



HAL
open science

La régulation des systèmes socio-techniques sur lalongue durée : le cas du système d'assainissement urbain

Konstantinos Chatzis

► To cite this version:

Konstantinos Chatzis. La régulation des systèmes socio-techniques sur lalongue durée : le cas du système d'assainissement urbain. Economies et finances. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1993. Français. NNT: . tel-00345049

HAL Id: tel-00345049

<https://pastel.hal.science/tel-00345049>

Submitted on 8 Dec 2008

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.

Ecole Nationale des Ponts et Chaussées

Spécialité : Economie et sciences sociales

La régulation des systèmes socio-techniques sur la longue durée

le cas du système d'assainissement urbain

Volume I

Thèse présentée par

Konstantinos Chatzis

en vue de l'obtention du titre de
Docteur de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées

Date de soutenance : 4 février 1993

Jury :

C. COGEZ	Examineur
P. DUBOIS	Président
A. HATCHUEL	Rapporteur
J. LATERRASSE	Directeur de thèse
A. PICON	Examineur
Y. SCHWARTZ	Rapporteur

Laboratoire Techniques Territoires et Sociétés

"Les systèmes scientifiques (...) ne sont pas nés de la raison, mais d'impulsions d'abord faibles et vacillantes : impulsions à agripper, à saisir, à se déplacer, impulsions à la chasse, au dévoilement, impulsions à mélanger les choses distinctes et à séparer les choses mêlées, impulsions à parler et à écouter. La méthode, ce n'est pas autre chose que l'organisation efficace de ces impulsions en dispositifs continus d'investigation, d'exposition, de mise à l'épreuve"

(J. Dewey, *Human Nature and Conduct*, New York, Modern Library, 1930, p. 196)

Remerciements

Ce travail a été réalisé au sein du laboratoire Techniques Territoires et Sociétés de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées qui en a assuré le financement. Que l'institution trouve ici l'expression de ma reconnaissance. De manière moins formelle, je tiens à témoigner de ma gratitude à celui qui fut, dans l'univers de mon travail quotidien, l'incarnation de la communauté scientifique à laquelle j'appartiens : Pierre Veltz, directeur du laboratoire. Il a su m'écouter, m'encourager ; il a montré patience et compréhension. La thèse terminée, j'espère ne pas avoir trahi sa confiance.

Jean Laterrasse, directeur de recherche au CNRS, se trouve à l'origine de cette recherche. Il a suivi de près toutes les phases de son élaboration ; il a été présent durant les péripéties de sa rédaction. Tout en m'accordant la liberté d'envisager et d'explorer des pistes non prévues lors de la formulation initiale du sujet, il a su me ramener régulièrement sur le chemin de l'efficacité. Pour ses conseils et son soutien, qu'il trouve ici l'expression de ma reconnaissance.

Plusieurs chercheurs du laboratoire ont accepté de lire avec soin des chapitres, voire l'intégralité, des versions de la thèse aux différents moments de son élaboration. Je pense à Gabriel Dupuy, et à mes amis Antoine Picon, Frédéric de Coninck, Philippe Zarifian et Georges Ribeill. Pour leurs remarques et leurs encouragements, leurs approbations et leurs critiques (elles furent nombreuses), leur disponibilité enfin, qu'ils soient remerciés.

Bien que les pages de la thèse effectivement lues par Philippe de Lara soient, somme toute, peu nombreuses, c'est bien lui qui fut et reste mon *alter ego* français (en plus fort et plus sérieux) dans plusieurs domaines. Pour sa camaraderie intellectuelle, qu'il soit remercié.

Mes remerciements vont encore à Messieurs les Professeurs P. Dubois, A. Hatchuel, Y. Schwartz et à Madame C. Cogez, adjoint au directeur au Service de l'eau et de l'assainissement de la Seine-Saint-Denis, pour avoir consacré une partie de leur temps à mon travail en acceptant de faire partie du jury de cette thèse.

Pratiquement tous les membres du laboratoire ont lu et corrigé des manuscrits de la thèse. Leur disponibilité sans faille m'a fait momentanément oublier l'asymétrie écrasante qui régit mes rapports avec les "indigènes" au sujet de la langue française. Ils sont tellement nombreux que je me trouve dans l'impossibilité de les remercier autrement que de

manière collective. Deux exceptions toutefois. Olivier Coutard et Agnès Sander, plus que les autres, supportent depuis des années mon gréco-français avec stoïcisme et abnégation.

Sandrine Vénuat, Annie Gaumain et Françoise Facchini ont assuré avec soin et efficacité la frappe des plusieurs manuscrits de ce travail. Qu'elles soient remerciées.

Nous avons commencé avec une institution ; finissons avec une autre. Une partie de ce travail a été réalisée grâce à la volonté du Conseil Général de la Seine-Saint-Denis et à la collaboration étroite du Service de l'eau et de l'assainissement du même département. Que les membres de ces institutions trouvent ici l'expression de ma reconnaissance.

Résumé

Ce travail veut être une contribution, à la fois théorique et empirique, à l'étude sur la longue durée des pratiques de régulation (au sens large du terme: constitution d'objets techniques, de pratiques de conception, d'outils de gestion et de morphologies organisationnelles) développées au sein des systèmes socio-techniques, c'est à dire des systèmes composés d'éléments techniques (physiques) et organisationnels, formellement organisées sur la base de normes, des règles et de rôles, plus ou moins standardisés, en vue de réaliser des objectifs prédéfinis. Son terrain empirique est composé de trois systèmes socio-techniques. Deux historiques relativement brefs, portant sur le monde industriel (taylorisme : 1880-1980), et le métropolitain de Paris (1900-1990), préparent le terrain pour la présentation systématique du concept central de ce travail, celui de *mode de régulation*, à travers lequel nous essayons de donner un fondement théorique à l'explication du mouvement — émergence et formation, stabilisation, crise — des pratiques de régulation développées au sein d'un système socio-technique. Une fois le concept de mode de régulation exposé, nous procédons à une étude approfondie des pratiques de régulation dans le domaine de l'assainissement (1850-1990).

Les lectures parallèles des trajectoires de trois systèmes étudiés ici révèlent des connivences quant aux logiques de régulation à l'œuvre. Pensée et projetée sur un mode homéostatique, la régulation cherche son efficacité dans la norme et les pratiques codifiées ; ces dernières étant objectivées très souvent dans des dispositifs techniques et cristallisées dans des architectures fonctionnelles marquées par des cloisonnements forts et pauvres en communication. Or, cette logique semble entrer aujourd'hui entrer dans une phase de mise en cause profonde. La dernière partie de la thèse, centrée sur les mutations actuelles dans le domaine de l'assainissement, essaie de dessiner les lignes de force qui paraissent majeures dans les évolutions en cours.

Mots clefs : système socio-technique, régulation, ingénieur, longue durée, Taylorisme, métropolitain de Paris, assainissement, Etats-Unis, France, sociologie et histoire des sciences, sociologie des organisations.

Summary

This work is a theoretical and empirical contribution to the study of long term regulatory control practices (taking "regulatory" in its broadest sense: setting up technical objects, conceptual techniques, management tools and organizational configurations) which have been developed within sociotechnical systems, that is, within systems which are made up of technical (physical) and organizational elements, formally organized upon the basis of standards, rules, and roles, all more or less standardized, with a view to carrying out predefined objectives. Two relatively brief historical presentations, the first one concerning the industrial world (Taylor's efficiency engineering: 1880-1980), and the second concerning the Paris subway (1900-1990), clear the way for the presentation of the central concept of this work, namely, the *mode of regulation*, by means of which we shall attempt to give a theoretical foundation to the explanation of the movement - origin and formation, period of stability, crisis - of regulatory control practices. Once the concept of the mode of regulation has been presented, we shall proceed with a thorough examination of the regulatory control practices in the area of water drainage and sewers (1850-1990).

Parallel research along the trajectories of the three systems studied here has revealed agreement as to the type of control logic at work. Thought out and projected in a homeostatic mode, regulatory control seeks efficiency by means of standards and codified practices. These latter were frequently objectified in technical mechanisms and cristalized by means of purely functional architecture, characterized by heavy compartmentalization and little communication. Today, this type of approach seems to be going through a phase of serious questioning. The last part of this dissertation, which concentrates on current evolution in the area of water drainage and sewage, will attempt to delineate the lines of force which appear to be the most important in the changes which are taking place.

Key words: sociotechnical system, regulatory control, engineer, long term, Taylorism, Paris subway, drainage systems, United States, France, sociology and history of science, organization theory.

Sommaire

Conclusion de la partie II	283
PARTIE III : DE LA ROUTINE A LA CRISE. LES MUTATIONS DANS LE SECTEUR DE L'ASSAINISSEMENT	287
Introduction	288
Chapitre I : Urbanisation et routines (phases B et C du mode de régulation)	291
Section 1. L'urbanisation	292
Section 2. Les paradoxes de la routine	299
Chapitre II : Les mutations actuelles	302
Section 1. Le contexte technique	302
Section 2. Le contexte social et économique	317
Chapitre III : Des mutations aux acteurs	323
Section 1. Le service	323
Section 2. Les rapports entre le service et les autres acteurs	342
Chapitre IV : Vers un nouveau mode de régulation ?	350
Section 1. L'Ancien	351
Section 2. Le Nouveau	353
Conclusion de la partie III	356
PARTIE IV : QUELQUES INGREDIENTS DU NOUVEAU MODE DE REGULATION	362
Introduction	363
Chapitre I : Position du problème	365
Chapitre II : Présentation du projet	370
Section 1. Présentation générale	370
Section 2. Cadre théorique	373
Section 3. La problématique "indicateur"	377
Section 4. Etat de l'art	382
Section 5. Méthodologie	389
Chapitre III : Déroulement du projet - Résultats	401
Section 1. Déroulement du projet	401
Section 2. Résultats	404
Section 3. Indicateurs retenus	410
Conclusion de la partie IV	426

CONCLUSION GENERALE	432
Annexes	440
Bibliographie	478
Liste des illustrations	512
Liste des personnes contactées	515
Table des matières	516

Introduction générale

Le travail qu'on va lire a sa petite histoire. De cette histoire, il ne sera pas question ici de retracer les tenants et aboutissants. Hésitations et reculs, fourvoiements et certitudes aussitôt démenties, n'ajouteraient au produit achevé que la charge de ce qui devrait, sans succès, être évité. Mieux vaut effacer les traces de tous ces résidus qui risquent de ternir l'image de bel ordre réservée à la scène finale. En revanche, le bref rappel de certains moments forts de cette histoire, où se sont opérés les choix sur les objectifs de la recherche et les partis-pris méthodologiques, éclairerait utilement le parcours finalement retenu. Nous nous proposons dans cette longue introduction de nous expliquer sur l'allure d'ensemble du projet, à savoir : les premières interrogations qui ont donné naissance à ce travail, la fixation des objectifs finaux que nous nous sommes assignés à la lumière des résultats d'explorations préliminaires ; la problématique et le cadre méthodologique construits, enfin les limites strictes de notre entreprise.

Un travail ne s'inscrit jamais dans un vide problématique. Aussi, le nôtre trouve-t-il sa voie dans le dialogue et la confrontation avec d'autres ouvrages relevant de plusieurs traditions de recherche. Des citations abondantes, dispersées dans le corps du texte témoigneront des marques de ce dialogue et comptabiliseront les dettes, évidentes ou plus secrètes, qui nous lient à des penseurs multiples. Ici, nous aimerions de manière plus générale situer notre position à l'intérieur d'une constellation de travaux qui gravitent autour de nos propres préoccupations et qui furent d'une manière ou d'une autre une source d'inspiration pour ce travail. Positionnement qui prend rarement la forme d'un affrontement, car nous nous installons le plus souvent aux "interstices" de ces travaux, aux zones restées dans l'ombre, dans l'espoir d'y jeter quelque lumière selon une voie qui n'a pas été, à notre connaissance, encore beaucoup fréquentée. Dans la mesure où ces "interstices" ont joué un rôle important dans la constitution graduelle de notre problématique et méthodologie, l'exposé des grands traits de certains courants de pensée abordés à travers l'œuvre d'auteurs jugés comme représentatifs rendra, nous l'espérons, notre chemin plus lisible. Ainsi, l'introduction s'articule autour de quatre sections.

Dans la première section, nous rappelons rapidement le point de départ de cette thèse. La discussion rapide de quelques résultats auxquels nous sommes parvenus après une exploration préliminaire durant la première année (1987-1988), nous

amènera à la présentation des objectifs précis de ce travail et à l'annonce du terrain désigné pour les satisfaire. Une fois les objectifs concrétisés et formulés, les questions "sur la méthode" surgissent. C'est la troisième section qui se charge d'y répondre. Entre les deux, s'interpose la deuxième section qui, au terme d'une discussion sur un certain nombre de théories susceptibles d'appuyer nos intérêts, explicite les choix méthodologiques adoptés. La quatrième section enfin expose la charpente de la thèse. Les choix relatifs à l'organisation des matériaux de ce travail y sont rapportés et un synopsis de chaque partie de la thèse est livrée.

SECTION 1. PRESENTATION DU SUJET DE LA THESE

Le sujet de cette thèse trouve son origine dans la constatation empirique d'un mouvement d'automatisation-informatisation qui, notamment depuis le début des années quatre-vingt et avec des intensités variables selon les différents secteurs, affecte l'ensemble des réseaux urbains (*). Une étude, même rapide, des évolutions en cours, montre que ce mouvement ne se borne pas aux seuls aspects techniques (par exemple, la diffusion des micro-processeurs...), mais qu'il touche également les formes organisationnelles s'appropriant le nouveau substrat technique, les normes instrumentales de gestion, les critères de performance... Non sans un certain embarras, les services gestionnaires découvrent que la division du travail — cristallisée dans des découpages fonctionnels — léguée par le passé s'accorde mal avec les exigences et les potentialités de nouvelles technologies ; que des pratiques de gestion, instaurées depuis longtemps et bien rodées, s'avèrent de plus en plus déficientes vis-à-vis des finalités du service, elles-mêmes soumises à des évolutions ; que le monde environnant connaît aussi des impulsions : de nouveaux acteurs tels que les usagers du service (²), toujours plus exigeants, entrent en scène et font

Pour un panorama des évolutions en cours, voir *Génie urbain, acteurs, territoires, technologies*, rapport pour le Ministère de l'Équipement, le Ministère de la Recherche, LATTIS-Plan Urbain, ENPC-Paris XII, 1987 ; Mayer A. , "Contrôle et gestion des réseaux urbains : évolution des techniques et des acteurs", in Duhem B. et Laterrasse J. (Eds), *Génie urbain, acteurs, territoires, technologies. Éléments pour une réflexion problématique*, Paris, Plan Urbain, 1987, pp. 241-276.

Sur cette question, voir entre autres, Delaunay J.C. et Gadrey J., *Les enjeux de la société de service*, Paris, Presses de la F.N.S.P., 1987. Nous y reviendrons à la Partie III de la thèse.

sentir leur présence, tenue jusqu'alors à l'écart. Poussées techniques et mutations de nature sociale forment deux grands systèmes de force qui déstabilisent en profondeur pratiques et modèles organisationnels et provoquent des changements qui, loin d'être des modifications à la marge, semblent atteindre le socle même sur lequel reposait le fonctionnement du système. A côté de ces constatations "négatives", l'analyse met en évidence des réactions, des réponses positives qui, au-delà des spécificités purement sectorielles, ne manquent pas de converger par certains de leurs aspects vers un "modèle" dont nombre de traits sont d'ores et déjà identifiables : ouverture du service sur son environnement social via l'intégration explicite des attentes du public dans ses projets ; renforcement soutenu du pôle du "temps réel" dans les pratiques de gestion ; redécoupage fonctionnel avec l'apparition d'une nouvelle fonction de régulation des flux, souvent en quête d'ancrage institutionnel au sein du service (¹).

Notre intelligence des processus en cours s'est trouvée améliorée après une première décision de restreindre le champ de l'analyse à l'étude de deux réseaux urbains, ceux d'assainissement et du métropolitain (²). Un regard plus attentif fixé

Pour une discussion des évolutions en cours, voir Laterrasse J. et Chatzis K., "Evolution des réseaux et nouvelles technologies de l'information", in Duhem B. et Laterrasse J. (Eds), *Génie urbain, acteurs...*, op. cit., pp. 223-240 ; Laterrasse et al., *L'informatisation des réseaux urbains : choix technologiques et enjeux sociaux*, Rapport pour le Plan Urbain, LATTS-ENPC, 1992.

Le choix opéré en faveur de deux réseaux a résulté d'une investigation préalable que nous avons menée au long de la première année de la thèse (1987-1988). Cette analyse portant sur un éventail de réseaux (eau, assainissement, métropolitain, EDF, circulation), outre qu'elle nous a conduit aux conclusions, plutôt annoncées que discutées, dans l'introduction, a mis en évidence que métro et assainissement disposent de spécificités fortes quant à la forme du réseau, la nature du flux y circulant, le poids du social... Ainsi, l'assainissement se présente comme un système totalement "ouvert" sur son environnement (pluie), alors que le métropolitain a été conçu dès le début comme un système "fermé" dont on essaie de contrôler les flux d'entrée afin d'assurer la régularité voulue du programme d'exploitation (voir p. 95). De topologies différentes (réseau-maillé versus réseau-ligne), assainissement et métro sont traversés par des flux de nature opposée (molécules d'eaux inanimées versus flux de voyageurs). Le rôle du collectif de travail dans la régulation est aussi différent selon les réseaux. Substantiel pour ce qui concerne le métro, il était, pendant des années, plutôt secondaire dans le cas de l'assainissement. Les caractéristiques respectives de ces deux réseaux les distribuent aux extrêmes du spectre "réseaux urbains". L'examen des pratiques de gestion développées en leur sein nous offre par conséquent une vue large du paysage de régulation des réseaux urbains. Voir Chatzis K., *Etude*

sur les deux réseaux et soutenu par une familiarisation avec les évolutions parallèles du monde industriel (ce qu'on appelle communément la crise du modèle Taylorien), nous a permis d'identifier le socle des modes de régulation en place — conférant régularité, unité et systémativité aux pratiques en vigueur jusqu'alors —, à l'existence d'un espace *de normes* en partie objectivées dans le *dispositif technique*. Modes arrivés jusqu'à nos jours, et qui semblent entrer aujourd'hui dans une phase de mutations profondes.

- Nous venons de le dire, c'est sur un fond de réalités hautement normalisées que les nouvelles pratiques surgissent. Quid de ces normes, de leur origine et de leur production, de leur transformation et de leurs effets ? Autant de questions qui ont activé une machine à remonter le temps. Nous avons voulu, en commençant par le commencement situé aux alentours de 1850 pour l'assainissement, à la fin du siècle précédent pour les deux autres systèmes socio-techniques (métro, monde industriel taylorisé), suivre de près la formation des modes de régulation, comportant normes et pratiques de gestion, dispositifs techniques, structures organisationnelles, et une géométrie d'acteurs.
- Nos lectures croisées de ces trois systèmes formant un champ empirique de variété intense (*), plus elles interrogeaient les matériaux qui s'accumulaient, plus elles révélaient l'existence d'un réseau de ressemblances, voire d'identités jusqu'ici inaperçues, en nous confortant dans notre conviction qu'un travail simultané sur les trois terrains, guidé par une perspective théorique et une grille d'interprétation unique, serait aussi possible que productif. Une fois cette décision prise, la place et le rôle de chaque système dans la construction de cette thèse ont obéi à une logique de division du travail, logique basée sur l'"état de l'art" relatif à chaque système. Là où des travaux antérieurs avaient déjà suffisamment sillonné le terrain, notre intervention a consisté principalement à dessiner de nouvelles cartes des paysages déjà explorés selon une perspective qui se veut nouvelle. Ainsi,

des flux informationnels dans les réseaux urbains, LATTES-ENPC, rapport interne, septembre 1988.

Sur la variété du champ empirique en tant que moyen de contrôle des propositions et hypothèses théoriques, nous nous expliquons longuement dans le chapitre II de la partie I de la thèse, où nous exposons le concept central de ce travail, celui de *mode de régulation*.

pour ce qui concerne l'industrie et, dans une moindre mesure, le métro, nous nous sommes appuyés en grande partie sur une "matière première" déjà repérée et utilisée par la littérature existante. Nous espérons toutefois que notre contribution — qui n'hésite pas à se situer à contre courant par rapport à des lectures déjà établies (et dominantes) — ajoute une plus-value à l'intelligibilité des phénomènes en question, soit en captant des dimensions oubliées, soit en établissant des connexions nouvelles. En revanche, là où la littérature existante reste plutôt et parfois complètement muette, notre travail ne se contente pas de puiser à des sources de documentation établies, mais il va également à la rencontre de son terrain empirique. C'est le cas de l'assainissement, domaine peu étudié jusqu'alors¹). La partition des rôles

Qui plus est, le peu de travaux consacrés à l'assainissement partagent un trait commun. L'assainissement fonctionne comme une voie d'entrée dans des champs d'intérêt plus vastes, comme une illustration d'une thématique englobante. Ainsi, des spécialistes de l'histoire de pratiques urbanistiques, de l'intervention de l'Etat et de ses rapports avec les autres acteurs de la ville (propriétaires, classes populaires, hygiénistes, municipalités...), des historiens des mentalités, à travers l'assainissement, interrogent les rapports "imaginaires" que les sociétés historiques entretiennent avec le sale, le corps..., tissent les rapports entre les acteurs de la ville, établissent des généalogies de la politique étatique. Cela étant, ils tournent autour de l'objet technique. Avant sa concrétisation, ils sondent les projets, les représentations, les alliances. Après sa concrétisation, ils scrutent ses effets. Mais entre les deux moments, il persiste un vide. La technique, les pratiques de régulation, telles des boîtes noires, ne sont pas étudiées dans la dynamique de leur élaboration. (Cette remarque portant sur la rareté des travaux visant à saisir, en détail et de manière concrète, les formes techniques et organisationnelles du système "assainissement", dans le mouvement de leur production, est également valable pour les deux autres terrains de cette thèse : le métro et l'industrie taylorisée). Notre travail s'adonne explicitement à ouvrir de telles boîtes noires. Etant donné la divergence délibérément assumée entre nos intérêts et ceux de la littérature existante, nous nous contentons de donner ici une petite liste représentative des travaux qui traitent des questions relatives au domaine de l'assainissement. Corbin A., *Le miasme et la jonquille*, Paris, Aubier-Montaigne, 1982 ; Cebron de Lisle P., *L'eau à Paris au XIXème siècle*, Paris, AGHTM, 1991 ; Mauguen P.Y., *Innovation et réseaux d'assainissement (1870-1885), communautés d'ingénieurs et d'hygiénistes pastoriens face à l'émergence de la microbiologie*, mémoire de DEA, CNAM, 1988 ; Reid D., *Paris Sewers and sewermen : Realities and Representations*, Cambridge (Mass), Harvard University Press, 1991 ; Claude V., *Strasbourg, 1850-1914. Assainissement et politiques urbaines*, Thèse de 3^e m^e cycle, Paris, EHESS, mai 1985.; Goubert J.P., "L'eau : la crise et le remède (1840-1900)", *Annales E.S.C.*, n° 5, september-october 1989, pp. 1075-1089 ; Tarr A.J., "The separate vs combined sewer problem. A case study in Urban Technology Design Choise", *Journal of Urban History*, vol. 5, n° 3, mai 1979, pp. 308-334 ; Schultz S.K.,

et la place de chaque système dans l'édifice de la thèse se dessine ainsi comme suit. C'est l'industrie, le domaine le plus étudié, qui participe le plus activement à la construction de notre cadre d'analyse. Métro et assainissement sont présents au long de cette phase de manière plus discrète, contrôlent les positions théoriques, soutiennent une généralisation de la démarche. Une fois que le cadre théorique de notre entreprise est suffisamment stabilisé dans ses articulations essentielles, c'est l'assainissement qui va occuper le devant de la scène afin d'assurer une double fonction. Celle de la "finition" (voire la rectification) de la "théorie" et celle de sa mise en œuvre détaillée. Cette place privilégiée que l'assainissement occupe dans ce travail, s'explique par deux raisons. La première, déjà évoquée, est celle de l'absence quasi totale des travaux portant sur les pratiques de régulation en matière d'assainissement, absence qui nous a permis de mener des enquêtes originales sur l'histoire de ces pratiques. L'autre raison est liée à la situation présente. En effet, les rapports noués entre notre laboratoire d'appartenance et le service d'assainissement de la Seine-Saint-Denis, à la quête des nouvelles pratiques de gestion adaptées au contexte actuel, nous offrait l'occasion d'intégrer dans notre travail des éléments relevant du présent immédiat, voire du futur proche. En tirant profit de cette collaboration, nous avons essayé d'esquisser de l'intérieur, les lignes de force qui nous paraissent majeures dans les évolutions en cours.

Bref, le sujet de cette thèse consiste principalement à raconter et à expliquer le cycle de vie d'un complexe de pratiques en matière d'assainissement ainsi que sa substitution par un autre complexe. Principalement, car l'appareillage conceptuel mis en œuvre en vue de rendre compte de l'histoire de *ces* pratiques, se développe et s'expose à partir et au travers de deux autres historiques, nettement moins circonstanciés, concernant les pratiques de régulation développées au sein du

Constructing Urban Culture : American Cities and City Planning : 1800-1920, Philadelphia, Temple University Press, 1989 ; Poujol Th., *Le développement de l'assainissement par dépression : un réseau urbain retrouvé*, thèse de Doctorat, ENPC, 1990. Signalons néanmoins le travail de Dupuy G. et al. , *Choix techniques et Assainissement urbain en France de 1800 à 1977*, Institut d'Urbanisme de Paris, Université Paris-Val-de-Marne, janvier 1979, qui constitue une exception, puisque on y trouve une présentation commentée de la "formule Caquot", utilisée massivement en France après 1949 dans le dimensionnement des réseaux d'assainissement.

métropolitain parisien et du monde industriel. Il en résulte que le présent travail veut être à la fois plus et moins qu'une monographie sur un système socio-technique, en l'occurrence le réseau d'assainissement. Beaucoup moins d'abord : une telle monographie aurait dû se donner pour tâche de déployer sous les yeux du lecteur les multiples ramifications des pratiques bien localisées dans l'espace-temps. Telle ville, tel régime pluviométrique, telle formule de conception, tel procédé de construction... Il ne semble ni possible ni nécessaire d'entreprendre un récit circonstancié des pratiques locales dans le domaine de l'assainissement. Le mouvement que nous proposons de dépeindre, en effet loin d'être replié sur lui, est au contraire attaché à notre présent. Il s'agit plutôt, en pratiquant une lecture de l'histoire "à rebours", lecture guidée par un cadre théorique explicite et orientée par un diagnostic de la situation présente, de rendre perceptible le chemin qui conduit le système à sa forme et sa régulation actuelles. Plus qu'une monographie ce travail l'est aussi, puisque nous avons voulu, ici, suggérer un mode d'investigation appliqué à d'autres systèmes, qui soit à la fois historique et relié à notre situation présente et qui implique des rapports explicites entre théorie et matériaux empiriques. Ainsi, la validité et l'opérationnalité des schémas théoriques et des propositions méthodologiques apportés par ce travail à travers trois cas sont, nous l'espérons, d'une portée plus générale, en s'avérant capables d'être mobilisés dans l'étude d'autres *systèmes socio-techniques*, à savoir des *systèmes composés d'éléments techniques (physiques) et organisationnels, formellement organisés sur la base de règles et de rôles, de normes et de contrôles, de programmes et de positions plus ou moins standardisées, en vue de réaliser des objectifs prédéfinis* (C¹).

Avertissement. Pouvoir définir de manière suffisamment précise un programme de recherche avant de l'avoir à moitié accompli, est une difficulté courante. Il sera beaucoup question de régulation dans la thèse. Au fur et à mesure que l'on avance dans la lecture, nous espérons que le flou des expressions, telles que "régulation des systèmes", "pratiques de régulation", "mode de régulation", auxquelles nous avons déjà recouru afin de présenter notre travail, va se dissiper peu à peu et le sujet de la thèse sera cerné avec la précision souhaitable. Ici, juste deux mots afin d'éviter des malentendus dus à la sémantique du mot "régulation" — i.e., régulation : assurer le fonctionnement correct, maintenir en équilibre, rendre régulier. En parlant de pratiques de régulation, nous ne nous référons pas uniquement aux pratiques visant à ramener le système à la trajectoire normale après une perturbation. De manière générale, nous désignons par cette expression, les pratiques développées dans le but d'assurer une finalité du système (règles d'action, création d'objets

SECTION 2. TOUR BIBLIOGRAPHIQUE

Cette section prépare l'exposé des grandes options méthodologiques, lesquelles donnent à notre travail son orientation générale (section 3). Après avoir discuté un certain nombre de positions avancées par des auteurs dont l'œuvre exemplifie des problématiques susceptibles d'être mobilisées dans l'étude de systèmes socio-techniques, nous procéderons à un bilan de ces travaux à la lumière de notre propre questionnement.

Les problématiques susceptibles d'être enrôlées au service d'une analyse des systèmes socio-techniques peuvent être groupées dans deux catégories (voir la définition du système socio-technique que nous venons de donner). Dans la première, figurent celles qui focalisent leur attention sur la technique, dans la seconde celles qui privilégient l'aspect "organisation".

1. Approches qui focalisent leur attention sur la technique

1.1. Approche "essentialiste" (archétype Heidegger)

"(...) l'essence de la technique n'est absolument rien de technique. Aussi ne percevrons-nous jamais notre rapporta l'essence de la technique, aussi longtemps que nous nous bornerons à nous représenter la technique et à la pratiquer, à nous en accommoder ou à la fuir" Q-). Cette phrase peut être considérée comme l'annonce programmatique d'une tradition de recherche qui s'applique à sonder la signification et la place de la technique dans le monde actuel. On connaît la thèse centrale de Heidegger sur la technique, exprimée pour la première fois en termes explicites dans "L'époque des «conceptions du monde»" (2) : l'homme moderne — de par son appartenance à une époque où il est devenu sujet, adoptant à l'égard

techniques, procédures de contrôle, ...). Notre intérêt porte donc, à la fois, à la construction d'une "trajectoire normale" et à sa gestion.

M. Heidegger, "La question de la technique", in *Essais et conférences*, Paris, Gallimard, 1958, p. 9 (édition originale 1953).

In *Chemins qui ne mènent nulle part*, Paris, Gallimard, 1962 (ce texte est la transcription d'une conférence prononcée le 9 juin 1938).

du monde de l'étant une posture d'objectivation et d'appropriation — est provoqué à provoquer (*) "l'étant" à des emplois toujours nouveaux et intensifs en vue d'accomplir ses propres fins, à réduire le réel au statut de "l'équipement", à l'envisager comme fonds exploitable dans une imposition générale du calcul et de la planification. Dans cette optique, la technique se présente comme la manifestation par excellence de l'essence des temps modernes, en empreignant sa logique dans pratiquement tous les phénomènes de notre civilisation — de la science à l'organisation des loisirs, en passant par le travail industriel et l'Etat bureaucratique. Sans nier l'acuité ⁽²⁾ de ce regard novateur qui a dévoilé quelques *conditions générales de possibilité* de l'activité technique en tant que telle — par exemple, l'opération à double face, d'une objectivation du monde accompagnée de l'apparition d'une subjectivité qui cherche à accroître sa puissance au moyen du calcul — nous croyons que cette approche pêche par l'excès de son "essentialisme". Réalisée au nom de concepts forts ⁽³⁾ visant l'essence des choses, elle finit rapidement par subsumer hâtivement une réalité multiforme sous quelques formules stéréotypées, en se montrant impuissante aux exigences d'une description et d'évaluation différenciées ⁽⁴⁾.

"est provoqué à provoquer" : par cette expression, nous voulons insister sur le fait que pour Heidegger les rapports de l'homme au monde — le phénomène technique en étant une manifestation particulière — ne relèvent pas de la décision d'un sujet souverain. Déterminés par l'être lui-même, ils ne peuvent pas être transformés par un simple changement d'attitude de la part de l'homme.

Inutile de préciser que notre attitude critique à l'égard des positions avancées par Heidegger sur la question précise de la technique ne diminue en rien la fascination et l'influence que sa pensée a pu exercer sur notre propre réflexion. Les multiples références à son oeuvre tout au long de cette thèse témoignent par ailleurs de nos dettes.

En voici un exemple. *"Arraisonnement (Ge-stell) : ainsi appelons-nous le rassemblant de cette interpellation (Stellen) qui requiert l'homme, c'est-à-dire qui le pro-voque (sic) à dévoiler le réel comme fonds dans le mode du «commettre»"*, Heidegger M, *La question de la technique*, op.cit., p. 27.

Ainsi Heidegger a pu produire la phrase suivante : *"L'agriculture est maintenant une industrie alimentaire motorisée, quant à son essence la même chose que la fabrication de cadavres dans les chambres à gaz et les camps d'extermination, la même chose que le blocus et la réduction de pays à la famine, la même chose que la fabrication de bombes à hydrogène"* (citée par Lacoue-Labarthe P. dans son livre *La fiction du politique*, Paris, Christian Bourgeois Editeur, 1987, p. 58). Décidément, tous les objets techniques sont noirs dans la nuit des essences.

Si nous avons mis l'accent sur cet auteur, c'est parce que son attitude convaincue de devoir et de pouvoir unifier en profondeur la multiplicité des phénomènes de surface, par la postulation de l'existence d'un état de choses extrêmement général qui leur serait commun (= l'essence) mais dissimulé sous la diversité des apparences, a été reprise dans une perspective qui se voulait plus analytique et socio-historique. Selon cette perspective, les catégories philosophiques et la périodisation de l'histoire de l'Être façonnées par Heidegger sont abandonnées au profit des vocabulaires et des découpages chronologiques empruntés aux sciences humaines. Ainsi, l'histoire de l'Être devient succession de "modes de production", la subjectivité moderne, indifférenciée chez Heidegger, se scinde en consciences antagonistes des groupes sociaux (¹)... La technique porte en elle des intérêts cristallisés des rapports de forces, véhicule le contrôle et la domination de l'homme sur l'homme. Encore une fois, ce type d'analyse, dans la mesure où elle reste subordonnée à un cadre théorique totalisant qui saisit l'"état des choses" indépendamment des recherches empiriques régionales, cumule les inconvénients évoqués précédemment (caractère extrêmement général de l'analyse) et une négligence des faits qui n'entrent pas dans les "schémas préconstruits".

Cet exercice qui vise à mettre à nu l'essence de la technique dans ses traits invariants, soit "positivement" à l'aide de définitions (²), soit "négativement" en s'appuyant sur un jeu d'oppositions (technique/science (³), technique/culture...),

Pour un exemple d'une appropriation productive du travail philosophique accompli par Heidegger, dans une perspective sociologique, voir Marcuse H., *L'homme unidimensionnel*, Paris, Minuit, 1968 (édition originale 1964). Pour une réfutation d'un certain nombre des positions avancées par Marcuse, on peut se reporter à Habermas J., *La technique et la science comme idéologie*, Paris, Gallimard, 1973 (édition originale 1968).

Voir Beaune S.C., *La technologie introuvable*, Paris, Vrin, 1980, pp. 253-263; Salomon J.J., *Le destin technologique*, Paris, Balland, 1992, pp. 66-82 ; Guillaume J. et al., "Les commencements de la technologie", *Thaïes*, vol. 12, PUF, 1968, pp. 1-72.

Sur l'opposition science/technique, il y a une littérature considérable de nature historiographique (voir rapidement Staudenmaier S.I., *Technology's Storytellers*, MIT, 1985, Chapitre 3). Elle est appréhendée à l'aide d'autres oppositions, telles que curiosité désintéressée/désir de résoudre des problèmes pratiques (Hewlett G., "Beginnings of development in nuclear technology", in *Technology and Culture*, vol. 17, n° 3, 1976, pp. 465-478), pensée abstraite/pensée concrète (Layton E., "Mirror-image twins : The communities of science and technology in 19th century", in *Technology and Culture*, vol. 12, n° 4, pp. 562-580)... Il en résulte une situation plutôt confuse.

soit par l'intermédiaire de ses effets présumés sur la nature et la société, semble à divers signes avoir parcouru tout l'arc de ses possibilités ⁽¹⁾. Loin de proposer des outils nous permettant d'appréhender les *objets techniques dans leur "mode d'être" et fonctionnement différenciés*, les discours globalisants sur la technique risquent d'être trop dépendants de leur aura culturelle, en oscillant incessamment entre une dénonciation teintée de pessimisme ⁽²⁾ et une exaltation aux couleurs optimistes ⁽³⁾, sans oublier l'air souvent fredonné de la neutralité de la technique, ni bonne ni méchante mais prise dans des luttes et des jeux de pouvoir ⁽⁴⁾.

1.2. Approches centrées sur le procès de production

Ces approches, caractérisées par une sensibilité commune à l'égard des processus techniques, peuvent être groupées dans deux grandes catégories se distinguant de

A chaque exemple historique censé illustrer l'opposition présumée, vient d'en être ajouté un autre qui le contredit, dans une course de réfutations mutuelles. Le tableau n'a rien de surprenant. Nous croyons que toute démarche historique qui, imitant un geste philosophique fort connu, essaie de capter la nature intrinsèque des choses (essence de la technique, essence de la science) à l'aide de catégories immuables et invariables d'un contexte à l'autre, ne peut guère franchir l'étape de quelques généralités, évidemment peu opérationnelles pour les besoins d'une analyse concrète. Pour notre part, nous préférons le vieil adage "analyse concrète de la situation concrète" (Lénine), prônant des recherches socio-historiques concrètes qui se dispensent de découvrir la *vraie* définition de la technique, de la science ou de quoi que ce soit. Nous recourons à des définitions explicites lorsque les expressions employées ne sont pas d'usage fréquent dans le langage ordinaire. Sinon, nous faisons confiance à la sensibilité de ce dernier. Cela étant, certains termes "techniques" étaient parfois trop commodes pour que nous puissions nous en passer.

Rapp F., dans son livre de synthèse *Analytical Philosophy of Technology*, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland, 1981, reconnaît explicitement la nécessité pour la philosophie de la technique de nouer des contacts avec les recherches socio-historiques.

Ellul J., *Le système Technicien*, Paris, Calman-Levy, 1977.

Richta R., *La civilisation au carrefour*, Paris, Seuil, 1974 (éd. or. 1967).

Puisque nous parlons d'informatisation dans la thèse, voici l'exemple d'un traitement philosophique : "*Elle (= l'informatisation) peut devenir l'instrument "rêvé" de contrôle et de régulation du système du marché, étendu jusqu'au savoir lui-même et exclusivement régi par le principe de performativité. Elle comporte alors inévitablement la terreur. Elle peut aussi servir les groupes de discussion sur les métaprescriptifs en leur donnant les informations dont ils manquent le plus souvent pour décider en connaissance de cause*". Lyotard J.F., *La condition post-moderne*, Paris, Minuit, 1979, p. 107.

par leurs choix différents quant au niveau de l'organisation où s'opère l'analyse. Alors que *la sociologie du travail* thématise les rapports homme/machine, les approches contingentes de l'organisation (au moins une partie d'entre elles) se focalisent sur les rapports *procès de production/organisation*.

Une grande partie des travaux appartenant à la tradition de recherche communément appelée Sociologie du travail (ou Sociologie Industrielle) ⁽¹⁾ peut être considérée comme une somme de réponses parfois opposées à la question : *qu'en est-il des rapports de la technique et du travail ?*

La stratégie de recherche qui semble se dégager est la suivante : on a d'un côté le *système technique* avec ses propriétés intrinsèques et de l'autre côté *le travail* disposant de son propre espace d'attributs. Dans un deuxième temps, on met en rapport ces deux mondes séparés dans le but d'identifier des configurations plausibles ou même nécessaires (plausibles dans le cas où les visées de l'analyse sont uniquement descriptives ; nécessaires quand l'analyse est orientée par une conception téléologique de l'histoire, et/ou cède à un déterminisme technologique rigide). Quelques exemples célèbres donneront à notre position des contours plus précis. Ainsi pour G. Friedmann, le machinisme industriel (système technique) entraîne un *"éclatement progressif des anciens métiers unitaires"* et a comme corollaire *"la dégradation de l'habileté professionnelle"* ⁽²⁾ ; en même temps le perfectionnement des machines suscite des *"nouveaux métiers qualifiés"* (régleurs, réparateurs, outilleurs) ⁽³⁾. Naville quant à lui, dans ses travaux de pionnier, reconnaît dans l'automatisation une exigence de coopération ainsi que le développement des nouvelles activités de commande, de surveillance et de contrôle réalisées grâce à la lecture et l'interprétation de signes provenant du système technique ⁽⁴⁾. L'extension du contenu de la notion de "travail" qui désigne maintenant également les attitudes des ouvriers devant le système technique, leurs

¹ Voir rapidement les ouvrages de synthèse "Sociologie du travail a vingt ans", numéro spécial de la *Sociologie du Travail*, 1/80 ; Mottez B., *La Sociologie industrielle*, Paris, PUF, 1971 ; Friedmann G., Naville P., *Traité de sociologie du travail*, Paris, Armand Colin, Tome 1, 1970 ; Tome 2, 1972 ; Rolle P., *Travail et salariat. Bilan de la sociologie du travail*, Grenoble, PUG, 1988.

² *Où va le travail humain ?*, Paris, Gallimard, (3ème édition), 1963, p. 350 (1ère éd. 1950).

³ *Ibid*, p. 355.

⁴ Naville P., *Vers l'automatisme social ?*, Paris, Gallimard, 1963.

formes de conscience ⁽¹⁾, ne marque pas un déplacement de problématique. Les correspondances sont postulées entre les différentes phases de l'évolution technique et la conscience ouvrière.

Les années soixante-dix sont caractérisées par un changement de vocabulaire et de polarité : alors que dans les analyses précédentes la technique semble être la réalité première induisant nombre de phénomènes, elle devient maintenant réalité dépendante puisque cristallisation des rapports sociaux qui lui préexistent et la modèlent. L'accent est mis sur le pouvoir hiérarchique de la chaîne fordienne, la nouvelle "économie du temps et du contrôle"... La technologie forme un chapitre dans une archéologie du contrôle et de la discipline ⁽²⁾. Au moment où elle dénonce l'emprise du travail mort sur le travail vivant, la sociologie découvre l'existence de "pores" dans cet édifice dominé par la technique : des zones d'autonomie, des gestes de réappropriation du travail, des qualifications tacites sont mises au clair grâce à l'adoption d'une démarche d'"observation participante" ⁽³⁾.

