énergétique ambitieux qui oriente les choix techniques ... 249
2.3.3 La solution énergétique validée en phase d'avant-projet détaillé ... 253

3 Une anticipation des enjeux d'exploitation dans la conception spatiale ... 257

3.1 Impact important de l'intégration des objets techniques sur la conception spatiale 258
3.1.1 Un impact important des objets techniques sur la spatialité des projets 258
3.1.2 Une intégration des préoccupations d'exploitation grâce aux workshops 263
3.2 Diverses logiques concurrentes d'intégration des artefacts énergétiques 264
3.3 D'une conception concourante pendant les workshops à une organisation séquentielle 266

4 Réémergence des enjeux d'exploitation et bifurcation de la solution énergétique 270

4.1 Évolution du cadrage du projet pour intégrer les enjeux d'exploitation 270
4.1.1 Définition des missions de l'opérateur urbain incarné par Embix 270
4.1.2 La limitation des charges qui induit la bifurcation de la solution énergétique 272
4.2 La construction complexe de la gouvernance énergétique de Sollys 275
4.2.1 L'élargissement du cercle d'acteurs pour traiter les enjeux d'exploitation 275
4.2.2 La construction complexe de la gouvernance énergétique de Sollys 276

5 Synthèse 280

Chapitre 5. Effets de l'intégration des préoccupations d'exploitation sur la conception 283

1 Diverses motivations des acteurs pour l'intégration des enjeux d'exploitation 284

1.1 Des enjeux d'exploitation portés par des acteurs particuliers 284
1.2 Diverses motivations des acteurs privés pour intégrer les enjeux d'exploitation 286
1.2.1 Des motivations communicationnelles et de différentiation 286
1.2.2 La volonté de répondre aux demandes des collectivités 287
1.2.3 Les sujets d'exploitation comme une opportunité de création de nouvelles offres de services 288
1.3 Le rôle stratégique des acteurs publics 293

2 L'intégration des enjeux d'exploitation réoriente les choix de conception 297

2.1 La réduction des ambitions énergétiques pour maîtriser l'exploitation des projets 297
2.1.1 La réduction des objectifs énergétiques face aux enjeux d'exploitation 297
2.1.2 L'importance du raisonnement en coût global des objets techniques 299
2.2 La réversibilité des choix de conception 303
2.2.1 L'intégration des enjeux d'exploitation oriente la sélection des artefacts énergétiques 303
2.2.2 L'augmentation des connaissances sur le projet engendre une augmentation des capacités d'action des acteurs 304
2.3 L'impact relatif des objets de l'énergie sur la conception spatiale 307

3 Quelle réorganisation du processus de conception urbaine ? 310

3.1 L'impact des objets techniques sur l'organisation horizontale de la conception 310
3.1.1 Des échanges intenses entre les acteurs en phase concours/workshops 310
3.1.2 Retour vers une séparation des activités pendant la conception des projets 311
3.1.3 Trois hypothèses d'explication 313
3.2 L'impact de l'intégration verticale d'ensembliers conception-réalisation-exploitation sur l'organisation de la conception 316
3.3 Quelle réorganisation du processus de conception urbaine? 317

4 Les perspectives du BIM pour une approche intégrée de la conception 318

5 Synthèse 323

Chapitre 6. Apprentissages, évolution des méthodes et des acteurs de la production urbaine 325

1 Lieux, leviers et freins de l'apprentissage des acteurs sur les sujets d'exploitation 325

1.1 Les leviers de l'apprentissage au sein de Bouygues Immobilier, de ses filiales et prestataires 326
1.1.1 L'expérimentation de nouveaux dispositifs sociotechniques et organisationnels 326
1.1.2 La mobilisation de diverses expertises exogènes 329
1.1.3 L'apprentissage par filiation de projets démonstrateurs 332
1.2 Apprentissage de la maîtrise d'œuvre sur les sujets d'exploitation des AE 341
1.2.1 Apprentissage des bureaux d'étude en énergie 341
1.2.2 Apprentissage des architectes 344
1.3 Les freins de l'apprentissage : entre l'individu et la structure 346

2 Les apprentissages comme moteurs de transformation de la conception 348

2.1 La constitution d'un écosystème d'acteurs avec des valeurs partagées 349
2.2 Les objets techniques comme leviers/supports de l'apprentissage 351
2.2.1 Les objets techniques comme support de circulation et de consolidation des apprentissages 352
2.2.2 Les apprentissages autour des objets techniques comme leviers de transformation de la conception 352

3 Des services énergétiques aux services urbains : évolution des acteurs et de leurs modes d'actions 355

3.1 Évolution des pratiques vers l'intégration des enjeux d'exploitation en phase concours 355
3.2 Évolution des promoteurs pour se positionner sur les services urbains 358
3.2.1 De la production urbaine à l'exploitation des services urbains 358
3.2.2 Le recours aux partenariats face à la complexité de faire vivre les services proposés 361
3.2.3 Évolution des méthodes de faire vers la sobriété des solutions proposées 363
3.3 La remontée des exploitants dans la fabrique urbaine qui pose question 364
3.3.1 L'intégration d'exploitants qui pose question 364
3.3.2 La remontée des investisseurs et gestionnaires immobiliers 366
3.4 Quel rôle des acteurs publics dans la gouvernance de la ville servicielle ? 367
3.5 Quelle reconfiguration des acteurs de la fabrique urbaine ? 368

4 Synthèse 370

Conclusion générale 373

1.1. Ressources académiques 383
1.2. Ressources institutionnelles, opérationnelles et administratives 402
1.1. Articles de presse – par ordre de parution 403
1.3. Page internets internet – par ordre de mention dans la thèse 403
1.4. Textes réglementaires – par ordre de mention dans la thèse 407
1.5. Liste des documents mobilisés pour les études de cas 407
4.1.1 NCU 407
4.1.2 Sollys 409
4.1.3 Quai Vernets (tous les documents par ordre alphabétique) 410
4.1.4 Hikari (tous les documents par ordre alphabétique) 410
4.1.5 Clichy Batignolles (tous les documents par ordre alphabétique) 411
4.1.6 Issy les Moulineaux (tous les documents par ordre alphabétique) 411

Table des figures 412

Table des tableaux 417

Table des encadrés 418

Liste des sigles et abréviations 419

Annexes 421

Plan détaillé **424**