Avec les approches contingentes de l'organisation, on change d'échelle. Tandis que la sociologie du travail franchit rarement les frontières de l'atelier, les approches évoquées par la suite s'intéressent à l'organisation prise dans son ensemble. Leur programme de recherche se résume ainsi : en partant de l'hypothèse d'une congruence nécessaire entre technologie et structure organisationnelle, on cherche à repérer des relations causales entre types de technologie (par exemple : production à l'unité ou en petite quantité ; production de masse ou en grande quantité ; production continue) et variables organisationnelles (par exemple : nombre de niveaux d'autorité, proportion du personnel de supervision, spécialisation, standardisation...) ⁽⁴⁾. Dans la même veine, d'autres auteurs ont essayé de mettre en rapport des variables contextuelles autres que la technologie avec l'organisation :

Touraine A., *La conscience ouvrière*, Paris, Fayard, 1966.

Edwards R., *Contested Terrain : The transformation of the workplace in the Twentieth Century*, New York, Basic Books, 1979 ; Noble D.F., *Forces of production. A social history of industrial automation*, New York, Alfred A. Knopf, 1984 ; *Division du travail*, Colloque de Dourdan, Paris, Ed. Galilée, 1978 ; Coriat B., *L'atelier et le chronomètre*, Paris, Ch. Bourgeois Ed., 1979.

Voir Bernoux P., *Un travail à soi*, Toulouse, Privât, 1981, qui contient une riche bibliographie.

Woodward J., *Industrial organisation : theory and practice*, London, Oxford University Press, 1970.

citons sur le thème de la taille de l'entreprise, P.M. Blau (*) ; sur le thème de l'analyse multi-critère prenant en compte la combinaison de plusieurs variables contextuelles, le groupe d'Aston ⁽²⁾ privilégie les variables internes tels que la taille de l'organisation, sa dépendance à l'égard des facteurs externes, le degré d'intégration de sa technologie, son type de propriétaire ; enfin, Burns, Stalter, Lawrence, Lorsch, Emery, Trist, accordent quant à eux une priorité aux variables externes propres aux situations de marché ⁽³⁾.

2. Approches qui étudient l'organisation à travers un modèle d'acteur

Alors que les approches dont nous venons de donner un aperçu thématisent d'une manière ou d'une autre le phénomène technique, une autre tradition de recherche aborde le fait organisationnel à travers l'acteur qui habite l'organisation. Nous discuterons maintenant de deux écoles de pensée qui semblent occuper les deux extrêmes du spectre formé par les travaux de cette tradition : *l'école de la prise de décision* et celle de *l'analyse stratégique*.

Les piliers centraux de l'édifice théorique érigé par l'école dite "de la prise de décision", et dont les esquisses sont à rechercher dans le premier ouvrage de Simon intitulé "Administrative Behavior"⁽⁴⁾, sont au nombre de deux : *le principe de la rationalité limitée* ⁽⁵⁾ selon lequel les acteurs en situation de choix "*sont limités dans leurs connaissances et dans leurs aptitudes à apprendre et à résoudre les problèmes*"

Blau P.M., Schoenher P.A., *The structure of organisations*, New York, Basic Books, 1971.

Pugh D.S. et al., "An Empirical Taxonomy of Structures of Work Organisations", *Administrative Science Quarterly*, n° 14 (1), septembre 1969, pp. 115-126.

Burns T., Stalker G.M., *The management of innovation*, London, Tavistock, 1961 ; Lawrence P.R., Lorsch J.W., *Adapter les structures de l'entreprise. Intégration et différenciation*, Paris, Editions d'Organisation, 1973 ; Emery F.E., Trist E.L., "La trame causale de l'environnement des organisations", in Palmade G., *L'économique et les sciences humaines*, Paris, Dunod, Tome 2, 1967, pp. 287-301.

Simon H.A., *Administrative Behavior*, New York, MacMillan, 1961.

Pour un aperçu sur le concept, se reporter au recueil d'articles : Simon H.A., *Models of bounded rationality : behavioral economics and business organisation*, Cambridge (Mass.), The MIT Press, 1982.

(!)• Cette conception de la rationalité donne lieu à la formulation du *principe de satisfaction* censé représenter plus fidèlement le processus réel de prises de décision au sein d'une organisation : *"la plupart des prises de décision humaines individuelles ou organisationnelles se rapportent à la découverte et à la sélection de choix satisfaisants ; ce n'est que dans des cas exceptionnels qu'elle se rapporte à la découverte et à la sélection de choix optimaux"* ⁽²⁾. Comment le choix des états satisfaisants s'opère-t-il ? Ici, intervient une autre notion façonnée par cette école, celle de "schéma d'exécution", c'est-à-dire *"un ensemble hautement complexe et organisé de réponses"* ⁽³⁾ évoqué à la réception d'un stimulus, une méthode de résolution ordonnée suivant laquelle une action doit être conduite pour parvenir à un certain résultat. Ce répertoire de schémas, qui se différencient entre eux selon la latitude discrétionnaire des personnes chargées de les exécuter, constitue la mémoire de l'organisation, et permet à cette dernière d'affronter des situations nouvelles grâce à une recombinaison de schémas existants.

On peut remarquer que l'école de la prise de décision s'intéresse à l'acteur pour le neutraliser aussitôt, puisque *"la connaissance des schémas d'une organisation peut permettre de prévoir dans les détails le comportement des membres de celle-ci"* ⁽⁴⁾. C'est exactement cette réduction de l'acteur au "schéma d'exécution" que conteste Crozier avec sa théorie de l'acteur stratège. En développant la thèse selon laquelle le pouvoir se loge dans les zones d'incertitude, en l'identifiant à la maîtrise de l'incertain et de l'imprévisible, l'auteur se livre à des descriptions d'espaces stratégiques dans lesquels chaque acteur, seul maître d'une zone qui reste opaque pour les autres membres de l'organisation, se meut, déploie ses projets, forme des alliances... En se situant aux antipodes de la démarche de *l'école de prise de décision* centrée sur les règles impersonnelles et à force de vouloir démontrer l'existence d'une liberté, si minime soit-elle, Crozier finit par ne s'intéresser qu'à des stratégies à la marge : la stratégie contre le schéma, l'acteur contre le système. *"D'un point de vue méthodologique et de stratégie de recherche, les écarts, les*

¹ March J.G., Simon H.A., *Les organisations*, Paris, Dunod, 1979, p. 134 (édition originale 1958).

² *Ibid*, p. 136.

³ *Ibid*, p. 139.

⁴ Cyert R.M., March J.G., *Processus de décision dans l'entreprise*, Paris, Dunod, 1970, p. 103.

irrégularités deviennent ici tous importants pour l'analyse sinon plus que les régularités et les modes de comportements dominants" (1).

3. Bilan

Limité à dessein au rappel de titres et de thèmes, notre survol est à coup sûr trop rapide. Mais, rappelons-le encore une fois, il n'était pas dans notre propos de rendre compte pour elle-même de cette somme de travaux qui abordent, selon des méthodologies et sous des perspectives différentes, des thèmes et des questions qui figureront dans notre travail ; c'est plutôt, de façon plus modeste, de mesurer comment cette constellation des travaux se rencontre avec nos préoccupations.

Le bilan nous semble sans équivoque. Au-delà des différences multiples, les travaux précités convergent dans certaines de leurs options fondamentales. Ainsi, en ce qui concerne les différentes approches qui se réfèrent explicitement à la technique, une observation de portée générale s'impose : la technique, toujours *là*, déjà *construite*, entre dans les analyses en tant que variable entretenant avec des variables de nature non technique des rapports d'implication. Tantôt terme premier, tantôt variable dépendante, produit et manifestation de l'époque qui la recèle, la technique est appréhendée surtout sous l'angle des effets engendrés et rarement saisie dans le mouvement de sa *production*. Qui dit production dit également *acteur*, porteur de rationalités spécifiques et impliqué activement dans des processus de création. Le caractère plutôt statique des analyses mentionnées (même dans le cas où elles proposent des périodisations, l'histoire qu'elles restituent ressemble à une suite d'équilibres) fait souvent l'impasse sur les acteurs, évacués de la scène au profit de considérations d'inspiration fonctionnaliste et structuraliste. De leur côté, les démarches centrées sur l'acteur habitant l'organisation semblent se développer sans la moindre prise en considération de la dynamique technique. En se focalisant sur les stratégies qui se déploient dans une organisation dépouillée de tout substrat technique, les théories précitées opèrent à leur tour une autre sorte de nivellement

quant à la rationalité des acteurs ; cette dernière est soit assimilée au seul calcul stratégique, soit épuisée dans des typologies générales (*).

Technique, acteurs, rationalités multiples, rapports hiérarchiques. Au lieu de faire entrer dans des relations de causalité et de dépendance des réalités préconstruites (telle technique, telle organisation, tel espace d'acteurs...), nous avons voulu appréhender dans un seul mouvement la formation des savoirs techniques, le mode de fonctionnement spécifique des objets techniques, la structuration de l'espace des acteurs concernés, et, enfin, les morphologies organisationnelles, autant de fragments qui renvoient à une totalité composée d'éléments solidaires. Nous avons voulu appréhender ce mouvement de constitution d'une unité structurale, mais aussi celui de sa mise en cause, identifier enfin dans le cas de l'assainissement quelques éléments de la nouvelle totalité naissante. Histoire qui ne peut manquer d'être bariolée et polyphonique, puisqu'elle vise à fondre dans un dispositif unique des concepts, des objets techniques, des organisations, des rapports entre acteurs.

Comment s'y prendre ?

SECTION 3. METHODOLOGIE GENERALE ET PORTEE DE LA THESE

1. Choix méthodologiques

Une fois le programme de recherche délimité, quelle méthodologie ? Compte tenu du fait que notre analyse concerne une période étendue, les outils concrets mis en œuvre seront par définition hétérogènes (songeons par exemple aux problèmes relatifs à l'acquisition des données ; nous ne procédons pas de la même manière selon qu'on aborde le passé ou le présent). Sur des choix ponctuels, nous nous expliquerons au fur et à mesure que nous avancerons dans l'analyse. Ici, nous aimerions exposer les grandes options méthodologiques qui donnent au travail son orientation générale et lui confèrent sa tonalité d'ensemble.

Pour une typologie poussée (rationalité contextuelle, du jeu, de processus, d'adaptation, rationalité sélective, a posteriori), voir March J.G., "Bounded rationality, ambiguity, and the engineering of choice", *The Bell Journal of Economics*, vol. 9, n° 2, automne 1978, pp. 587-608.

Rappelons tout d'abord que notre curiosité historique est alimentée et orientée par un premier diagnostic de la situation présente. Ce diagnostic — présence de mutations technico-organisationnelles qui semblent en rupture avec des modèles hérités du passé — nous incite à une analyse rétrospective afin de mieux cerner l'originalité, les continuités et les discontinuités du contexte actuel. Dans la mesure où notre regard sur le passé est conditionné par la situation présente de manière explicite, l'analyse historique se veut traitement d'un problème spécifié — la constitution d'un complexe de pratiques de régulation — et non d'un continuum spatio-temporel (par exemple, l'histoire de l'assainissement en France durant le 19^{ème} siècle). D'où une ouverture sur plusieurs pays qui ont participé par ajouts successifs à la création de ce complexe de pratiques (1). D'où également un itinéraire contrôlé dans les archives, puisqu'il part de la question préalable pour rassembler la documentation correspondante (2), en offrant ainsi à la recherche historique un cadre de taille raisonnable. Une fois ces précisions données, passons à la méthodologie.

Notre approche combine deux stratégies descriptives qui correspondent en gros à celle du participant virtuel et à celle de l'observateur se mettant à distance. La première étudie le phénomène en question à l'aide d'un vocabulaire qui se rattache au langage des acteurs rencontrés dans le domaine d'objet analysé ; elle s'inscrit dans la lignée d'une pensée qui se nourrit de l'herméneutique et de la phénoménologie. La seconde soumet l'objet à une description indépendante du langage des acteurs impliqués ; elle relève de la démarche systémique (3). Venons

Cette remarque vaut pour l'assainissement. Pour ce qui concerne l'industrie et le métropolitain, les pays qui attirent notre attention de manière privilégiée sont les Etats-Unis et la France respectivement.

Pour ce type de questions, voir Noirel G. "Pour une approche subjectiviste du social", *Annales ESC*, novembre-décembre 1989, pp. 1435-1459 ; Furet F., *L'atelier de l'histoire*, Paris, Flammarion, 1982 ; et surtout Veyne P., *L'inventaire des différences*, Paris, Seuil, 1976 et *Comment on écrit l'histoire*, Paris, Seuil, collection Points, 1979.

Pour une présentation exemplaire de ces deux stratégies et de leur combinaison, voir Habermas J., *Théorie de l'agir communicationnel*, Tomes 1 et 2, Paris, Fayard, 1987 ; également Habermas J., "Médias de communication et espaces publics", *Réseaux* (autour de Habermas), n° 34, mars 1989, pp. 81-96 ; Quéré L., "Communication sociale : les effets d'un changement de paradigme", *Ibid*, pp. 21-48. Sur l'analyse systémique, Luhmann N., "Le droit comme système social", *Droit et Société*, n° 11-12, 1989, pp. 53-66 ; Luhmann N., *Amour comme passion : de la codification de l'intimité*, Paris, Aubier, 1990 ;

maintenant à la manière dont nous nous approprions ce double héritage et à l'usage que nous en faisons.

En essayant de dégager le dénominateur commun d'un certain nombre de travaux, nous avons cru entrevoir une propension à niveler les rationalités spécifiques portées par des catégories d'acteurs distinctes. Or, parler des savoirs en matière de systèmes socio-techniques, c'est immédiatement faire entrer en scène une figure de la modernité, celle *de l'ingénieur*. Un certain fonctionnalisme instaurant hâtivement une chaîne d'équivalences au bout de laquelle on trouve l'activité de l'ingénieur assimilée à ses effets ou à ses intentions cachées 0), plus une "timidité" à pénétrer dans les contenus des savoirs techniques, font qu'aujourd'hui on dispose de peu d'ouvrages qui essaient de suivre l'activité de l'ingénieur dans la positivité de son déploiement (2). Bref, si la "*conscience technocratique est "moins idéologique" que toutes les idéologies antérieures*" (3), car productrice de savoir-faire, si "*elle n'a pas*

Luhmann N., "Remarques préliminaires en vue d'une théorie des systèmes sociaux", *Critique*, octobre 1981, pp. 995-1014.

Ainsi une certaine approche du taylorisme (voir Annexe I).

L'analyse classique de Merton sur la science anglaise au XVII^e siècle ("Science, Technology and Society in 17th Century England", 1938 pour la 1^{ère} édition) s'appuyait sur le postulat suivant : les influences externes (économiques, religieuses...) contribuent à fixer les problèmes qui se posent à la science. Or, une fois choisi le problème, la recherche de la solution suit un mouvement autonome, indépendant de ces facteurs. Cette dichotomie (facteurs externes/solutions autonomes) a contribué à négliger l'étude des savoirs proprement dits, les sociologues s'intéressant plutôt aux corporations, aux stratégies de légitimation, aux rapports de l'ingénieur avec d'autres groupes... Evidemment, dans les analyses historiques étudiant les corporations des Ingénieurs (voir les classiques : Layton E., *The Revolt of the Engineers. Social Responsibility and the American Engineering Profession*, Cleveland, 1971; Sinclair B., *A centennial History of the American Society of Mechanical Engineers 1880-1980*, Toronto, 1980 ; Noble D.F., *America by design*, Oxford, 1979 ; Shinn T., *Savoir scientifique et Pouvoir social. L'école Polytechnique, 1794-1914*, Paris, PFNSP, 1980 ; *Les Ingénieurs*, n° spécial de la Culture technique, n° 12, mars 1984.), on trouve des bribes d'analyses portant sur les savoir-faire. (Ainsi Layton met en évidence les liens entre une conception atomistique de la réalité et la doctrine taylorienne). Les analyses néanmoins restent très globales. La situation est en train de changer. Voir Picon A., *L'invention de l'Ingénieur moderne. L'Ecole des Ponts et Chaussées 1747-1851*, Paris, Presses de l'ENPC, 1992, qui offre également une riche bibliographie ; Picon A. et Chatzis K., "La formation des ingénieurs français au siècle dernier : débats, polémiques et conflits", *L'orientation scolaire et professionnelle*, 21, n° 3, 1992, pp. 227-243.

Habermas J., *La technique et la science comme idéologie*, op.cit., p. 55.

la puissance opaque d'un aveuglement" (1), elle doit être explicitée et comprise au moment où elle agit. Comment ? C'est ici qu'intervient la première stratégie de description, chargée de reproduire l'horizon historiquement constitué et intersubjectivement partagé par les acteurs-ingénieurs, horizon qui offre à ces derniers une provision d'outils, de systèmes de représentation, de critères de rationalités, des valeurs,... et définit par là les conditions d'apparition d'un savoir. Le langage du chercheur est subordonné à celui de l'acteur ; quand il suit les formations du savoir, sa continuité et son déplacement, il ne fait pas appel à un langage externe au phénomène étudié (en soutenant par exemple qu'un savoir se substitue à un autre parce qu'il lui est supérieur selon certains grands principes, rationnels, an-historiques, ou parce qu'il est plus "vrai" ou "efficace"). Son rôle se borne à une thématization-explicitation des éléments qui constituent l'horizon des acteurs ainsi qu'à une analyse visant à les rassembler et à les ordonner de manière systématique.

Ce point de vue internaliste ne permet à lui seul d'accéder qu'à une description partielle du phénomène en question. Car s'y tenir revient à s'interdire de développer des connexions, de nature logique ou causale, reliant les savoirs de l'acteur-ingénieur et d'autres éléments participant du phénomène étudié (par exemple les rapports entre un certain type de savoir et une certaine organisation du service du réseau d'assainissement ou celle de l'usine). En effet, il serait illusoire de croire qu'un acteur accède à une intelligibilité complète de ses pratiques et de son environnement à partir de son point de vue interne. Une part de ce à quoi il contribue en agissant excède le champ de perception et de compréhension qui est le sien en tant qu'acteur (2). Pour rendre compte de cette réalité qui transcende le monde vécu de l'acteur, le chercheur opte pour la perspective de l'observateur en introduisant des éléments de distanciation et en adoptant une attitude plus "active", puisqu'il fabrique lui-même son langage de description. Il peut proposer des descriptions au moyen de catégories qui n'auraient pas été parlantes pour l'acteur ; de telles descriptions présupposent parfois des notions qui ne sont accessibles qu'à

¹ *Ibid.*

*• Une preuve de ce décalage entre les intentions d'un acteur et les résultats non anticipés de ses actes nous est fournie par la littérature des "effets pervers" ou "effets émergents". Voir par exemple Boudon R., *Effets pervers et ordre social*, Paris, PUF, 1977.

des époques ultérieures (*)• Ainsi, en ce qui concerne l'analyse du mouvement taylorien, nous n'hésitons pas à mobiliser des vocables appartenant à la théorie des jeux (voir p. 38). De même, nous pratiquerons ce type de description dans l'étude du fonctionnement et de l'évolution de la composante technique (= le réseau d'égouts) de notre système "assainissement". Ainsi, tandis que le "*dialogue des intentions et des structures techniques*"⁽²⁾ sera présenté du point de vue de l'acteur, son résultat sera abordé à l'aide de la *notion d'information* et du *langage de graphes* (voir pp. 269 et 316). Egalement, nous essayons de manière systématique d'établir des connexions entre différents types de savoir, modes de fonctionnement, des objets techniques et configurations d'espace d'acteurs impliqués dans la régulation. Enfin, nous nous efforçons de mettre en lumière les raisons pour lesquelles les capacités de régulation de certaines pratiques sont soumises à des épreuves, suite à des évolutions concernant à la fois le système lui-même et son environnement.

2. Portée et limites

Nous avons présenté les objectifs et la méthodologie de notre travail. Passons maintenant à ses limites délibérément assumées. Nous sommes partis dans ce travail d'une constatation (hypothèse) portant sur la crise de trois modes de régulation dont le fonctionnement reposait sur l'existence d'un espace de normes particulièrement présentes dans les pratiques de gestion. En parcourant les étapes qui ont conduit à l'édification de ces modes, nous avons rencontré un acteur qui a retenu notre attention : *l'ingénieur*⁽³⁾, acteur qui se trouve associé plus qu'activement au processus de production des normes. Or, une fois les normes établies, cet acteur se retire relativement de la scène de régulation, pour céder sa

Danto A.C., *Analytical Philosophy of History*, Cambridge, 1965.

Cité par Maunoury J.L., "La genèse des innovations. La création technique dans l'activité de la firme", in Gilles B. (sous la direction de), *Histoire des techniques*, Paris, La Pléiade, 1978, p. 39.

Expliquer l'"entrée en force" sur la scène sociale de cette figure de la modernité qui est l'ingénieur ainsi que le pouvoir d'action dont il est investi depuis le XIXème siècle, sort évidemment du cadre de cette thèse. Nous renvoyons donc à la bibliographie existante : voir les ouvrages cités dans le note 2, page 20, auxquels on peut ajouter pour une période plus récente les deux ouvrages suivants : Thoening J.C., *L'ère des technocrates ; le cas des Ponts et Chaussées*, Paris Harmattan 1987 (1ère éd. 1973) ; Boltanski L., *Les cadres : la formation d'un groupe social*, Paris, Minuit, 1982.

place à d'autres acteurs, chargés d'exécuter les pratiques stabilisées. Comment étudier ces acteurs habitant l'organisation (service gestionnaire, usine...) ? Pour ce faire, nous avons procédé à l'identification suivante : *logique de l'acteur = logique de la norme instituante*. Autrement dit, dans notre analyse de l'action au sein de l'organisation, le fait individuel se réduit à l'actualisation de la norme. Evidemment, nous n'ignorons pas que des recherches pratiquant "l'observation participante" ont montré que les domaines d'action formellement organisés sont "*des milieux transactionnels dans lesquels de nombreux accords sont constamment instaurés, renouvelés, revus, annulés, révisés*" (¹). Il n'en reste pas moins que le cadre formel sert effectivement de point de référence pour les transaction concrètes et qu'il garde, dans un premier temps, la primauté méthodologique. Comment peut-on définir l'irrégulier et se proposer d'en faire la théorie sans s'être donné au préalable le régulier ?

Le raisonnement qui sous-tend l'assimilation de l'acteur à la norme est également à l'œuvre dans notre décision d'aborder la division du travail à l'intérieur de l'organisation à travers l'étude du découpage fonctionnel et des rapports entre les fonctions, tels qu'ils sont formalisés le plus souvent par l'organigramme. Evidemment l'organisation ne se réduit pas à son organigramme. Il n'en reste pas moins que ce dernier structure effectivement les actions et les interactions au sein des organisations.

Une étude portant sur une période aussi étendue devait se résoudre à faire des choix et des restrictions. Ainsi, la décision de garder la fonction comme unité d'analyse de l'organisation a des motivations pragmatiques, compte tenu de l'ampleur du champ empirique de notre étude (trois systèmes socio-techniques étudiés sur la longue durée). De même, l'ensemble des questions autour des politiques financières et des dispositions juridiques n'a été abordé que dans les limites du nécessaire.

Bittner E., cité par Me Carthy, "Complexité et démocratie. Les séductions de la théorie des systèmes", *Réseaux*, op.cit., p. 56. Voir aussi les positions de Crozier déjà commentées.

SECTION 4. PLAN GENERAL DE LA THESE

La thèse comporte quatre grandes parties. Elle s'achève sur une conclusion générale qui, sans reprendre les conclusions partielles issues des analyses développées dans chaque partie, essaie de formuler quelques enseignements généraux qu'on pourrait tirer de cette étude. De manière plus précise, la carte de la thèse se dessine comme suit.

Partie I

Cette partie s'organise autour de deux grands chapitres, le premier à dominante descriptive, le deuxième étant de vocation théorique. Le premier chapitre comporte deux historiques qui retracent les pratiques de régulation développées par les ingénieurs dans le monde industriel (taylorisme 1880-1980) et le métropolitain de Paris (1900-1990).

A l'aide d'une périodisation comportant trois phases, nous étudions successivement la constitution des pratiques de régulation, le fonctionnement routinier du système une fois les pratiques stabilisées, enfin leur entrée en crise. Ces lectures parallèles des trajectoires de deux systèmes révèlent des connivences quant aux logiques de régulation à l'œuvre ; connivences qui reflètent la présence d'un projet de rationalisation unique mené par l'Ingénieur. Guidé par une volonté qui cherche la visibilité et l'objectivation maximale, qui essaie de bâtir un système clos sur lui-même qui, une fois mis en œuvre, assure par son propre mouvement sa régulation, l'Ingénieur va chercher l'efficacité de la régulation dans la norme, dans des pratiques codifiées et définies dans leur détail ; ces dernières étant objectivées très souvent dans des dispositifs techniques et cristallisées dans des architectures fonctionnelles marquées par des cloisonnements forts et pauvres en communication. Il en résulte une régulation pensée et projetée sur un mode homéostatique, dans la mesure où le fonctionnement du système après la production de la norme se résume au respect du programme préétabli et à la résorption des écarts entre la réalité et la norme.

Le deuxième chapitre est caractérisé par des visées théoriques. En s'appuyant sur les matériaux recueillis et exposés dans le premier chapitre, nous essayons de donner un fondement théorique à l'explication du mouvement — émergence,

formation, stabilisation, crise — des pratiques de régulation qui se développent au sein d'un système socio-technique. Le concept de *mode de régulation* est l'issue de ces efforts. Désignant un réseau de pratiques mis en œuvre par des acteurs, porteurs de rôles, se mouvant à l'intérieur d'espaces hiérarchisés, le mode de régulation est un concept en trois étages, chacun correspondant à un moment dans la vie d'une pratique (genèse, régime routinier, crise).

Première phase

C'est la phase de l'élaboration du mode de régulation. Des besoins émanant de l'espace social, reconnus comme tels, sont accueillis par des acteurs chargés de mettre en œuvre des solutions appropriées. C'est la communauté des ingénieurs qui constitue l'acteur principal dans le cas de nos deux systèmes (*). Son activité sera étudiée de près à travers l'étude des discours et des solutions projetées par ses membres. Le concept de "référentiel" comportant systèmes de représentation (idéal analytique, pensée deductive versus pensée inductive...), formes codifiées de connaissance (statistiques...) et valeurs (idéal d'automaticité...), et visant à reproduire l'horizon historique dans lequel les ingénieurs interagissent, sera proposé comme outil herméneutique capable de rendre intelligibles les pratiques observées.

Deuxième phase

C'est la phase de la codification/institutionnalisation du mode de régulation. Le référentiel se retire derrière les pratiques normalisées et codifiées. D'une communauté (celle des ingénieurs) traversée par la communication, structurée par la confrontation argumentée, on passe à une communauté dominée par la routine et la répétition. C'est l'époque des manuels, des solutions-types, des pratiques qui s'imposent par la force de leur évidence. Les pratiques se trouvent distribuées à l'intérieur de morphologies organisationnelles, dont les parties sont prises dans des rapports hiérarchiques et communiquent entre elles via des canaux spécifiques et selon des procédures déterminées.

Troisième phase

Celle de la crise du mode de régulation. Le système socio-technique sous l'impulsion des pratiques normalisées et reproduites tout au long de sa deuxième

Il en va de même pour l'assainissement.

phase, évolue, s'auto-transforme. Le contexte qui l'enveloppe également. La rencontre de ces deux trajectoires opère des brisures, révèle des incompatibilités, qui poussent les acteurs du système à modifier les pratiques de régulation, à refondre les morphologies organisationnelles. Le débat recommence.

Ce deuxième chapitre s'achève sur une discussion portant sur le statut "ontologique" du mode de régulation. Concept (outil d'analyse de la réalité) ou trajectoire réelle d'un système socio-technique ? Notre position sera intermédiaire. Outil d'analyse, certes, le *mode de régulation* peut être considéré également comme une généralisation raisonnable des trajectoires effectives.

Partie II

Cette partie se veut une illustration détaillée de la constitution d'un mode de régulation dans le domaine de l'assainissement. Après avoir exposé rapidement le contexte de naissance des pratiques de régulation (1850-1920), le premier chapitre est consacré à un historique des pratiques de conception (dimensionnement) d'un réseau d'assainissement. A travers une série d'analyses portant sur l'évolution des concepts impliqués (pluie, coefficient d'imperméabilisation, débit de dimensionnement), nous retraçons les solutions successives données par les ingénieurs durant une période de 70 ans environ, avant que la "méthode rationnelle" en tant que technique de conception ne domine la scène (depuis ~ 1920), en évinçant les pratiques alternatives. En scrutant de près les formules usitées, nous essayons de reconstruire le référentiel qui les guide ainsi que l'évolution de ce dernier. D'une démarche qui se fie entièrement à l'observation directe, organise les données à l'aide de la moyenne, généralise par induction et perçoit les phénomènes (pluie-débit) comme juxtaposés sans que vienne en question leur entrecroisement temporel, on passe à un savoir qui fonctionne sur un mode nouveau. Réorganisation conceptuelle du champ avec l'apparition de la notion de temps de concentration, substitution de l'induction par une démarche deductive s'appuyant sur une raison analytique qui décrypte les éléments de base dont l'articulation restitue le phénomène d'évacuation. D'une multitude de formules empiriques qui "collent" à la réalité grâce à un jeu des coefficients-fonctions des observations, on arrive à une formule unique de validité "universelle", capable de déduire des causes

(la pluie) l'effet (le débit de dimensionnement recherché) sans avoir besoin de se référer à des observations liant les deux grandeurs.

Après avoir étudié les techniques de conception des réseaux dans leur succession chronologique, en mettant en relief les déplacements du référentiel qui les soutient, nous consacrons une section entière à la question de l'historicité des pratiques. Continuité ou rupture ? Quels sont les mécanismes qui accomplissent le passage des formules empiriques à la méthode rationnelle ? En s'appuyant sur des analyses s'inspirant de la philosophie pragmatiste, nous essayons de montrer que l'évolution des pratiques, moins qu'un processus linéaire d'accumulation, est beaucoup plus qu'un jeu incontrôlé de différences.

Des techniques de conception on passe aux objets techniques. Nous suivons l'évolution des objets constitutifs du réseau (collecteurs, régulateurs, déversoirs d'orage). A l'aide de la notion d'information nous étudions leur rôle dans le fonctionnement de l'ensemble, en insistant sur la présence des tensions structurelles, inscrites dans le fonctionnement de l'objet réseau 0.

Des objets techniques, enfin, on passe aux acteurs. Après avoir présenté les techniques de conception et décrit le mode de fonctionnement des objets techniques, nous mettons en relief l'espace d'action à l'intérieur duquel se meuvent les trois grands acteurs du mode de régulation : l'Ingénieur, le service gestionnaire, l'utilisateur. Sous la lumière des propriétés de la formule de conception (méthode rationnelle) et de celles de l'objet technique (réseau), nous établissons des hiérarchies entre les acteurs (l'Ingénieur "prime le service", l'utilisateur est inexistant), et nous discutons également certains traits organisationnels du service (cloisonnements forts, peu de communication, activités orientées vers les objets physiques (entretien du réseau), marqués par la répétition et la périodicité).

Le recours à la notion d'information obéit à deux motifs. Tout d'abord, l'information en tant que catégorie analytique bénéficie déjà d'un travail important d'élaboration dans le cadre de la théorie moderne du contrôle automatique (automatic control). Par ailleurs, compte tenu du fait que notre investigation sur les réseaux d'assainissement concerne également la période de l'informatisation de la gestion, le recours à cette catégorie pour établir une périodisation structurée de notre objet technique paraît naturel ; grâce à la typologie des formes de l'information (notamment information analogique/ information numérique), nous pouvons mesurer l'écart qui sépare l'avant et l'après de l'informatisation.

La conclusion de cette partie résume, sous la forme d'un tableau, les traits généraux du mode de régulation ainsi constitué.

Partie III

Cette partie est consacrée au suivi de la trajectoire du mode de régulation, dont la constitution a été étudiée dans la partie précédente. Après avoir mis en évidence l'auto-transformation du système induite par l'application mécanique des routines (deuxième phase du mode de régulation) et relaté les mutations tant "sociales" (montée d'une logique patrimoniale, aspiration en matière du cadre de vie, difficultés financières) que techniques (nouvelles technologies d'information, technologies alternatives qui mettent en cause le principe d'évacuation immédiate, dominant jusqu'alors), nous essayons d'étudier le processus selon lequel ces mutations affectent les différents éléments du mode de régulation en place en lui adressant des appels d'évolution. Nous montrons que l'informatisation représente un seuil qualitatif dans l'évolution de l'objet technique en atténuant les tensions originelles inscrites dans son fonctionnement (voir Partie II). Elle se trouve également (avec les technologies alternatives) à l'origine d'une restructuration des rapports entre les acteurs du mode de régulation. A travers l'analyse d'un service opérationnel, celui de la Seine-Saint-Denis, nous dessinons le nouvel espace d'action. Revalorisation du rôle du service dans la régulation qui ne se contente pas d'exécuter passivement des normes émanant de l'Etat central, dynamique d'intégration en son sein qui met en cause les cloisonnements existants, passage d'une gestion des objets à une gestion des événements, du temps périodique au temps réel..., autant d'évolutions qui marquent le contexte actuel. De leur côté, les technologies alternatives font apparaître sur la scène de régulation des nouveaux acteurs (communes pour ce qui concerne les processus d'urbanisation, aménageurs-constructeurs...). La "revisibilisation" de l'eau (bassin en eau, zones inondables) modifie enfin la notion de risque lié aux inondations et pose sur de nouveaux frais les rapports service-usager.

La conclusion de la partie III, mettant face à face ancien et nouveau, essaie de dessiner les lignes de force d'un nouveau mode de régulation qui semble en train d'émerger.

Partie IV

Cette partie se veut une suite "opérationnelle" de la partie précédente. Après avoir montré que l'ancien mode de régulation est entré dans une phase de remise en cause de son dispositif de références, nous présentons ici les premiers résultats d'une réflexion que nous avons entamée avec le service de la Seine-Saint-Denis sur la définition des nouveaux outils de gestion, en phase avec les évolutions actuelles. A partir d'un diagnostic selon lequel la norme (= pratiques standardisées et normalisées) ne peut plus fonctionner comme la ressource unique à laquelle le service doit recourir pour subvenir à ses besoins de régulation, nous exposons la méthodologie et les premiers résultats d'un projet qui consiste à développer un certain nombre d'indicateurs de "performance" et de "fonctionnement", destinés à fonctionner comme support de dialogue entre les différents acteurs (service, élus, usagers) d'une part, comme outil qui va assister les acteurs du service dans leur activité quotidienne d'autre part. Conçu dans sa phase actuelle comme un test de faisabilité, l'intérêt et l'opérationnalité du projet ont été approuvés par le service.

Dans les conclusions de cette partie, nous essayons enfin de tirer les leçons de cette première tentative en dressant difficultés et ouvertures.

Conclusion générale

Dans cette conclusion, nous avons voulu exprimer quelques réflexions générales qui s'inspirent des analyses contenues dans la thèse. Sans reprendre les conclusions partielles auxquelles nous sommes parvenus durant ce travail, nous avons préféré ici poser et discuter, ne serait ce que brièvement, la possibilité d'un dialogue, au sein des systèmes socio-techniques, entre la norme prescrite et des programmes d'action issus d'un débat argumenté et mené par tous les acteurs concernés.

SECTION 5. SOURCES ET CHOIX DE PRESENTATION

Le présent travail aborde l'évolution des pratiques de régulation de trois systèmes socio-techniques sur la longue durée. Comme nous l'avons déjà indiqué, la place et le rôle de chaque système dans la construction de la thèse ont obéi à une logique de division du travail, logique basée sur l'"état de l'art" relatif à chaque système. Il est évident que la recherche des matériaux empiriques relatifs à chaque système est dépendante de cet "état de l'art". Ainsi, pour ce qui concerne l'industrie, le domaine de loin le plus étudié, nous nous sommes appuyés en grande partie sur une "matière première" déjà repérée par la littérature historiographique existante. Nos sources principales sont les textes des protagonistes du mouvement taylorien (1890-1930), ainsi qu'une série de manuels de gestion datant des époques différentes qui nous ont permis de restituer une généalogie d'un certain nombre d'outils de gestion dans le domaine de l'industrie. Pour ce qui concerne le métropolitain, nous nous sommes appuyés sur les fonds documentaires de la RATP située rue de Bercy. Outre une lecture systématique des ouvrages techniques écrits par les ingénieurs des compagnies exploitantes, nous avons consulté également les publications et les revues internes à la RATP (*Bulletin de Documentation et d'Information (1945-)* *RATP.Etudes Projets (1983-)*) ainsi qu'un certain nombre des revues qui ont fréquemment accueilli des articles consacrés au métropolitain (*Génie Civil (1880-)*, *Revue générale de l'Electricité (1917-)*, *Revue générale de chemins de Fer (1924-)*). Pour l'assainissement, domaine où la littérature existante est quasiment absente, nos sources principales étaient de trois natures. Pour la période qui s'étale jusqu'à 1930, outre une série de traités et manuels écrits par les ingénieurs de l'époque que nous avons consultés, nous nous sommes appuyés principalement sur le dépouillement systématique d'un certain nombre de revues : *Annales des Ponts et chaussées (1831 -)*, *Transactions of the American Society of Civils Engineers (1867-)*, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers (1837-)*, *Enginneering News (1890-)*. Pour la période actuelle, nous avons procédé également à une recherche de terrain (Documentation interne service de la Seine-Saint-Denis, entretiens avec des ingénieurs du service).

Pour ne pas surcharger la bibliographie à la fin de la thèse, nous avons choisi d'y faire figurer uniquement les références contenues dans le corps du texte. De même, le choix de ces références a obéi à une logique de sélection. Loin de chercher l'exhaustivité, nous avons essayé de produire un échantillon représentatif qui peut

fonctionner comme une entrée dans l'étude de différents thèmes abordés dans le cadre de la thèse. Enfin, une remarque sur les notes. Pour éviter dans la mesure du possible d'interrompre la fluidité du texte principal, nous avons choisi de renvoyer dans les notes en bas de page un certain nombre de preuves, d'arguments, de précisions soutenant, clarifiant ou développant les affirmations avancées dans le texte principal, choix qui explique la longueur de certaines notes. Dans le même but, nous avons également essayé d'éviter de reprendre des choses dites ailleurs, en préférant renvoyer à la bibliographie spécialisée. Des digressions longues sur les travaux d'autres auteurs ont été écartées, surtout lorsque nous n'avons pas d'objections sérieuses à dresser à l'égard de leurs dits (nous sommes un peu plus longs dans le cas des différends). De ce que nous venons de dire, il est évident que l'influence que ces auteurs ont exercée sur notre travail est bien plus grande que ne le laisse supposer leur sous-représentation (quantitative) dans les notes.

Notons enfin que les traductions des citations tirées d'ouvrages ou d'articles étrangers ont été réalisées par l'auteur.

Partie I

Des exemples au concept

INTRODUCTION

Cette partie est composée de deux chapitres, hétérogènes quant à leurs contenus mais complémentaires quant à leurs fonctions. Le premier, descriptif dans ses visées, est également formé de deux grandes sections : l'une consacrée au monde industriel, l'autre au métropolitain parisien. Nous suivons ici le cycle de vie d'un complexe de pratiques de régulation développées au sein de chaque système. Selon une périodisation qui coupe l'horizon temporel de l'analyse en trois phases, celle de la naissance-formation, celle du fonctionnement routinier, enfin celle de l'entrée en crise des pratiques, nous essayons d'articuler pratiques et acteurs, objets et organisations en une unité cohérente qui, sous la pression de tensions tant internes qu'externes, semble être entrée dans la figure de son achèvement. Comme notre historique concerne des durées longues (d'un siècle environ), nous avons dû nous résoudre à laisser dans l'ombre une foule de détails, en prenant garde toutefois de ne manquer aucune des articulations essentielles de cette unité en mouvement. Une fois les deux historiques achevés, un paragraphe récapitulatif accueille les conclusions d'ordre général que l'on peut tirer de nos deux lectures parallèles. Au-delà des spécificités qui marquent les deux systèmes, nous croyons entrevoir que les pratiques de régulation développées en leur sein sont liées par un réseau de ressemblances et d'identités fondamentales que nous essayons de mettre en scène.

Le passage du premier au second chapitre correspond à un changement de registre. Après nous être livrés à un travail de description, il est question d'offrir à la chair historique de notre récit, son squelette théorique. En nous appuyant sur les matériaux recueillis et exposés dans le premier chapitre, nous essayons de donner un fondement théorique à l'explication du mouvement — émergence, formation et transformation — des pratiques de régulation qui se développent au sein d'un système socio-technique. Pour ce faire, nous procéderons en deux temps. Dans un premier temps, en pratiquant le genre du commentaire, nous accompagnerons les analyses consacrées par Canguilhem à la notion de *régulation*. Ces analyses, classiques et exemplaires, seront interrogées sous l'angle de nos propres préoccupations liées à l'étude des systèmes socio-techniques ainsi qu'à la lumière des deux historiques présentés auparavant. La restitution du contexte dans lequel la notion de régulation est née et a commencé à servir, le décèlement des implications qui sont inscrites dans son emploi, devraient nous permettre d'opérer les

déplacements nécessaires pour l'adapter à notre propre objet d'analyse. Le concept de *mode de régulation* est l'issue de ces déplacements successifs. Le reste du chapitre est alors confronté à la tâche d'élaboration de ce concept. Pièce centrale de notre édifice théorique, le mode de régulation ouvre l'accès à un complexe de deux thèmes imbriqués.

- En premier lieu, la question de l'historicité des pratiques de régulation : leur genèse et leur transformation seront abordées à l'aide du concept de *référentiel* qui intègre des formes constituées de connaissance (outillage intellectuel tel que les statistiques, théories disponibles...) et des représentations relatives à la nature, à la connaissance..., moins systématiques que les formes constituées mais non moins prégnantes dans les pratiques de régulation ;
- Le deuxième thème est celui de la normalisation des pratiques, de leur insertion dans des morphologies organisationnelles et de leur traduction en rôles tenus par des acteurs spécifiés.

Nous l'avons compris, le mode de régulation désigne cette mise en réseau de notions opérationnelles, de pratiques, d'institutions et de rôles..., tous agencés en une unité structurale.

Où puisons-nous les éléments nécessaires à la constitution de notre arsenal conceptuel ? Force est de constater que nous n'avons pas ici affaire à un corpus déjà formé qui se serait développé de façon cumulative. Il n'en demeure pas moins que nombre de thèmes qui nous préoccupent ici sont abordés à l'intérieur de disciplines telles que *l'historiographie, la sociologie des sciences* ⁽¹⁾ et *les théories des organisations*, disciplines qui constituent les sources majeures de notre inspiration. Des pièces pour une tentative de synthèse sont là ; il n'en reste pas moins vrai que nous chercherons à éviter les pièges d'un syncrétisme purement rhétorique et inadapté à notre objet d'analyse. Bref, cette partie basée sur l'appropriation critique d'un héritage conceptuel provenant de plusieurs horizons, doit nous doter d'une série de catégories d'analyse, adéquates à la réalité des

Sur le dialogue de plus en plus intense entre l'historiographie et la sociologie des sciences, disciplines autrefois distinctes, voir l'article très bien documenté de Golinski J., "The Theory of Practice and the Practice of Theory : Sociological Approches in the History of Science", *ISIS*, vol. 81, n° 308, septembre 1990, pp. 492-505.

systèmes socio-techniques et définissant les règles d'exploration de leur espace de régulation.

Ce chapitre théorique s'achève sur une discussion sur le statut du mode de régulation. S'agit-il d'un concept dont l'usage est purement méthodologique ? Constitue-t-il uniquement un cadre formel et un guide de lecture systématique susceptibles d'être appliqués à l'étude des pratiques de régulation développées au sein d'autres systèmes socio-techniques, sans autoriser aucune conclusion empirique, ni prédiction quant à leur trajectoire réelle ? Ou, au contraire, le mode de régulation est-il quelque chose de plus qu'un outil analytique, par sa capacité à renseigner sur les évolutions réelles des systèmes socio-techniques concrets ? Devant ces deux conceptions "puristes" du mode de régulation (conception "méthodologique" versus conception "réaliste"), nous épouserons une attitude intermédiaire qui nous permettra de discuter, ne serait-ce que rapidement, un certain nombre de questions concernant la généralisation en sciences sociales — i.e., la possibilité de généraliser des conclusions tirées d'un échantillon "fini" d'études de cas.

CHAPITRE I

La régulation à travers deux exemples sur la longue durée : Taylorisme (1880-1980) et métropolitain (1900-1990)

SECTION 1. LE TAYLORISME (1880-1980)

1. Introduction

Le Taylorisme est un sujet tellement débattu et déjà couvert d'une couche épaisse d'interprétations successives, qu'il est particulièrement difficile d'y porter un regard neuf. "*Nouvel Evangile du Travail*"^(x), projet social visant à régler de manière scientifique (donc définitive) les rapports capital-travail — pour ses promoteurs — , cheval de bataille aux mains du Capital dans sa lutte contre la classe ouvrière — pour ses détracteurs —, le Taylorisme semble aujourd'hui délaissé par tout le monde, après qu'il se soit vu refuser le seul "mérite" que partisans et critiques d'hier lui accordaient bon gré mal gré : une efficacité, ne serait-ce qu'inhumaine. Les yeux rivés sur le Japon, un occident captivé par de nouveaux vocables, tels que "juste-à-temps", "Kanban", "qualité totale", a jugé le Taylorisme responsable de tous les maux qui frappent ses usines, en l'accusant d'une sclérose qui le rend totalement inapte à s'adapter aux nouveaux contextes techniques, économiques et sociaux.

Malgré le nombre des interprétations données (ou peut-être à cause de leur nombre), l'affaire ne semble pas close. Dans ce qui suit, nous traiterons le Taylorisme en tant qu'un complexe de pratiques mis en œuvre par un ensemble d'acteurs qui se meuvent dans un espace hiérarchisé de rôles, complexe qui, après s'être étalé sur une période séculaire (1880-1980), est entré aujourd'hui dans une période de crise profonde. De cette dernière position, on pourrait conclure que nous partageons le constat dressé à l'égard de l'inefficacité actuelle du Taylorisme. C'est vrai, mais sans épouser obligatoirement toutes les analyses qui enveloppent ce constat, analyses qui nous semblent très souvent déficitaires tant sur le plan de l'interprétation du projet Taylorien, de ses visées et de sa structure, de ses traits

Selon l'expression de Bayle F., *Les salaires ouvriers et la richesse nationale*, Paris, Dunod, 1919, p. 5.

diacritiques, que sur celui de sa concrétisation historique. Un examen avec un minimum de probité des textes des différents protagonistes montre (nous essayerons de le faire) que le projet Taylorien n'était pas ce système unitaire de deux ou trois principes que l'on a pris l'habitude de voir en lui. Ce projet, fabriqué par étapes successives, a connu des déplacements, des bifurcations, voire des affrontements entre ses différents porteurs ⁽¹⁾. Qui plus est, une comparaison entre le projet et ses matérialisations sur le terrain, telle qu'un regard sur les pratiques observées au sein des entreprises tayloriennes peut nous les révéler, montre des hiatus, des décalages, des réductions. Nous avons voulu ici, en découpant la période étudiée en phases distinctes — émergence, formation du projet, matérialisation et crise—, proposer une stylisation du taylorisme qui respecte toute la complexité du phénomène et les décalages déjà mentionnés entre les paroles et les réalités.

Etant donné que le taylorisme ne constitue pas l'objet principal de la thèse mais qu'avec le métropolitain il prépare le lecteur à entrer dans la partie théorique de notre entreprise, sa présentation obéit à une logique sélective. De même, nous insistons sur des aspects du phénomène qui ont été ignorés ou très peu abordés jusqu'alors en se gardant, dans la mesure du possible, de répéter des analyses faites ailleurs et auxquelles nous souscrivons ⁽²⁾. Pour ce qui concerne les interprétations (dominantes) qui à notre sens font fausse route, nous avons préféré, pour la clarté de l'exposé, envoyer le lecteur à l'Annexe I de la thèse, où il trouvera nos objections principales, ainsi qu'un certain nombre d'éléments complétant utilement les pièces apportées ici.

2. La naissance

Le Taylorisme n'a jamais pris la forme d'un projet purement intellectuel, pensé dans un isolement théorique, instauré dans la coupure avec le monde de la pratique.

Sur l'affrontement le plus célèbre concernant le caractère objectif des méthodes utilisées en vue d'étudier le travail ouvrier, voir l'article de Nadworny J.M., "Frederick Taylor and Frank Gilbreth : Competition in Scientific Management", *Business History Review*, XXXI, printemps 1957, pp. 23-34.

Zarifian P., *La nouvelle productivité*, Paris, L'Harmattan, 1990 ; Veltz P., "Faut-il parler d'après taylorisme ?", *Revue internationale d'action communautaire*, n° 25/65, Montréal (Québec), 1991, pp. 21-27.

Mouvement qui émerge du fond de l'atelier, restant tout au long de sa constitution au niveau de la vie quotidienne dans ce dernier, le taylorisme est l'œuvre de penseurs-praticiens qui chercheront la légitimité de leurs actions dans une connaissance de première main de la réalité quotidienne de la production. Mais mouvement qui, tout en restant fidèle jusqu'au bout au monde technique de l'atelier et aux problèmes résultant de sa gestion de tous les jours, ne s'en présente pas moins comme un projet social visant à régler de manière scientifique (et donc définitive) le conflit qui oppose travail et capital. Pour comprendre sa naissance, il faut donc reconstituer la scène historique sur laquelle le taylorisme émerge ainsi que l'utopie sociale à laquelle il aspire. Commençons par l'utopie.

Selon nous, le point de départ de Taylor n'est autre que la croyance selon laquelle le monde du travail, avec tous les conflits qui le traversent, s'apparente à ce qu'on pourrait appeler aujourd'hui, en usant du vocabulaire de la théorie des jeux, *un jeu de conviction* ⁽¹⁾, avec les caractéristiques suivantes. Tandis que les possibilités techniques — en l'occurrence, les ressources mises en œuvre par le capital et les savoir-faire ouvriers — d'un gain mutuel pour les deux parties contractantes (patron, ouvrier) sont bien réelles, la présence de ce gain potentiel ne suffit pas, en elle-même, pour instaurer une coopération (par exemple sous forme d'un contrat définissant les règles de répartition de ce gain mutuel). La raison de cette situation sous-optimale pour les deux parties est due au fait qu'outre la croyance sur la possibilité de gains mutuels, interviennent *les anticipations* de chaque partie concernant le comportement de l'autre. Ainsi, si l'une des deux parties éprouve à l'égard de l'autre des craintes ou des soupçons en ce qui concerne son comportement une fois le contrat conclu (i.e., il a peur que l'autre n'enfreigne le contrat), pour se défendre et éviter de "se faire avoir", il va compromettre l'effort de coopération. Or, ce soupçon était bien vivace dans les rapports historiquement noués entre les patrons et les ouvriers. Pour en comprendre la genèse et la persistance, il faut porter notre regard vers l'arrière, sur le système dominant de rémunération qui prévalait dans l'industrie mécanique durant l'ère pré-taylorienne

Pour une présentation très claire de ce jeu, voir l'ouvrage de Phelps E.S., *Economie politique*, Paris, Fayard, 1990, Chapitre 5 intitulé "Les obstacles à une coopération efficiente".

C¹) : le salaire aux pièces ⁽²⁾. Tout en faisant miroiter aux ouvriers la promesse d'une paye plus élevée, ce système, accueilli d'abord favorablement, est devenu rapidement un instrument d'exploitation, suscitant le soupçon et la défection. En effet, stimulés par l'appât du gain, les ouvriers avaient pu augmenter dans un premier temps de manière substantielle leur salaire, en fournissant un nombre de pièces élevé. Les patrons en avaient conclu qu'ils payaient trop cher leur main-d'œuvre et pour réduire leur prix de revient, ils avaient décidé de diminuer le *salaire par pièce*. La "flânerie" s'installe dans l'atelier en réaction à cette pratique des patrons "(...) lorsqu'un ouvrier a vu le prix de la pièce qu'il produit baisser deux ou trois fois, parce qu'il a travaillé plus vite et augmenté son rendement, il est porté à abandonner entièrement le point de vue de son patron et s'obstine dans la résolution de ne plus subir de réduction de tarif, si la flânerie peut l'en préserver" ⁽³⁾. Loin d'être donc attribué à un penchant naturel de l'ouvrier à la paresse, la "flânerie" est pensée comme une *réaction rationnelle* et pleinement justifiée, trouvant ses origines dans les "*systèmes défectueux d'organisation qui sont communément employés et qui forcent pour ainsi dire chaque ouvrier à flâner pour sauvegarder ses intérêts*" ⁽⁴⁾.

Le management scientifique se présente donc comme une tentative de dépasser cet *équilibre sous-optimal* en faveur d'une situation où les potentialités techniques de la coopération, assurant des gains mutuels, se réaliseront pleinement. Rappelons que la coopération est entravée par le soupçon (qui entre-temps peut devenir certitude) que l'autre partie va enfreindre le contrat (i.e., ici, le patron va baisser le tarif de chaque pièce). L'issue de cette situation bloquée se trouve du côté *d'un tiers* qui va faire respecter le contrat par les deux parties ⁽⁵⁾. On le pressent : *ce tiers* n'est autre que la figure de l'ingénieur qui va "(...)enlever, dans la mesure du possible, tous

Voir Landes D., *L'Europe Technicienne*, Paris, Gallimard, 1975 (1^{ère} édition 1969)

Selon ce système, le salaire reçu est fonction du nombre de pièces produites par l'ouvrier sur la base d'un prix unitaire faisant l'objet d'un marchandage entre les ouvriers et le patronat. Ce système de rémunération est à opposer au salaire au temps, selon lequel la rémunération est fonction du temps passé, indépendamment du résultat fourni. Voir Landes D., *L'Europe...*, op.cit.

Taylor F.W., *Principes d'organisation scientifique des usines*, Paris, Dunod, 1927 (édition originale 1911), p. 43.

Ibid., p. 36.

Phelps E.S., *Economie politique*, op.cit.

les éléments d'incertitude et de suspicion pesant sur la loyauté" C¹). en assurant du même coup l'instauration d'un nouvel équilibre avantageux pour les deux parties contractantes. Mais il y a plus encore. Le consommateur y trouvera également son compte, puisque la diminution du prix de revient du produit qui résultera de la coopération, aura comme corollaire l'augmentation de son pouvoir d'achat. Bref le management scientifique "*est ce qui permet de réaliser des bénéfices, bien sûr, mais en tant que conséquence inévitable d'un traitement juste des fournisseurs et des ouvriers et de la volonté de fournir un authentique service au public, incluant la fourniture d'un produit honnête à un prix raisonnable, dans les délais promis" (2)*. Projet plus qu'ambitieux. Mais comment parvenir à extirper la suspicion de l'univers de l'usine ? Alléguer la science pour justifier le bien-fondé du programme proposé, porteur des propriétés bénéfiques pour tous les intéressés, ne suffit pas. "*Qu'on ne croit pourtant pas toutefois que ce grand changement dans la mentalité des ouvriers ni que leur accroissement d'activité puisse s'obtenir par des démonstrations verbales (...)" (3)*. De là, le recours à une "pédagogie" qui s'appuie sur la démonstration pratique, unique stratégie susceptible d'acquérir le consentement durable des ouvriers (4). Pédagogie qui mise sur le temps et l'apprentissage, sur la production et la reconnaissance de résultats palpables. "*(...) leur instruction véritable doit se faire par une série de leçons objectives ; ils doivent se convaincre qu'un grand accroissement de vitesse est possible, en voyant ça et là, parmi eux, un ouvrier augmenter son allure et doubler ou tripler sa production (...)"*

Thompson B.C., *The Taylor system of scientific management*, Easton Hive publishing Company, 1974 (1^{ère} édition 1917), p. 143. Thompson, en jugeant le système des rapports entre patrons et ouvriers, déclare que le "*unsatisfactory element is uncertainly as to the fairness of the terms on both sides*", p. 142. En lisant aujourd'hui le texte de Thompson et des autres tayloriens, on a l'impression de plonger dans les analyses d'un théoricien de la nouvelle économie institutionnelle basée sur la théorie des jeux, tellement la problématique ainsi que les termes employés (asymétrie de l'information, incertitude, suspicion...) sont présents dans le discours taylorien. Pour une présentation "en acte" de la nouvelle économie institutionnelle, voir Aoki M., *Economie japonaise : Information, motivations et marchandage*, Paris, Economica, 1991 (édition originale 1988).

Thompson B.C., *The Taylor...*, op.cit., p. 147.

Taylor F.W., *La Direction des Ateliers*, Paris, Dunod, 1930 (édition originale 1911), p. 83.

Et des patrons également, souvent hostiles à l'égard du projet taylorien (voir Annexe I).

0. Le responsable de l'entraînement "*en bien des cas*", (...) *est appelé à démontrer que le travail peut être fait dans le temps indiqué, et cela, en le faisant lui-même devant les ouvriers*" (2). Le temps nécessaire à l'instauration du système doit être long. "*Avant défaire le premier pas vers le changement des méthodes de direction, le directeur doit se convaincre qu'à aucun moment, pendant l'introduction du système, il ne convient de faire de changements radicaux (...). Pendant les premières phases de l'organisation, chaque changement apporté ne doit intéresser qu'un seul ouvrier ; lorsque celui-ci est accoutumé au nouvel ordre de choses, on fera passer les ouvriers, les uns après les autres, de l'ancien système au nouveau ; pour cela, on procédera d'abord lentement puis rapidement à mesure que l'opinion générale de l'atelier évoluera sous l'influence de leçons objectives judicieuses*" (3).

Jusqu'à présent nous avons exposé la volonté qui anime le projet "*Taylorien*" ainsi que la pédagogie voulue dans son application. Passons maintenant au contexte historique dans lequel s'insère le projet et qui crée nombre des problèmes auxquels ce dernier doit faire face. Outre le conflit durablement installé entre patrons et ouvriers, le contexte historique dans lequel le Taylorisme s'enracine est marqué par un mouvement d'accroissement plus que substantiel de la taille et de la complexité des unités de production (4). Augmentation du nombre de machines et des

¹ Taylor F.W., *La Direction des Ateliers*, op.cit., p. 83.

² *Ibid.*, p. 60.

³ *Ibid.*, pp. 84-85.

⁴ Sur ce mouvement on peut consulter trois ouvrages de synthèse qui, en interrogeant les matériaux historiques selon des perspectives différentes, nous livrent un large panorama de cette période. Ainsi le livre de Gordon M. et alii, *Segmented work, divided workers. The historical transformation of labor in the United States*, Cambridge University Press, 1982 (Chapitre 4, § The period of exploration : 1870 to 1890, pp. 113-126) écrit dans le sillage de l'article classique de Marglin S.A. "Origines et fonctions de la parcellisation des tâches", in Gorz A., *Critique de la division du travail*, Paris, Collection Points, 1973, met en avant les "facteurs sociaux" (résistance des ouvriers, besoin du contrôle...) qui ont présidé aux modifications du procès de production avec toutes les retombées sur les questions d'intégration. Les deux autres ouvrages, ceux de Chandler A.D., *The visible hand*, Harvard University Press, 1977, and Nelson D., *Managers and Workers, origins of the New Factory System in the United States, 1880-1920*, The University of Wisconsin Press, 1975, mettent l'accent sur les "facteurs techniques". Le problème de la taille est évoqué explicitement par les Tayloriens. Comme ils le disent eux-mêmes, le projet doit

hommes, spécialisation accrue de tâches, posent des problèmes d'intégration. *"Le problème étant une rupture progressive de l'intégration du flux de travail aux niveaux les plus bas de l'entreprise et une détérioration concordante de la capacité des cadres supérieurs de contrôler le travail au rang inférieur de la hiérarchie de l'entreprise"* ⁽¹⁾.

La littérature professionnelle de cette époque (vers 1870) fourmille de constatations qui, se recoupant, dépeignent le tableau d'une production semblant se déployer sur fond d'opacité à peu près complète. *"Le problème n'est pas de prévoir les besoins, pas non plus de faire démarrer le travail pour les satisfaire, mais de constamment faire des vérifications pour voir qu'aucune consigne n'a été négligée et de régler les contentieux quand il s'agit de savoir si telle ou telle autre commande a ou n'a pas été réellement passée et reçue"* ⁽²⁾.

Le mouvement taylorien va s'attaquer à cette opacité ⁽³⁾, animé par la volonté d'instaurer la visibilité du processus de production. Son intervention a pour but d'installer l'usine dans une transparence fondée sur le regard omniprésent de

"nous rendre capables de gérer un grand atelier aussi intelligemment qu'un atelier de taille réduite" Gantt H.L., "A graphical daily balance in manufacture", in Thompson C.B. (Ed.), *Scientific management*, Harvard University Press, 1914, p. 433.

Litterer J., "Systematic Management : Design for Organizational Recoupling in American Manufacturing Firms", *Business History Review*, XXXVII, hiver, 1963, p. 373.

Metcalfé, cité in Chandler A.D., *The visible hand*, op.cit., p. 273.

Opacité pour la direction bien entendu. Trois raisons produisent des effets qui convergent vers cet état de choses. La première est celle qui rend la "flânerie" possible : le monopole dont l'ouvrier jouit quant à la connaissance du processus technique. La deuxième résulte comme nous l'avons déjà noté du mouvement d'accroissement et de la complexification des unités de production. Ajoutons enfin une troisième raison, bien mise en évidence par les analyses de Nelson, *Managers and Workers*, op.cit. : la pratique de "tâcheron" (*inside contract system*), largement développée au sein des grandes entreprises. Dans le "tâcheron", le capitaliste met à la disposition du tâcheron, qui peut être un ouvrier indépendant ou quelqu'un qui appartient à l'entreprise, le gros outillage et les matières premières. Le tâcheron s'engage sur un prix, une qualité et un délai de fabrication et dispose d'une latitude importante quant à l'organisation de la production (synthèse de l'équipe, distribution des tâches et de rémunérations...). Sur le "tâcheron", voir Pollard S., *The genesis of modern management*, Harvard University Press, 1965, et Mottez B., *Système de salaires et politiques patronales : essai sur l'évolution des pratiques et des idéologies patronales*, Paris, CNRS, 1966.

l'ingénieur. Dès lors, ce dernier va s'interposer entre l'ouvrier et son monde du travail, tant technique que social, afin d'orchestrer gestes et volontés, flux de matières et de pièces, de sorte que son utopie sociale devienne réalité.

3. Les années de formation (1880-1930)

Dans le paragraphe consacré à la naissance du Taylorisme, nous avons exploré le contexte historique dans lequel elle s'est produite, ainsi que le projet dont le Taylorisme était porteur, qui n'était, ni plus ni moins, que l'ambition de mettre fin au conflit séculaire qui marque les rapports entre le capital et le travail. Dans ce projet l'ingénieur tient le rôle du tiers qui, s'interposant entre l'ouvrier et le patron, va résoudre le problème de la sous-optimalité qui frappe les rapports industriels de son origine, imposera la distribution *juste* ⁽¹⁾ des fruits de la coopération sociale et par là, instaurera la paix sociale. Ici, nous proposerons de regarder de près ce travail de médiatisation, les principes qui le guident et les outils mis en œuvre.

1 Il faut insister sur le fait que même dans un domaine aussi dominé par la raison instrumentale et par la recherche de l'efficacité que l'industrie, le concept de justice joue un rôle déterminant dans la structuration des rapports entre les acteurs en situation d'interaction. Evidemment, chaque partie peut avoir des *conceptions* de justice divergentes. Néanmoins, le fait que les contenus des conceptions que les acteurs se font de la justice peuvent être hétérogènes, n'entre pas en contradiction avec le fait que chaque acteur a une conception de justice, ou mieux, doit avoir une conception de justice, objet à défendre à l'aide d'arguments au sein d'un espace public dans le cas de conflit ou de désaccord. Dans notre cas, la conception de justice comporte les principes qui doivent présider à la répartition adéquate des avantages et des charges de la coopération sociale (ici entre les ouvriers et les patrons). Ainsi, le projet Taylorien ne mise pas uniquement sur l'efficacité mais aussi sur sa justice. Et, c'est grâce à leur conjonction qu'il espère assurer sa réussite. Pour l'idée que les évidences normatives, le recours au concept de justice, sont immanents à l'action sociale, voir Rawls, *Théorie de la justice*, Paris, Seuil, 1987, pp. 29-33. Pour une application de cette idée dans l'étude des rapports industriels, voir Cottureau A., "Justice et injustice ordinaire sur les lieux de travail d'après les audiences prud'hommales (1806-1866)", *Le Mouvement Social*, n° 141, octobre-décembre 1987, pp. 25-59.

3.1. D'une organisation militaire à l'organisation fonctionnelle

Nous avons déjà énoncé que la volonté générale, nettement exprimée et consciemment construite, qui donne au projet taylorien sa tonalité générale et son identité spécifique, est celle d'une visibilité totale du processus de production. Problématique qui se concrétisera dans une série d'innovations organisationnelles et instrumentales. Parmi les plus importantes, dans la mesure où elle va imprimer durablement ses traces dans l'histoire de l'industrie moderne, figure l'organisation fonctionnelle. Dans la *Direction des Ateliers*, Taylor propose d'abandonner le "type militaire d'organisation", dominant jusqu'alors, au profit d'une direction dite administrative et caractérisée par les traits suivants. *"La direction administrative consiste à répartir la besogne de direction de telle manière que depuis le directeur-adjoint, en descendant tous les échelons de la hiérarchie, chaque individu ait le minimum possible d'attribution. Dans le système ordinaire ou type-militaire, les ouvriers sont répartis en groupes, ceux d'un même groupe recevant leurs ordres d'un seul homme, chef d'atelier ou chef d'équipe. Cet homme est l'unique agent par lequel les divers services de direction sont en rapport avec les ouvriers. La caractéristique extérieure la plus frappante de la direction administrative réside au contraire, dans le fait que chaque ouvrier, au lieu d'être en contact immédiat avec la direction par un seul point, c'est-à-dire par son chef d'équipe, reçoit directement ses ordres journaliers et son aide de huit chefs différents dont chacun remplit une fonction particulière" ⁽¹⁾* (voir figure 1).

Ces huit chefs sont :

- le préposé aux ordres de travaux : une fois que *"le chemin exact que doit suivre chaque pièce, dans l'atelier, d'une machine à l'autre"* est fixé *"de telle façon que cette pièce soit terminée en temps voulu (...), le préposé aux ordres rédige chaque jour des feuilles instruisant les ouvriers (...) de l'ordre précis dans lequel le travail peut être fait par chaque catégorie de machines et d'ouvriers"* ⁽²⁾ ;
- le rédacteur de fiches d'instructions : sa mission consiste à *"renseigner les agents d'exécution, comme les ouvriers sur tous les détails de leurs tâches"*

¹ Taylor F.W., *La Direction des Ateliers*, op.cit., p. 59.

² *Ibid.*, p. 61.

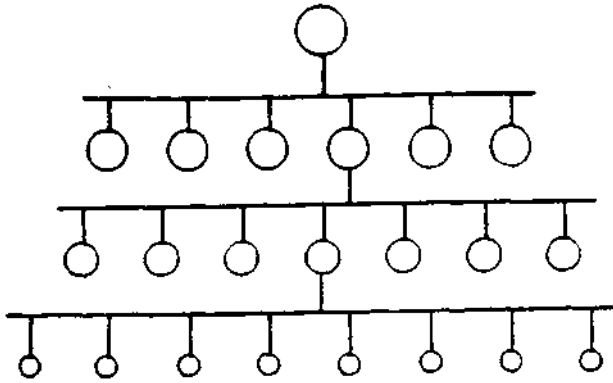


Diagram illustrating the routes of authority under traditional type of management.

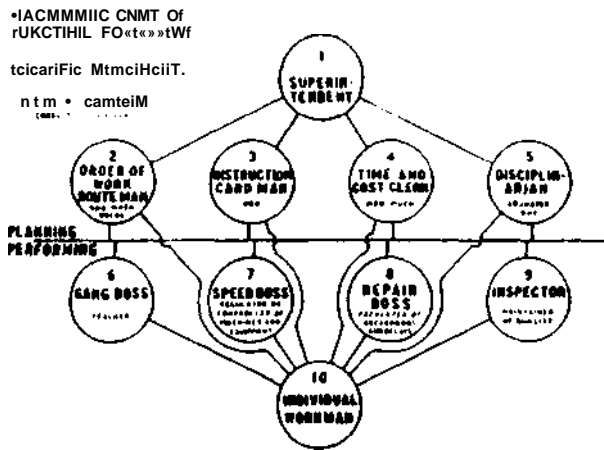


Diagram illustrating the principle of functional or scientific management

Figure 1 : Organisation militaire versus organisation fonctionnelle

Source : Gilbreth F. et L. M., *Applied Motion study*, Easton, Hive Publishing Company, 1973 (1^{ère} édition 1917)

- (!) (le nombre de pièces à produire, les outils à employer, le point où il faut attaquer chaque coupe...) ;
- le comptable du temps et des frais de main-d'œuvre : comme son nom l'indique, ce chef s'occupe de toutes les questions économiques (paiement, prix de revient...) ;
 - le chef de discipline, dont la fonction principale est celle du maintien de l'ordre.

Ces quatre chefs sont localisés au "*Bureau de répartition du travail*", lieu disjoint de l'atelier, situé néanmoins "*aussi près que possible de l'atelier*" (²).

Outre ces quatre chefs qui préparent le travail et distribuent les instructions correspondantes, quatre autres personnes, localisées cette fois-ci au sein de l'atelier et en contact direct avec les ouvriers, complètent la direction administrative. Ainsi un chef de brigade, un chef d'allure, un surveillant responsable de qualité et un chef d'entretien, montrent aux ouvriers comment les instructions doivent être exécutées et veillent à ce que le travail soit fait à la vitesse convenue et selon la qualité requise.

Si nous nous permettons de procéder à d'aussi nombreuses citations, c'est à cause de l'originalité de la proposition. A partir de ce moment, l'usine se dédouble : espace concret, peuplé des gestes en mouvement et des pièces qui circulent, espace couvert par le bruit de machines en marche ; mais aussi espace abstrait, espace de calcul et de diagrammes, où le plan anticipe une réalité toute contenue dans des fiches d'instructions, attendant d'être mis en œuvre de manière précise et sans la moindre équivoque. Dédoublement qui s'est pris aussitôt dans les mailles d'un réseau hiérarchique. L'espace abstrait devient la norme constante de l'espace concret, sa référence obligée. Dédoublement qui réaménage les rôles du médiateur et de l'immédiat, l'importance respective du travail de préparation et du travail d'exécution, en instaurant par là une nouvelle conception de la *productivité*. Dès lors, cette dernière n'est plus (uniquement) l'apanage de l'atelier, elle ne se joue pas dans les gestes et les mouvements concrets de la production. Elle est à rechercher ailleurs, dans ce détour par le travail de préparation, dans ce pari selon lequel les

¹ *Ibid.*

² *Ibid.*, p. 67. Cette remarque prendra sa pleine signification quand nous étudierons la deuxième phase du taylorisme, phase marquée par une coupure entre le monde de l'atelier et le bureau de méthodes (voir pp. 71 et 83).

méthodes détournées conduisent à de meilleurs résultats que les méthodes directes. Elle se loge dans le Bureau de répartition qui se fait à la fois le point de rassemblement de toutes les informations concernant le processus de production et le centre de diffusion d'ordres précis. Changement de polarité qui prend tout son relief si on le resitue dans le contexte historique qui l'enveloppe. Pour mesurer l'ampleur et la signification que cette conception fait subir à l'approche traditionnelle, il suffit de songer au vocabulaire employé jusqu'alors, pour penser les questions relatives à la productivité, vocabulaire organisé autour du couple < *productif, non productif* > ; le premier terme étant réservé uniquement aux activités de transformation de la matière. C'est cette conception de productivité, axée de manière unilatérale sur les activités de transformation de la matière, que le mouvement Taylorien va contester, en insistant sur le fait que ce qui relève selon la conception dominante de l'époque de l'< *improductif* >, peut s'avérer crucial pour l'amélioration de la productivité. Lutte d'une nouvelle conception contre celle léguée par le passé, lutte contre le poids de mots consacrés par la tradition, les hiérarchies et les valeurs qu'ils véhiculent. Refus du partage binaire des activités en productives et improductives, qui passe par une tentative d'appropriation du vocabulaire en usage— appropriation qui est en même temps détournement dans la mesure où elle abolit les hiérarchies à l'œuvre — dans le but de légitimer une conception radicalement nouvelle : *"les présumés services non productifs sont souvent, au moins aussi importants que lesdits services productifs"*⁽¹⁾). Tâche, soulignons-le, hardie, tellement le projet va à rencontre de l'esprit du temps ⁽²⁾.

Thompson C.B., *The Taylor system...*, op.cit., p. 100. Soulignons à cette occasion l'aversion constante et à maintes reprises ouvertement exprimée des Tayloriens à l'égard des financiers *"qui ne sont pas au fait des habitudes du management industriel"* et responsables du fâcheux clivage productif/non productif. Clivage qui souvent se traduit par une mauvaise conception de l'atelier, dépourvu de surface suffisante pour le stockage nécessaire, *"l'erreur la plus répandue en dressant les plans d'un atelier ou même d'une usine, est de ne pas prévoir suffisamment de place pour le stockage et la manutention des matières premières et du travail en cours. Les comptables, avec leur classification en dépenses "productives" et "non productives" ont fourvoyé les dirigeants dans l'idée que chaque espace dénué d'un homme ou d'une machine qui y travaille est "non productif" et, par conséquent, probablement gaspillé"*. Ibid., p. 67.

En effet, pour juger de la radicalité du propos, il suffit de rappeler que les industriels dans leur grande majorité étaient persuadés à l'époque que tous les coûts extérieurs à la fabrication devaient être éliminés et si cela s'avérait impossible, qu'il fallait les traiter comme des pertes (voir Litterer J., "Systematic Management : The Search of Order and Integration", *Business*

Deux conceptions, donc, bien distinctes de la productivité, fondées sur des appréciations diamétralement opposées sur le statut du travail médiat. Un regard sur l'histoire de l'industrie du XX^{ème} siècle semble témoigner de la victoire du projet taylorien. En effet, les huit chefs, de personnes se sont mués en institutions. Le Bureau de méthodes, la fonction d'ordonnancement, celle de l'entretien, bref la division fonctionnelle qui a modelé le visage de l'industrie moderne depuis un siècle, sont en quelque sorte annoncés en la personne du rédacteur de fiches d'instructions, du préposé aux ordres de travaux, du chef de l'entretien. Mais n'anticipons pas sur des évolutions ultérieures. Restons à l'époque où le mouvement cherche encore sa voie, propose, évolue et souvent bifurque.

La direction administrative proposée par Taylor et décrite ci-dessus restera le centre fixe d'un espace mouvant exploré suivant plusieurs directions. Elle cristallise, en outre, pour la première fois cette volonté calculant et anticipant qui accompagnera intimement le projet Taylorien tout au long de sa phase de constitution. Mais les propos tenus par Taylor conservent encore une résonance qualitative. Quelle sera l'armature technique de cette volonté ? Une armature construite par briques successives, dont voici quelques-unes des pièces centrales.

History Review, XXXV, hiver, 1961, pp. 461-476). Assimilé à "the foe in the field", les coûts entraînés par toute sorte de travail médiat (celui-ci étant représenté par excellence par le Bureau de répartition), très souvent ne rencontrent que l'aversion de la part d'un patronat flottant et méfiant. La manière dont le Taylorisme est accueilli en France dans les entreprises Renault est fort significative de cet état d'esprit, dominant parmi les industriels (voir Fridenson, "Un tournant taylorien de la société française", *Annales ESC*, n° 5, septembre-octobre, 1987, pp. 1031-1060). Ainsi, Renault lors de sa visite d'un certain nombre d'usines taylorisées aux Etats-Unis en 1911 ne cesse de s'étonner. "Les bureaux y tiennent une place énorme (...). Cette maison qui n'occupe que 100 ouvriers possède un bureau central de 25 employés" (Fridenson, *op.cit.*, p. 1042). Taylor lui-même dit que "la direction est souvent plus difficile à convaincre que l'ouvrier" (Taylor F.W., *Ce que Taylor dit de sa méthode*, Michelin et C^{ie}, Clermont-Ferrand, 1927, p. 7).

3.2. Le plan et la mise en place d'une grille d'ordre

Le quadrillage de l'espace de l'usine constitue un des apports majeurs du mouvement. Quadrillage guidé par le double souci d'économie et de visibilité. Economie : trouver une distribution efficace des machines et des hommes, tracer des trajectoires optimales des pièces et des gestes. Pas de pas *superflus*, emplacement des machines de sorte que leur organisation spatiale obéisse à une logique d'intensification économique. Série de machines qui, se croisant selon les lignes géométriques recoupant des lignes économiques, doivent traverser l'atelier en minimisant les temps morts et en maximisant les temps utiles. Comment y parvenir ? Une fois de plus, le calcul et le plan. *"En d'autres termes, vous devez, comme disent les statisticiens, pondérer la valeur de chaque machine selon le pourcentage du chiffre d'affaires qui est réalisé grâce à elle"*(¹). Une fois les machines recensées, classées selon leur importance économique, elles seront distribuées sur la surface de l'atelier. Les plus importantes vont constituer la colonne vertébrale de l'atelier, les autres vont envelopper cette ligne centrale. Mais les choses sont plus compliquées. Aux déterminations économiques, s'ajoutent les déterminations dictées par la matérialité de la technique. Parfois l'arrangement, opportun du point de vue économique, s'avère opérationnellement déficient. Ici le plan intervient, *l'expérimentation sur le papier* se substitue aux tentatives *d'essai-erreur* en grandeur nature, empiriques et coûteuses. *"Si vous avez commencé à comprendre qu'une once de planification est préférable à des tonnes d'hypothèses et de transpiration, vous utiliserez un plan grâce auquel vous pourrez d'abord essayer "sur le papier" le nouvel arrangement. Les changements sur papier sont plus faciles et beaucoup moins coûteux à faire (...). La façon la plus commune de procéder est de faire des plans d'atelier précis, mentionnant les fenêtres, les portes, les ascenseurs et autres installations. Ensuite de quoi, vous faites des modèles réduits ou des gabarits de chaque machine ou poste de travail, en n'omettant pas de faire figurer l'espace nécessaire à l'ouvrier (...). Ceux-ci sont découpés et peuvent ensuite être punaisés sur le plan, et ainsi de nombreuses combinaisons peuvent être testées"* (²). Mais les simples plans, un pour chaque étage, présentent le défaut de

Thompson C.B., *The Taylor system...*, op.cit., p. 66.

Ibid., p. 67.

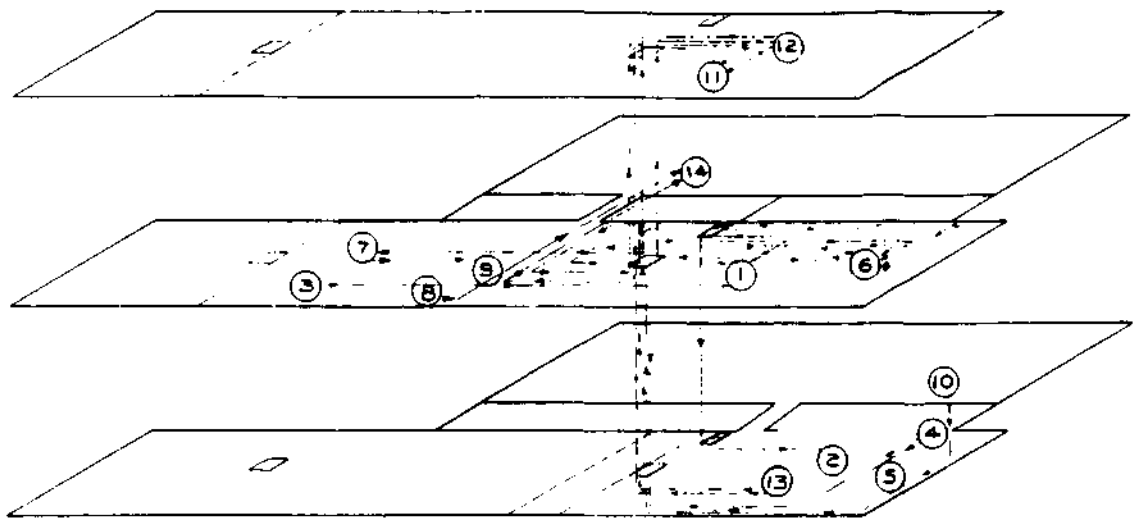
donner une image partielle du processus de production. De là, le besoin éprouvé de développer des plans plus globaux, donnant la possibilité au regard de l'ingénieur d'embrasser la totalité des activités de l'atelier, dans leur moindre détail. Des plans isométriques (isometric), sobres, composés uniquement des nombres et des flèches (figure 2), ou des plans moins abstraits, utilisant les propriétés de la perspective (transparent perspective-figure 3), ou mieux encore, des miniatures de l'usine (road models), mettront la puissance d'un regard omniprésent au service de la planification. Des réalités hétérogènes, éparpillées en morceaux, peuvent se recombinaison désormais librement dans l'espace blanc du papier. Composition qui se fait toujours sous les auspices des principes d'économie et de visibilité. *"L'application du principe général de "l'économie maximale de pas" au positionnement des machines et des bureaux est désormais plus largement admise. Mais cependant il est rarement observé que le même principe peut et devrait s'appliquer à la conception des machines, des postes de travail eux-mêmes et à leur fonctionnement" (1)*. Le plan devient l'instrument efficace pour la mise en pratique de ce principe grâce à son pouvoir de concentrer en un *point* plusieurs objets physiquement éloignés, qui peuvent ainsi être étudiés simultanément dans leurs rapports. Sa capacité de *mettre ensemble* se trouve à l'origine d'une extension des pouvoirs de contrôle vers des échelles de plus en plus étendues (du poste de travail à l'ensemble de l'usine), contrôle qui serait inconcevable sans les propriétés du plan. Ce dernier impose des régimes intenses de visibilité. Ainsi, à propos d'un ouvrier : *"Un schéma de ses déplacements montre qu'il fait le tour complet de la machine douze fois; alors qu'il est parfaitement envisageable de faire toutes ces opérations à la suite les unes des autres d'abord d'un seul côté et, ensuite, de l'autre, et, de cette manière, de ne faire qu'un seul tour de la machine, comme cet ouvrier V a fait depuis" (2)*. Le plan, après avoir accru au maximum la visibilité de l'espace de l'atelier, assure l'intensification de son usage. Quadrillé de manière précise, l'espace productif ne tolère aucune perte. L'adage *"watch your steps" (3)* devient réalité imposée.

Le plan était le premier instrument de visualisation et de synchronisation des activités et des objets qui meublent l'espace productif. Instrument statique, puisqu'

¹ *Ibid.*, p. 69.

² *Ibid.*, p. 70.

³ *Ibid.*

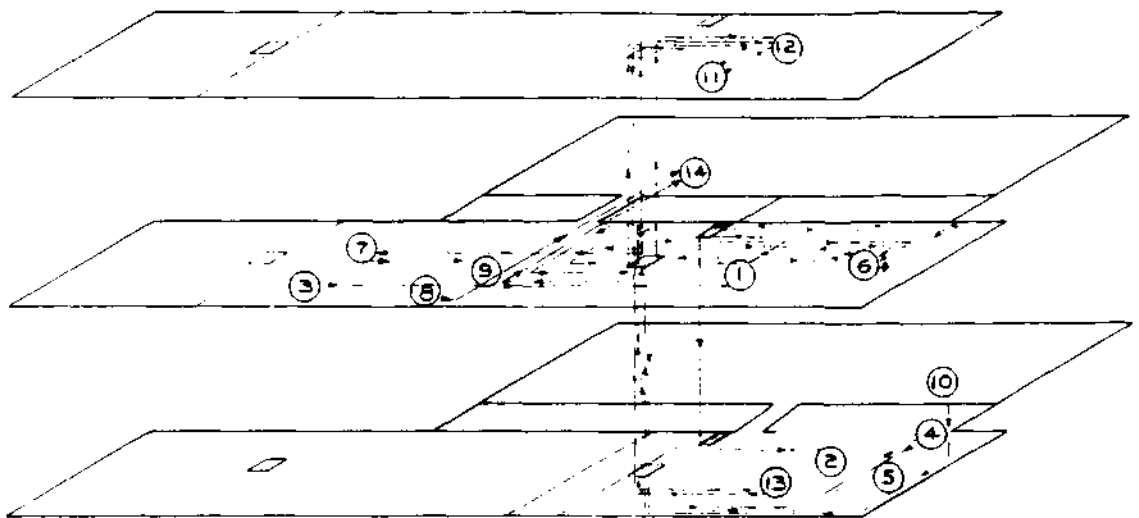


NAME OF LINE	LINE NO.
DECKING BOARDING	1-2
SAW TOOLS	7-8
WOOD SHEDS	10-12
COVERS	6-14
BOXES	13-14
SAW SHEDS	13-12
SAW CUTTER	3-1

1 MAKE READY CAB.	11 SPRING TABLE.
2 CUT BOARD DECK.	12 SPRING TABLE.
3 SHED TOOLS	13 CUT STICK BUNDLES
4 PROTECTIVE FENCE	14 CLOSING TABLE.
5 BONE CUTTER	
6 SAW SHED DECKING	
7 WOOD SHEDS	
8 SPRING STICK & VIB.	
9 SPRING STICKS	
10 SAW SHED STICKS	
NAME OF THE WORKING PLAN	
DATE 1914	

Figure 2 : Exemple de plan "isométrique" (isometric plan) d'une usine

Source : Thompson C.B., *The Taylor system of scientific management*, Easton, Hive Publishing Company, 1974 (1^{ère} édition 1917).



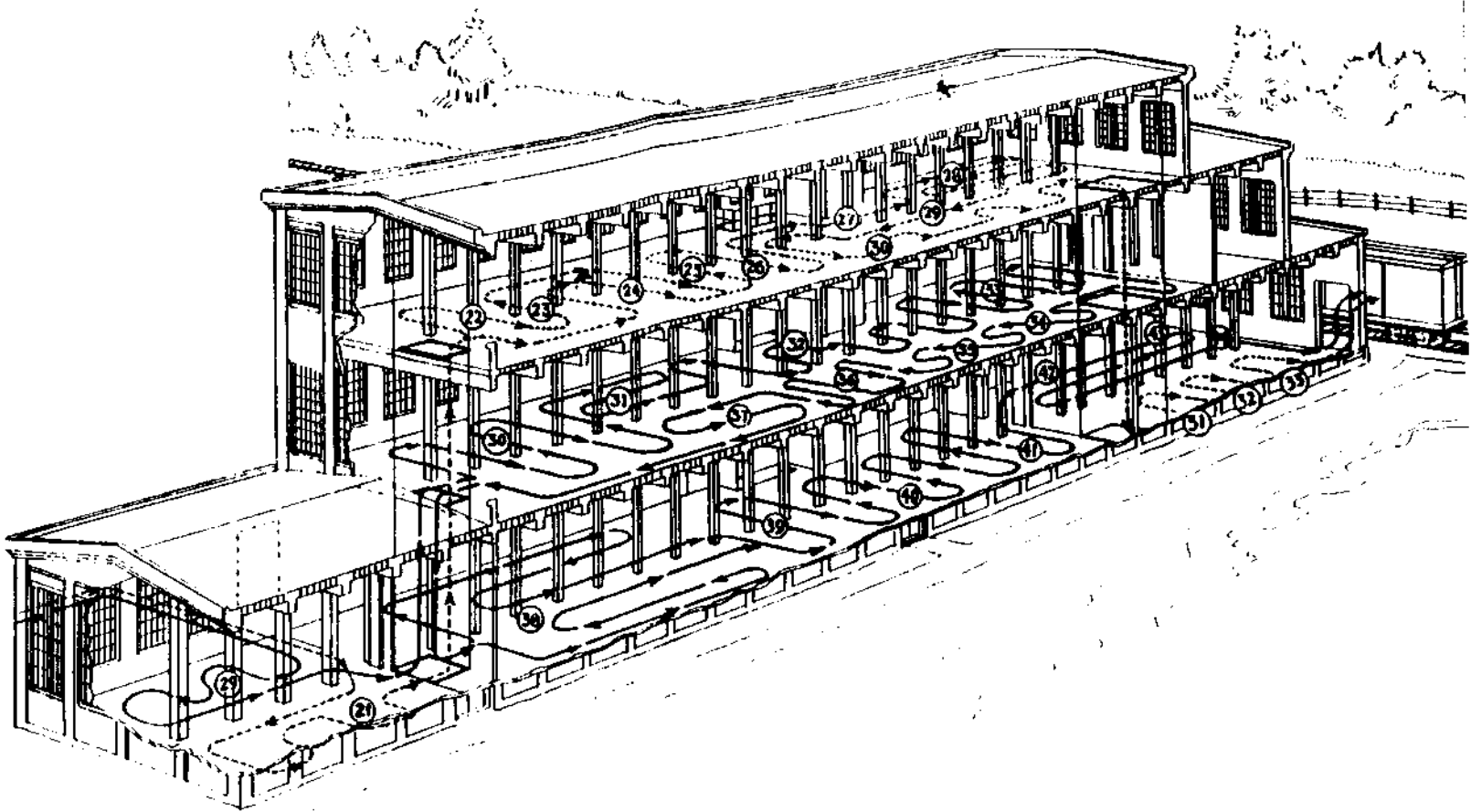
TYPE OF LAY-OUT	1	2
DRILLING ROOMS	1	2
WORK TABLES	1	5
DRILLING MACHINES	1	12
COLLECTORS	2	14
BLOCKS	3	14
DRILL STANDS	13	12
WORKING TABLES	5	7

1 WORKING TABLES	11 STORAGE TABLES
2 CUTTING TABLES	12 WORKING TABLES
3 DRILLING MACHINES	13 CUTTING TABLES
4 WORKING TABLES	14 WORKING TABLES
5 WORK CUTTER	
6 WORKING TABLES	
7 WORKING TABLES	
8 WORKING TABLES	
9 WORKING TABLES	
10 WORKING TABLES	

TYPE - BOX SHOP ROUTING PLAN
 DATE MAY 4 1914
 No. 1031

Figure 2 : Exemple de plan "isométrique" (isometric plan) d'une usine

Source : Thompson C.B., *The Taylor system of scientific management*, Easton, Hive Publishing Company, 1974 (1^{ère} édition 1917).

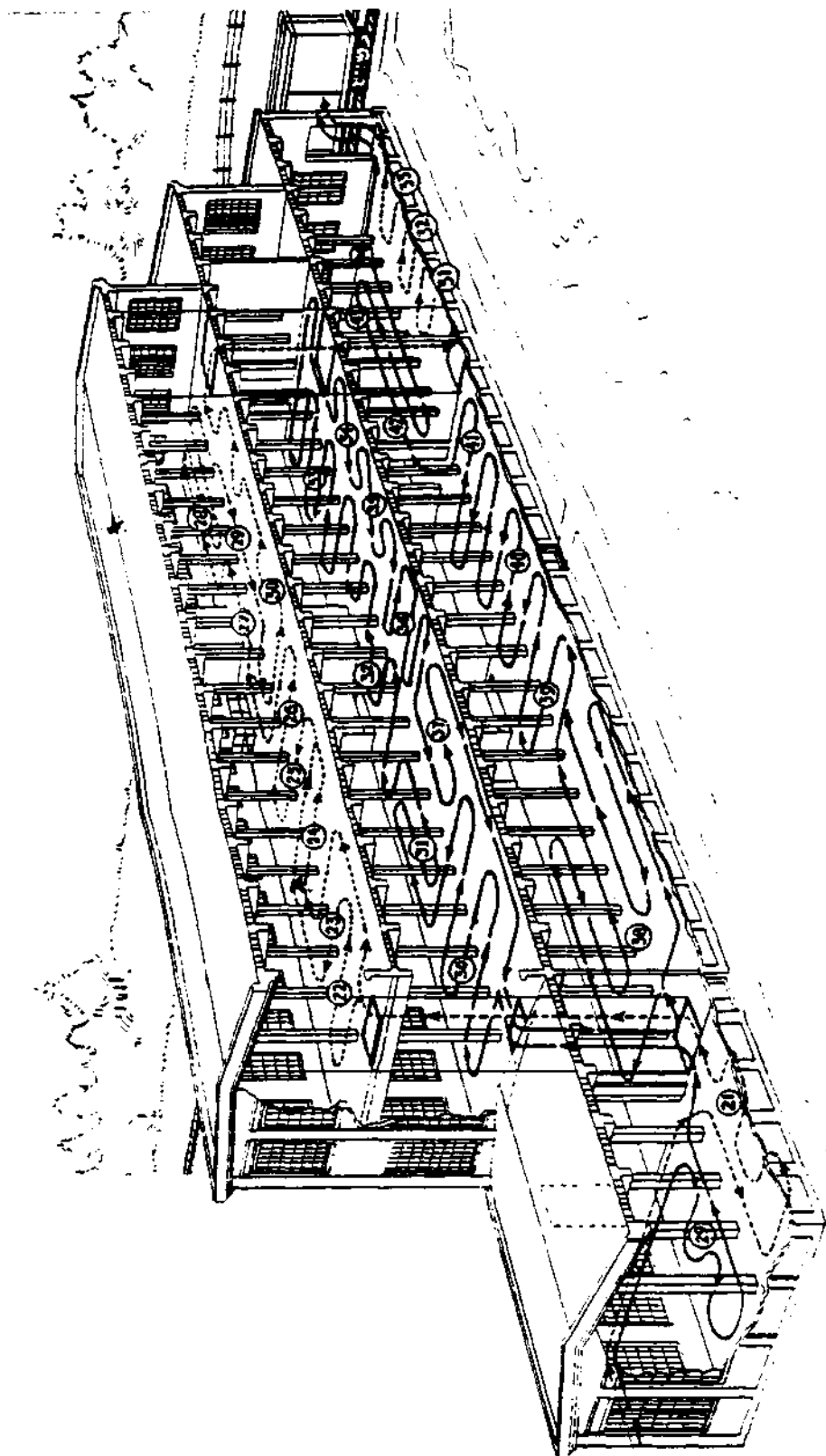


----- Routing Lines and Figures: These indicate the sequence of operations in the manufacture of soft hats:

- | | | | |
|----------------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------|
| 1 Storage of skins | 10 Drying (dry room) | 19 Brim pouncing | 28 Binding |
| 2 Cutting fur from skins | 11 Stiffening | 20 Crown pouncing | 29 Trimming |
| 3 Mixing fur | 12 Drying (dry room) | 21 Storage (rough hats) | 30 Flanging |
| 4 Blowing fur | 13 Steaming | 22 Honing crowns | 31 Final finishing |
| 5 Weighing fur | 14 Brim stretching | 23 Brim pouncing | 32 Packing |
| 6 Forming and hardening hat body | 15 Tip stretching | 24 Finishing on benches | 33 Shipping |
| 7 Sizing and rounding | 16 Blocking | 25 Rounding | |
| 8 Drying (dry room) | 17 Centrifugal drying | 26 Curling | |
| 9 Dyeing | 18 Drying (dry room) | 27 Flanging | |

Figure 3 : Exemple d'un plan d'usine faisant appel aux propriétés de la perspective (Transparent perspective plan).

Source : Thompson C.B., *The Taylor system of scientific management*, Easton Hive Publishing Company, 1974 (1ère édition 1917).



----- Routing Lines and Figures ----- These indicate the sequence of operations in the manufacture of soft hats:

- | | | | | | | | |
|---|--------------------------------|----|--------------------|----|----------------------|----|-----------------|
| 1 | Storage of skins | 10 | Drying (dry room) | 19 | Brim pouncing | 28 | Binding |
| 2 | Cutting fur from skins | 11 | Stiffening | 20 | Crown pouncing | 29 | Trimming |
| 3 | Mixing fur | 12 | Drying (dry room) | 21 | Storage (rough hats) | 30 | Flanglag |
| 4 | Blowing fur | 13 | Steaming | 22 | Waning crowns | 31 | Final finishing |
| 5 | Weighing fur | 14 | Brim stretching | 23 | Brim pouncing | 32 | Packing |
| 6 | Forming and hardening hat body | 15 | Tip stretching | 24 | Finishing on benches | 33 | Shipping |
| 7 | Sizing and rounding | 16 | Blocking | 25 | Rounding | | |
| 8 | Drying (dry room) | 17 | Centrifugal drying | 26 | Cooling | | |
| 9 | Dyeing | 18 | Drying (dry room) | 27 | Flanglag | | |

Figure 3 : Exemple d'un plan d'usine faisant appel aux propriétés de la perspective (Transparent perspective plan).

Source : Thompson C.B., *The Taylor system of scientific management*, Easton Hive Publishing Company, 1974 (1^{ère} édition 1917).

il représente l'usine "dormante", sans tenir compte des temporalités et des dynamiques des productions concrètes. Des outils supplétifs, capables de saisir l'activité dans sa fluidité de tous les jours, seront développés. Toujours dans le même but : la transparence totale. *"La chose qui frappe le plus un homme qui, pour la première fois, observe une usine gérée de manière scientifique est indubitablement le département de la planification avec ses rangées de bureaux et ses murs couverts de tableaux d'affichage (...). Quand il jette un coup d'œil au tableau d'affichage, il apprend que celui-ci représente exactement le programme de travail de l'atelier. Il indique avec exactitude sur quelle commande chaque homme est en train de travailler, quelles commandes sont prêtes pour qu'il travaille sur sa machine quand il aura achevé son travail actuel, et il indique également toutes les commandes de l'atelier qui n'ont pas encore été réparties à des machines particulières"*⁽¹⁾). Pour y parvenir une opération d'abstraction et d'homogénéisation, au bout de laquelle toutes les activités de nature disparate sont évaluées en termes de temps, est indispensable. Une *"comptabilité du temps"* s'ajoute à la *"comptabilité de l'espace"* réalisée à l'aide du plan. Toute activité, rendue homogène par son identification à sa durée, peut entrer dans des rapports de composition et de coordination, de succession et de synchronisation. La prévision pénètre la temporalité de chaque activité, traverse toutes ses phases. *"Des provisions sont encore faites pour l'achat des matières premières et pour chaque détail de la fabrication, pour chaque pièce et pour chaque assemblage. Les dates de commande, de livraison, de début de travail et d'achèvement de chaque pièce et leur assemblage sont déterminées à l'avance et les consignes nécessaires peuvent être rédigées des mois avant qu'elles ne soient appliquées. Le programme entier est représenté graphiquement sur un type de tableau d'affichage spécifique. Grâce à cela toutes les opérations sont contrôlées et leur déroulement vérifié"*⁽²⁾. C'est à Gantt que revient le mérite d'avoir proposé le premier ce type d'instruments connus sous le nom de *"progress charts"* et de *"routing charts"* ⁽³⁾ (figure 4).

Plans et *"routing charts"* appellent la constitution minutieuse d'un vaste appareil de documentation. Toute pièce, tout outil sera étiqueté et rangé en des endroits précis,

¹ *Ibid.*, pp. 71-72.

² *Ibid.*, pp. 78-79.

³ Gantt H.L., *Travail, Salaires et Bénéfices*, Paris, Payot, 1921 (édition originale 1910).

A.L.C. FEUILLE DE PRODUCTION		USINES DE SCHENECTADY-ATELIER D'USINAGE N°1										Commande N° 71		15 Machines N.Y.C.									
PIECES		CHASSIS										LONGERONS											
OPERATION		RECEPTION		RABOTAGE		MONTAISAGE		DEFAÇAGE		ASSEMBLAGE		RECEPTION		RABOTAGE		MONTAISAGE		RABOTAGE SUPERIEUR		RABOTAGE INFERIEUR		PERÇAGE	
		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	30	30	30	30	90	90	15	15	15	15	30	30
NOMBRE DE PIECES DEMANDE		15		15		15		15		15		30		30		90		15		15		30	
NOMBRE DE PIECES EXECUTEES		Exécuté	Total	Exécuté	Total	Exécuté	Total	Exécuté	Total	Exécuté	Total	Exécuté	Total	Exécuté	Total	Exécuté	Total	Exécuté	Total	Exécuté	Total	Exécuté	Total
NOVEMBRE 1908		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	6	6	6	6								
		2	4	2	4							6	12	6	6								
		2	5	2	5							6	12	6	10								
		2	7	2	7							6	12	6	18								
		2	11	2	11							6	18	6	16								
		2	12	2	12							4	22	4	20								
		2	14	2	14							4	26	4	24								
		2	15	2	15							4	26	4	24								
		2	17	2	17							4	30	4	26								
		2	18	2	18							4	30	4	26								
		2	19	2	19							4	30	4	26								
		2	21	2	21							4	30	4	26								
		2	22	2	22							4	30	4	26								
		2	23	2	23							4	30	4	26								
		2	24	2	24							4	30	4	26								
		2	26	2	26							4	30	4	26								
		2	27	2	27							4	30	4	26								
		2	28	2	28							4	30	4	26								
		2	29	2	29							4	30	4	26								
		2	30	2	30							4	30	4	26								
		2	31	2	31							4	30	4	26								
FEBVIER		2	32	2	32							4	30	4	26								
		2	33	2	33							4	30	4	26								
		2	34	2	34							4	30	4	26								
		2	35	2	35							4	30	4	26								
		2	36	2	36							4	30	4	26								
		2	37	2	37							4	30	4	26								
		2	38	2	38							4	30	4	26								
		2	39	2	39							4	30	4	26								
		2	40	2	40							4	30	4	26								
		2	41	2	41							4	30	4	26								
		2	42	2	42							4	30	4	26								
		2	43	2	43							4	30	4	26								
		2	44	2	44							4	30	4	26								
		2	45	2	45							4	30	4	26								
		2	46	2	46							4	30	4	26								
		2	47	2	47							4	30	4	26								
		2	48	2	48							4	30	4	26								
		2	49	2	49							4	30	4	26								
		2	50	2	50							4	30	4	26								
		2	51	2	51							4	30	4	26								
		2	52	2	52							4	30	4	26								
		2	53	2	53							4	30	4	26								
		2	54	2	54							4	30	4	26								
		2	55	2	55							4	30	4	26								
		2	56	2	56							4	30	4	26								

FEUILLE D'AVANCEMENT RELATIVE A UNE COMMANDE DE 15 LOCOMOTIVES.

Figure 4 : Exemple d'un "progress chart" indiquant l'état d'avancement des travaux dans l'atelier.
 Source : Gantt H.L., *Travail, Salaire et Bénéfices*, Paris, Payot, 1921 (1^{ère} édition 1910).

et selon la même règle de visibilité maximale. "On attribue à chaque pièce un symbole fait de lettres et de chiffres selon une classification construite d'après le type des différentes pièces (...). Dans ce cas les pièces seraient rangées par ordre alphabétique, de manière à ce que, quand on les cherche par leur symbole, tout le monde puisse les trouver immédiatement, de la même manière que l'on trouve un mot dans le dictionnaire ou un nom dans le bottin" (¹).

Jusqu'à présent, nous avons suivi le déploiement de cette volonté anticipant et calculant qui, embrassant la totalité de l'espace productif, transforme l'usine en lieu transparent et codifié jusque dans les plus intimes détails. Après avoir fragmenté l'usine en toutes ses parties constitutives (pièces, gestes, mouvements...), l'ingénieur est désormais en mesure de procéder à des recombinaisons selon un principe d'économie. Pas de temps morts, point de pas inutiles. Une synchronisation la plus parfaite possible des activités dans l'espace et le temps est constamment recherchée. Une usine abstraite composée de flèches et de durées est déjà construite, avant que la production concrète ne commence. Mais quel est le rôle du Bureau de répartition, une fois la production démarrée ? Après les ordres, c'est l'heure des bilans. La même logique de transparence est ici à l'œuvre. Des fiches individuelles pour chaque machine et chaque ouvrier gardent trace de leurs activités respectives (voir figures 5 et 6). Quel est le taux d'occupation de chaque machine, les causes (pannes, absence de main-d'œuvre...) et le coût d'une inactivité éventuelle (²) ? De même pour l'ouvrier. Jour après jour, des fiches enregistrent, mémorisent, notent les avances et les retards, informent des conformités et des ruptures, mettent en rapport l'usine planifiée et l'usine en marche.

De proche en proche, le fonctionnement de l'usine s'expose, donc, au regard méticuleux de l'ingénieur. Mais comme on l'aura remarqué, l'usine telle que nous l'avons décrite jusqu'alors, est l'usine inanimée. Or, le Taylorisme dans son souci de ramener à la transparence la totalité de l'espace productif ne s'arrêtera pas au monde des objets. Son regard enveloppera les sujets impliqués dans le monde de

Thompson C.B., *The Taylor System...*, op.cit., pp. 61-62.

Church A.H. définit ainsi le concept d'"idle time", qui traduit le temps pendant lequel une machine reste inoccupée en argent perdu (voir Church A.H., *Science and Practice of Management*, New York, Engineering Magazine Co., 1914).

MACHINE RECORD CHART..... DEPT. DATE Weeks Ending March 1st March 8th 1919.

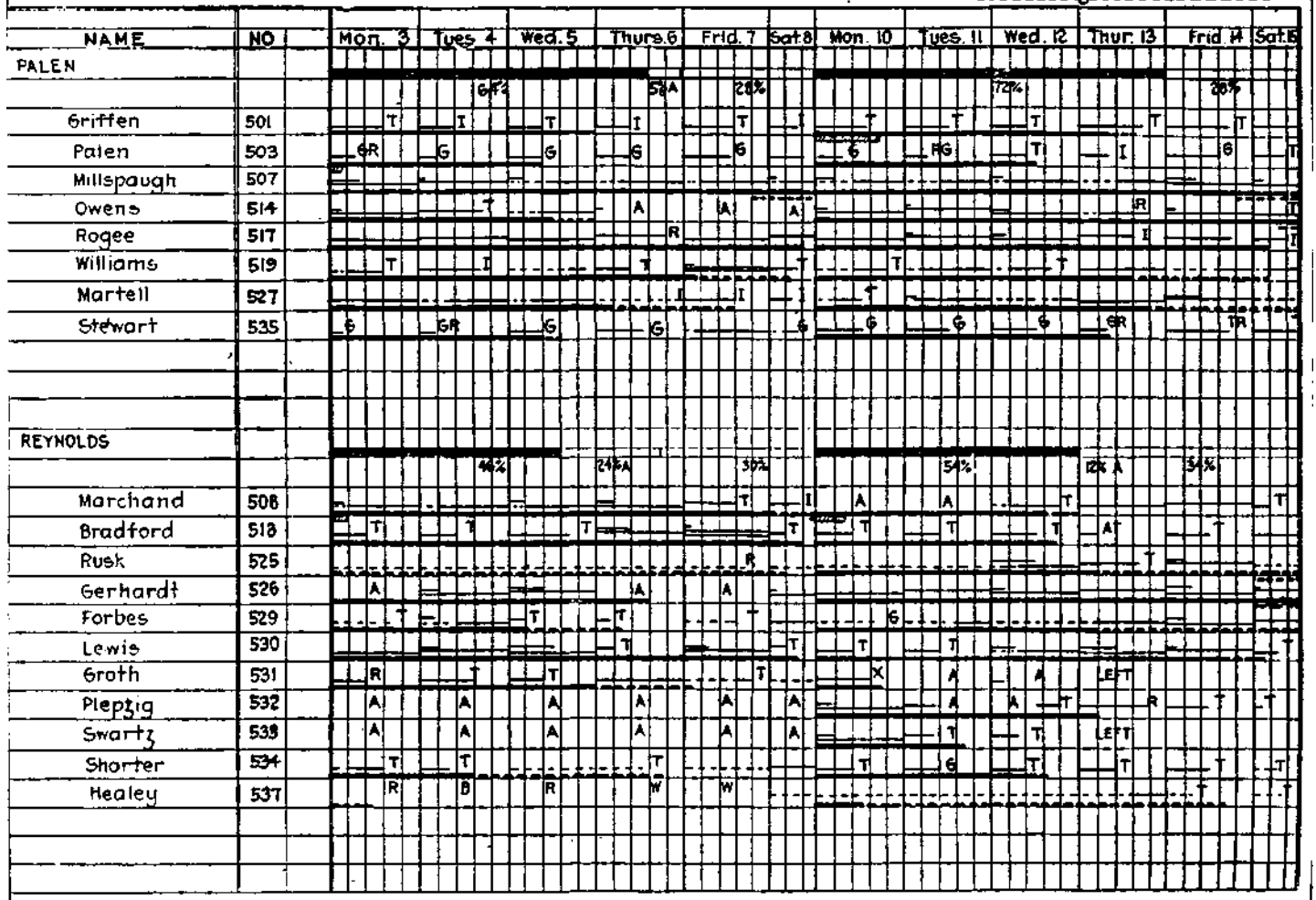
		FEB. 1919											
MACH. NO.		Mon. 24	Tues. 25	Wed. 26	Thurs. 27	Frid. 28	Sat. 1	Mon. 3	Tues. 4	Wed. 5	Thur. 6	Frid. 7	Sat. 8
TOTAL OPERATING TIME OF PRODUCTIVE MACHINES		[Solid grid lines]											
COLD TRIMMING PRESSES		[Solid grid lines]											
Small	Total	[Solid grid lines]											
	8	H											
	9	H											
	10		H	H									H
	11				R H								
	12												
	14				H								
	5008				H								H
	5009												
Medium	Total	[Solid grid lines]											
	2												
	3												
	4	H		H		H		H			H		
	7												
	575												H
	597												
	615			H									
	691												
	692												
	725												
	726												
	813		H		H								H

[Solid line] Time machine was working.
 [Dashed line] Cumulative working time of individual machines.
 [Thick solid line] Cumulative working time of a group of machines.
 The portion of the daily space through which no lines are drawn represents the time the machine was idle.
 The reasons for idleness are indicated by the following symbols:
 H Lack of help R Repairs
 M Lack of or defective material T Lack of tools, or tool troubles
 P Lack of power W Lack of work

Figure 5 : Exemple d'un "man record chart".

Source : Gantt H. L., *Organizing for Work*, London, G. Allen and Unwin, 1919.

Man RECORD CHART FOR DEPT. DATE Week Ending March 8th 15th 1919.



The daily space represents the amount of work a man should have done in a day, and also the time taken to do the work.

Estimated time for work done.

Time on job for which we have no estimates.

Solid line = cumulative estimated time for work done. Broken line = total time used on work not estimated.

The portion of the daily space through which no line is drawn shows how much the man has fallen behind what he was expected to do. The reasons for his falling behind are indicated by the following symbols:

- A Absent
- D Defective work
- G Green operator
- I Lack of instruction
- M Lack of or defective material
- T Tool troubles, or lack of tools
- V Holiday
- X Reason not clear

Figure 6 : Exemple d'un "machine record chart"

Source : Gantt H. L., *Organizing for Work*, London, G. Allen and Unwin, 1919.

Man RECORD CHART FOR DEPT. DATE Week Ending March 6th 15th 1919

NAME	NO	Mon. 3	Tues. 4	Wed. 5	Thurs. 6	Frid. 7	Sat. 8	Mon. 10	Tues. 11	Wed. 12	Thur. 13	Frid. 14	Sat. 15
PALEN		<div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> 46% 24% A 30% 54% 72% 88% </div>											
Griffen	501	T	I	T	I	T		T	T	T	T	T	T
Paten	503	GR	G	G	G	G		G	RG	T	I	G	T
Millsbaugh	507												
Owens	514		T		A	A	A				R		T
Rogee	517				R						I		T
Williams	519	T	I	T				T	T	T			
Martell	527				I	I		T					
Stewart	535	G	GR	G	G		G	G	G	G	GR		TR
REYNOLDS		<div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> 46% 24% A 30% 54% 72% A 88% </div>											
Marchand	508					T	I	A	A	T			T
Bradford	518	T	T	T			T	T	T	T	A		T
Rusk	525					R							
Gerhardt	526	A			A	A							
Forbes	529	T		T	T			G					
Lewis	530				T		T	T	T				
Groth	531	R		T		T		X	A	A	LEFT		
Piepgig	532	A	A	A	A	A	A		A	A	T	R	T
Swartz	533	A	A	A	A	A	A		T	T	LEFT		
Shorter	534	T	T		T			T	G	T	T	T	T
Healey	537	R	B	R	W	W							T

The daily space represents the amount of work a man should have done in a day, and also the time taken to do the work.
 Estimated time for work done.
 Time on job for which we have no estimates.
 Solid line = cumulative estimated time for work done. Broken line = total time used on work not estimated.
 The portion of the daily space through which no line is drawn shows how much the man has fallen behind what he was expected to do. The reasons for his falling behind are indicated by the following symbols:

A Absent	I Lack of instruction	V Holiday
D Defective work	M Lack of or defective material	X Reason not clear
G Green operator	T Tool troubles, or lack of tools	

Figure 6 : Exemple d'un "machine record chart"

Source : Gantt H. L., *Organizing for Work*, London, G. Allen and Unwin, 1919.

la production. Sa volonté tentera de saisir la leur, dans le but de la guider, la canaliser. Ici, le projet taylorien marquera à nouveau son originalité par rapport aux conceptions et aux pratiques dominantes du passé. Originalités que les analyses classiques, souvent prises dans les rets du discours polémique de Taylor lui-même, contre la "flânerie", ont tendance à oublier. L'ingénieur et l'ouvrier. Ce n'est pas la première fois que le regard du savant s'arrête sur le corps de l'ouvrier, afin d'interroger les secrets de sa productivité. Chez Taylor, on peut discerner une ligne de fracture dans l'attitude ordinaire du savant à l'égard de l'ouvrier ; passage d'un intérêt pour le corps isolé à une attention soutenue pour le comportement du sujet au sein d'une communauté de pairs. La "flânerie" en effet, nous l'avons déjà vu ⁽¹⁾, désigne en termes empreints de connotations négatives, une réalité de part en part sociale qui serait mieux exprimée à l'aide de la notion d'appartenance. Les ouvriers, de par leur appartenance à une communauté de pairs, nouent des stratégies communes et rationnelles compte tenu de leur contexte, bâties sur une logique de solidarité. Solidarité d'abord locale dans la mesure où elle prend racine dans le lieu du travail. *"Les camarades plus jeunes et moins expérimentés sont instruits dans ce principe par leurs anciens, qui emploient toute la persuasion et toute la pression possibles pour réagir contre les compagnons avides et égoïstes et les empêcher d'établir de nouveaux records qui auraient pour résultat temporaire une augmentation de leurs salaires ; et cela, parce que tous ceux qui viendraient après eux devraient travailler plus pour l'ancienne rémunération"* ⁽²⁾. Solidarité ensuite beaucoup plus large, celle de classe. *"Ainsi, la grande majorité des ouvriers" limitent à dessein la production car elle "est persuadée qu'en travaillant le plus vite possible, on risque de causer un préjudice sérieux à la communauté, en faisant congédier un certain nombre de camarades"* ⁽³⁾. On voit que Taylor se situe en rupture nette avec les conceptions portant sur le comportement de la classe ouvrière, dominantes jusqu'alors et à l'origine des pratiques de rémunération ⁽⁴⁾. Ces

Voir le paragraphe consacré à la naissance du Taylorisme.

Taylor F.W., *La Direction des Ateliers*, op.cit., p. 14.

Taylor F.W., *Principes d'organisation scientifique...*, op.cit., p. 36.

Sur les pratiques de rémunération voir Mottez, *Système de salaires...*, op.cit. Il va de soi que la rupture est encore plus nette avec ce que Rabinbach appelle "la science européenne du travail", science du corps (voir Rabinbach A., "The European Science of work : The Economy of the body at the End of the Nineteenth Century", in Kaplan S.L. et Koepf C.J. (sous la direction de), *Work in France*, Ithaca, Cornell University Press, 1986, pp. 475-513). Récemment,

dernières, rassemblées par Taylor sous la rubrique "*initiative et stimulant*" ⁽¹⁾ sont traversées par des *préjugés atomistes* : selon cette perspective, le patron espère obtenir l'initiative de chaque ouvrier, pris individuellement, grâce à un stimulant spécial (prix forts à la tâche, prime ou bonification pour travail rapide). La communauté des ouvriers est réduite ainsi à une collection d'atomes-individus, qui développent des plans d'action indépendants. Taylor fait preuve d'une perspicacité certaine, quand il met au premier plan l'importance de l'appartenance à une communauté, pour appréhender les comportements observés au sein des ateliers. On n'a donc aucune difficulté à comprendre la véhémence avec laquelle il s'appliquera à fracturer cette clôture de la communauté sur elle-même, à atomiser (pulvériser) le corps collectif. Fidèle à ses analyses, Taylor va commencer par rompre les liens communautaires unissant les volontés particulières des ouvriers, pour les renouer ensuite à sa guise et par sa propre méthode. Méthode qui consistera encore une fois à transformer la réalité opaque du travail en une somme de grandeurs, en un tissu de nombres et de mesures soigneusement établis. L'objectif final n'est autre que l'homogénéisation totale. "*L'unification (...) des mouvements exécutés par chaque ouvrier pour chaque espèce de travail*" ⁽²⁾. L'instrument privilégié : le chronomètre. Homogénéisation du travail, qui a comme séquelle paradoxale l'individualisation extrême du corps collectif. En effet, la normalisation des gestes optimaux, la définition du temps normal pour une tâche, établissent des normes de conformité. Et, dès l'instant où ces normes sont mises en branle, il y a une différenciation et une individualisation de plus en plus ténues, qui permettent de distinguer, classer et distribuer les individus-ouvriers. Distinguer et classer, pour rémunérer d'abord en fonction de la norme et des résultats fournis. Pour distribuer ensuite en fonction des capacités individuelles et les exigences de chaque poste. L'homogénéisation et l'uniformité deviennent ainsi des opérateurs de sélection, fonctionnant à l'intérieur de l'espace de l'usine mais également dans

Rousseau J. et Vatin F. ont établi une filiation entre Coulomb et ses études sur la fatigue humaine et le projet de Taylor. Cette filiation évacue complètement l'originalité des analyses de Taylor, analyses centrées, répétons-le encore une fois, sur le fonctionnement d'une communauté éthique des êtres socialisés et aucunement sur l'ouvrier isolé, réduit à sa force animale, ce qui est le cas chez Coulomb (Rousseau J. et Vatin F., "Charles-Augustin Coulomb et le concept de travail", *Economie et Humanisme*, n° 319, octobre-décembre 1991, pp. 71-80). Taylor F.W., *Principes...*, op.cit., p. 52. Voir aussi Taylor F.W., *La Direction des Ateliers*, op.cit., pp. 17-19.
Taylor F.W., *Principes...*, op.cit., p. 137.

l'espace inter-usines. Si l'ouvrier "*se montre insuffisant, il devra être sûr d'être tôt ou tard lésé*" (1) et d'avoir à chercher sa chance ailleurs. En prenant le "*tarif différentiel*" selon lequel la rémunération doit être strictement proportionnelle au résultat fourni (gains dans le cas où l'ouvrier produit au dessus de la norme, pertes dans le cas où l'ouvrier reste en dessous), Taylor pense répondre au double impératif d'efficacité et de meritocratic (bien sûr, le juge c'est la science incarnée dans la figure de l'ingénieur). Sa pensée, celle de la proportionnalité stricte et du continu, pensée qui ne reconnaît pas de seuils qualitatifs, assure une distribution à la fois juste et efficace des individus. Ces derniers doivent errer jusqu'à ce qu'ils trouvent la place qui leur convient. Pensée qui épouse l'idéal de la fluidité maximale et celui de la distribution juste, et qui se montre rapidement très rigide même pour son auteur. En effet "*la pression plus vive qu'exerce le système différentiel est le stimulant nécessaire à l'ouvrier pour le forcer à maintenir une allure vive et s'assurer des salaires élevés, lorsqu'il est porté à la nonchalance par la monotonie d'un travail qui se répète constamment. Mais, quand le travail est d'une variété telle que chaque jour offre une tâche entièrement nouvelle, la pression exercée par le tarif différentiel est quelquefois trop dure ; (...) il vaut mieux, eu égard aux plus grandes difficultés, que l'ouvrier ait l'assurance de toucher au moins son salaire régulier, condition que lui assure le système de M. Gantt*" (2). Ce dernier connu sous

Taylor F.W., *La Direction des Ateliers*, op.cit., p. 33.

Ibid., p.45. Taylor avance également d'autres raisons en faveur du système proposé par Gantt. Nous ne pouvons ici ni rapporter l'intégralité de ses positions sur le sujet, ni tracer le chemin de son argumentation. Notons simplement de nouveau la présence de la "communauté" dans le raisonnement de Taylor. Le système proposé par Gantt est pourvu, entre autres, de cet avantage important aux yeux de Taylor de ne pas heurter le sentiment de justice développé parmi les ouvriers d'une communauté : "*(...) on peut dire que la différence est purement de sentiment, mais le sentiment joue un rôle important dans la vie de chacun, et il est particulièrement fort chez l'ouvrier qui se croit l'objet d'une injustice*", *Ibid.*, p. 44. Ici, nous aimerions ouvrir une parenthèse sous forme d'interrogation destinée à rester pour le moment ouverte. Quelle est la conception de la communauté qui sous-tend les analyses de Taylor ? Est-ce qu'elle est conçue sur un mode purement utilitariste, comme une collection d'individus-atomes s'associant, afin d'obtenir par une action commune des bénéfices qu'ils ne pouvaient pas obtenir autrement ? Dans ce cas-là, c'est dans l'intérêt de chacun de participer à la stratégie commune de groupe. S'il rompt l'alliance, il sera aussi à long terme perdant. Ou, en revanche, la communauté est-elle plus qu'un moyen, l'action collective plus qu'un instrument à des fins individuelles ? Autrement dit, la solidarité est-elle un calcul ou un engagement non réductible aux intérêts individuels, engagement né du partage d'expériences communes dans la vie de tous les jours

l'appellation "*système à la tâche avec bonification*" (¹), est beaucoup moins sévère que le "*tarif différentiel*" proposé par Taylor, dans la mesure où il ne prévoit pas des sanctions, au cas où l'ouvrier ne produit pas le nombre de pièces correspondant à la tâche normale, fixée par l'ingénieur. Il y a un salaire de base que l'ouvrier reçoit indépendamment de la production fournie, tandis que tout dépassement de la norme est accompagné d'une bonification. Beaucoup plus humain, le système de Gantt sera dorénavant le système favori du mouvement.

Etude des temps et système de salaires pris dans leur articulation, seront les instruments que les Tayloriens vont utiliser, afin de canaliser dans la direction souhaitée *V"économie des intérêts" et la "dynamique des sentiments"* dont les ouvriers sont censés être porteurs. Nous avons vu que la logique qui a présidé à leur développement est celle de l'individualisation du corps collectif, par la rupture de toute relation entre les ouvriers qui ne serait pas contrôlée et ordonnée par la figure de l'ingénieur. Mais, après ce travail destructeur s'impose de nouveau une tâche constructive. L'ingénieur doit faire un nouvel édifice, en amenant les parties à constituer le tout selon la règle qu'il a lui-même édictée. Les multiples fiches d'instruction qui se succèdent jour après jour à chaque poste de travail, vont prendre en charge cette tâche de recombinaison. Mais en partie seulement. L'ingénieur va recourir également à une autre stratégie qui a en sa faveur la simplicité et l'automatisme. Il suffit que la nouvelle totalité construite, au lieu d'être une coexistence ordonnée d'éléments chaque fois à reconsidérer de l'extérieur (par l'ingénieur), trouve en elle-même son moteur d'évolution, et cela grâce à une mise en dépendance judicieuse de ses parties constitutives. Autrement dit, il faut passer de la forme d'agrégat à celle de système. L'ingénieur n'a donc qu'à "*put in motion*

au sein de l'atelier ? La pensée de Taylor semble osciller entre les deux conceptions. Néanmoins sans vouloir pour l'instant prendre parti définitivement sur ce point, le fait que les transgresseurs des "us et coutumes" de la communauté sont qualifiés d'avidés et d'égoïstes et non de mauvais joueurs, nous porte à croire que Taylor penche vers la deuxième conception. Notons enfin, la présence d'un nationalisme dans les propos de Taylor. La nation constitue l'horizon-limite des liens communautaires, elle est le "nous" le plus large qui peut bénéficier des bienfaits du projet taylorien. A l'intérieur du "nous", la solidarité, à l'extérieur, la concurrence.
Voir Gantt H.L., *Travail, Salaires...*, op.cit.

the system" ('), en posant les conditions initiales du mouvement. Pour le reste, le système va lui-même enchaîner ses moments successifs et réaliser par là sans "intervention extérieure" les plans conçus par l'ingénieur. Donnons quelques exemples qui se présentent comme le développement conséquent et l'application concrète de cette idée fondamentale. "A travaille sous les ordres du contremaître B, dont la prime dépend du succès à obtenir des performances élevées des ouvriers qui travaillent sous ses ordres. Les instructions et les pièces viennent d'hommes dont les primes sont également liées aux siennes. Par conséquent, la condition de la coopération n'est pas seulement respectée en vertu de la nécessité théorique d'une telle coopération mais aussi grâce à la nécessité pratique {c'est l'auteur qui souligne) d'une telle coopération, si tous veulent recevoir la prime intéressante qu'ils désirent"⁽²⁾. De même, le système d'amendes proposé par Taylor dans le but d'assurer (imposer) la discipline au sein de l'atelier, une fois instauré, fonctionne tout seul. "Le succès du système des amendes dépend de deux conditions : (...). La restitution intégrale, sous une forme quelconque, des amendes infligées aux ouvriers (...). Si toutes les amendes sont rapidement restituées aux ouvriers sous une forme quelconque, ils les reconnaissent comme un pur système de discipline si immédiat, si efficace et si uniformément juste que les meilleurs ouvriers ne tardent pas à l'apprécier (...)"⁽³⁾. L'avantage de cette "technologie disciplinaire" réside exactement dans la présence active de la communauté qui fait office, pourrait-on dire, de moyen terme de la relation qui s'établit entre le puni et celui qui inflige l'amende. En effet la "déviation" est conçue pour être perçue comme une atteinte aux intérêts de la communauté qui, de ce fait, est investie du droit de procéder à la réparation du tort qui lui a été fait, en recourant à la pratique de l'amende. Les liens d'appartenance qui se sont noués entre le puni et sa communauté, légitiment d'abord le système proposé et ensuite le régulent de manière automatique.

Pour reprendre l'expression de von Wright (*Explanation and Understanding*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1971), citée par Ricoeur P. in *Du texte à l'action*, Paris, Esprit/Seuil, 1986, p. 173.

Gilbreth F. et L.M., *Applied Motion Study*, Easton Hive Publishing Company, 1973 (1^{ère} édition 1917), p. 160. Le premier taylorien qui a avancé cette idée de dépendance circulaire est Gantt in *Travail, Salaires...*, op.cit., Chapitre VIII intitulé "L'entraînement des ouvriers aux habitudes du travail et à la coopération".

Taylor F.W., *La Direction des Ateliers*, op.cit., p. 129.

Nous avons longuement insisté sur la volonté exprimée par Taylor d'individualiser le corps collectif. Or, cette individualisation nécessite un vaste appareil de documentation ainsi qu'un travail d'enquête soutenu, ayant comme objet l'ouvrier dans son activité quotidienne. Qui va recueillir les informations nécessaires au Bureau de répartition, pour que ce dernier puisse acquérir la connaissance détaillée de l'espace de production et définir les ordres précis à envoyer à l'ouvrier ? Solution économique : si possible, l'ouvrier lui-même. "*// est indiscutable que tous ces renseignements sont donnés mieux et avec moins de frais par l'ouvrier lui-même que par un agent chargé de noter le temps employé, en circulant dans l'atelier*" (¹). Et, si l'ouvrier refuse d'offrir spontanément sa collaboration ? "*La seule façon d'obtenir des ouvriers qu'ils notent avec précision et rapidité les renseignements demandés, c'est d'exiger qu'ils marquent eux-mêmes le temps employé s'ils sont à la journée, ou le salaire gagné, s'ils sont aux pièces ; ces indicateurs seront portés par eux sur la même fiche que les autres renseignements et on devra refuser de porter leur gain sur la feuille de paye tant qu'ils n'auront pas donné correctement tous les renseignements demandés*" (²). Pas d'informations, pas de paie. La même logique d'un auto-enchaînement transparaît dans les pratiques de restitution des carrières prônées par les Tayloriens. Une fois la carrière de chaque ouvrier, tracée sur la "*master promotion chart*", comportant toutes les positions offertes par l'usine, son déroulement devient une affaire de la communauté ouvrière. Chaque ouvrier partage à la fois trois rôles. Il est d'abord titulaire de la place qu'il occupe à un moment donné dans l'organisation, apprenti auprès de l'ouvrier qu'il est censé remplacer et maître-éducateur de l'ouvrier qui occupera son poste une fois la promotion assurée.

Les exemples que nous venons de décrire appartiennent à des régions différentes, mais partagent la même structure, incarnent la même volonté, exposent la même stratégie : celle d'un mélange de forces si prudemment et savamment calculées, que l'irruption d'une force d'un côté déclenche aussitôt l'activation d'une force soit opposée soit compensatoire de l'autre, de sorte que l'équilibre recherché se rétablit de lui-même. De sorte qu'*"en théorie au moins les ateliers puissent marcher*

¹ *Ibid.*, p. 79.

² *Ibid.*, pp. 79-80.

tranquillement même si le directeur, le super-intendant et leurs adjoints (...) s'absentent tous ensemble, fut-ce pendant un mois" (¹).

Il est temps de conclure ce paragraphe consacré à la formation du projet Taylorien. Mais avant de procéder à un bilan succinct et (partiel) du mouvement, nous aimerions en aborder ici deux autres facettes : la standardisation et le chronométrage.

Trait qui découle d'une dynamique d'ensemble et qui obéit à des contraintes internes à l'esprit du mouvement, l'obsession d'une standardisation totale hante le discours taylorien. En effet, pour que la planification fonctionne de manière efficace, les éléments sur lesquels elle porte doivent être aussi peu variables que possible. Pour mettre les choses ensemble, pour les distribuer de manière fiable et efficace à l'intérieur d'un espace normalisé, il faut d'abord codifier et ensuite simplifier sans relâche chaque dimension de l'espace, du temps et du mouvement (gestes, outillage...). Avec le mouvement Taylorien, le mouvement de standardisation, entamé quelques cent ans plus tôt (²), bat son plein pour constituer "*l'aspect le plus caractéristique et le plus important du management scientifique*" (³).

Venons en enfin au chronomètre. Figure emblématique du mouvement, ce dernier n'a pas tardé à devenir l'objet privilégié sur lequel est concentré le regard du public, savant et profane. Au cœur de la présentation que Taylor lui-même a donné de son système dans son ouvrage de vulgarisation, "*Principes d'organisation Scientifique des Usines*", le chronomètre, censé être la clef de voûte d'une pensée est également la pierre où se résumait sa grande promesse mais aussi sa fragilité. Remontons avec plus de précision la chaîne des mots. "*Censé...*". Aujourd'hui nous savons que le rôle du chronomètre, magnifié par ses partisans, dénoncé par ses détracteurs est assurément surestimé par les deux parties (⁴). "*Grande promesse...*". Selon

Taylor F.W., *La Direction des Ateliers*, op.cit., p. 67.

Sur le mouvement de standardisation, voir Hirschhorn L., *Beyond Mechanisation*, Cambridge, The MIT Press, 1984 ; Hounshell D.A., *From the American system to mass production 1800-1932*, Baltimore, The John Hopkins University Press, 1984.

Thompson, *The System...*, op.cit., p. 19.

Voir les travaux de l'historien américain Nelson D., *Managers and workers...*, op.cit., et surtout son *F. W. Taylor and the rise of scientific management*, Madison University of Wisconsin Press, 1980.

Taylor, l'étude scientifique des temps nécessaires à la réalisation d'une tâche quelconque, en alliant efficacité et justice, devrait marquer la fin définitive de la querelle séculaire entre patrons et ouvriers. "*Fragilité...*" enfin. Nous savons et peut-être l'avons nous toujours su, que le projet était intenable. Etant perçu comme son aspect identifiant, le chronomètre, en tentant l'impossible, fonder la norme sur le fait, a finalement fragilisé le mouvement et appauvri son image réelle. Nous y reviendrons après un petit exercice archéologique.

Empressons-nous de préciser que le chronomètre ne constitue aucunement une découverte de Taylor. Dès la fin du XVII^{ème} siècle, le travail, considéré comme un univers de gestes et de mouvements corporels, avait attiré l'attention des savants de l'époque ⁽¹⁾. Cet intérêt pour l'étude des gestes se poursuit intensément après le tournant du siècle. L'étude des opérations de la production devient un thème central dans la constitution de la jeune science qui porte le nom "*Economie Industrielle*" ⁽²⁾. Dès le début du XIX^{ème} siècle, l'étude des gestes et des temps correspondants se présente sous forme de programme de recherche dont les contours sont précis. Les développements techniques, tels que la chronophotographie ⁽³⁾ ont été l'occasion d'effectuer des études minutieuses et précises dont l'intérêt a été immédiatement perçu ⁽⁴⁾.

Voir Seris J.P., *Machine et communication*, Paris, Vrin, 1987, pp. 194-240 ; Picon A., "Gestes ouvriers, opérations et processus techniques. La vision du travail des encyclopédistes", in *Recherches sur Diderot et sur l'Encyclopédie*, à paraître, 1992.

Sur la naissance de la nouvelle discipline, voir rapidement Perrot M., "Les problèmes de la main-d'œuvre industrielle", in Daumas M. (sous la direction de), *Les techniques de la civilisation industrielle*, Tome V "Transformation, communication, facteur humain", Paris, PUF, 1979 ; Perrot M., "Travailler et produire. Claude-Lucien Bergery et les débuts de management en France", in *Mélanges d'histoire sociale offerts à Jean Maitron*, Paris, Les Editions Ouvrières, 1976, pp. 177-190 : "*Le partage exige que l'entrepreneur d'industrie étudie à fond l'ensemble et les détails de son genre de production, qu'il s'applique à le décomposer en opérations élémentaires très simples et, s'il est possible, peu nombreuses. Mais cela ne suffit pas : la durée de chaque opération élémentaire doit être soigneusement appréciée*" (Bergery C), cité par Perrot M., *Travailler et produire...*, op.cit., p. 187.

Marey E.J., *Le Mouvement*, Paris, Masson, 1894.

"// faudrait que ces images fussent prises sur les sujets les plus forts et les plus habiles, sur les lauréats des concours de gymnastique, par exemple. Ces sujets d'élite livreraient ainsi le secret de leur habileté inconsciemment acquise (...). La même méthode se prêterait également bien à l'enseignement des

Taylor et ses disciples sur ce point précis ne font que développer jusqu'à son terme logique un "*idéal analytique*" qui s'était déjà largement construit par le croisement de méthodes de plus en plus fines de "*décomposition*" et de "*recomposition*". Le geste est analysé, c'est-à-dire décomposé dans ses éléments constitutifs et reconstruit ensuite selon un ordre jugé plus intéressant du point de vue de la vitesse et de la fatigue (*). Or, le Taylorisme ne se contente pas d'hériter de chemins déjà tracés et de les prolonger. Il opère des déplacements, qui se manifestent moins par le contenu de l'activité du chronométrage (qui pour l'essentiel, malgré des perfectionnements techniques, reste inchangée) que par les nouvelles tâches que le Taylorisme lui assigne. Rappelons que le geste auquel le XIX^{ème} siècle s'est intéressé est celui d'un corps assimilé à une machine animée, geste qui produit du travail et secrète de la fatigue. Or, le geste étudié par Taylor et ses disciples est celui d'un ouvrier soumis au régime du salariat et attaché à une communauté. Désormais l'analyse des gestes et du temps correspondant s'opère à l'intérieur d'un espace économique, en devenant l'instrument par excellence de la détermination du salaire individuel. La définition "*scientifique*" du temps nécessaire pour chaque type d'opération constituera la base sur laquelle l'ingénieur s'appuiera pour régler de manière équitable le problème relatif au partage de la valeur ajoutée, augmentée entre temps par l'application des principes scientifiques. Le chronomètre, investi d'une fonction normative, symbolise la grande promesse. De là, la place de vedette qu'il occupe dans les "*Principes d'organisation scientifique des usines*" — l'ouvrage grand public du mouvement —, présent dans presque tous les exemples censés illustrer la philosophie générale du système. Très souvent, l'insistance exprime plutôt la force d'un désir que la positivité d'une réalité accomplie. L'étude scientifique des temps correspond bien à ce type d'opérations marquées par l'impossibilité logique d'être menées à terme ; elle bute sur l'individualité intrinsèque de chaque geste, de chaque ouvrier. Comment en effet, à partir d'une

mouvements qu'on doit exécuter dans les différents travaux professionnels", *Ibid.*, p. 135.

"L'essence de la science est l'ordre : décomposition du problème en ses éléments en vue d'en analyser les détails, détermination des lois qui régissent les relations de ces éléments, finalement regroupement des éléments à l'aide des lois mises en évidence en vue d'assurer le résultat demandé avec le minimum de dépenses", Thompson C.B., *Le système Taylor*, Paris, Payot, 1919, p. 30. C'est Gilbreth qui est allé le plus loin dans cette direction, en établissant en 1917 une liste de 18 classes d'activités de base (les "therblings"). Gilbreth F. et L.M., *Applied Motion Study*, op. cit.

dispersion de différences, aboutir au point fixe d'une norme ? L'issue proposée, l'outil statistique est ici impuissant. Aujourd'hui nous savons que norme et moyenne appartiennent à des régions logiquement et conceptuellement disjointes, et nous pouvons émettre un jugement (définitif) sur l'impossibilité de donner sous forme de moyenne objectivement calculée l'équivalent du normal (*). Mais eux aussi, le savaient, ou du moins, ils le pressentaient. D'où les débats internes et les critiques publiquement exprimées au sein de la communauté des ingénieurs de l'époque. De là, le malaise de Taylor qui, face aux critiques que lui adresse Dodge ⁽²⁾, notamment d'avoir défini de manière arbitraire l'ouvrier moyen et l'ouvrier excellent, reconnaît lui-même qu'il y a "*deux ou trois éléments*" dans son système qui sont sujets à controverse. De là également les débats internes au mouvement taylorien sur la constitution de l'échantillon (petit nombre d'ouvriers habiles versus un grand nombre d'ouvriers moyens...), dont le traitement statistique fournira la moyenne-norme tant recherchée ⁽³⁾ ; de là aussi toutes les tentatives pour justifier la validité de cette relation d'identité liant moyenne et norme. Tentatives qui, sous la pression des critiques émises, ont subi des déplacements, qui ne cessent de charrier avec eux les apories inhérentes à cette entreprise de justification. Tandis qu'au début la norme est le terme second, défini à partir de la moyenne, à la fin du débat, c'est la moyenne qui est subordonnée à la norme, interprétée dans un sens, pourrait-on dire, ontologique. "*La nature humaine est ainsi faite, qu'étant données des conditions standardisées identiques et une succession identique d'opérations élémentaires, si l'on fait travailler sur une machine un certain nombre d'ouvriers d'habileté moyenne, chacun d'eux fera essentiellement les mêmes gestes, et terminera son travail essentiellement dans les mêmes temps*" ⁽⁴⁾. Quetelet confronté au même type de problème avait recouru à Dieu pour soutenir que "*l'homme moyen n'est nullement un homme impossible*" ⁽⁵⁾ mais l'homme générique. L'ingénieur,

Pour une discussion de ce problème norme-moyenne, appuyée sur une série de manifestations historiques de cette question, on peut se reporter au chapitre III de l'ouvrage classique de Canguilhem G. , *Le normal et le pathologique*, Paris, PUF, 1988 (1ère éd. 1966).

Voir Layton E., *The Revolt of the Engineers...*, op.cit., p. 141.

Sur ce débat, voir l'ouvrage collectif *Société Taylor : L'organisation scientifique dans l'industrie américaine*, Paris, Dunod, 1932, ch.VII, pp. 111-112.

Babcock G.D., in *Société Taylor : L'organisation Scientifique...*, op.cit., p. 117.

Quetelet A., *Anthropométrie ou mesure des différentes facultés de l'homme*, Bruxelles, Muquarat, 1871, p. 22.

vraisemblablement plus agnostique que Quetelet ne remontera pas jusqu'à la volonté de Dieu. C'est la nature qui en tient lieu. Au-delà des difficultés "insurmontables" auxquelles les tentatives de définition d'un temps normal pour chaque opération se sont heurtées, le chronométrage en réalité a connu une carrière sûrement très limitée au sein de l'atelier. Peu d'expériences ont été entreprises dans les établissements américains ⁽¹⁾ et la publication par Merrick d'un manuel de temps élémentaires était plutôt adressée aux fabricants et aux acheteurs de machines, dans le but de définir le temps de fabrication d'une pièce donnée sur chaque machine ⁽²⁾. En outre, les conventions collectives passées entre les syndicats et le patronat après la première guerre mondiale ont diminué de manière plus que sensible le rôle du chronomètre dans la définition du salaire individuel ⁽³⁾. De ce que nous venons de dire, il résulte que l'assimilation souvent tentée du mouvement taylorien au chronométrage reste piégée des stratégies rhétoriques de Taylor. Son rôle est nettement surestimé compte tenu de sa place et de son importance dans les projets, théoriques et matérialisés, du mouvement taylorien durant la période que nous avons étudiée.

Récapitulons. Le trait essentiel du mouvement taylorien dans sa phase de constitution, cernée à travers discours et pratiques, peut se définir dans sa disposition la plus générale par le système articulé d'une intention et d'un grand principe de fonctionnement. L'intention d'abord. S'interposer dans la dispute qui s'élève depuis la naissance de l'industrie entre patrons et ouvriers, pour y mettre un terme. Intention dont la réalisation va emprunter les chemins de ce qu'on peut appeler la "*médiation totale*". La figure de l'ingénieur, omniprésente et omnisciente, investit tous les pores de l'espace productif. Machines et pièces, trajets et gestes, volontés et sentiments, identifiés et disséqués, entrent dans un réseau dense de codifications. Fragmentée et codifiée dans un premier temps, l'usine sera recomposée ensuite selon une logique qui vise à l'intensification maximale de chaque élément qui la compose. Figure qui instaure (qui veut instaurer) une

Nelson D., "Scientific Management, Systematic Management and Labor, 1880-1915", *Business History Review*, vol. XLVIII, n° 4, hiver, 1974, pp. 479-500.

Merrick D., *Time Studies as a Basis for Rate Setting*, New York, 1920.

Voir l'étude classique de Nadworny M.J., *Scientific Management and the Unions, 1900-1932*, Cambridge, 1955 ; également Stark D., "Class struggle and the transformation of the labor process : a relational approach", *Theory and Society*, vol. 9, n° 1, pp. 89-128.

transparence absolue, l'ingénieur devient le nœud où converge toute information et le centre de distribution de tout ordre. Irriguée par une multitude de canaux de toutes sortes, l'usine pour autant n'a jamais été plus silencieuse. Car ses membres seront objets de l'information mais jamais sujets d'une communication ouverte. Ils sont pris dans un mécanisme savamment monté et dont les rouages s'engrènent les uns dans les autres de manière automatique et selon un programme préétabli.

4. Les années de routine (1930-1970)

Une comparaison, même rapide de notre présentation du Taylorisme et des descriptions usuelles de la crise du système qui porte son nom, laisse entrevoir un certain écart entre la doctrine et les "réalités" qu'elle était censée produire. Ecart parfois trop important pour qu'on puisse l'imputer aux inévitables hiatus qui glisse entre la volonté et l'œuvre (*). Dans ce qui suit, nous nous employerons, donc, à expliquer cet écart, en proposant un schéma explicatif (2) qui insiste sur un événement dont les effets sur l'évolution du paysage industriel étaient déterminants : *l'institutionnalisation du projet Taylorien*. Institutionnalisation est à entendre ici au sens suivant : diffusion d'un corps d'instruments de gestion, mise en œuvre massive d'un certain nombre des pratiques codifiées, dont la reproduction mécanique est considérée comme condition suffisante pour le fonctionnement efficace de l'usine. Institutionnalisation qui marque une rupture par rapport à la période précédente, pendant laquelle le projet Taylorien était encore fluide, et les

Ainsi des calculs qui ont été faits aux Etats-Unis dans l'industrie mécanique (1975) ont montré un taux très faible d'usage effectif des machines (de l'ordre de 30% du temps ouvrable) ce qui est vraiment incompréhensible compte tenu de l'attention que le mouvement taylorien avait accordé au problème d'usage des ressources productives, attention consacrée par le développement des outils spécifiques (voir par exemple les fiches individuelles pour chaque machine évaluant son taux d'occupation). De même, la flânerie des matériaux (stock, pièces en attente), reste baignée d'une aura de mystère, étant donné les références explicites des Tayloriens aux effets indésirables du stockage (voir notre Annexe I). On pourrait facilement allonger la liste.

Encore une fois, le schéma explicatif ici proposé ne rend compte que d'une partie de la crise actuelle, celle imputée à la *dynamique interne* du système, dont les ingrédients principaux ont été réunis au seuil des années 1930 et mis en œuvre massivement après la deuxième guerre mondiale. Ainsi, la crise sociale du "Taylorisme" (réification du travail de plus en plus insupportable aux nouvelles générations de travailleurs) ne sera pas abordée.

propositions circulaient entre les membres de la communauté des ingénieurs. De l'effervescence, donc, au repos. C'est vers les pratiques codifiées, insérées au sein de morphologies organisationnelles fixes, que nous nous tournerons à présent afin d'étudier comment une unité < pratiques-acteurs-structures organisationnelles > s'établit et évolue dans le temps.

L'histoire industrielle, bien qu'elle se soit montrée sélective à l'égard de l'utopie façonnée par le mouvement, a retenu au moins une de ces idées nouvelles dont les Tayloriens furent les apôtres : le dédoublement de l'usine en usine abstraite et planifiée, issue du plan et du calcul, et en usine concrète, usine des machines et des hommes en acte. Dédoublement qui instaure des hiérarchies nettes. L'abstrait prime sur le concret qui sera obligé de se plier à ses prérogatives. Comment cette emprise de l'abstrait sur le concret se réalisera-t-elle ? Nous avons vu que les ingénieurs avaient développé un ensemble d'instruments de gestion et de contrôle, qui, détachés de tout usage spécifique et d'un substrat technique particulier, faisaient d'activités disparates un flux de temps et de coûts. Ces instruments de gestion, une fois constitués, sont investis d'une fonction cognitive et agissent comme autant de prismes à travers lesquels les acteurs qui les mettent en œuvre perçoivent et jugent la réalité de la production. Applicables à plusieurs types de production, ces instruments se trouvent à l'origine d'un certain nombre de *pratiques codifiées et de règles de conduite*, censées optimiser le fonctionnement de l'usine. Petit à petit, la figure de l'ingénieur s'efface des lieux de production, y laisse un corps des règles de gestion marqué par un haut degré d'automaticité et de standardisation. Petit à petit, l'espace de production se fragmente en régions qui s'érigent en acteurs relativement autonomes, prises dans des rapports asymétriques, communiquant selon des procédures et *via* des canaux spécifiques et régies par leurs propres règles, routinières. Ce sont les outils de gestion à l'œuvre qui dessinent la cartographie de l'ensemble, en distribuant des relations de dépendance et d'assujettissement. C'est à travers eux que nous approcherons donc chaque région-acteur afin de spécifier son rôle dans la totalité. En premier lieu, la fonction qui se trouve au sommet de la pyramide, celle de "*Méthodes*".

4.1. Méthodes

Cette fonction a comme tâche générale la définition des caractéristiques du processus technique jugé le plus intéressant pour la fabrication d'un produit dont les traits sont définis par les "*Etudes*" (intéressant est à entendre ici au sens suivant : minimisation de coûts de conception et d'exploitation du processus). Pour y parvenir, les agents de la fonction ont évidemment besoin d'une représentation du processus technique, d'un "*résumé*" de son fonctionnement, qui fera office de matière première sur laquelle ils vont agir. C'est le rôle des outils de gestion, développés à l'intérieur de la fonction, de fournir ce "résumé" et d'instaurer par là son autonomie institutionnelle. La fonction "*Méthodes*" est bien armée d'un outil dont la simplicité ne peut que contraster avec ses effets, tant il est vrai que ces derniers sont multiples et importants. Cet outil est le "*temps opératoire*", c'est-à-dire les temps correspondants à des opérations manuelles élémentaires (par exemple, atteindre, saisir, tourner une vis...), et dont la combinaison avec le temps-machine peut fournir le temps total théorique nécessaire à la fabrication d'une pièce donnée ⁽¹⁾ (figure 7). Le temps opératoire, produit d'un formidable travail d'objectivation, de cumul et de mémorisation, dessine une topographie de l'atelier et sert de carte rassemblant un grand nombre d'informations. Or le propre d'une carte ⁽²⁾ est sa mobilité ; transmise de main en main, la carte transporte devant les yeux de n'importe qui un paysage non visité, et, par là, elle supprime la nécessité d'une observation directe. Les "temps opératoires" ont, grâce à leur stabilité, la propriété remarquable de pouvoir être transportés d'une situation à une autre, mis en relation, afin de *construire* et de *prévoir* des objets-situations inédits, et cela sans que l'agent des "*Méthodes*" se rende une seule fois sur les lieux de production. Aucune proximité dans l'espace, aucune rencontre de longue durée entre le

Nos remarques sur l'impossibilité de passer d'une analyse positive et descriptive, réalisée à l'aide de l'appareil statistique, à la prescription de temps normalisés, restent évidemment toujours valables. Les "*temps opératoires*", issus d'un vaste travail d'observation et d'enregistrement, entrepris durant les années 1930 (voir Lawry et al., *Time and motion Study*, New-York, 1940), n'ont qu'une fonction opératoire, sans prétendre à une scientificité quelconque. Ils ne se substituent pas aux "temps réels", mais ils les orientent et les contrôlent. Voir les classiques : Barnes R.M., *Etude des mouvements et des temps*, Paris, Les Editions d'Organisation, 1960 (édition originale 1948).

Sur cette question, voir Latour B, "Les vues de l'esprit", *Culture technique*, n° 14, 1985, pp. 14-29.

N°	DESCRIPTION DES MOUVEMENTS	SYMBOLE MTM	TEMPS en tmu
1	Atteindre clé	R 24 B	11,1
2	Saisir clé	G ₁ B	3,5
3	Transporter clé vers écrou	M 45 C	20,1
4	Ressaisir clé (masquée pendant le transport)	G ₂	p. m.
5	Positionner clé sur écrou	P ₁ SS E	9,1
6	Engager clé sur écrou	M ₂ A	2,0
7	Visser écrou	M 14 B	8,5
8	Bloquer écrou	A P ₁	16,2
9	Retirer clé	M 24 B	11,7
10	Lâcher clé	L ₁	2,0
TOTAL			84,2

Figure 7: Quelques exemples de "temps opératoires".

Source : François A.R., *Manuel d'organisation*, Tome I, 1982, Paris, Les Editions d'Organisation.

N°	DESCRIPTION DES MOUVEMENTS	SYMBOLE MTM	TEMPS en tmU
1	Atteindre clé	R 24 B	11,1
2	Saisir clé	G, B	3,5
3	Transporter clé vers écrou	M 45 C	20,1
4	Ressaisir clé (masquée pendant le transport)	G,	p. m.
5	Positionner clé sur écrou	P, SS E	9,1
6	Engager clé sur écrou	M, A	2,0
7	Visser écrou	M 14 B	8,5
8	Bloquer écrou	A P ₁	16,2
9	Retirer clé	M 24 B	11,7
10	Lâcher clé	L ₁	2,0
TOTAL			84,2

Figure 7: Quelques exemples de "temps opératoires".

Source : François A.R., *Manuel d'organisation*, Tome I, 1982, Paris, Les Editions d'Organisation.

concepteur et l'exécutant ne sont plus requises pour que des contacts se nouent et que des liaisons s'établissent.

Outil de gestion, le "*temps opératoire*" est également un opérateur de simplification de la réalité multiforme de l'atelier, transformé dès lors en une combinaison de gestes élémentaires et des temps normalisés. Ainsi des phénomènes tels que la panne, l'erreur, l'aléa de quelque sorte qu'il soit, sont renvoyés à un non-lieu : littéralement, ils n'existent pas pour la fonction *Méthodes*. Outil manié par l'acteur, il devient en même temps réalité qui s'impose à lui. On doit souligner ici la corrélation qui existe entre l'efficacité de l'outil et la simplification de la réalité. Le schématisme, l'idéalisation d'une réalité projetée désormais sur un axe unidimensionnel, sont le prix à payer pour l'efficacité de l'outil. Prix parfois très élevé, quand la partie de la réalité qui est exclue de la représentation façonnée par l'outil devient dominante, tout en s'avérant en profond décalage avec l'outil lui-même. Nous y reviendrons. Pour l'instant continuons de scruter le fonctionnement de l'outil et ses effets. Nous avons vu que l'outil peut créer des réalités normalisées, concevoir *ex nihilo* des ateliers, qui doivent fonctionner selon la règle édictée par lui. Mais son fonctionnement ne s'arrête pas là. Une fois la norme faite, *l'atelier projeté* devenu *atelier en marche*, l'outil assurera le *contrôle* de la réalité qu'il a produit. Car l'atelier sera jugé à son rendement, tel qu'il est fixé par les méthodes, sur sa capacité à minimiser l'écart entre le temps technique idéal et le temps réellement écoulé pour produire. Bref, l'outil réalise une économie drastique de communications entre Fabrication et Méthodes. Les Méthodes peuvent se passer de la Fabrication, tandis que cette dernière ne communique que son rendement, qui fera l'objet d'une comparaison automatique avec le rendement théorique.

4.2. Ordonnancement

Plus proche de l'atelier et de son activité de tous les jours, cette fonction a comme tâche générale la définition, dans l'espace et le temps, du circuit de l'objet du travail

(¹) (quand faut-il fabriquer ; quand faut-il approvisionner les matières ; où faut-il produire ; quel atelier mobiliser ; sur quels postes ?...)• A l'instar des *Méthodes*, *l'Ordonnancement* est également armé d'un certain nombre d'outils de gestion. Pendant notre présentation de la phase de constitution du Taylorisme, nous nous sommes déjà référés aux outils graphiques développés notamment par Gantt dans le but de suivre la progression de l'activité dans le temps. Ici, nous aimerions présenter deux autres outils amplement mobilisés dans la pratique : la quantité économique de lancement (QEL) (²) et son homologue dans le domaine de la gestion de stocks, la quantité économique d'approvisionnement (QEA) (³), outils par ailleurs isomorphes quant à leur structure (figure 8). La QEL correspond à la taille du lot (⁴) lancé en fabrication qui minimise le temps du cycle de fabrication, c'est-à-dire qui assure le compromis optimal entre le temps de reconversion des moyens de production (changements des outils, réglage de machines quand on passe d'un produit à un autre) et le temps de fabrication. La QEA se définit comme la quantité qui réalise le compromis optimal entre les coûts (variant en sens inverse) de possession de stock et de commande. Outils qui, grâce au haut degré de formalisation facilitant leur emploi, ont joué un rôle déterminant dans l'évolution du processus technique (voir infra p. 80). Ajoutons, que si *l'Ordonnancement* prime la *Fabrication*, il reste néanmoins dépendant de *Méthodes*, et cela de deux manières. Tout d'abord, ce sont les *Méthodes* qui lui fournissent les temps nécessaires pour la planification des activités. Deuxièmement, de proche en proche, les *Méthodes* "se sont appropriées" (en partie) l'objet de *l'Ordonnancement*, en imposant elles-mêmes par l'intermédiaire du processus technique, de manière unique, le circuit de l'objet du travail. Songeons à la chaîne de montage, à la ligne-transfert, où le circuit est objectivé une fois pour toutes dans le processus technique.

Voir Lambert P., *La fonction Ordonnancement*, Paris, Les Editions d'Organisation, 1974.

Voir Harris F.W., *Operations and cost (Factory Management Series)*, Chicago, A.W. Shaw Co., 1915, chapitre 2.

Wilson R.H., "A scientific routine for stock control", *Harvard Business Review*, vol. 13, n° 1, 1934, pp. 116-128.

Lot = nombre de pièces à usiner.

4.3. Qualité

La qualité comme activité distincte avait déjà sa place dans l'édifice conçu par Taylor et ses disciples. Parmi les huit chefs composant le "contre-maître fonctionnel", l'un d'eux, nommé surveillant responsable de qualité, avait été investi de la fonction de veiller à ce que le travail soit exécuté de manière satisfaisante (voir p. 46). Quelques règles générales construites par l'ingénieur taylorien encadraient dès le début son travail. Ainsi, mû par une logique d'anticipation et s'appuyant sur des considérations de nature probabiliste, le *"management scientifique attache plus d'importance au contrôle de la première pièce d'un lot qu'à l'inspection finale du lot entier"* ⁽¹⁾. Mais, c'est sous la production de masse que la fonction "Qualité" va instaurer son autonomie institutionnelle. Son arme : l'outil statistique. La même logique d'optimisation des coûts qui a présidé à l'élaboration des outils de l'ordonnancement (QEL, QEA, voir § 4.2), est ici à l'œuvre. Les coûts de contrôle sont identifiés ; ceux de la non-qualité (*i.e.*, coûts dus aux pièces défectueuses) également. Les deux coûts allant dans des directions opposées ⁽²⁾, il suffit de *"réduire la proportion p de défectueux au point que le taux d'accroissement du coût de contrôle vienne à égaler le taux d'accroissement des économies engendrées par la diminution du nombre de pièces refusées"* ⁽³⁾. Les fameuses "cartes de qualité", matérialisation de la logique que nous venons d'évoquer, assurent l'automatisme du choix, en indiquant pour chaque taille de lot la quantité optimale des pièces à contrôler.

Le raisonnement à l'œuvre est le suivant : *"Si les matériaux sont en bon état dès la première étape, ce qui implique le contrôle à la réception et dans les entrepôts, et si, ensuite, l'ouvrier comprend ce qu'il est en train de faire et comment il doit le faire à chaque opération, et si ceci est vérifié par l'inspection de son travail à la première pièce du lot, il est évident que, à moins que quelque chose d'inhabituel ne survienne, dans la majorité des cas le lot entier sera correctement fait"*. Thompson C.B., *The Taylor System...*, op.cit., p. 93.

Si on contrôle l'ensemble du lot, les coûts de contrôle atteignent leur maximum, en revanche les coûts de la non-qualité sont égaux à zéro, puisque, à la sortie du contrôle, il n'y a pas de pièces défectueuses (toutes sont repérées). Shewhart W.A., *Les fondements de la Maîtrise de la Qualité*, Paris, Economica, 1989 (édition originale 1939), p. 4. Shewhart fut le théoricien incontesté de l'utilisation des statistiques à des fins de contrôle de qualité. En revanche, le premier qui y a pensé semble être Radford G. S., G.S., *The control of quality in Manufacturing*, New York, Roland, 1922.

Parvenus à ce point de notre exposé sur les outils de gestion à l'œuvre pendant la phase d'institutionnalisation du projet taylorien, nous voudrions, ici, ouvrir une longue parenthèse qui vise à expliciter les principes communs qui président à l'élaboration de ces outils (QEL, QEA, "cartes de contrôle"... mais également la définition exacte du bonus optimal pour ce qui concerne la politique de salaires prônée par les Tayloriens, la définition optimale de la taille et de la forme des outils 0) ...). Leur analyse montre la présence du même principe dont une formulation non mathématique est donnée par Taylor lui-même dans son article *On the art of cutting metals* : "Selon la méthode scientifique, après une analyse de tous les éléments qui affectent le résultat final, on fait varier chacun d'eux en gardant les autres constants, afin d'étudier "l'effet" de chaque élément sur le phénomène en question ⁽²⁾. Ce principe ⁽³⁾, traduction opérationnelle, de l'expression "toutes choses égales par ailleurs", a montré une productivité extraordinaire dans la pratique. Remarquons qu'il présuppose la doctrine atomiste puisque les variables sont définies indépendamment de leurs relations (i.e., on modifie une variable pour étudier son influence sur le résultat global, en présupposant que cette modification n'affecte pas les autres variables en question) et qu'il fonctionne après avoir opéré une "stabilisation du monde" (i.e., on change une partie du "monde" (variable à modifier) tandis que le reste demeure stable (les autres variables)). Cette stabilisation, loin d'être une entrave dont la pensée doit se dégager afin de saisir le monde dans son mouvement, est une condition pour que cette dernière (la pensée) puisse opérer de manière efficace. Tout mouvement se déploie sur fond de stabilité ⁽⁴⁾.

Sur une description de la procédure expérimentale de la définition de la taille optimale d'une pelle, voir Taylor F.W., *Ce que Taylor...*, op.cit.

Taylor F.W., "On the art of cutting metals" (paru en 1907), in Thompson C.B., *Scientific Management*, op.cit., p. 235.

On trouve ce principe en acte dans l'étude de Coulomb sur la fatigue humaine. Coulomb, "Mémoire sur la force des hommes", Académie Royale des Sciences, 24 février 1798, in *Théorie des machines*, Paris, Bachelier, 1821.

On reconnaît ici les analyses de Heidegger sur la notion de vérité. Heidegger M., *L'époque des "conceptions du monde"*, op.cit.

4.4. *Entretien*

Etant la plus proche de l'atelier, cette fonction, à l'opposé des trois précédentes, n'a pas bâti son autonomie institutionnelle sur l'explicite et le formalisé, mais sur l'implicite et le savoir-faire non thématiqué. Point d'outils standardisés et de pratiques codifiées opérés à l'intérieur d'un espace marqué par des traits de répétition. Ce n'est pas un hasard, donc, si parmi les ouvriers, ceux de l'Entretien ont été les "privilegiés", en exerçant un pouvoir sur les lieux de production grâce à leur savoir incorporé (¹).

4.5. *Fabrication*

Comme nous avons eu l'occasion de le souligner plus haut, la *Fabrication* occupe au sein de l'architecture fonctionnelle, un rôle subalterne. Point où confluent les ordres provenant des *Méthodes* et de l'*Ordonnancement*, la fabrication est également le lieu où plusieurs tensions s'accroissent. Tensions qui résultent en grande partie du décalage qui se creuse progressivement entre le fonctionnement effectif de l'atelier, scandé d'événements erratiques, et sa marche idéale, telle qu'elle ressort des plans des *Méthodes*. Dans notre présentation de la fonction "*Méthodes*", nous avons longuement insisté sur la représentation que cette dernière se fait du fonctionnement de l'atelier. Basée sur des "*abstractions opérationnelles*", telles que *l'ouvrier moyen et les temps opératoires*, cette conception normative de l'activité fait disparaître de l'horizon tout ce qui n'est pas fixe, uniforme et prévisible. Le temps abstrait et homogène règne sur le temps concret de la fabrication, temps qui se trouve de ce fait nié. Mais un temps nié n'est pas pour autant supprimé. Pannes, erreurs, individualités, absences intempestives du personnel, constituent le lot quotidien de la *Fabrication* qui doit faire face à une foule d'événements dont le seul défaut est d'exister sans en avoir le droit. Face à cette irruption de l'aléatoire dans la vie quotidienne, quelle est la réponse de la *Fabrication* ? Des analyses portant sur la vie de tous les jours dans les lieux de production ont mis en scène toutes les astuces dont les exécutants ont fait preuve dans leurs efforts pour remplir l'écart entre une réalité protéiforme et sa

Sur les rapports Fabrication-Entretien, voir les analyses classiques de Crozier, *Le phénomène bureaucratique*, Paris, Seuil, 1963.

représentation normative figée ⁽¹⁾. Ici, nous ne retiendrons qu'une réponse quasi "institutionnalisée" qui exprime en quelque sorte une stratégie globale de la fabrication. *Les stocks* ⁽²⁾, véritable instrument de lissage de la courbe de production, sont devenus un des moyens à peu près universellement utilisés par les fabricants pour tenir l'impératif majeur qui leur est assigné : respecter le programme de production édicté par les *Méthodes*. Si nous insistons sur les stocks, c'est parce que, outre le caractère extrêmement général de cette stratégie, les stocks semblent être l'issue naturelle du fonctionnement routinier du système socio-technique régulé par les outils de gestion que nous venons de présenter. En cohérence profonde avec un contexte macro-économique marqué par la combinaison de la production de masse, de l'existence de produits indifférenciés et de la progression continue d'une demande solvable, les pratiques de gestion sous-tendues par les outils mentionnés plus haut, ont formé un mode de régulation qui a fonctionné jusqu'au début des années 70 environ en symbiose parfaite avec les stocks. Dans ce qui suit, nous nous proposons d'examiner le fonctionnement de ce mode de régulation. Une analyse des effets produits sur le système socio-technique par l'application systématique de ces outils, peut nous éclairer sur sa crise actuelle.

4.6. *Fonctionnement routinier du système*

Au sein de l'architecture fonctionnelle du système industriel, ce sont les *Méthodes*, nous l'avons souligné, qui occupent le premier rang. Ce sont elles également qui ont l'initiative en matière d'innovation technologique. Or, la direction que prend cette dernière est conditionnée par les outils dont les *Méthodes* sont les

Sur cette irruption d'un aléatoire officiellement non reconnu, on peut lire les belles pages que Simon Weil consacre au sujet dans son livre *La condition ouvrière*, Idées/gallimard, 1951 : "(...) Rien n'est pire que le mélange de la monotonie et du hasard ; ils s'aggravent l'un et l'autre, du moins quand le hasard est angoissant. Il est angoissant dans l'usine, du fait qu'il n'est pas reconnu (...). La pensée doit constamment être prête à la fois à suivre le cours monotone de gestes indéfiniment répétés et à trouver en elle-même des ressources pour remédier à l'imprévu. Obligation contradictoire, impossible, épuisante", pp. 334-335.

Voir Berry M., "Des robots au concret. Les réalités cachées derrière les mythes", *Gérer et Comprendre*, n° 1, 1985, pp. 7-18 ; Midler C, "Choix technologiques et systèmes de gestion", *Annales des Mines*, juillet-août 1981, pp. 56-68.

possesseurs : *les temps opératoires*. L'activité industrielle étant représentée à travers le prisme de cet outil, sous l'angle *de sa vitesse*, l'énergie de Méthodes s'est concentrée sur la conception des procédés techniques visant à maximiser cette vitesse. Deux stratégies sont compatibles avec celle d'accroître la vélocité de l'activité. La première consiste à minimiser les temps alloués à la main-d'œuvre (sous contrainte budgétaire), ce qui conduit à une politique de *substitution* de machines de plus en plus performantes (rapides) aux hommes ou aux machines anciennes. Il s'agit ici du phénomène bien connu du remplacement des machines universelles ⁽¹⁾ par des machines toujours davantage spécialisées et rapides. L'autre voie qui fut empruntée, très souvent conjointement à celle de la substitution et de la spécialisation, était celle d'une *intégration* des machines de plus en plus poussée ; processus dont la ligne-transfert ⁽²⁾ est le représentant emblématique.

Or, la contre-partie de l'augmentation de la vélocité est une rigidification du système de production, une perte de flexibilité qui s'est traduite par une augmentation substantielle du temps nécessaire pour le passage d'un type de production à un autre (temps nécessaire aux changements d'outils, au réglage des machines...). Les interconnexions qui existent entre les différentes régions du système socio-technique, dues au caractère systémique de l'activité industrielle, font que la rigidification du processus technique entraîne une chaîne de conséquences. Plus le temps de reconversion augmente, plus la quantité économique de lancement augmente, elle aussi. Le résultat est une augmentation tendancielle des stocks des produits ⁽³⁾, issue en quelque sorte de la dynamique interne du système. Si, à cette "propension" à accumuler des stocks, sous-tendue par les logiques institutionnelles du mode de régulation, on ajoute les pratiques "clandestines" de la fabrication qui utilise les stocks comme le régulateur des aléas (voir § 4.5), on comprend aisément pourquoi les stocks ont envahi les usines occidentales.

Pour une étude concrète, voir Touraine A., *L'évolution du travail ouvrier aux usines Renault*, Paris, CNRS, 1955.

Voir Bright, "The Development of Automation", in Kranzberg M. et Pursell C. (Eds), *Technology in western civilization*, vol. II, New York, Oxford University Press, 1967, pp. 635-655.

Sur ce point, voir Besson P. et al., *Gestion de production et transports : vers une nouvelle économie de la circulation*, Caen, Paradigme, 1989, pp. 73-78.

Augmentation des stocks qui, malgré les inconvénients évidents qu'elle représentait pour le processus de valorisation du capital (immobilisation, frais de gestion), était supportable, compte tenu des caractéristiques macro-économiques qui ont prévalu après la deuxième guerre mondiale, jusqu'aux années 70. L'existence d'un marché marqué par la présence d'une demande solvable à l'égard de produits indifférenciés et standardisés (¹), fait que les gains de productivité qui résultent du développement technologique compensent suffisamment les coûts liés aux stocks (²).

5. Les années de crise (1970-.....)

Tout au long du paragraphe précédent, nous nous sommes employés à dépeindre les grands traits du modèle dominant d'organisation industrielle (³), tel qu'il ressort de l'institutionnalisation du projet taylorien. Nous avons focalisé notre attention sur un certain nombre d'instruments de gestion qui innervent l'espace de production, alimentent des pratiques normalisées tout en distribuant des relations de dépendance et d'assujettissement entre les acteurs du système. Une fois la topographie dessinée, nous avons essayé de le mettre en mouvement, d'établir des connexions (causales) dynamiques entre les régions, de mettre en relief les cohérences qui se nouent, d'une part à l'intérieur du système, d'autre part entre le système et le contexte macro-économique qui l'enveloppe. Dans ce paragraphe, nous parlerons des temps de crise. Crise qui prend la forme de brisure des cohérences nouées jusqu'alors entre les parties du système socio-technique d'une part, entre le système dans son ensemble et son environnement d'autre part. Examinons une par une ces cohérences et leurs cassures successives.

Rappelons une fois de plus le rôle central tenu par l'outil *temps opératoire* dans le mode de régulation constitué. Cet outil, véritable socle sur lequel est bâtie une

Sur ces questions, voir Piore J.M. et Sabel F.C., *The second industrial divide. Possibilities for prosperity*, New York, Basic Books, 1984 ; Coriat B., *L'atelier et le robot*, Paris, Christian Bourgeois Ed., 1990 ; Zarifian P., *La société post-économique*, Paris, L'Harmattan, 1988.

Evidemment, on est dans un monde où règne plutôt la satisfaction que l'optimisation.

Le schéma proposé concerne surtout les grandes firmes tournées vers la production de masse (nous pensons notamment à l'automobile).

grande partie de l'édifice d'information et de contrôle économique ⁽¹⁾ de l'entreprise, assurait à la fois deux fonctions. Fonction décisionnelle, tout d'abord, à travers la règle de minimisation des temps alloués à la main-d'œuvre directe : l'outil informe l'innovation technologique et l'oriente vers la recherche d'une plus grande automatisation et intégration des procédés techniques ⁽²⁾. Fonction de contrôle ensuite : la production théorique calculée par les méthodes sert de norme de contrôle et de jugement, appliquée à la Fabrication qui sera évaluée sur sa capacité à minimiser l'écart entre production idéale et production effective. Il est évident que l'outil ne trouve sa pleine efficacité qu'au sein d'un régime technologique donné : celui caractérisé par l'étroite imbrication de l'activité humaine et celle de la machine, bref un régime marqué par l'existence de *postes individuels*, parfois enchaînés, mais bien distincts. Or, le même outil de par son fonctionnement a aidé à promouvoir, puis à imposer, une réalité pour la gestion de laquelle il est devenu de proche en proche toujours davantage inapproprié. En effet, le développement de systèmes hautement automatisés et caractérisés par un haut degré d'intégration (lignes transfert, centres d'usinage, cellule automatique flexible... ⁽³⁾) rend caduque la notion de poste comme concept technico-organisationnel. On observe une dissociation accrue du système du travail et du système technique, le geste ouvrier n'est plus la source directe de la transformation de la matière et de l'engendrement des flux de production. Le travail se déplace nettement vers des tâches de coordination et de supervision de l'ensemble du système de production, tâches accomplies grâce au développement d'un troisième système informationnel qui s'interpose entre le collectif du travail et le système technique et qui opère "*le glissement des fonctions humaines vers une lecture ou interprétation de signes*" ⁽⁴⁾. Or, il est évident que les "temps opératoires" sont complètement incapables de

Nous ne pouvons pas ici parler d'un autre pilier de l'édifice d'information et de contrôle économique de l'entreprise : la comptabilité analytique. Sur l'histoire de la comptabilité analytique, voir Kaplan R.S., "The evolution of management accounting", *The Accounting Review*, vol. LIX, n° 3, 1984, pp. 390-418. Sur les rapports entre la comptabilité analytique et le taylorisme, voir Epstein M.J., *The effect of scientific management on the development of the standard cost system*, New York, Arno Press, 1978.

Sur cette règle, voir Doeringer et al., *Internal Labor Markets and Manpower Analysis*, Sharpe, New York, 1971, chapitre 6.

Sur ces évolutions techniques, voir Besson P., *L'atelier de demain : perspectives de l'automatisation flexible*, Lyon, PUF, 1983.

Naville P., *Vers l'automatisme social ?*, op.cit., p. 179.

fonctionner dans un espace dominé par des activités intellectuelles. Mesurer et prescrire l'activité cognitive est une tâche autrement complexe.

Qui plus est, l'automatisation et a fortiori l'informatisation modifient le statut de l'aléa au sein de l'atelier. Tout d'abord, la complexification et la sophistication du système technique s'accompagnent de sa fragilisation accrue, ce qui le rend particulièrement sensible à la moindre manifestation du hasard. L'hypothèse d'une stabilité du processus de production, hypothèse qui imprégnait la conception que les *Méthodes* se faisaient de l'activité de l'atelier, devient de moins en moins plausible. Du même coup, le mouvement de substitution progressive des hommes par des machines dans les lieux du travail (automatisation) prive le système du "principal moyen de régulation" qui assurait la conformité de la réalité à la norme : le geste humain qui, grâce à sa plasticité, réalisait (au prix d'acrobaties impressionnantes (*)) le pont entre l'"être" et le "devoir être" édicté par les *Méthodes*. En effet, la rationalisation du travail pouvait rester approximative, car l'être humain possède une capacité propre à corriger l'écart entre le travail réel et le travail prescrit. Rien de tel pour la machine dont les modalités de fonctionnement ne peuvent être entachées d'aucune approximation, alors que le nombre des paramètres et des aléas à prendre en compte augmente de manière exponentielle.

Dépouillées des outils tels que les "temps opératoires" qui, dans le passé, lui permettaient de revendiquer et d'assurer les fonctions du décisionnaire et du juge incontestables, les *Méthodes* voient leur primauté, un peu écrasante, dans l'ordre des fonctions, s'atténuer. Le mouvement de décentralisation du bureau de *Méthodes* centrales, qui implantent de plus en plus souvent des "antennes" à proximité des lieux de production ⁽²⁾, ainsi que la dotation de la fabrication en une nouvelle catégorie de techniciens à fort bagage technologique témoignent d'un réaménagement substantiel des rapports entre les deux fonctions. Inutile de souligner le rôle désormais décisif que la fonction *Entretien* prend dans ce contexte. En même temps qu'une nouvelle articulation entre correctif et préventif se cherche en son sein ⁽³⁾, sa compétence semble se disperser au sein d'un système multi-

Voir Linhart R., *L'Etabli*, Paris, Minuit, 1978.

Suivant le conseil de Taylor lui-même qui voulait que le bureau de répartition s'installe près de l'atelier (voir p. 46)

Voir rapidement Thénard J.C., "De l'entretien à la maintenance. Problèmes et enjeux", *GIP, Mutations Industrielles*, n° 43, 1990.

acteurs. Des notions comme celles de maintenance de premier niveau, qui devient l'apanage de la fabrication, font surface. On voit clairement que les territoires de chaque fonction s'interpénètrent, mouvement qui met ouvertement en cause un des piliers de l'ancien mode de régulation : un découpage fonctionnel extrêmement lisible dans ses hiérarchies, et les types des rapports noués entre ses régions.

Mais les dynamiques techniques, si puissantes qu'elles soient, restent subordonnées au contexte économique. C'est dans les mutations de ce dernier que l'on doit chercher les lignes de fracture les plus corrosives pour le mode de régulation Taylorien. Au risque de schématiser à outrance, voici les principales mutations qui modèlent conjointement le visage du contexte actuel.

En premier lieu, il faut signaler le phénomène de singularisation et de différenciation accrues des modes de consommation, phénomène qui se déploie actuellement sur fond d'une concurrence internationale exacerbée (¹). Après les années 70, la demande devient nettement plus hétérogène que dans le passé tandis que les marchés sont marqués par des exigences de plus en plus élevées de la part de la clientèle, une diminution des volumes commandés pour chaque type de produits, un renouvellement rapide de ces derniers. Il en résulte à la fois un raccourcissement du cycle de vie de chaque produit et une prolifération de ses variantes (²). Les régimes de la concurrence changent aussi. A la compétition qui s'appuie sur les prix, recherchée dans des "économies d'échelle" et "l'effet d'apprentissage", se substitue une compétition par "différenciation". Différenciation est employée ici au sens de Porter (³), et inclut les facteurs suivants : outre la personnalisation des produits déjà évoquée, les délais, les services après vente, la qualité sous toutes ses formes. Dans ce contexte, l'objectif de réduction des coûts unitaires de fabrication ne disparaît évidemment pas. Mais il ne devient, en revanche, qu'une composante d'un enjeu beaucoup plus large qui est la maîtrise du coût économique du cycle complet, allant de la conception du produit en amont

Voir, entre autres, Aglietta M., Brender A., *Les métamorphoses de la société salariale*, Paris, Calman-Levy, 1984.

Pour donner deux exemples provenant de l'industrie automobile, pour un modèle de base, tel que R5 de la firme Renault ou la Ford "Fiesta", il existe en moyenne une centaine de variantes, suivant les options, les spécifications ou les normes à l'exportation.

Porter M.E., *L'avantage concurrentiel. Comment devancer ses concurrents et maintenir son avance ?*, Paris : Inter Editions, 1986.

jusqu'à son transport, sa distribution et son "suivi après-vente" en aval 0). Autre caractéristique des marchés d'aujourd'hui : la forte montée de l'incertitude quant à leur évolution dans le temps. Les firmes doivent être capable de réagir très vite à des changements d'apparence aléatoire. La rapidité de leur réponse aux sollicitations du marché devient l'élément central ⁽²⁾. De plus en plus, même pouvoir répondre rapidement ne suffit pas. Il faut être en mesure d'anticiper sur les changements à venir, voire participer à leur production grâce à des innovations susceptibles de capter (ou de créer) des segments de marché. De là, une nouvelle vision du processus de production, conçu non plus comme usage optimal de ressources données, mais comme création continue de ressources, de nouvelles formes de production et de consommation ⁽³⁾.

Les mutations décrites précédemment, multiformes et variées, n'en convergent pas moins quant à leurs effets : elles exigent de l'entreprise un potentiel de plus en plus élevé de flexibilité et d'intégration. Flexibilité du système de production, d'abord. Ce dernier doit être prêt à des reconfigurations de plus en plus fréquentes et diversifiées, afin d'assurer la fabrication des produits dont le renouvellement et la variété vont croissants. Flexibilité des organisations et des qualifications des opérateurs, qui doivent accompagner (et stimuler) les changements technologiques et les processus d'innovation, ensuite. Mais pour que la flexibilité des composants de l'espace de production, pris séparément, porte pleinement ses fruits, une condition s'impose : l'intégration. On touche ici un trait central du paysage actuel : la coordination de plus en plus intense de multiples éléments qui composent l'espace de production, de l'achat des matières premières au service après vente du produit fini, autour d'objectifs et d'enjeux transversaux ("juste à temps", projet d'innovation, "qualité totale" ⁽⁴⁾). Or qui dit coordination, dit communication. Cette

Sur ces questions, voir Veltz P., *Informatisation, organisation et gestion de la production industrielle*, note CERTES-ENPC, mars 1986.

Voir surtout Cohendet P. et al., "Propriétés et principes d'évaluation des processus de production dans un régime de variété permanente", in Cohendet et al. (Eds), *L'Après-Taylorisme*, Paris, Economica, 1988, pp. 55-73 ; Coriat B., *L'atelier...*, op.cit.

Voir Amendola et al., *La dynamique économique de l'innovation*, Economica, Paris, 1988.

L'évolution de la fonction Qualité est plus que significative à cet égard. Ayant acquis une autonomie institutionnelle grâce au développement des techniques statistiques (cartes de contrôle) à partir des années 30, devient la fonction

dernière dans un contexte d'incertitude forte ne peut être qu'ouverte, dynamique et non-programmée, rebelle à la codification et la formalisation. La communication horizontale, à tous les niveaux, entre des acteurs appartenant à des lieux institutionnellement disjoints, acquiert un caractère central pour l'efficacité productive (¹).

C'est cette montée d'importance de la communication horizontale qui déstabilise profondément le mode de régulation taylorien. Rappelons qu'une des caractéristiques les plus fortes de ce dernier a été la division de la firme en grandes "unités fonctionnelles", dont chacune était responsable d'une phase précise du cycle de la production. Structurées à la fois autour de cultures techniques particulières et de sous-objectifs technico-économiques partiels, mobilisant des outils de gestion idoines, les fonctions avaient pris place dans un édifice marqué par des cloisonnements forts et une circulation minimale d'informations, au demeurant très codifiées. Edifice qui a su réaliser une économie radicale des communications horizontales. Ce modèle d'organisation a donné de bons résultats aussi longtemps que l'environnement était stable, dans la mesure où les sous-objectifs de chaque fonction ont eu le temps de se fixer et de s'ajuster les uns aux autres. Il est en revanche complètement mis en porte-à-faux par le contexte actuel qui transforme la qualité de la communication horizontale en ressource critique de l'efficacité.

transversale par excellence, concernant toutes les fonctions : le Bureau d'Etudes dans le choix du produit, le Bureau de Méthodes dans le choix des moyens de production, et la fabrication bien sûr.

¹ Zarifian P., *La nouvelle productivité*, Paris, L'Harmattan, 1991.

SECTION 2. LE METROPOLITAIN (1900-1990)

1. La naissance

Pour comprendre la naissance du métropolitain en tant que projet novateur de transport de masse, il faut se référer sûrement aux évolutions qui ont remodelé le visage de grandes villes occidentales durant la seconde moitié du 19^{ème} siècle. Evolutions qui ont suscité parmi certains acteurs ⁽¹⁾ l'apparition d'un volontarisme clairement affiché avec comme point d'application la maîtrise du développement urbain. Nous ne pouvons ici relater ni tous les débats qui ont précédé et participé à l'accouchement du projet, ni les stratégies et les jeux multiples d'alliances et d'oppositions déployés par les acteurs qui y sont impliqués de près ou de loin (Ministère des Travaux Publics, Conseil Municipal, Ingénieurs des Ponts et Chaussées, Préfecture, Compagnies de Chemins de fer, grands propriétaires) ⁽²⁾. Insistons sur le fait que le projet a pu voir le jour grâce à la résolution du Conseil Municipal et après avoir acquis une alliance, quelque peu inattendue, entre les élus et les membres du Corps des Ponts et Chaussées de la Seine. Quels sont les besoins reconnus par le Conseil, à l'origine de son initiative ? Après une analyse du phénomène d'urbanisation ⁽³⁾, le Conseil constate que l'émigration vers les villes à la suite des transformations de techniques agricoles et des formes d'industrialisation, constatée dans le passé, se perpétuera dans l'avenir. Face à ces flux importants et à leurs effets sur le paysage de la ville (densification et détérioration de l'habitat, hausse des loyers, pénibilité des migrations quotidiennes des travailleurs, gaspillage de temps et d'argent...), la politique suivie jusqu'alors en matière de transports en commun, politique obéissant à une logique purement

Dans le cas du métro et plus généralement des transports en commun, ce volontarisme est à lier au mouvement du "socialisme municipal" (1880-1914), qui se manifeste en France comme dans d'autres pays d'Europe, par des tentatives de politique de logement, puis de planification de l'extension urbaine. Sur le socialisme municipal, voir rapidement Gaudin J.P., *Technopolis. Crises urbaines et innovations municipales*, Paris, PUF, coll. Economie en liberté, 1989.

Sur ces questions, voir Daumas M. (sous la direction de), *Analyse historique de l'évolution des transports en commun dans la région parisienne de 1855 à 1939*, rapport DGRST (Centre de Documentation d'Histoire des Techniques), 1977 ; Guerrand R.H., *L'aventure du métropolitain*, Paris, La Découverte, 1986. Sur le mouvement d'urbanisation de l'époque, voir *Analyse historique...*, op.cit., deuxième partie, § "Evolution démographique et économie".

adaptative, est nettement défectueuse. Par conséquent, *"il est du plus grand intérêt pour la population active et laborieuse de Paris que les moyens de transport rapides et économiques, mis à sa disposition soient constamment à la hauteur des besoins puisque, lorsqu'ils font défaut, les pertes de temps, d'argent et les fatigues atteignent une importance si formidable"* ^(x). Douze ans plus tard (1895), le Ministre des Travaux Publics, initialement hostile au projet d'un métropolitain dont le tracé et les conditions d'exploitation seraient définis par la ville, cède à la volonté du Conseil Municipal. Un nouveau moyen de transport en commun est né. Discret, car souterrain, n'entraînant par conséquent ni frais d'expropriation, ni gênes ⁽²⁾, le métropolitain sera la réponse technique à un problème social. Son visage concret pourra être laissé aux soins de l'Ingénieur qui va prendre en main le processus de concrétisation du principe abstrait de la circulation souterraine. Protégé contre des pressions extérieures (intérêts lucratifs des grandes Compagnies), traduisant l'intérêt public dont le Conseil se porte garant, l'Ingénieur pourra déployer librement sa rationalité qui misera sur les vertus de la technique. Cette *technique* qui sera déjà au rendez-vous au moment où le métropolitain naît, pour défendre son autonomie contre toute sorte d'empiétement tenté par les Compagnies de Chemins de fer. *"Si la ville adopte la voie normale, l'Etat violera les conventions à la première occasion. Pour éviter l'accaparement du réseau urbain par les grandes Compagnies, le seul moyen est d'opposer une impossibilité matérielle à la circulation de leurs trains"* ⁽³⁾. La municipalité adoptera le principe de la voie étroite (écartement à un mètre, qui sera ultérieurement amené à 1,30 mètre) en instaurant ainsi l'impossibilité matérielle ⁽⁴⁾ pour les trains des grandes Compagnies d'y circuler.

Préfecture de la Seine, rapport présenté par Deligny E. et Cernesson L. au nom de la Commission spéciale du Métropolitain, rapports et documents, 1883, doc. 30, p. 6.

"A Londres, le chemin de fer construit généralement en dehors du sous-sol a entraîné de coûteuses expropriations (...) ; à New York, la libre initiative individuelle a développé très largement la constitution de tout un réseau de voies aériennes sur poutres métalliques qui a causé une grande gêne pour les riverains et des indemnités qui compromettent l'existence des compagnies", *Préfecture de la Seine*, rapport op.cit., cité in *Analyse historique...*, op.cit., p. 61.

Préfecture de la Seine, op.cit., p. 24.

Notre intérêt principal portant sur les pratiques d'un mode de régulation, les développements succincts consacrés à la naissance de pratiques de régulation doivent être lus surtout comme une mise en garde contre une explication

2. Les années de formation (1900-1925)

Solution technique, solution de l'Ingénieur, qui, à l'instar du projet Taylorien (1) s'insère dans le système des rapports sociaux de l'époque en essayant d'apporter des réponses aux problèmes qui en émanent de manière la plus discrète possible, le métropolitain va chercher son visage stable pendant trente ans environ (1900-1930). C'est le même acteur, la technique, qui occupera pendant cette période le devant de la scène dans les pratiques de régulation, en imprimant de manière forte ses traces sur l'organisation du travail et sur la configuration de l'espace d'acteurs impliqués. C'est à partir et autour de cet acteur et de son porte-parole, l'Ingénieur, que nous organiserons notre présentation des pratiques de régulation développées au sein du métropolitain. Mais avant de s'y pencher, passons à un certain nombre de caractéristiques spécifiques du produit-transport, dont l'identification aidera à l'intelligence de ce qui va suivre (la description des pratiques).

Tout d'abord, le transport est un produit en manque de "matérialité", non stockable, ou si l'on veut, un objet qui doit être consommé (par la présence des usagers-voyageurs) au moment où il est produit. Compte tenu du fait que les moments de la production et de la consommation sont contemporains, la gestion du métro se trouve contrainte de déployer ses pratiques dans les *limites du temps réel*, ce qui fait de la circulation de l'information et de la communication entre les agents (*humains et inanimés*) impliqués, la ressource indispensable pour une régulation cohérente. Toute l'histoire du métropolitain jusqu'à nos jours montre que cette cohérence sera recherchée de manière obstinée du côté de la technique. De là, toutes les tentatives qui visent à une articulation judicieuse des dispositifs constituant l'armature technique du métro (trains, signalisation...), dont le fonctionnement automatique

fonctionnaliste selon laquelle ce sont les besoins réels et objectifs (par exemple le besoin de se protéger contre les inondations, la nécessité d'améliorer les conditions de la circulation...) qui s'imposent d'eux-mêmes, par le simple fait d'exister, à la société sans la médiation de certains acteurs, porteurs de projets (très souvent conflictuels), qui accordent un sens à ces besoins. La façon dont ces besoins sont accueillis au sein d'un système d'acteurs, qui lui-même évolue au fur et à mesure que le projet se cristallise, est un passage obligé pour l'intelligence du phénomène de la naissance d'un mode de régulation.

Et du réseau d'égouts comme on le verra plus bas dans le cas de l'assainissement.

assurera le résultat voulu sans qu'une intervention humaine soit nécessaire. De là également, la suspicion constante de l'Ingénieur-concepteur à l'égard de tout élément humain qui participe au fonctionnement du système, suspicion qui sera traduite par des efforts constants de contrôle et de prescription. Explicitons tout cela.

"Le Chemin de Fer métropolitain apparaît en effet, comme un champ d'application très séduisant pour l'automatisation, car ce système est le siège d'un phénomène éminemment répétitif: des trains de composition identique effectuent, à toute heure du jour, la même ronde avec les mêmes arrêts, les mêmes vitesses-limites en certains points du parcours et à peu de choses près, les mêmes programmes de vitesse et d'accélération ainsi que leur mise en service au garage" (1). Lignes écrites à la fin des années 70. L'automatisation de la conduite, faisant déjà figure du passé, cherche ici sa justification dans la répétitivité du phénomène à automatiser. La récurrence du mot "même" qui ponctue le texte, est là pour nous en persuader. Les paroles sonnent justes. Elles le sont, au moins durant ces moments heureux où l'accident est absent et où réalité et programme coïncident. Le métro est un système dont le fonctionnement est en effet rythmé par la répétition et le temps périodique. Il est programmé pour cela. Dès le début, il s'est voulu système clos et auto-suffisant avant de le devenir par briques successives. *Régularité, simplicité, automaticité* orientent les pratiques de conception du métropolitain sur toute la ligne diachronique de son histoire. Régularité, simplicité, automaticité. En réalité ces trois notions forment un réseau mutuellement renforcé, l'une étant une condition requise (2) pour la mise en œuvre efficace des autres. Ainsi pour automatiser (3), la régularité est une condition nécessaire (souhaitable) puisqu'elle assure que les conditions d'application du programme d'automatisation sont toujours réunies. De même la simplicité facilite la mise en œuvre de processus automatiques. A son tour, l'automaticité confère au fonctionnement du système des traits durables de régularité. C'est tout d'abord dans le programme général de l'exploitation du métro tel qu'il est mis en œuvre dès son début et reste aujourd'hui encore en vigueur, que

Système technique d'exploitation du métro de Paris, RATP (document interne), sans date, p. 1.

Au moins dans la pratique.

Au sens large du terme : assurer le fonctionnement du système sans intervention humaine et sur la base de programmes préétablis.

l'on trouve ce souci de simplicité. Tandis que le projet initial de 1893 avait prévu que l'exploitation se ferait par circuits fermés, disposant des "*parties communes (...) sur lesquelles (...) devaient circuler des trains appartenant à deux lignes différentes*" ⁽¹⁾, la solution finalement retenue ne comportait que des lignes indépendantes les unes des autres. Substitution qui allait dans le sens de la simplification, le projet initial nécessitant de nombreux "*aiguillages, dont le parfait fonctionnement exigerait une attention extrêmement soutenue par les agents de l'exploitation*" ⁽²⁾. C'est pour la même raison de simplicité que l'on a opté pour une logique omnibus, à la place d'une organisation visant à desservir avec une plus grande fréquence les stations les plus fréquentées, solution rationnelle mais nécessitant une gestion complexe de l'itinéraire de chaque train. "*A côté de la plus sûre technique, ils trouveront, dans maint passage, le reflet de la préoccupation de simplicité (...). Des rames uniformes, effectuant toutes, les mêmes arrêts. Pas de trains express, comme à New York et à Londres (...)*" ⁽³⁾. De même "*l'exploitation en you à branches divisées*" doit être "*évitée dans toute la mesure possible*" ⁽⁴⁾. En ce qui concerne la conception de terminus, on parle de "*l'harmonieuse simplicité du terminus en boucle*" ⁽⁵⁾ et on n'hésite pas à construire des souterrains réalisant une et quelque fois deux boucles à la place d'un terminus avec manœuvre en tiroir (figure 9) "*(...) afin d'éviter une manœuvre terminale de rebroussement, jugée alors délicate (...)*" ⁽⁶⁾.

Simplicité, régularité : idées directrices pour la pratique, solidaires d'une autre hantise qui travaille le référentiel de l'ingénieur, celle de l'automaticité. On a voulu que le métro, à l'instar de l'automate leibnizien, soit ce tournebroche qui, une fois monté, exécute de lui-même ses mouvements, grâce à un enchaînement mécanique de ses parties, pris dans des rapports de dépendances mutuelles et d'actions réciproques. Voici quelques images de l'exploitation. Le signal est vert, le train

¹ Dumas A., *Le chemin de fer métropolitain de Paris*, Paris, Béranger, 1901, p. 173.

² *Ibid.*, p. 174.

³ Fauconnier M., Préface de Pornin R., *La signalisation du chemin de fer métropolitain de Paris*, Paris, Eurolles, 1944, pp. 7-8.

⁴ *Ibid.*, p. 8.

⁵ *Ibid.*, p. 9.

⁶ *Ibid.*

franchit le signal qui devient aussitôt rouge. Le convoi suivant s'arrête. Quelques instants plus tard, le premier train franchit un autre signal, situé en aval du premier, qui redevient vert. Le train immobilisé redémarre... Le premier train entre dans la station. Le flux de voyageurs qui se trouve encore dans les couloirs se heurte à une porte métallique, qui se ferme lentement devant leur nez, après avoir été commandée *automatiquement* par une pédale, actionnée elle-même par les roues du train lors de son entrée dans la station. Le train rempli de voyageurs quitte la station. La porte métallique s'ouvre à nouveau, les voyageurs coincés dans les couloirs prennent leur place sur le quai pour attendre la rame suivante... Orchestration d'un mouvement régulier, assuré par le mouvement lui-même ⁽¹⁾. Espace peuplé d'objets où l'homme est considéré presque comme un intrus, susceptible d'interrompre la régularité du mouvement produit par la technique. Heureusement cette dernière peut assurer son auto-protection. Le flux de voyageurs sera endigué au moyen de couloirs en sens unique et des portes verrouillées. Des portillons automatiques barrant l'accès aux quais régularisent le débit d'entrée dans chaque rame. Quant au conducteur, après lui avoir demandé "*l'obéissance passive (...) aux signaux*" ⁽²⁾, on le remplacera quand l'état de la technique le permettra par le pilotage automatique. Approchons-nous de ces images, qui entremêlent des choses et des hommes.

On trouve dans le livre de Thierry J.B., Ingénieur Général de l'Ecole des Ponts et Chaussées, consacré au métropolitain, plusieurs illustrations de cet idéal de l'automatisme, qui semble hanter les Ingénieurs de l'époque (Thierry J.B., *Etude sur le métropolitain de Paris*, Paris, Béranger, 1907). En voici quelques unes : "*Quant au lavage du radier en asphalte (...), il s'effectuerait de lui-même sous l'écoulement de l'eau allant aux ruisseaux. Aucune main-d'œuvre de balayage ne serait nécessaire. Et l'assèchement arriverait chaque matin sous le hâle produit par le passage des premiers trains*" (p. 30) ; ou, "*L'air du souterrain étant régénéré chaque nuit, on pourrait, pour entretenir l'air des voitures dans un état de pureté et de fraîcheur convenables, recourir cette fois à la ventilation locale créée autour des trains par la vitesse de marche*" (p. 30) Et également, "*Faire asseoir les voyageurs latéralement au courant d'air et la face tournée vers lui, pour que leurs souffles, se trouvent projetés dessus, soient sans cesse balayés et entraînés du dehors de la voiture*" (p. 31).
Fauconnier M., *La signalisation...*, op.cit., p. 11.

2.1. Le voyageur

Raison d'être du système, le voyageur est perçu comme un défi constant pour le programme d'exploitation. A cause de la spécificité du produit "transport", consommé au moment de sa production, le voyageur-client, à l'opposé de ce qui se passe dans le monde industriel ⁽¹⁾, se trouve littéralement (physiquement) au sein du système de production. Sa présence physique est vécue par les ingénieurs comme un défi supplémentaire à la régulation, défi qu'ils doivent surmonter. Les voyageurs en accédant "aux quais par des passages réservés à la sortie" ⁽²⁾, provoquent "des encombrements et par suite des retards dans l'exploitation" ⁽³⁾. Pire, ils peuvent se transformer subitement en foule, aux réactions souvent imprévisibles ⁽⁴⁾. Cette peur de la foule qui hantera dès le début le métropolitain ne cessera de s'affirmer tout au long de son histoire. En 1907, Thierry J.B., Ingénieur Général des Ponts et Chaussées, nourri de Gustave Le Bon ⁽⁵⁾, va consacrer dans son livre sur le métropolitain plusieurs pages à l'apaisement de cette peur. Esprit analytique, il va procéder à des typologies des foules, avant d'apporter le traitement approprié dans des paragraphes intitulés respectivement : "Evacuation d'un groupe de voyageurs paisibles et de sangfroid", "Evacuation des foules en colères", "Evacuation des foules en panique" ⁽⁶⁾. Images de foules, images d'hydraulique. "Le flot humain endigué par l'employeur de la Compagnie", peut-on lire dans le journal de l'époque ⁽⁷⁾ ; la même métaphore quelques 30 ans

¹ Sur la co-présence corporelle du consommateur et du prestataire au cours du service en acte, comme un trait qui distingue les services de l'industrie, voir rapidement : Delaunay J.C. et al., *Les enjeux de la société de service*, op.cit.

² Virgitti J., *Les installations du chemin de fer métropolitain de Paris*, Paris, Eurolles, 1933, p. 71.

³ *Ibid.*

⁴ Thierry J.B., *Etude sur le métropolitain de Paris*, op.cit.

⁵ Le Bon G., *La psychologie des foules*, Paris, Alcan, 1895.

⁶ Thierry J.B., *Etude sur le métropolitain de Paris*, op.cit. pp. 50-57. Soulignons que l'image de la foule ne pénètre pas l'imaginaire des Ingénieurs et des autres élites de l'époque uniquement. Beaucoup plus répandue, elle semble faire partie de ce répertoire d'images à travers lesquelles une époque entière appréhende le monde. Ainsi, dans un article paru dans *L'Humanité* du 20 décembre 1922, sous le titre "Les travailleurs du métro sous la férule des Compagnies", on peut lire : "La foule dense se presse, s'écrase (...)", "La foule nerveuse concentre ses fureurs", "La foule peut maigrir". Sur l'image de la foule, voir rapidement *Masses et politique*, Hermès, Ed. CNRS, 1988.

⁷ *Les travailleurs du métro*, in *Humanité* op.cit.

plus tard. *"Le mouvement des voyageurs s'effectue pendant les pointes d'une façon comparable à celui d'un flux dans la conduite. L'un comme l'autre subissent les effets de l'état, des dimensions et du profil de l'espace environnant qui agissent sur leur déformabilité, leur compressibilité, leur vitesse d'écoulement et sont susceptibles, s'ils sont mal adaptés, de donner lieu à des effets tourbillonnaires, à des coups de bélier, à des pertes de charges exagérés (...)"* ⁽¹⁾.

La suspicion et la peur à l'égard du voyageur, de ses comportements jugés imprévisibles, traversent l'histoire du métropolitain, se reflètent dans les escaliers avec grille de séparation, les battants et les portes verrouillées, l'obstination du "sens unique", dans le soin d'éviter *"dans la mesure du possible les cisaillements, sources d'embouteillages, et les virages à angles droit (...). Toute disposition formant cul-de-sac est formellement écartée en raison du danger qu'elle présenterait en cas de panique"* ⁽²⁾.

Ce discours nourri de soupçons et de représentations hydrauliques, qui voit en l'usager un atome qui se déplace, trouve une de ses premières applications dans les portillons automatiques (figure 10). Nous l'avons vu, le programme d'exploitation du métropolitain exige le mouvement régulier des trains. Un des facteurs qui conditionnent fortement le respect de cette régularité est le temps de stationnement durant lequel les voyageurs, déjà présents sur le quai, entrent dans les rames ⁽³⁾. Or, ce temps est proportionnel au nombre de voyageurs qui se trouvent sur le quai, nombre qui ne cesse d'augmenter pendant le stationnement par la venue de nouveaux voyageurs. Le résultat de cette situation n'est autre qu'un déficit systématique de régularité, le temps de stationnement étant un temps qui fluctue en fonction de la présence massive ou pas des voyageurs sur le quai. Pour pouvoir régulariser le débit des trains, on régularise le débit des hommes. Dès 1921, des portillons automatiques, barrant l'accès aux quais sont mis en service. Commandés

Derou G., *Le réseau ferré de la RATP. Problèmes généraux d'exploitation*, RAPT, 1958, p. 11.

"L'aménagement des stations du réseau métropolitain de Paris", Supplément au *Bulletin d'Information et de Documentation*, 2^e^m^e édition, RATP, 1966, p. 9.

Dans le cahier des charges, signé par la Ville de Paris et l'entreprise concessionnaire, il était stipulé que tout voyageur en règle sur un quai devrait pouvoir monter dans une rame. Le non-respect de cette clause pouvait être, en droit, un motif légitime de plainte contre la Compagnie.

de manière automatique par des pédales situées en amont et en aval de chaque station et actionnées par les trains eux-même, les portillons automatiques ont constitué pour un demi-siècle environ, une des pièces maîtresses des pratiques de régulation, en protégeant la régularité visée.

2.2. *Le conducteur*

La même suspicion que nous avons observée à l'égard du voyageur, investit également l'attitude de l'ingénieur vis-à-vis du conducteur. Conçu plutôt comme un mal nécessaire aussi longtemps que l'état de la technique le rend indispensable, le conducteur fera l'objet d'une attention soutenue de la part du concepteur du système. Son espace d'action sera circonscrit avec minutie, soumis à un contrôle constant grâce à un ensemble d'appareils techniques. Ce qu'on lui demande est tout d'abord, *"l'obéissance passive (...) aux signaux"* ⁽¹⁾, puisque *"la base de la sécurité est toujours l'attention humaine ; le problème est de la faciliter, de la retenir, de la contrôler"* ⁽²⁾. Comment ? Un système de modalités différenciées dans leur degré de prescription sera développé dans ce but. Physiologie et sanction s'allient dans ce but. Des considérations relevant de la physiologie seront présentées lors du choix des couleurs de la signalisation et de leur sémantique. Ainsi le blanc qui indiquait initialement au conducteur qui fallait s'arrêter, a été remplacé par le rouge, couleur *"plus sûre et susceptible de frapper d'avantage l'attention du conducteur de trains"* ⁽³⁾. La peur de la sanction est également mobilisée. *"La signalisation était enfin complétée par l'emploi d'avertisseurs*

Pornin R., *La signalisation...*, op.cit., p. 11.

² *Ibid.*

³ *Ibid.*, p. 32. Signalons que la "physiologie" est fort présente lors du recrutement de la main-d'œuvre (conducteur). Aussi, en juin 1924, un laboratoire de psychotechnique a été créé sous la direction de Lahy, un des pères de l'ergonomie en France (sur Lahy, voir Ribeill G., "Les débuts de l'ergonomie en France à la veille de la Première Guerre Mondiale", *Le Mouvement Social*, n° 113, octobre-décembre 1980, pp. 3-36), chargé de développer des tests susceptibles de révéler les aptitudes spéciales aux différentes catégories de main-d'œuvre; voir Rognon E., "L'organisation du travail à la Société des Transports en commun de la région parisienne", *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, mars 1929, pp. 205-251.

sonores prévenant les gares d'un franchissement intempestif de signal au rouge" 0).

Initiative de la technique, passivité des hommes. Ainsi se sont projetées les pratiques de régulation. Mais la technique n'est pas omnipotente. Elle assure une grande partie de la régulation du système, elle protège le programme d'exploitation de l'action intempestive des voyageurs mais elle ne peut pas évincer des pratiques de régulation tout élément humain. Les rames doivent être conduites, entretenues, réparées. C'est vers les choix organisationnels qui ont présidé à l'époque que nous nous tournerons dans ce qui suit.

2.3. *Les hommes et les organisations*

Postérieur aux premiers chemins de fer, le métro va calquer pour l'essentiel son organisation sur le modèle standard, progressivement constitué par les Compagnies d'Exploitation de chemin de fer au long de la première moitié du XIX^{ème} siècle (²). Ainsi, dès le début (1900), on trouve une division de travail organisée autour de deux grands services : le *Mouvement*, regroupant en son sein l'ensemble du personnel des gares, des stations et d'accompagnement des trains (chef de train et gardes de voiture (³)) ; le *Matériel et Traction*, comprenant le personnel de conduite

Pornin R., *La signalisation...*, op.cit., pp. 24-25.

Sur les choix organisationnels dans le domaine des chemins de fer, voir Ribeill G., "Gestion et organisation du travail dans les compagnies de chemin de Fer, des origines à 1860", *Annales ESC*, n° 5, septembre-octobre 1987, pp. 999-1029.

Chef de train et gardes de voiture : agents d'accompagnement de train, chargés du service en station (ouvrir et fermer les portes et surveiller la montée et la descente des voyageurs). Le chef de train devait en outre donner l'ordre de départ au conducteur. Il était chargé également de remplir la feuille de marche qui consignait les irrégularités et les incidents. Il constituait l'interface entre les agents de gares et stations et le conducteur. A l'origine du métro, il y avait un garde par voiture, mais leur nombre a été réduit au fur et à mesure de l'amélioration des mécanismes de contrôle de portes (systèmes électropneumatiques) jusqu'à ne garder que le garde chef ou chef de train. Ce dernier poste a été à son tour supprimé lors de l'installation du pilotage automatique. Pour plus d'informations, voir Réverard P., *Des conditions d'exploitation du chemin de fer métropolitain*, Paris, Rousseau, 1904 ; et plus récemment, Bouvier P., *Technologie, Travail, Transports : les transports parisiens de masse (1900-1985)*, Paris, Librairie des Méridiens, 1985 ; Robert J., *Notre métro*, 2^{ème} édition, Paris, 1983.

et d'entretien du matériel roulant. A peine créée, cette structure a dû être modifiée suite à l'accident de la station Couronnes survenu le 10 août 1903 et provoquant la mort de 84 personnes. Cet accident a fonctionné comme un catalyseur de ce premier modèle organisationnel, en participant à une prise de conscience des différences qui existent entre métro et chemin de fer, surtout sur le plan de la sécurité. Il a fait ressentir la nécessité de donner au conducteur comme mission principale la sécurité de la circulation des trains beaucoup plus que l'intervention sur les avaries en ligne. Ainsi, le service "Matériel et Traction" a été démantelé en donnant lieu à deux services distincts, le service Traction auquel revient les tâches de conduite, désormais associé au service Mouvement, et le service Matériel roulant consacré aux problèmes de l'Entretien (*). Cette structure tripolaire obéissant à une logique de lisibilité quant aux tâches confiées et aux responsabilités imputées à chaque service est restée depuis inchangée. Dans ce qui suit, après avoir présenté la pensée de l'Ingénieur, cristallisée dans des dispositifs techniques et dans des choix organisationnels, nous essayons de voir ce complexe composé des hommes et des objets inanimés en acte. Ce sont les années de routine.

3. Les années de routine (1925-1965)

Durant une période qui s'étale sur quarante ans environ (1925 ~ 1965), le métro semble avoir vécu à l'abri du temps, sans connaître de changements de grande ampleur, tels que ses parties constitutives ainsi que les caractéristiques dominantes

Pour une présentation détaillée des modifications tant organisationnelles (création du poste de chef de secteur Traction chargé de la direction des opérations en cas d'avarie survenue en ligne d'un train...) que techniques (sectionnement électrique du réseau (1904), l'installation d'avertisseurs d'alarme (1906), l'installation d'éclairage de secours (1907)), suite à l'accident, voir Bouvier P., *Technologie...*, op.cit. et Robert J., *Notre métro*. Aux raisons officielles avancées en faveur des modifications mentionnées (nécessité de garantir à tout prix la sécurité, augmenter les capacités de réaction et d'intervention), Bouvier en ajoute une autre à titre d'hypothèse selon laquelle la séparation entre les personnels d'entretien (service Matériel roulant) et conduite (Traction) n'exprime pas uniquement la recherche de la sécurité (grâce à l'imputation de tâches et de responsabilités bien circonscrites), mais elle "pourrait aussi illustrer cette volonté [de prévenir tout mouvement de revendication risquant de solliciter l'ensemble des personnels], étant donné la combativité des ouvriers d'atelier des compagnies ferroviaires, combativité qui pouvait éventuellement entraîner plus facilement l'équipe conduite (...)". Bouvier P., *Technologie...*, op.cit., p. 47.

de leur articulation ne se trouvent affectées. En effet, au bout d'une série d'expériences, de tâtonnements et d'essais déployés sur quelques vingt cinq ans après l'inauguration de son fonctionnement, le métropolitain s'est doté d'un visage en traits organisationnels et techniques aussi lisibles que stables. Dans ce qui suit, en centrant notre récit sur les acteurs impliqués dans la régulation, les rôles tenus et les rapports noués, nous tenterons de présenter rapidement les pratiques de régulation à l'œuvre durant cette période.

3.1. *L'Exploitation*

Rappelons tout d'abord quelques caractéristiques générales du programme d'exploitation du métropolitain défini à l'époque de sa mise en service (1900). Organisé en lignes disposant d'une autonomie à la fois fonctionnelle et gestionnaire, destiné à desservir selon un programme répétitif toutes les stations composant la ligne, le métro est conçu pour fonctionner selon la logique d'un automate dont les états sont fixés une fois pour toutes et circonscrits d'avance (voir p. 90). Une fois le programme de l'exploitation défini, les pratiques de régulation, par conséquent, auront comme objectif la matérialisation et la reproduction de cet ordre inscrit dans le programme d'exploitation. De là, tous les efforts en vue de protéger le métro de toute irruption venant de son extérieur et susceptible de perturber l'ordre voulu. Les portillons automatiques régulant le débit de voyageurs qui rejoignent les quais symbolisent de manière exemplaire cette stratégie d'isolement et de protection. Mais il est évident qu'un mouvement visant l'extinction de tout aléa de la réalité quotidienne des transports 0 peut difficilement aboutir à son terme. Par voie de conséquence, une bonne partie des pratiques de régulation confiées à l'organisation sera dévolue à la tâche de ramener la réalité déraillée sur son orbite normale. Compte tenu du fait que les moments de la production et de la consommation sont contemporains (voir p. 89), la gestion du métro se trouve contrainte de déployer ses pratiques dans *les limites du temps réel*, ce qui fait de la circulation de l'information et de la communication entre les agents (humains et inanimés) impliqués, la ressource indispensable pour une régulation cohérente. On a déjà vu qu'une partie de cette cohérence est obtenue de manière

Suicide, chute de voyageurs sur les voies, stationnement prolongé du train dans une station, pannes... .

automatique, grâce à une articulation judicieuse des dispositifs constituant l'armature technique du métro (trains, signalisation...). Le reste est assuré par le collectif de travail. Voyons comment.

Nous avons vu que les acteurs principaux impliqués dans le fonctionnement quotidien d'une ligne sont distribués pour longtemps au sein d'une structure bipolaire (Traction et Mouvement). Ainsi, le conducteur, le chef de secteur (¹), faisaient partie de la fonction "Traction", tandis que le chef de départ, le régulateur, le chef de station et le chef de train (²), étaient attachés à la fonction "Mouvement". Ces deux fonctions associées assuraient chacune une partie des tâches nécessaires pour la réalisation du programme de l'Exploitation. Elles avaient, en outre, à leur disposition un arsenal de moyens de communication :

- un réseau téléphonique manuel reliant une station donnée avec les deux stations voisines ;
- des postes de téléphone fixes placés dans les tunnels (près des appareils de voie), à l'intention du chef de train et reliant la station en amont et les terminus ;
- un fil nu de téléphonie, fixé au pied-droit du tunnel, auquel le chef de train pourrait brancher un combiné (une fois le train arrêté) pour communiquer avec le chef de la station en amont (³).

Les protagonistes de la régulation montés sur la scène, voici les deux pièces, intitulées respectivement : circulation normale (application du programme préétabli) et circulation perturbée.

Nous laissons la parole à Ronsin A. qui, dans un compte rendu concis et clair, dresse un panorama des pratiques de régulation, présentes à l'époque.

Chef de secteur : chargé de veiller à la marche et à la sécurité des trains dans son secteur (moitié de la ligne) et d'intervenir en cas d'avarie sur la ligne.

- Régulateur : responsable de la régularité du trafic et chargé, en accord avec le chef de secteur, de prendre les mesures nécessaires pour réduire au minimum les conséquences d'un incident.

- Chef de station : chargé de gérer le bon fonctionnement de sa station (installations, train, personnel).

- Chef de départ : responsable de l'organisation de chaque terminus.

Voir "Les 75 ans du métro, Supplément au *Bulletin d'Information et de Documentation*, RATP, 1975, p. 33.

"Circulation normale des trains. Dans une exploitation où les rames se suivent à faible intervalle et suffisent tout juste à satisfaire la demande de trafic, il est essentiel d'égaliser les charges des trains successifs. Pour obtenir ce résultat, il est nécessaire que les trains circulent à intervalle régulier, ce qui suppose que ces trains partent régulièrement du terminus et que leurs marches soient ensuite semblables.

Les chefs de départ, chargés de donner à chaque train le signal de départ du terminus, devaient apporter une attention constante à la "pendule" dont ils disposaient, pour ne pas créer d'intervalle excessif entre deux trains par l'expédition retardée d'un train.

Les conducteurs devaient ensuite respecter la "marche-type", c'est-à-dire respecter les temps de parcours comptés à partir de l'instant du départ du terminus. Pour contrôler ces temps, chaque conducteur observait sa montre, qu'il avait eu soin de régler sur la pendule d'un terminus. Les gradés du service de la Traction surveillaient en ligne le respect de la marche-type" (}).

Et quant à la circulation perturbée :

"Retards inférieurs à 10 minutes. Les incidents de faible importance, donnant lieu à des retards inférieurs à 5 minutes, étaient traités par la retenue des trains qui précédaient le train retardé de manière à tenter d'égaliser les charges des trains successifs et d'éviter la surcharge du train retardé. Simple dans son principe, l'application était difficile vu la précarité des moyens de transmission. Ainsi, par exemple, lorsque le personnel d'un train signalait à un chef surveillant un retard de deux minutes, il fallait que, sans retard, le chef surveillant transmette l'information à l'ensemble de la ligne par liaison téléphonique "appel général". Le chef de départ du terminus amont, en consultant la liste des heures de départ du terminus et compte tenu de l'horaire, déterminait la station où il pouvait retenir la rame précédente et il donnait l'ordre au chef surveillant de la station concernée de retenir cette rame pendant, par exemple, 1mn 30s. Les rames qui précédaient pouvaient être, respectivement, retenues de la même manière de 1 minute à 30 secondes.

Une telle intervention, pour se passer au mieux, nécessitait que les chefs surveillants répondent rapidement au téléphone, que les temps nécessaires à la transmission téléphonique des informations et des ordres soient aussi courts que

possible et, aussi, que le retard initial soit correctement annoncé par le train retardé

"Retards supérieurs à 10 minutes. Dès que les trains comportèrent un poste de conduite à chacune de leurs extrémités, il fut possible de faire organiser par les gradés des "services provisoires" chaque fois que le retard semblait devoir dépasser 10 minutes. Pour illustrer ce principe, supposons une rame longuement immobilisée à Palais-Royal sur la ligne n°1 ; les gradés du service du Mouvement allaient s'efforcer d'utiliser les appareils de voie qui existent à Châtelet et Concorde pour maintenir une circulation des trains, dans les deux sens, d'une part, entre Porte de Vincennes et Châtelet, d'autre part, entre Porte Maillot et Concorde. Ces appareils de voie étaient manœuvres à la main ; la signalisation de protection des manœuvres était assurée par des lanternes mises en place et manœuvrées par du personnel envoyé en renfort. La coordination locale des actions était assurée par un gradé dépêché surplace. On conçoit aisément que, dans ces conditions, la décision d'exécution d'un service provisoire ne pouvait être suivie d'effet qu'après un délai non négligeable (...)" (2).

De ce récit, deux choses apparaissent clairement. Le rôle majeur de l'information dans la régulation, ainsi que la fragilité du système censé la traiter. En effet, le fait que le chef surveillant (autre appellation du chef de station), acteur par lequel transitent toutes les informations nécessaires à la coordination des actions à entreprendre tout au long de la ligne, suite à une perturbation du programme d'exploitation, est investi d'autres fonctions commerciales qui peuvent l'éloigner de son poste, a comme conséquence fâcheuse la rupture fréquente de la chaîne d'information. Comme on le verra dans la suite, cette fragilité intrinsèque de la chaîne de communication posera des problèmes sérieux à la régulation lors de l'augmentation de la demande en matière de transports collectifs durant les années 60. Le besoin de resserrer les intervalles entre les trains afin d'augmenter l'offre pose avec plus d'acuité le problème de la synchronisation des actions et de la rapidité des interventions face aux aléas. Mais avant de passer aux réponses données par l'entreprise aux défis provenant du contexte des années 60, marqué par l'expansion de la demande en matière de transports collectifs, abordons rapidement

¹ *Ibid.*, pp. 34-35.

² *Ibid.*, p. 35.

un autre acteur du système, le service *Matériel*, investi de la fonction de dépannage et d'entretien des rames.

3.2. *Les rapports entre l'Exploitation et l'Entretien*

Les rames démarrent, circulent, s'arrêtent, s'usent. Tandis que Traction et Mouvement se trouvent inextricablement mêlés dans la régulation en temps réel du fonctionnement de la ligne, liées par des flux d'information, une troisième fonction, celle du *Matériel*, s'occupe de l'usure du matériel, toute seule et installée dans le temps périodique. *"La révision des véhicules est effectuée à intervalles périodiques qui sont de quatre ou cinq jours pour le petit entretien (nettoyage, lavage, réglage des trains) ; de six mois, en principe pour la révision générale des motrices (mise au point de l'équipement électrique et des moteurs de traction, bardages, roues et essieux, peinture). Les remorques ne sont révisées que tous les dix-huit mois environ"* (¹). Au clivage temps réel/temps différé vient se surimposer une configuration fonctionnelle dont les deux pôles, occupés respectivement par le "tandem *Traction/Mouvement*" (temps réel) et *l'Entretien* (temps différé). Configuration qui ne manque pas par certains aspects d'être marquée par des cloisonnements forts, chaque pôle vivant sa temporalité propre avec peu (et au demeurant codifié) de points de contact : tous les X jours, selon un calendrier prédéfini, la rame change de pôle, et devient par cet acte de passage leur seul point de contact. Donc, deux univers au moins, deux genres de rapports au temps étrangers mais dont la cohabitation au sein d'une architecture fonctionnelle s'explique cependant par les caractéristiques techniques du matériel à entretenir. En effet, le matériel de l'époque, robuste, simple, formé d'éléments, de pièces et d'organes surdimensionnés, résiste bien à la survenue des pannes nécessitant un dépannage immédiat, ce qui nécessiterait des rapports plus étroits entre la Traction/Mouvement et l'Entretien. De même, compte tenu des caractéristiques du matériel et de la qualification du personnel, l'entretien systématique assurait également les missions de l'entretien "prédictif". A partir d'indices recueillis lors de la révision systématique, l'Entretien anticipait sur les causes susceptibles de

Fauconnier M., "Les nouveaux ateliers du métropolitain de Paris à la Porte de Choisy", *Génie Civil*, n° 3, 1931, p. 54.

provoquer des avaries intempestives, et pouvait y porter remède avant que la panne ne se produise ⁽¹⁾.

L'arrivée du nouveau matériel suite au projet d'automatisation de la conduite des années 70, équipé d'une armature électronique, va briser cette cohérence et exigera des nouvelles articulations entre l'Exploitation ⁽²⁾ et l'Entretien. Cloisonnements et rapports basés sur la périodicité s'avèrent incompatibles avec les caractéristiques du nouveau matériel, plus fragile et aux comportements imprévisibles. Les pannes, évincées de manière relativement efficace jusqu'alors de l'univers de l'Exploitation, surgissent à nouveau.

4. Une crise prolongée (1965-1990)

Des années de routine à la crise. Jusqu'ici, notre historique étalé sur quelques 60 ans (1900-1965) a essayé de suivre le mouvement de constitution progressive du visage tant technique qu'organisationnel du métro (1900-1925), pour s'intéresser ensuite à ce que nous avons appelé les années de routine (1925-1965), période durant laquelle des acteurs distribués à l'intérieur d'une morphologie organisationnelle stable, tenant des rôles bien circonscrits, essaient de faire fonctionner le programme d'Exploitation, défini pour l'essentiel au début du siècle. Durant cette période (1925-1965), le métro semble avoir vécu à l'abri du temps, dans une stabilité perturbée à peine par quelques modifications "à la marge" liées à la modernisation du matériel roulant ⁽³⁾. Cette stabilité semble être mise en cause à la fin des années 60, époque marquée par des politiques intenses de modernisation

Le résultat est jugé plus que satisfaisant. *"Grâce à cet entretien très soigneusement contrôlé, le nombre des avaries par 100.000 voitures-kilomètres est descendu en 1929 à 0,84 donnant un temps de retard moyen imputable à l'exploitation de moins de 1 minute par 1.000 heures de marche continue d'une voiture"* ; *Le chemin de fer métropolitain de Paris (Le métropolitain et l'exposition coloniale internationale de 1931)*, Paris, 1931, p. 41.

Sur les caractéristiques du matériel et les pratiques correspondantes de l'Entretien, voir Levy C, "Le matériel roulant du métro : son évolution de 1900 à 1938", in *Les 75 ans du métro*, op.cit., pp. 37-46 ; Robert J., *Notre métro*, Paris, 1983 ; Charron E. et al., "Conception des équipements et travail de maintenance", *GIP Mutations Industrielles*, n° 30, 1989.

Le terme Exploitation regroupe les deux services, celui du Mouvement et celui de la Traction.

Sur l'évolution du matériel roulant, voir Robert J., *Notre métro*, op.cit.

des pratiques d'exploitation, et dont le pilotage automatique constitue la figure emblématique. Acteurs et observateurs semblent tomber d'accord pour qualifier cette période de porteuse de ruptures dans un ordre figé. Notre lecture sera autre. Sans nier, loin de là, l'importance des politiques de modernisation entreprises depuis la fin des années 60 (sur les rapports par exemple homme/machine, voir notre paragraphe sur le conducteur p. 108), notre étude sur la longue période des pratiques de régulation révèle des connivences fortes entre l'ancien et le nouveau. Placé dans une perspective génétique cherchant des rapports de filiation et de dépendance, le mouvement d'automatisation ⁽¹⁾ des années 70 perd le caractère d'une discontinuité radicale qu'une lecture de surface peut (à juste titre) lui conférer, pour s'insérer dans une dynamique marquée par de forts traits de constance. Ainsi, l'automatisation ne met en cause ni le programme général d'Exploitation (logique omnibus, trajets répétitifs, autonomie fonctionnelle et gestionnaire de chaque ligne), ni les rapports noués entre les grandes catégories d'acteurs (Exploitation/Entretien/Voyageurs) impliqués dans la régulation. Qui plus est, les analyses que nous avons consacrées à la période de constitution des pratiques de régulation montrent que l'automatisation peut être vue comme une étape, certes la plus spectaculaire, dans un processus entamé simultanément avec l'inauguration du métropolitain. On a l'impression que l'automatisation donne l'occasion à l'Ingénieur de revenir patiemment aux mêmes repères, avant d'explorer et d'orienter les potentialités de nouvelles technologies : régularité, simplicité, automaticité, exaltation de la technique. C'est la présence de ces constantes qui nous incite à considérer l'automatisation comme opérant à l'intérieur d'un espace continu. Notre lecture privilégie donc plutôt les continuités telles qu'elles ressortent d'une analyse sur la longue durée, que les ruptures ⁽²⁾. Elle propose également de considérer la période inaugurée par l'automatisation comme une période de crise prolongée, marquée par des contradictions qui ne cessent de se déplacer. Tout se passe comme si l'automatisation régulait ici, désorganisait là, en déplaçant les points problématiques au lieu de les supprimer.

Le terme automatisation désigne désormais toutes les politiques de modernisation entreprises à la fin des années 60, et dont un aperçu sera donné par la suite.

Sur ces ruptures, voir Bouvier P., *Technologie...*, op. cit.

En effet, produit de renoncements successifs qui ont vidé de proche en proche le projet d'une automatisation intégrale de la régulation de son substrat originel, menées sous les auspices d'une pensée technicienne peu encline à l'étude des aspects organisationnels, les politiques de modernisation cherchent encore leur cohérence. Les réflexions systématiques qui se développent depuis 1985 au sein de la RATP (*) sur l'avenir du métropolitain, confirment notre jugement sur l'instabilité du projet initial, à l'origine de conséquences imprévues.

Continuité et instabilité donc. Dans ce qui suit, nous essayons d'étayer ces deux thèses. Nous commencerons par une présentation des politiques de modernisation entreprises vers la fin des années 60, pour passer ensuite aux problèmes qui demeurent encore sans réponses. Ces politiques forment un processus à double face, *celui d'objectivation-centralisation de la chaîne de communication* entre les acteurs de régulation. Processus dont les facettes principales sont le Poste de Commande et Contrôle centralisés, le pilotage automatique et les Départs Programmés (²).

Voir les publications du groupe de travail "Réseau 2000". Dans ce qui suit, nous centrerons notre analyse sur l'évolution interne du système métropolitain.

Le chemin détaillé qui a conduit la RATP d'un constat de crise aux politiques de modernisation finalement entreprises reste à écrire. Ici, seulement quelques pièces. Le constat d'une crise due aux politiques d'urbanisation de l'époque, à l'origine de flux migratoires importants, est unanimement partagé par exploitants et public (voir Bouvier P., *Technologie...*, op.cit.). Indicateurs "objectifs", tels que le retard cumulé à la fin de la journée, et appréciations "subjectives" dont l'expression "métro-boulot-dodo" donne le ton, s'accordent sur ce point. Pour ce qui concerne les choix en faveur de l'automatisation, nous nous contentons de présenter les arguments, extrêmement classiques par ailleurs, avancés par les protagonistes. "(...)on attend de l'automatisation (...) l'augmentation de la vitesse et de la régularité des trains ainsi que de la stabilité du système grâce à des réactions plus rapides à tout incident (...). D'autre part, on attend de l'automatisation (...) bien sûr une amélioration de la productivité du personnel (...) mais on cherche aussi à valoriser l'homme en supprimant de ses tâches la partie la plus routinière et en élevant son niveau de responsabilité". Guieysse L., "L'automatisation du Métropolitain de Paris : buts et perspectives d'avenir", *Revue Générale de l'Electricité*, T. 78, n° 2, 1969, p. 146, suivi d'une discussion (pp. 149-150). Rappelons que le projet s'épanouit durant les années 60, années marquées par le rêve et l'espoir cybernétiques (voir Breton P., "La cybernétique et les Ingénieurs", *Culture Technique*, n° 12, mars 1984, pp. 155-161. Rêve qui transforme la technique en l'interlocuteur unique de l'Ingénieur-concepteur, après l'avoir investie des propriétés humaines grâce au recours fréquent à la figure de la personnification. Voici un exemple. "Le PCC [Poste de Commande et de contrôle

4.1. Le pilotage automatique

C'est en 1965 que la première ligne du métro (ligne 11) est équipée en pilotage automatique à titre d'essai grandeur nature. L'expérience étant jugée concluante, la décision d'équiper la totalité du réseau avec ce dispositif est adoptée (¹).

Comme nous l'avons déjà mentionné, parmi les facettes les plus spectaculaires du processus de modernisation, le pilotage automatique ne s'inscrit pas moins dans une dynamique qui traverse toute l'histoire du métropolitain, la suspicion des ingénieurs concepteurs à l'égard de tout élément humain qui participe au fonctionnement et à la régulation du système. Dans ce contexte, le statut du conducteur en tant que sujet d'action autonome est menacé dès le début (voir note 2). De là, la mise en œuvre et le développement continu d'un système de modalités différenciées en pouvoir prescriptif (instructions précises, sanctions, simplification de tâches, contrôle par la technique...). Avec le pilotage automatique, ce mouvement de réduction des possibilités d'action tend à déboucher sur un état de passivité totale (²). Retenons quelques jalons de ce parcours orienté vers le pilotage automatique.

Centralisés], véritable cerveau des opérations permettant de : tout savoir, tout entendre, tout voir (...)", Les 75 ans..., op.cit., p. 56.

Comme nous l'avons déjà dit (note précédente), l'historique de la décision reste à écrire. En attendant, voir Foot R., *Paroles prises, rêves emmurés. Autonomie et contrôle social dans le processus d'évolution technologique : le cas de la RATP*, Mémoire de DEA en Sciences Economique, Université de Paris VIII, octobre 1985 ; et du même auteur, *L'introduction de nouvelles techniques productives au sein des réseaux ferrés urbain et routier de la RATP de 1945 à 1986*, CRMSI, juillet 1987.

Même l'action minimale exigée, celle de "presser le bouton", sera pensée sur le mode de réflexe. Rappelons que si un incident survient au sein du dégagement du quai d'une station (par exemple, voyageur ayant un vêtement coincé dans une porte), le conducteur doit intervenir et arrêter la rame. La procédure qui a été adoptée est le relâchement du bouton "départ" qui arrête immédiatement le train. Écoutons la justification d'un tel choix. *"Certes, il existe d'autres moyens d'arrêter efficacement un train par application par exemple du freinage d'urgence déclenché par l'action sur une tirette d'alarme, sur le manipulateur de conduite. Cependant le simple relâchement du bouton "départ" qui correspond à un geste instinctif est certainement le mode d'action le plus rapide"*. Stablo J., Leroy J., "Les dernières réalisations de la RATP en matière de pilotage automatique", *Revue Générale des Chemins de Fer*, septembre 1972, pp. 569-570. Quelle continuité sur la longue durée. Quelques 60 ans plus tôt on peut lire : *"Dans l'organisme complexe d'un chemin de fer à service très*

"Depuis l'origine du métro, le conducteur se trouvait seul dans sa cabine de conduite, en position assise ou debout selon son désir, la main droite manipulant le dispositif de commande, en position traction et la main gauche manœuvrant le robinet de commande du frein (...). Ce mode de conduite où le frein était indépendant de l'alimentation des moteurs permettait, dans certains cas, grâce à la dextérité des conducteurs chevronnés, des actions combinées des deux organes de commande qui, bien que non réglementaires, avaient pour effet de gagner du temps lorsque le train avait du retard ou pour éviter certains cas d'enrayage. Il existait donc un certain nombre d'astuces de conduite qui, utilisées à bon escient, permettaient au conducteur exercé de montrer sa dextérité dans la conduite des trains" (1). De même, en ce qui concerne la prise du service, le conducteur "sur les matériels les plus anciens (...) doit mettre en position correcte ces divers appareils dans les différentes cabines (...), il procède à des essais de frein" (2). Encore, même si "l'automatisme du démarrage est déjà acquis lorsque la charge des voitures est suffisante (...), en faible charge le conducteur doit intervenir pour ralentir ce rythme en démarrant «cran par cran» par la manœuvre convenable du manipulateur afin d'éviter tout patinage intempestif (3). En revanche, "sur nos matériels modernes, mis en service depuis 1951, les commandes répondent aux principes ci-après :

- 1. A une seule intention correspond un seul geste ;*
- 2. Toute manœuvre interdite, soit en raison de la sécurité, soit par application des instructions techniques, est rendue impossible par inefficacité (...)" (4).*

intensif, et où les responsabilités sont tellement subdivisées qu'elles finissent par s'évanouir, ou par retomber cruellement et inutilement sur des têtes infirmes et passives, il faut que la sécurité des voyageurs soit assurée par des installations essentiellement préventives et non douteuses, ou sinon par des appareils automatiques, dont la vieille soupape de sûreté reste le prototype". Thierry J.B., *Etude sur le métropolitain de Paris*, op.cit., p. 16.

* Teilhout G., note A2-401 sur le conducteur seul à bord de son train au Métro de Paris, présentée par la RATP au 4^em^e Symposium du Comité Permanent des Métros sur pneumatiques à Santiago, avril 1979, p. 1.

² Leroy J., "Télécommandes et automatismes sur les rames du métropolitain de Paris", *Revue Générale de l'Electricité*, T. 78, n° 2, février 1969, p. 130.

³ *Ibid.*

⁴ *Ibid.*

Principes en vertu desquels désormais "la préparation à la prise du service est commandée par l'enfoncement d'un seul bouton" (*) tandis que "la conduite proprement dite, démarrage et freinage, est commandée à l'aide du manipulateur" ⁽²⁾. Ce dernier point mérite notre attention. Le nouveau manipulateur matérialise l'interdit technique d'utiliser à la fois la traction et le freinage ⁽³⁾, pratique qui faisait jusqu'alors partie intégrante de ces valeurs conférant une identité propre au groupe de conducteurs ⁽⁴⁾. Le pilotage automatique, donc, loin de constituer une rupture, se présente plutôt comme le terme logique d'une dynamique qui marque le métropolitain dès son origine ; dynamique au sein de laquelle l'homme en tant qu'élément actif de la régulation trouve difficilement sa place. Désormais, le conducteur se limitera à commander le départ du train, l'ouverture et la fermeture des portes et à assurer la surveillance des quais, de la vie et du fonctionnement du matériel.

4.2. Objectivation de la chaîne de communication

Mais le pilotage automatique ne peut pas subvenir tout seul aux besoins de la régulation. Tout au plus, il se présente comme un substitut du conducteur pour ce qui concerne la tâche de la conduite. Nous avons insisté sur le fait que la régulation de la ligne (respect des intervalles prédéfinis entre les rames afin d'assurer la régularité voulue du service) ne peut pas être uniquement du ressort de chaque conducteur pris séparément, compte tenu de l'interdépendance entre les rames. Interdépendance qui appelle des actions de coordination mettant en jeu une chaîne d'acteurs spatialement éclatés et liés entre eux par des moyens de communication fragiles dont la mobilisation est consommatrice des temps importants ⁽⁵⁾. Face à ce déficit de la chaîne interhumaine de communication à l'œuvre, devenu de plus en plus pénalisant avec l'augmentation du trafic et la nécessité de diminuer au plus l'intervalle entre les trains successifs, la solution adoptée a consisté à *objectiver*

¹ *Ibid.*

² *Ibid.*

³ Voir page précédente.

⁴ Sur ces questions, voir Sainsaulieu R., *L'identité au travail*, Paris, PFNSP, 1985, Chapitre 8, intitulé "Identités collectives et reconnaissance de soi dans le travail".

-* Voir paragraphe 3.1.

cette chaîne de communication qui va se matérialiser dans un ensemble de dispositifs techniques couplés ⁽¹⁾. Des comparaisons automatiques entre l'état actuel du système, reconstitué à l'aide d'un ensemble de dispositifs techniques (chronomètres, tableau de visualisation de la marche des trains...)» et l'état théorique activent des programmes de régulation, des schémas de décision qui seront exécutés par le pilote automatique ⁽²⁾. Les résultats de cette objectivation de la chaîne de l'information sont incontestables. Des diminutions d'intervalle durant les heures de pointe, parfois jusqu'à 20%, sont constatées, tandis que le temps moyen de reprise du service après incident s'est trouvé grâce à la centralisation de l'information réduit dans un rapport de 10 à 1 ⁽³⁾. Succès total ⁽⁴⁾ ? Nous verrons

Parmi lesquels on trouve : *les Postes de Commande et contrôle Centralisés (PCC)*. Un pour chaque ligne, le PCC, grâce aux Tableaux de Contrôle Optique, aux lignes téléphoniques, au téléphone haute fréquence (THF), peut d'une part reconstituer en temps réel le fonctionnement d'une ligne, et d'autre part, grâce au pupitre de télécommande dont il dispose, intervenir en cas de perturbation du programme d'exploitation, soit directement par l'intermédiaire du pilotage automatique, soit, dans le cas des lignes où le pilotage automatique n'était pas encore en service (début des années 70), indirectement en avertissant le conducteur, grâce aux *Départs Programmés* installés à la tête de chaque quai, des écarts de la marche réelle de son train par rapport à la marche type et en lui indiquant les actions compensatoires à entreprendre.

Le calculateur central, installé au PCC, calcule l'avance ou le retard du train par rapport à sa marche type et en déduit s'il y a lieu une commande d'allure accélérée dans l'inter-station suivante et si cela n'est pas suffisant, une réduction du temps de stationnement. Une fois le calcul réalisé, le calculateur informe le pilotage automatique de ses consignes ; un ronfleur avertit le conducteur qui ferme les portes afin que le train redémarre. En cas de retard important, difficile à rattraper par l'action sur le train isolé, un autre algorithme répartissait le retard sur quelques trains en amont et en aval, afin que le système retrouve son équilibre. Dans le cas où le pilotage automatique n'était pas encore en service, à travers les *Départs Programmés*, les recommandations du calculateur étaient exécutées par le conducteur (début des années 70).

Majou J. et al., "Les commandes centralisées du métro urbain de Paris", *Revue Générale des Chemins de Fer*, n° 92, mai 1973, pp. 306-307. Notons que l'obtention de ces résultats est due à l'objectivation de la chaîne de la communication (PCC, *Départs Programmés*) et aucunement au pilotage automatique proprement dit. Ainsi, les améliorations mentionnées ont été obtenues sur une ligne qui, à l'époque, n'était pas encore équipée en pilotage automatique (ligne n° 7). Egalement, des enquêtes menées par la RATP en 1987 montrent que les conducteurs, pendant les heures de pointe, développent des stratégies clandestines, en assurant eux-mêmes la conduite des trains, sans conséquences préjudiciables pour la régulation. Foot R., *L'introduction de nouvelles techniques...*, op.cit., p. 50.

qu'on doit nuancer le sentiment qui émanerait de la lecture de quelques chiffres. Les résultats tangibles, obtenus par la matérialisation d'une pensée qui mise exclusivement sur les potentialités de la technique, seront accompagnés des coûts, imperceptibles au début, de plus en plus ostensibles aujourd'hui. Coûts qui émanent d'une contradiction qui se creuse progressivement entre les principes qui guident le projet d'automatisation, le référentiel qui le nourrit, et les besoins qui sont engendrés (en grande partie au moins) par le projet lui-même. Besoins restés dans les zones d'ombre du projet, exclus en quelque sorte de son champ visuel. Disséquons cette contradiction. Pour ce qui concerne la volonté du projet, elle s'auto-expose sans la moindre réticence : la disparition si possible de toute communication entre les sujets formant le collectif du travail. Leroy offre à cette volonté sa formulation, on ne saurait être plus explicite : *"On peut penser que l'automatisme intégral rend inutile l'information (...)"* (). Or, cette orientation affichée vers l'objectivation totale de la communication entre en rivalité avec l'accroissement du volume de communications réalisées entre les acteurs impliqués dans la régulation. Communications qui, opérées dans des contextes variables, résistent à une codification stricte. Il en résulte une situation marquée par des tensions entre une réalité qui devient de plus en plus pesante pour les acteurs et les outils dont ils disposent pour faire face. Le point central où cette tension éclate au grand jour est l'articulation entre les fonctions de l'Exploitation et de l'Entretien. Tout se passe comme si l'automatisation-objectivation, tout en s'avérant efficace en ce qui concerne le problème de régularité des rames, déplaçait en même temps les problèmes de la régulation du centre vers la périphérie, de l'intérieur d'un espace

L'euphorie de toute façon était tellement grande qu'on a supprimé les portillons automatiques (à partir de 1974). Remarquons que les portillons automatiques semblent décidément avoir partie liée avec la régulation dans le métropolitain. Ainsi, le projet actuel d'automatisation intégrale (AIMT : Automatisme Intégral du Mouvement des Trains) de la RATP, qui vise à la suppression des personnels de conduite et des terminus, ressuscite la problématique "portillons automatiques" sous la forme de portes-palières, ces dernières séparant le quai des rames et restant fermées pour des raisons de sécurité aussi longtemps que le train n'est pas encore arrivé à la station.

Leroy J., *Télécommandes et automatismes...*, op.cit., p. 129. De là, également un mouvement de codification des communications qui, pour des raisons diverses, n'ont pas pu être objectivées dans des dispositifs techniques. Ainsi, le livret d'Entretien qui recueille les informations relatives aux diverses avaries constatées par le conducteur lors de la marche du train et adressées aux agents de l'Entretien est organisé selon la logique binaire de oui/non.

institué (ici l'Exploitation) à ses frontières. Plus précisément, l'apparition fréquente des *pannes imprévisibles et fugitives*, phénomène inhérent aux caractéristiques techniques de l'automatisation, pose sur de nouveaux frais la question de l'articulation des fonctions. Soyons un peu plus précis sur ce point capital qui constitue en quelque sorte le non-pensé de l'automatisation.

4.3. *Les brisures de cohérences : les rapports problématiques entre l'exploitation et la maintenance*

L'arrivée du matériel nouveau, muni d'équipements électroniques nécessaires pour la communication voie-rame (pilotage automatique), peut être considérée comme un moment décisif dans l'histoire de l'acteur *Entretien*, en bouleversant "us et coutumes" établis depuis l'instauration du métropolitain. Non "soumis à usure", le matériel électronique reste récalcitrant à une politique de prévention, visant à anticiper l'apparition des pannes dans l'avenir et à procéder par là à une suppression systématique des causes susceptibles de les déclencher (¹). Il en résulte que l'entretien correctif, activité qui vit totalement au rythme irrégulier imposé par la panne aléatoire, prend une place de plus en plus importante dans les pratiques de *l'Entretien*, en déplaçant le centre de ses activités de proche en proche vers le pôle du temps réel. Ce déplacement modifie de manière plus que sensible le fonctionnement interne de *l'Entretien* (²), organisé jusqu'alors (§ ...) autour d'une logique d'anticipation, de maintenance préventive et de temps différé. Mais les

Le grand nombre d'avaries d'origine non-identifiée ou RAS (rien à signaler), qui représentent 20% du total des avaries traitées, soit la classe la plus nombreuse, est un bon indice du comportement des nouveaux équipements électroniques. Ces derniers présentent des pannes *fugitives* ou *intermittentes*, difficiles à repérer lorsque le train est à l'arrêt. Dans ce cas un signalement - avarie très précis est indispensable pour bien cerner l'avarie. Comme nous le verrons, pour des raisons organisationnelles, la précision exigée fait actuellement défaut.

Sur l'organisation actuelle de l'Entretien et les problèmes auxquels elle doit faire face, voir Charron et al., *Conception des équipements...*, op.cit. ; Baudiffier Y., "Les ateliers du matériel roulant du RER", *RATP, Etudes et Projets*, 1^{er} Trimestre 1984, pp. 25-40 ; Trancart B., *Développements technologiques et effets socio-professionnels : les relations exploitation-maintenance à la RATP*, Projet de Fin d'Etudes, ENPC-LATTS, 1986 ; Lozada-Islas F., *Les rapports exploitation-maintenance et la gestion de l'innovation technologique à la RATP*, Thèse de Doctorat, ENPC-LATTS, 1991.

conséquences entraînées par cette multiplication des pannes imprévisibles, nécessitant des efforts croissants en entretien correctif, débordent les limites de *l'Entretien* pour interpeller *l'Exploitation*, peu concernée jusqu'alors par les questions de maintenance. En effet, l'efficacité de l'entretien correctif ainsi que sa rapidité dépendent de manière cruciale du diagnostic porté sur la panne survenue, diagnostic dont la qualité à son tour est fortement conditionnée par les informations recueillies au moment de l'apparition de la panne ainsi que tout au long de son évolution. Or, ces informations sont produites en grande partie à l'intérieur de l'espace institutionnel de *l'Exploitation*. Ce sont le conducteur d'abord, le régulateur du PCC ⁽¹⁾ en second lieu, qui accueillent le développement des événements intempestifs (incidents, avaries, pannes). En outre, la restitution du déroulement de l'événement au personnel de *l'Entretien*, chargé du dépannage, est revêtue d'une importance décisive. Force est de constater que la situation actuelle, concernant le cheminement des informations de *l'Exploitation* vers *l'Entretien*, est loin d'être à la hauteur de l'enjeu. Plusieurs raisons d'ordre organisationnel concourent à cet état fâcheux. Toutes semblent émaner de l'écart qui s'est progressivement creusé entre l'importance accrue de la communication entre les deux fonctions, séparées aussi bien par l'espace que le temps jusqu'alors ⁽²⁾, d'une part, les outils comme les structures organisationnelles qui sous-tendent cette communication d'autre part.

Dans les paragraphes qui vont suivre, nous nous employerons à tracer le cheminement de l'information de l'Exploitation à l'Entretien. Les points de jonction dans ce réseau de transmission sont au nombre de trois : le conducteur, le régulateur et le chef de départ.

Le conducteur. De par sa place physique dans la production du transport, le conducteur se trouve à l'origine du processus de traitement des trains en panne. Pour traiter les avaries en ligne et remettre le train en marche rapidement, le conducteur doit appliquer les instructions et les consignes de sécurité qu'il trouvera sur son Livret de Dépannage, et en cas d'incident il est assisté par le chef de Régulation (PCC) via le Téléphone haute fréquence (THF). Seul devant un matériel

Voir Trancart B., *Développements technologiques...*, op.cit.

Voir paragraphe 3.2.

sophistiqué qui lui est devenu opaque, sous la pression de quelques 800 passagers coincés et impatients dans la rame en cause, le conducteur recueille les premières informations et applique, en fonction de consignes de sécurité largement codifiées, les actions adéquates. Il doit ensuite remplir la Fiche de Signalement, compte rendu des informations recueillies et des actions entreprises. Cette fiche, transmise à l'Entretien, devrait constituer un outil de travail précieux pour le diagnostic et le dépannage. Or, il faut admettre que le "milieu" dans lequel le conducteur agit ne facilite point ses tâches d'informateur. Relégué sous les effets de l'automatisation dans un état de passivité, le conducteur doit, avec la survenue de la panne, redevenir actif et réagir sous des contraintes temporelles fortes. Dans de telles conditions, dominé par le stress, préoccupé exclusivement par la tâche d'assurer la continuité de la circulation, le conducteur a tendance à reléguer au second plan la question du diagnostic de la panne (*)• Rien d'étonnant, donc, à ce que les manœuvres effectuées par le conducteur ne soient pas notées par lui, pour cause d'oubli, dans les Fiches de Signalement, où parmi les informations restituées, beaucoup sont imprécises et quelques unes sont erronées (²).

Le chef de Régulation - chef de Départ. Lors des incidents en ligne pour cause d'avarie, le chef de Régulation, outre l'assistance au conducteur par THF, est tenu de noter sur son Cahier d'Avaries le signalement du conducteur et les échanges qui ont lieu entre lui et ce dernier. Ces notes, tenant lieu théoriquement de sources complémentaires pour le travail du diagnostic, en général très sommaires, doivent être transmises au chef de Départ qui est chargé de les acheminer vers les agents de l'Entretien. Dernier maillon de la chaîne de transmission, le chef de Départ en constitue également un filtre supplémentaire. Préoccupé à l'instar de ses deux autres collègues (conducteur, chef de Régulation) de manière prioritaire des problèmes de la régulation, le chef de Départ, de l'information qui lui est parvenue par le Régulateur, déjà très élaguée, ne retiendra pour transmettre aux agents de l'Entretien que ce qu'il jugera essentiel.

Il s'agit ici encore d'un "impensé" de l'automatisation, centrée uniquement sur les aspects techniques.

Voir la thèse de Lozada-Islas F., *Les rapports exploitation-maintenance...*, op.cit.

Mais les problèmes d'articulation de deux fonctions (*Exploitation-Entretien*) ne se réduisent pas à ces "pertes de charge" tout au long du canal de transmission de données, pertes de plus en plus préjudiciables à l'efficacité de *l'Entretien*. Le clivage institutionnel, instauré depuis l'origine du métropolitain, entre les deux fonctions opérant en symbiose, mais revêtues des missions différentes et sollicitées par des priorités distinctes, se trouve à l'origine d'un autre problème : celui de la mise à disposition des rames défaillantes à *l'Entretien*, ainsi que celui de leur retour à *l'Exploitation*, une fois le dépannage accompli. Des immobilisations importantes sont constatées qui sont aisément interprétables en termes de divergences de priorités, institutionnellement consacrées 0). Ainsi, le chef de Départ, sensible surtout (pour ne pas dire uniquement) aux problèmes de l'Exploitation (régularité des rames), n'accorde que peu d'importance aux relations avec l'Entretien. De même, celui-ci, longtemps installé dans le temps différé, de par son organisation (horaire de service) se trouve souvent à l'origine d'immobilisations notables. Notons que les outils de gestion actuellement à l'œuvre au sein de la RATP ne font que consolider cette situation de cloisonnement. En effet, l'indicateur global qui évalue la qualité du service est décomposé en des indicateurs partiels, imputés à chaque fonction prise séparément. A la séparation des missions et des objectifs s'ajoute une séparation des responsabilités qui renforce le cloisonnement et le repli de chaque fonction sur elle-même. Dans cette dynamique de repli, où chaque fonction se concentre sur ses objectifs en essayant d'apporter des améliorations sur les choses appartenant déjà au champ de ses missions et de ses compétences, les interfaces et les problèmes d'articulation sont renvoyés à un "no man's land"⁽²⁾.

Pour une analyse de ces logiques institutionnelles et de ses "effets pervers" sur la rationalité globale du fonctionnement du système, voir les analyses classiques de Berry, présentées de manière systématique dans son livre *Une technologie invisible ? L'impact des instruments de gestion sur l'évolution des systèmes humains*, CRG de l'Ecole Polytechnique, 1983.

La mise à disposition des rames, de l'Exploitation à l'Entretien et vice-versa, illustre parfaitement cet état des choses, en mettant au grand jour quelques comportements qui, irrationnels du point de vue global (l'entreprise dans son ensemble), sont tout à fait rationnels du point de vue local (les acteurs impliqués). Pour faire face aux aléas de l'exploitation (pannes,...), la RATP dispose d'un parc de réserve (rames qui peuvent remplacer les trains défaillants). Il est évident que le dimensionnement de ce parc dépend de facteurs tels que la fiabilité du matériel, le temps nécessaire à la réparation, et la vitesse avec laquelle les échanges Exploitation-Entretien (train défaillant) et Entretien-Exploitation (train réparé) se réalisent. Ces échanges sont

Rien d'étonnant, encore une fois, à ce qu'aujourd'hui on constate à la fois des déficits organisationnels sur ce dernier point et une fuite en avant dans l'innovation technologique (^x), laquelle compte tenu de cloisonnements persistants apparaît aux yeux des acteurs comme la seule variable d'action (²).

actuellement gérés par l'Exploitation et plus précisément par le chef de départ. Etant donné que ce dernier n'est pas jugé sur ses performances en matière de mise à disposition (la mise à disposition des rames n'est pas prise en compte par les indicateurs de qualité jugeant les performances de l'Exploitation), le chef de départ a tendance à oublier cette tâche, d'où des temps d'acheminement extrêmement long. De son côté, la maintenance, en ne pouvant pas jouer sur les échanges, concentre ses actions sur des politiques portant sur la fiabilité et la maintenabilité du matériel. La situation qui en résulte est saisissante. Tandis que la mise à disposition des trains constitue la variable d'action la plus efficace pour une diminution du parc de réserve, avec les économies que cela entraîne, (voir les chiffres donnés par Lozada-Islas F., dans sa thèse, *Les rapports exploitation-maintenance ... op.cit.*), elle ne trouve aucun acteur pour la mettre en oeuvre.

Innovation technologique dont l'efficacité est d'emblée compromise du fait qu'elle ne s'accompagne pas d'innovations organisationnelles adéquates. Donnons en un exemple récent. Pour faire face aux incidents qui surviennent lorsque le train est en marche, l'Entretien dans ses projets récents n'envisage aucunement d'explorer des voies qui mettraient en jeu une collaboration avec l'Exploitation (via une participation active du conducteur dans le processus de traitement des avaries par exemple). La vieille suspicion à l'égard de l'élément humain transparaît clairement dans les développements du système TRUC (transmission de renseignements utiles au conducteur), outil informatique destiné à détecter les avaries, informer le conducteur, l'aider à résoudre l'avarie et enfin à enregistrer les défauts et les actions menées par le conducteur, pour informer le personnel de l'Entretien. Outil destiné, on s'en doutait, "*à simplifier leurs tâches [des conducteurs]*" (p. 5). TRUC doit remplacer l'actuel manuel de dépannage dont les "défauts" sont les suivants : "*Le risque principal rencontré dans l'utilisation de ce manuel est une erreur du conducteur sur le choix de la fiche et par conséquent l'exécution d'une séquence d'opérations erronée (...). La seule façon de remédier à ces difficultés est de saisir automatiquement les anomalies du train et, par un traitement approprié, de donner au conducteur, sans erreur possible, la marche à suivre (...) et de vérifier que les opérations ont été bien effectuées*" (§. 6). De là, une structuration du dialogue homme-outil en termes de OUI/NON et à l'aide d'un langage d'idéogrammes, ces derniers étant "*choisis de façon claire et explicite pour le conducteur, afin d'éviter toute ambiguïté*" (p. 7). Bancelin J., "TRUC : transmission de renseignements utiles au conducteur", *RATP, Etudes et Projets*, 4^{ème} Trimestre 1985, pp. 5-10.

4.4. *Le retour de l'utilisateur*

Tout au long du paragraphe précédent, nous nous sommes adonnés à un double exercice. Montrer d'abord que les politiques de modernisation concernant la régulation des rames, entreprises depuis la fin des années 60 et dont le pilotage automatique constitue la figure emblématique, peuvent être lues comme le point culminant d'une pensée qui, depuis l'inauguration du métropolitain, voit en la technique le seul acteur fiable de régulation. Discerner ensuite les "blancs" de cette pensée indifférente aux dimensions proprement organisationnelles du processus de transport (rapports entre les fonctions, rôles du collectif de travail). Après avoir essayé de mettre en relief un certain nombre de tensions qui demeurent en se déplaçant depuis une vingtaine d'années environ au sein de la RATP, dans ce qui suit nous nous installerons aux frontières de l'entreprise et de son environnement social, afin de parcourir, ne serait-ce que rapidement, un autre champ de tensions liées à ce que l'on peut appeler en paraphrasant Touraine le "retour de l'utilisateur". Pourquoi parler de retour ? Une lecture parallèle de l'ancien (1900-1975) et du nouveau (1975-) justifiera, nous l'espérons, l'expression.

En effet, pensé pendant trois quarts de siècle, à l'aide d'un répertoire d'images qui oscillent entre l'image de la foule en panique et celle de la molécule qui se déplace selon les lois de l'hydraulique $\{^x\}$, l'utilisateur figure parmi les problèmes auxquels doit faire face la régulation. La solution ? Une conception adéquate de la station. Toute une littérature, produite à l'intérieur de l'entreprise au sujet de la station, montre que cette dernière a été voulue un véritable outil de gestion de la question-utilisateur. Gestion subordonnée complètement aux exigences de l'Exploitation. Ainsi, *"leur conception [des stations] (...) doit être avant tout fonction des besoins de l'exploitation"* ⁽²⁾, autrement dit au service de la fluidité maximale ⁽³⁾. Les mêmes valeurs, celles de la vitesse et de la régularité, qui guident les pratiques de l'exploitation, façonnent l'architecture des lieux, décident pour le nombre du

Voir nos analyses pp. 94-95.

Nicolas E., *Les accès aux stations du chemin de fer métropolitain de Paris*, RATP, 1951., p. 31.

"En résumé, le but principal recherché dans l'exploitation d'une ligne de chemin de fer est de porter au maximum le trafic et par suite le débit (...)", *Ibid.*, p. 30.

personnel qu'ils doivent abriter. Couloirs, escaliers, quais, seront dimensionnés à l'aide de formules empiriques qui transforment le débit moyen de voyageurs en propriétés géométriques (surface, largeur) ⁽¹⁾. C'est le même débit qui commande le travail, définit le nombre du personnel. "*Le débit moyen d'une receveuse étant de 15 billets à la minute, soit 900 à l'heure, un seul poste de receveuse peut donc distribuer au maximum et à une cadence accélérée 16 000 billets par jour*" ⁽²⁾.

Idéal de fluidité, célébration de la vitesse, cet effacement du lieu au profit du mouvement sera consacré institutionnellement par l'adoption d'une réglementation qui interdit le stationnement prolongé dans l'enceinte du métro ⁽³⁾. "*Jamais le moindre arrêt nulle part*" ⁽⁴⁾.

Les politiques de modernisation ayant comme objet la station, entamées au début des années 70, s'accordent parfaitement avec les logiques à l'œuvre jusqu'alors. En étant en quelque sorte le pendant du pilotage automatique des rames dans le domaine de l'exploitation des stations, ces politiques (substitution du contrôle automatique au contrôle manuel (receveuse), téléphonies, réception d'alarmes...) débouchent sur la définition d'un modèle unique de station (appelé TAME), fondé sur un principe d'homogénéité (le même modèle partout sur le réseau, uniformité de qualifications) et de productivité par la diminution des effectifs des agents de station, ces derniers étant localisés désormais dans le bureau de vente des billets et coupés du reste de la vie de la station" ⁽⁵⁾.

Or, depuis le milieu des années 70, on peut enregistrer plusieurs évolutions qui, en se recoupant, concourent à une mise en cause du principe de fluidité, ce dernier étant l'expression de la subordination totale de la station aux exigences de

¹ *Ibid.*, pp. 77-79.

² *Ibid.*, p. 71.

³ Il s'agit de la reprise d'un texte datant du 15 juillet 1845, émanant de la police des chemins de fer qui stipule qu'il est interdit de stationner indûment dans l'enceinte des chemins de fer. Apparemment les "fonctions biologiques" relèvent de cet "indûment". La RATP refuse obstinément d'installer des WC dans l'enceinte du métro.

⁴ Comme le dit Celine en parlant de son métro magique. Celine, *Entretiens avec le professeur Y*, Paris, Gallimard, 1955, p. 102.

* Sur le modèle TAME, voir Peny A., "Dix ans de recherche sur la «station» ou peut-on sortir du modèle «TAME», *RATP. Etudes et Projets*, 3^e^{me} Trimestre 1987, pp. 20-29.

l'Exploitation (circulation des rames). Des nouveaux usagers, d'abord marginaux (tels que chanteurs, vendeurs à la sauvette, petite délinquance, récemment les sans-abris), ensuite en partie officialisés (concessions commerciales, cabines de photographie, mais aussi des spectacles tolérés voire organisés par l'entreprise elle-même), investissent les lieux de la station, en introduisant des éléments de sédentarité là où tout est pensé en termes de mobilité.

En même temps, l'enjeu du voyageur change. De la figure du «voyageur captif», demandeur d'un déplacement rythmé par la répétition (*), on passe à un usager beaucoup plus exigeant, diversifié dans ses aspirations, ses comportements et ses attentes vis-à-vis du déplacement (²).

Concurrence de plus en plus forte avec d'autres modes de transports, nouveaux usages, exigences accrues, mettent en cause les articulations essentielles de l'ancien dispositif de références (fluidité, subordination totale de la station aux besoins de l'Exploitation). D'une créance unique, celle de prestation de transport-déplacement, on semble être en train de passer à des créances multiples : créance de sécurité motivée par les aléas multiples du voyage, créance de "distraction" (animations, commerces, spectacles télévisuels...). Or, cette transformation du rôle de la station, le passage d'une station-couloir d'accès aux quais, à une station-lieu d'accueil de co-présences en interaction, au sein duquel des usagers-citadins se déplacent certes, mais réalisent également de transactions de multiples natures, trouve la RATP désarmée.

Gérer un usager, disparu dans l'infinité d'un mouvement collectif perçu de manière indifférenciée, à l'aide des normes généralisées et par le recours à des objets

Voici la définition du voyageur des années 50 : *"ceux qui, quatre fois par jour, et quelquefois plus, suivent le même chemin, font les mêmes gestes et accomplissent le trajet dans le même temps à quelques secondes près"*. Fauconnier M., introduction à Nicolas E., *Les accès...*, op.cit., p. 14.

La prise en compte de cette diversification transparaît dans la typologie des voyageurs, établie par la RATP : ceux-ci peuvent être des «arpenteurs» (attentifs aux repères spatio-temporels inscrits dans l'architecture et le décor du réseau), «flâneurs» (promeneurs attentifs aux opportunités présentes dans le réseau), «sommambules» (qui se laissent guider par leurs habitudes et qui sont absents à l'environnement), «professionnels» (qui cherchent à être toujours plus performants dans l'économie temporelle de leur déplacement). Voir Dekindt J., "Remarques sur les usages et l'appropriation du réseau", *RATP. Etudes et Projets*, 3^{ème} Trimestre 1987, pp. 50-55.

techniques et aux règlements, et gérer des interactions des situations de face à face, des exigences multiples, autres que le déplacement simple, exigent assurément des compétences et des ressources qui ne sont pas les mêmes dans les deux cas. De là, un certain désarroi de la part du personnel de la station, face au nouveau contexte C¹). De là également, toute une "effervescence" au sein de l'entreprise à la recherche d'un nouveau modèle de station, des nouvelles structures organisationnelles (définition des équipes mobiles, définition de missions commerciales...), des indicateurs évaluant la qualité de la prestation perçue par l'utilisateur différencié (²). Il est sûrement très tôt pour s'adonner à la tâche de faire ressortir, des évolutions qui se profilent déjà sous nos yeux, des traits de modèle alternatif. En revanche, il est moins risqué d'affirmer que nous assistons à l'épuisement d'une logique qui a duré un siècle environ.

Voir Herrada L., *Nouveau service en station*, Mémoire du DEA Transports, ENPC, 1991.

Voir rapidement Amar G., *Lieu-Mouvement : Les enjeux de l'évolution des stations de métro*, RATP, Réseau 2000, 1989 et Peny A., *Dix ans de recherche...*, op.cit.

CONCLUSION DU CHAPITRE I

Partie de la thèse destinée à accueillir nos considérations théoriques, la partie I n'en comporte pas moins deux épisodes historiques qui, en leur qualité de figures illustratives, en préparent la lecture. Historiques qui, tout en s'écartant de notre objet principal d'investigation, le réseau d'assainissement (nous avons bifurqué vers l'industrie et le métropolitain), sont unis par un réseau de ressemblances qui révèle, au-delà des contenus propres à chaque système socio-technique, des identités fondamentales. Qu'on ne s'étonne pas. Que des identités circulent entre des pratiques déployées en des points formellement disjoints et dispersés reste compréhensible, si on se souvient que les deux systèmes socio-techniques sont habités par une figure commune, celle de l'Ingénieur. Source de pratiques de régulation dont nous avons dessiné les principaux traits, porteur de schémas perceptifs et d'outils spécifiques, l'ingénieur semble être guidé dans sa pratique par un projet de rationalisation général, qui pénètre ses multiples réalisations concrètes et assure par là des interconnexions entre différentes facettes de la réalité historique. En effet, nous croyons pouvoir discerner dans nos exemples des traits de répétition dont la constance est à ramener à l'expression de ce projet unique de rationalisation. Nous nous proposons de procéder dans ce paragraphe à l'explicitation de grands principes d'organisation de ces pratiques de régulation, qui ont fait jusqu'à présent l'objet de présentations parallèles.

Un système socio-technique se présente tout d'abord sous la forme d'une chaîne hétérogène, composée d'éléments humains et non humains. Chaîne en mouvement, irriguée des pratiques éclatées dans l'espace et le temps et dont l'agencement doit réaliser les objectifs du système. C'est sur la base des stratégies dominantes assurant cet agencement qu'on peut qualifier les pratiques de régulation dans leur ensemble. De quelles stratégies, donc, les pratiques observées au sein de nos deux systèmes nous offrent-elles la lecture ? Ce qui nous semble traverser les deux exemples, c'est la présence d'une volonté, à plusieurs reprises manifestée, de bâtir un système clos sur lui-même, système qui, une fois mis en branle, assure par son mouvement sa propre régulation, possédant en soi-même son centre régulateur. Pour que cette volonté s'accomplisse, une analyse tenue de chaque composante du système, et soutenue par un outillage intellectuel (statistiques, plans...), a dû être menée à fond. Une fois ce mouvement de décomposition achevé, un autre prend sa place, visant à reconstituer, grâce à un enchaînement judicieux d'objets et de

comportements prescrits, l'ordre pensé. Là où la technique peut remplacer l'homme, elle va le faire. Là où ce dernier s'avère encore indispensable, la technique souvent le contrôlera. Fondés sur un calcul préalable de régimes de réciprocité, qui seront ensuite imposés, entre le fonctionnement de la technique et l'action de l'homme, les modes de régulation en question sont marqués par une *économie radicale de communications* entre les membres du collectif du travail. Economie réalisée par la combinaison de deux voies majeures. La première mobilise la technique en inscrivant dans des dispositifs techniques des programmes de coordination ; il en résulte une organisation conditionnée de sous-ensembles fonctionnels dans la marche de l'ensemble. La deuxième est celle de la codification des informations échangées (fiches d'instruction, plans, indicateurs globaux...) ainsi que de la définition stricte des canaux empruntés. Voie qui s'est incarnée de manière spectaculaire dans les architectonies organisationnelles qui ont prévalu pour les deux systèmes socio-techniques tout au long de notre historique. Architectonies marquées par des découpages pris dans des rapports hiérarchiques privilégiant la tâche de conception aux dépens des tâches de réalisation, caractérisées par des cloisonnements forts à travers lesquels l'information a du mal à circuler.

Pratiques de régulation qui, austères en communications, partagent également un autre trait commun. Elles sont pensées et projetées sur *un mode homéostatique*. En effet, l'innovation étant exclusivement l'apanage de l'ingénieur-concepteur, le fonctionnement du système se résume au respect du programme préalable, et à la résorption des écarts constatés entre la réalité et la norme. Quelle que soit la forme précise qu'a emprunté chaque mode de régulation, elle se caractérise par le règne d'un processus fondé sur le principe de la répétition et de la soumission à un programme préétabli. Il faut ici ajouter que les deux grands traits structurels que nous venons d'évoquer — i.e., économie de communications, régulation homéostatique — qui marquent le dedans du système, se sont avérés être en concordance avec leur dehors. Ce dernier, pendant la période routinière du fonctionnement des pratiques de régulation, est caractérisé par une dynamique d'évolution en grande partie prévisible et anticipée. C'est cette stabilité ⁽¹⁾ qui a

Stabilité imposée parfois par l'ingénieur lui-même : choix du programme d'exploitation basé sur la régularité des rames, protection du système contre les éléments "perturbateurs" (usagers) par le recours fréquent à la technique (portillons automatiques) dans le cas du métro ; stabilité construite par des

rendu possible une planification des pratiques, invariables sur une durée significative.

Compte tenu de ces deux traits majeurs partagés par les deux systèmes, on comprend aisément pourquoi ces derniers partagent le même régime de crise. Régime traversé par la même tension entre une réalité de plus en plus imprévisible dans ses manifestations et son évolution d'une part, et un système de pratiques normalisées, bâties sur la base d'une représentation construite à l'aide d'un certain nombre d'informations codifiées et fixes d'autre part.

De la récapitulation des enseignements qu'on a pu tirer de nos deux historiques, nous passerons à la théorie. Conformément à ce que nous avons annoncé dans l'introduction de cette partie I de la thèse, le chapitre suivant sera consacré au concept central de notre travail, celui *de mode de régulation*. Nous procéderons, comme prévu, en deux temps. Dans un premier temps, à travers une discussion serrée des analyses classiques consacrées par Canguilhem à la notion de régulation, nous essayons d'opérer les déplacements nécessaires pour adapter cette dernière à notre propre objet d'analyse. Le concept de *mode de régulation* est l'issue de ces déplacements successifs. Le reste du chapitre est alors confronté à la tâche d'élaboration de ce concept.

représentations "adéquates" de la réalité" (recours à la moyenne, à des régimes normaux, par une pensée "toutes choses égales par ailleurs"), pour ce qui concerne l'industrie ; stabilité établie enfin par des forces qui transcendent le pouvoir de l'ingénieur : tout le contexte macro-économique quant au Taylorisme.

CHAPITRE II
Le concept de mode de régulation

SECTION 1. DE LA REGULATION AU MODE DE REGULATION

1. De la régulation...

Terme palimpseste sur la surface duquel l'histoire imprime ses traces, la régulation ne nous parvient pas toute seule. Etant introduite dans le vocabulaire scientifique (physiologie) par voie des métaphores à une époque envahie par des analogies entre l'organisme vivant et le cosmos, elle ne cesse d'être pensée par l'intermédiaire de notions connexes, formant un ensemble fonctionnel dans lequel chaque terme n'a de sens que par son rapport à l'autre. Ces rencontres temporaires avec d'autres mots, au fil de sa traversée dans l'histoire, donnent lieu à un certain nombre de connotations qui s'attachent à la régulation et dont le mot reste porteur et prisonnier. Il peut donc être utile de retracer rapidement son histoire afin de cerner les implications et les motivations de son emploi. Pour ce faire, on va se servir du travail réalisé par G. Canguilhem (¹). Dans la mesure où ses analyses font déjà figure de classique (²), nous nous contenterons d'en rappeler l'essentiel.

Nous ne pensons pas trahir l'analyse menée par G. Canguilhem en résumant sa leçon de la façon suivante : la régulation, une fois insérée dans le vocabulaire de la physiologie (³), ne cesse d'être pensée sous les termes de conservation et d'équilibre, dont la réalisation est l'œuvre de mécanismes de compensation des écarts entre l'état momentané de l'objet régulé et celui à conserver. Si à cette chaîne notionnelle dominante <conservation, équilibre, compensations on ajoute l'idée de

Canguilhem G., "La formation du concept de régulation biologique aux **XVIII^e** et **XIX^e** siècles", in Lichnerowicz A. et al. (sous la direction de), *L'idée de régulation dans les sciences*, Paris, Maloine-Doin Editeurs, 1977, pp. 25-39 ; Canguilhem G., "Régulation (épistémologie)", *Encyclopædia Universalis*, vol. 15, 1985, pp. 797-799.

Voir leur diffusion dans des domaines divers, dont récemment *L'Economie*. Voir Boyer R., *La théorie de la régulation*, Paris, La Découverte, 1986

Par Bernard C. en 1867, voir Canguilhem G., *La formation...*, op.cit., p. 26.

la coordination ⁽¹⁾ d'activités différentes assurant un bien commun, on dispose de l'essentiel à propos de l'espace contextuel dans lequel la régulation recherche sa définition.

L'appropriation du terme par la cybernétique ne s'accompagne pas de modifications notables quant à sa signification. En effet, la régulation devient un concept de la cybernétique ⁽²⁾ par la médiation du concept d'homéostasie ⁽³⁾ et très rapidement elle est dominée par la notion du feed-back négatif (le thermostat, exemple d'initiation privilégié aux concepts mis en œuvre par la cybernétique est parlant à cet égard). Dans les deux cas, on met l'accent sur les propriétés compensatoires du système régulé (correction des erreurs, neutralisation des perturbations, absorption des changements du milieu...) ainsi que sur celles qui assurent sa stabilité et son invariance comme objectif ultime.

Dans sa contribution à l'Encyclopaedia Universalis, Canguilhem s'adonne à une systématisation des thèmes majeurs relatifs au concept et évoqués précédemment, pour aboutir à une définition de la régulation. En le suivant, *"la régulation, c'est l'ajustement conformément à quelques règles ou normes d'une pluralité de mouvements ou d'actes et de leurs effets ou produits, que leur diversité ou leur succession rend d'abord étrangères les unes aux autres. Cette conception renferme au moins trois idées : celle de relations, de l'interaction entre éléments instables, celle de critère ou de repère et celle du comparateur"* ⁽⁴⁾. Mais, les autres idées relatives à la régulation traversent, ne serait-ce que silencieusement, la définition. Le comparateur n'est-il pas le mécanisme qui identifie la perturbation, pour déclencher ensuite des politiques de compensation dont le but est de ramener l'objet régulé à son état souhaitable ?

On ne place pas sur le même niveau la coordination et les autres termes évoqués précédemment, parce que la première n'a pas été attachée à la régulation directement mais par l'intermédiaire de la réalité du régulateur des machines (XVIIIe). Canguilhem G., *Régulation*, op.cit.

Voir Ashby R., *An introduction to cybernetics*, London, Methuen & Co Ltd, 1964 (1^{ère} édition 1956).

Le terme, datant des années 1920, est introduit par le physiologiste américain Cannon pour désigner, chez les organismes vivants, la stabilisation des différentes constantes physiologiques.

Canguilhem G., *Régulation*, op.cit., p. 797.

Un certain nombre de commentaires portant sur la formule proposée par G. Canguilhem nous servira d'introduction à notre opération qui consiste, comme nous l'avons annoncé dans l'introduction de cette Partie, à transformer la régulation en concept opératoire pour notre propre analyse. On peut isoler deux types de remarques. La première remarque porte sur l'absence du temps dans la définition, sur son caractère statique et intemporel. Cette absence ne nous surprend pas ; on peut l'attribuer à l'héritage des conditions historiques d'apparition et de développement du terme de régulation. En fait, l'analyse menée par Canguilhem montre que la régulation sert d'abord à penser les êtres vivants dotés de mécanismes régulateurs qui restent invariables d'une génération à l'autre. De là, la problématique autour des termes de conservation, d'équilibre et de compensation qui domine la perception de la régulation dès son introduction dans les disciplines précitées (biologie, cybernétique).

En second lieu, et c'est la deuxième remarque que l'on peut faire, la définition se présente sous une forme canonique, elle se veut un "modèle normatif du concept : *"la régulation est l'ajustement (...)"*, autrement dit, elle se réfère à une régulation "réussie", à un ajustement déjà "trouvé", puisqu'elle présuppose que comparateurs, règles, normes, définis simultanément avec les finalités du système, sont déjà identifiés et mis en œuvre. Une fois encore, les traces de son passé se sont avérées tenaces en s'insinuant dans la définition de la régulation. Comme Canguilhem l'a expressément noté, dans le cas des systèmes biologiques *"la finalité (...) se confond avec sa forme d'existence"* ⁽¹⁾ ; en d'autres termes, il y a coïncidence dans l'être vivant des finalités (persévérer dans son être) et des moyens de les satisfaire. Il en résulte que le rapport de la finalité à sa réalisation est un rapport immédiat et qu'ajustements, règles et normes se réduisent à une exécution mécanique des impératifs du système à réguler. Pesant sur l'acceptation dominante de la régulation, cet appel à l'univocité des ajustements pose problème dans l'étude des systèmes socio-techniques, pour lesquels il n'y a pas *correspondance naturelle* entre les objectifs et les pratiques censées les atteindre. La régulation en tant que tentative et vœu, la régulation en tant que réalité et résultat doivent être examinées séparément. L'histoire "réelle" des régulations "concrètes" dans le cas d'un artefact est

également l'histoire de ses échecs, celle des écarts entre la volonté et l'œuvre, l'histoire du pourquoi de ce hiatus.

Les commentaires précédents n'entrent pas dans une polémique contre la définition de Canguilhem (polémique au demeurant sans objet, la définition étant en fin de compte affaire de convention). Notre objectif étant d'utiliser le terme pour les besoins de notre étude, nous avons voulu, par une étude du contexte historique où la régulation a pris naissance, nous libérer de ses implications. Nous sommes maintenant en mesure d'entamer le travail des déplacements nécessaires pour la rendre opérationnelle. Sans trop anticiper sur l'exposé qui va suivre, nous voudrions esquisser dès maintenant les grandes directions qu'empruntera notre analyse.

Commençons tout d'abord par un acquis de la définition proposée par Canguilhem : la régulation est pensée sous les termes de totalité et de cohérence. Loin de fonctionner sur le mode de juxtaposition, les actes de régulation s'articulent, se supportent les uns les autres à l'intérieur d'une unité fonctionnelle. En s'appuyant sur cette idée forte, nous avons bien entendu à préciser la nature de ce tout ; c'est sur ce point que nos remarques précédentes doivent intervenir et commencer à fonctionner. On l'a déjà vu, c'est dans l'horizon d'une traduction transparente et univoque des finalités en actes, que s'est constitué le thème de la régulation. Dans la mesure où cette traduction dans le cas des systèmes socio-techniques n'est pas d'inclusion logique ou naturelle, il faudra substituer à la notion de traduction celle de *transformation*. Il en résulte pour notre projet la tâche suivante : dépister et analyser les mécanismes qui déclenchent et accomplissent cette transformation, identifier les médiations chargées d'assurer le passage d'une finalité énoncée en termes généraux (par exemple assurer les transports de masse, lutter contre les inondations) aux pratiques observées. Deuxième tâche : à partir du moment où l'articulation des finalités et des pratiques n'est plus d'ordre naturel, l'analyse doit rendre intelligible leur cohésion. Nous sommes obligés de suivre de près la constitution d'une unité toujours problématique, à mi-chemin ; d'étudier la mise en place d'un tissu de structures disparates et hétérogènes qui, tout en n'étant plus commandé d'un centre, ne semble pas pour autant dépourvu d'une unité minimale.

Notre première remarque sur la définition formulée par Canguilhem prenait la forme d'une observation sur l'absence du temps, manque dont l'origine est imputée au

contexte historique où le terme de régulation a pris naissance. En revanche, si l'objet étudié relève du monde historique — tel est le cas des systèmes socio-techniques —, la régulation est frappée du sceau de temporalité, c'est-à-dire marquée du fait que les synthèses effectuées auraient ainsi pu être autres. La question portant sur le pourquoi d'une telle synthèse émerge donc naturellement. A cette question, nous essayons d'apporter une réponse délibérément "minimaliste" ; ce qui advient n'est ni nécessaire, ni appelé par une logique préétablie de l'histoire. Nous ne justifierons pas l'avènement des faits observés en termes de nécessité. Instruments de mesure datés, formes de connaissances ancrées dans l'histoire, systèmes de représentation caractéristiques d'une époque, forment un faisceau de virtualités, un champ de possibles à l'intérieur duquel "ce qui a eu lieu", sans être la seule issue possible, devient intelligible. Tout au plus, alors, des "conditions de possibilité" (*l*).

Temporalité signifie changement. Les éléments d'un mode de régulation ne marchent pas obligatoirement du même pas. Pour chacun, nous devons mettre au jour l'originalité des rythmes auxquels obéit son évolution (développement continu, accélération, coupures...). Quels sont les forces à l'œuvre qui régissent ces histoires ? Comment se répartissent les lignes de sédimentation et les lignes de création ?

2. ...Au concept de mode régulation

La discussion du concept de régulation proposé par Canguilhem nous a permis de mettre en évidence les différences qui existent entre la régulation des systèmes biologiques et celle des systèmes socio-techniques : absence d'une traduction immédiate et univoque des finalités en actes ; cohésion problématique, de toute façon construite et aucunement automatique de ces derniers ; historicité des pratiques ; temporalités multiples, font que l'étude de la régulation des systèmes socio-techniques exige un concept plus différencié que celui proposé par Canguilhem dans le cadre de ses méditations sur la régulation des systèmes biologiques, concept qui intégrerait dans sa structure les éléments que nous venons

Pour reprendre à notre compte cette formule d'inspiration kantienne de Foucault M., *Naissance de la clinique*, PUF, 1988 (1^{ère} édition 1963), p. XV.

de citer. Dans ce paragraphe nous procéderons à une présentation schématique de notre concept de "*mode de régulation*", bâti sur la base de remarques qui ont clos le paragraphe précédent ainsi que sur des idées qui se dégagent des deux études de cas historiques qui ont formé le chapitre précédent. Cette présentation sommaire et austère du concept, dont la seule ambition est de donner une vue d'ensemble, se veut une introduction à des exposés plus détaillés qui, intervenant dans la suite, vont enrichir le concept, en lui conférant sa consistance théorique.

Rappelons d'abord que le concept de "mode de régulation" désigne de manière générale un réseau de pratiques mettant en jeu des objets techniques et des hommes, déployés à l'intérieur d'un système socio-technique, à savoir un système composé d'éléments physiques et organisationnels, formellement organisés sur la base de normes et de règles, de programmes et de positions plus ou moins standardisés, en vue de réaliser des objectifs prédéfinis. Il est proposé pour saisir l'évolution de ces pratiques (genèse, fonctionnement, transformation) ainsi que celle de l'espace des acteurs qui les mettent en œuvre.

Comme les deux historiques (Taylorisme, métro) le laissent déjà présager, notre construction du concept comporte trois étages, chacun correspondant à un moment dans la vie d'une pratique (genèse, régime routinier, crise).

Première phase

C'est la phase de l'élaboration du mode de régulation. Des besoins émanant de l'espace social, reconnus comme tels, sont accueillis par des acteurs chargés de mettre en œuvre des solutions appropriées. C'est la communauté des ingénieurs qui se trouve à l'origine des pratiques développées au sein de nos trois systèmes socio-techniques (!)• Son activité sera étudiée de près à travers l'étude des discours et des solutions projetées par ses membres. Le concept de "*référentiel*", comportant

Nous ne pouvons pas proposer ici une analyse de l'entrée en force sur la scène sociale de la figure de l'ingénieur ainsi que du pouvoir d'action dont il est investi depuis le XIXe siècle. Nous renvoyons le lecteur à la bibliographie (sommaire) donnée dans l'introduction : note 2 p. 20, à laquelle on peut ajouter pour le cas de la France le livre suivant : Dhombres J. et N., *Naissance d'un nouveau pouvoir: sciences et savants en France (1798-1824)*, Paris, Payot, 1989.

systèmes de représentation (idéal analytique, pensée deductive versus pensée inductive...), formes codifiées de connaissances (statistiques...), valeurs (idéal d'automaticité...), et visant à reproduire l'horizon historiquement constitué et intersubjectivement partagé par les ingénieurs, sera proposé comme outil herméneutique, capable de rendre intelligible les pratiques observées. Le "référentiel" guide en quelque sorte la pensée de l'ingénieur, oriente et sélectionne les solutions projetées aux problèmes rencontrés. Il faut insister sur le fait que la présence du "référentiel", pendant la phase de la constitution d'un nouveau mode de régulation, n'entraîne pas une automaticité quant à la solution des problèmes envisagés. Le recours à l'argumentation explicite demeure indispensable pour l'acteur, qui se trouve obligé de raisonner, d'anticiper et de répondre à des critiques - voire de modifier ses thèses initiales - afin de rendre recevables ses propositions.

Deuxième phase : celle de la codification/institutionnalisation du "mode de régulation"

Le référentiel se retire derrière les pratiques normalisées, codifiées, standardisées. D'une communauté traversée par la communication, structurée par la confrontation argumentée, on passe à une communauté dominée par la routine et la répétition. C'est l'époque des manuels, des solutions-types, des pratiques qui s'imposent par la force de leur évidence. Les pratiques se trouvent distribuées à l'intérieur des morphologies organisationnelles, dont les parties sont prises dans des rapports hiérarchiques, communiquent entre eux via des canaux spécifiques et selon des procédures déterminées.

Troisième phase : celle de la crise du "mode de régulation"

Le système socio-technique sous l'impulsion des pratiques normalisées et reproduites tout au long de sa deuxième phase, évolue, s'auto-transforme. Le contexte qui l'enveloppe également. La rencontre de ces deux trajectoires opère des brisures, révèle des incompatibilités, qui poussent les acteurs à modifier les pratiques de régulation, à refondre les morphologies organisationnelles existantes... Le débat recommence.

Avant de passer à l'explicitation de ces propositions laconiques, précisons comment la méthodologie générale qui sous-tend notre entreprise (voir introduction générale pp. 18-22) sera concrètement appliquée dans ce qui suit. Le moment "*herméneutique*", qui reste près des langages des acteurs, est mobilisé dans l'étude de la première phase, tandis que le moment "*systemique*", qui établit des connexions logiques/causales entre les fragments de la réalité analysée, est l'instrument privilégié pour l'appréhension de la deuxième et de la troisième phase.

SECTION 2. PHASE A : LA NAISSANCE ET LA CONSTITUTION D'UN MODE DE REGULATION

1. La naissance

Un mode de régulation répond à des besoins, estimés tels, dans une société vivant son histoire, besoins qui appellent une action adéquate. Bien que l'optique selon laquelle c'est l'utilité sociale qui régent la production d'un objet technique soit courante (*), on ne l'a guère explorée dans le cadre d'une problématique systématique. Ainsi, un certain nombre de questions relatives aux différents types de besoins ; à l'acteur chargé de fournir des réponses ; à la transformation des besoins en système d'actions précises ; aux différentes classes de contraintes qui pèsent sur les solutions adoptées... demeurent sans traitement systématique (²). A travers une interrogation-commentaire des termes qui figurent dans notre assertion, nous essayons d'apporter quelques éléments de réponse.

En premier lieu, on trouve celui de "besoin". Malgré sa lisibilité immédiate qui semble dispenser de tout commentaire, nous voudrions lui consacrer une lecture serrée, lecture qui servira d'entrée dans notre champ problématique. Tout d'abord, il ne faut pas succomber à la tentation d'envisager le besoin comme un fait (genre)

Voir l'article classique de Bunge M., "Technology as applied science", *Technology and Culture*, vol. 7, n° 3, 1966, pp. 329-347.

Sur un tel questionnement, mais qui ne va pas au-delà d'une transposition des positions développées par Kuhn dans son livre *La structure des révolutions scientifiques*, Paris, Flammarion, 1983 (édition originale 1962), dans le domaine de la connaissance technologique, voir Laudan R. (Ed.), *The Nature of Technological Knowledge. Are models of scientific change relevant ?*, Dordrecht, D. Reidel Publishing Company, 1984.

naturel. Au regard d'un organisme dont les besoins émanent (en partie) de sa biologie, la société institue ses propres besoins (¹). Le besoin social se fonde sur une opération d'investissement symbolique qui transforme un "événement" en problème reconnu comme tel, et appelant une solution. "Événement" est à entendre ici au sens suivant : ce qui arrive simplement, le "il y a" des morts à la suite d'une épidémie de choléra, ou "il y a" de la cogestion. Or, cet "il y a" erratique, pris selon son hasard, ne vit que dans la précarité et la fugacité de ce qui advient. Stabilité et durée lui font défaut. C'est le mouvement de prise de conscience de cet "il y a" en tant que problème à affronter qui restitue à l'événement ces dimensions manquées. La transformation du subi en sujet de discours collectif, la reconnaissance d'un problème là où auparavant on subissait un fait, sont des gestes nécessaires par quoi la société façonne et institue ses besoins. La *formulation du problème* fait, donc, figure de commencement. Mais, cet acte de reconnaissance ne suffit pas en lui-même pour fonder un mode de régulation. Il faut pour cela que le subi, devenu entre temps problème, soit accueilli au sein d'un *cadre institutionnel*, soit pris en charge par un *acteur* (des acteurs). On touche, ici, un point sensible de notre argumentation, en assimilant l'acte fondateur (origine) d'un mode de régulation à la désignation d'un acteur (des acteurs) apte à recueillir les impulsions émanant de l'espace social et à mettre en œuvre des solutions appropriées. Nous considérons que l'apparition sur la scène d'un acteur est indispensable en raison des caractéristiques de notre propre objet d'analyse, le système socio-technique. En effet, le fait qu'on dispose des raisons suffisantes pour en augurer que la "régulation biologique" — i.e. une autorégulation où besoins et moyens pour les satisfaire se définissent mutuellement — ne peut convenir à la société (²), nous sommes obligés d'identifier les centres régulateurs (= acteurs) qui assureront la traduction des besoins reconnus en solutions adéquates.

Voir Castoriadis C, *L'institution imaginaire de la société*, Paris, Editions du Seuil, 1975.

"Faire voir à quoi un fait est utile n'est pas expliquer, comment il est né ni pourquoi il est ce qu'il est. Car les usages auxquels il sert supposent les propriétés spécifiques qui le caractérisent, mais ne les créent pas. Le besoin que nous avons des choses ne peut ni les faire exister, ni leur conférer leur nature", Durkheim E., *Les règles de la méthode sociologique*, Paris, PUF, 1987 (édition originale 1895), p. 90.

Du besoin on est arrivé à l'acteur. On l'a probablement déjà remarqué, nous avons employé de manière indifférente les termes acteur, institution, centre régulateur, manière de laisser entrevoir que ce n'est pas l'individu concret avec ses intérêts et ses projets qui constitue notre référence : *c'est l'institution qui tient lieu d'acteur*. Cette dernière assimilation nous amène sur une pente glissante. Voici l'institution muée en substance, en sujet ayant des desseins délibérés, capable d'élaborer consciemment des projets et d'inventer des solutions. Pour écarter tout soupçon de dérive substantialiste (*), précisons d'emblée que notre conception de l'institution ne se calque pas sur celle du sujet individuel. Institution désigne ici une communauté d'individus sortis le plus souvent du même moule socio-professionnel, disposant d'un savoir-faire commun, partageant nombre de représentations et de références et investis d'un degré de pouvoir quant aux processus de régulation. Les institutions constituent autant d'espaces innervés de *règles et d'échanges communicationnels* entre des sujets porteurs de rôles circonscrits. Du besoin socialement reconnu, on est arrivé à l'acteur-institution. Pour ce qui concerne les trois systèmes socio-techniques étudiés dans ce travail, c'est la communauté des ingénieurs qui tient lieu d'acteur. Insistons, donc, sur les caractéristiques de cette communauté. Il ne faut pas confondre communauté d'Ingénieurs et corps professionnel porteur des stratégies corporatistes et en quête de pouvoir et de légitimité sociale. Les ingénieurs forment bien sûr un corps : carrière, récompenses, prestige sont autant d'objets de calcul dans leurs activités quotidiennes. Mais, leur corps se distingue d'un groupement d'intérêts. Point de centralisation et de diffusion du savoir accumulé, instance d'enregistrement et de jugement des pratiques de ses membres, l'institution constitue également (et surtout) *un espace public* ⁽²⁾ *de communication et de confrontation des*

Nous souscrivons, ici, aux critiques que l'individualisme méthodologique adresse à l'égard d'un holisme qui attribue sans aucune précaution et sans aucune analyse aux institutions et aux acteurs collectifs (classes, Etat, organisation...) des propriétés qui s'appliquent au sujet individuel. Sur le débat holisme/individualisme méthodologique, voir entre autres : Birnbaum P., Leca J. (Eds), *Sur l'individualisme*, Paris, Presses de la FNSP, 1986 ; Elster J., *Karl Marx : une interprétation analytique*, Paris, PUF, 1989 (édition originale 1985) ; Giddens A., *La constitution de la société*, Paris, PUF, 1987 (édition originale 1984).

Notre conception de la communauté-espace public s'inspire évidemment des travaux de Habermas (voir *Théorie de l'agir communicationnel...*, op.cit. et K. O. Apel, *L'éthique à l'âge de la Science*, Lille, PUL, 1987, (édition originale 1973).

connaissances et des techniques portées par ses membres. L'institution s'exprimant à travers ses revues et ses débats, l'institution en tant que communauté de communication tient lieu de sujet capable d'interventions innovatrices et producteur de savoir (^x). C'est vers cette communauté que nous devons nous tourner afin d'étudier la constitution d'un mode de régulation.

Pour une conception opposée de la communauté (en l'occurrence le champ scientifique) en tant que système de rapports de force, voir Bourdieu P., "Le champ scientifique", *Actes de la Recherche en Sciences Sociales*, n° 2-3, 1976. Bourdieu place le débat sous l'égide de la joute (lutte pour le monopole de la compétence scientifique) plutôt que de la communication visant l'instauration d'un consensus argumenté. Or, ce faisant, il se trouve dans une position désagréable. En prétendant que son analyse soit vraie, il est obligé du même coup d'identifier des mécanismes d'obtention de la vérité autres que le débat argumenté. Voici une solution de rechange : *"Le fait que le champ scientifique comporte toujours une part d'arbitraire social dans la mesure où il sert les intérêts de ceux qui, dans le champ et/ou hors du champ, sont en mesure d'en percevoir les profits, n'exclut pas que, sous certaines conditions, la logique propre du champ et en particulier la lutte entre les dominants et les nouveaux entrants et la censure croisée qui en résulte n'exercent un détournement systématique des fins* (c'est Bourdieu qui souligne) *qui fait tourner continûment la poursuite des intérêts scientifiques privés (entendus toujours au double sens) au profit du progrès de la science"* p. 90. Il est vrai que Bourdieu s'avère beaucoup plus analytique que Hegel, avec "sa ruse de la Raison", et A. Smith, avec "sa main invisible", ne l'étaient, puisqu'une page plus loin il met au grand jour un autre mécanisme : la peur d'être ridiculisé par l'adversaire. *"Et de fait, à mesure que s'accroissent les ressources accumulées et le capital nécessaire pour se les approprier, le marché sur lequel peut être placé le produit scientifique ne cesse de se restreindre à des concurrents de plus en plus fortement armés pour le critiquer rationnellement et discréditer son auteur". Ibid., p. 99.*

En traitant la communauté des Ingénieurs comme un espace public de communication et du débat argumentatif, nous ne nions évidemment pas la présence simultanée des stratégies corporatistes, des croyances et des modes de pensées qui peuvent rester pour longtemps soustraits à la discussion. La communauté des ingénieurs n'est pas toujours (loin s'en faut) le lieu d'un dialogue angélique entre des individus de bonne compagnie. En insistant sur le caractère public de la communauté des ingénieurs, nous avons voulu mettre en avant le potentiel d'ouverture, dont la discussion publique est porteuse. Potentiel qui varie en fonction des caractéristiques concrètes des communautés historiques. Ainsi, dans le cas du Taylorisme et de l'assainissement, les communautés d'ingénieurs impliquées font preuve d'une grande publicité, comme les débats et l'affrontement de l'époque l'attestent. Ce n'est pas le cas du métropolitain parisien. Peu sont les traces publiques de la discussion sur l'automatisation des années 70. Profitons de ce contraste pour signaler un changement important concernant un des supports essentiels de la publicité (au sens habermasien du terme : propriété de l'espace public de débat et d'argumentation), les revues techniques, changement qui est intervenu pour la première fois à la fin de la première grande guerre, avant d'être consommé

2. La constitution

2.1. Le concept de référentiel

Au long du paragraphe précédent, nous avons focalisé notre attention sur la naissance du mode de régulation. Dans ce qui suit nous attaquerons les processus de sa constitution. Le problème donc qui nous préoccupe est celui de la traduction d'un projet général visant à répondre à un besoin, en système de pratiques précises. C'est dans le champ des interrogations qui se tissent autour du statut de cette traduction que le concept *de référentiel* prend place, en désignant les médiations complexes qui s'interposent entre un projet encore désincarné et ses cristallisations matérielles. Le référentiel *désigne un réseau serré composé de concepts, instruments, formes de connaissances, systèmes de représentation, méthodes d'évaluation...*, qui est offert durant une époque donnée à un acteur. Désignant l'ouverture dans laquelle les membres d'une communauté (en l'occurrence la communauté des ingénieurs), se meuvent, le référentiel fonctionne en tant que "ressources communes", disponibles aux membres tout au long de leurs échanges et de leurs débats. Mais avant de passer au développement du concept, explicitons les raisons pour lesquelles nous avons entrepris le travail de son élaboration. Deux sont les écueils que nous avons voulu éviter ; chacun d'entre eux se présente comme variante du réductionnisme. Réductionnisme technologique d'abord : toute l'histoire des pratiques est identifiée à celle des techniques existantes. Selon cette optique, la contrainte technique anéantit en quelque sorte le champ du possible pour les pratiques, ces dernières ne pouvant suivre que les rythmes et le chemin dictés par l'évolution technologique. L'autre écueil porte le nom du réductionnisme social. Dans cette perspective, les pratiques deviennent soit la matérialisation-manifestation d'un certain rapport de forces, soit la production d'une intention qui vise à travers ces pratiques à réaliser ses objectifs stratégiques. Avec le référentiel nous avons voulu, d'une part restituer une autonomie aux pratiques, contextuellement

durant la période qui a succédé à la deuxième guerre mondiale : le "déclin" des grandes revues techniques généralistes, lieu de publications des articles entremêlant sujets techniques, considérations économiques, voire politiques, et des débats organisés à partir de ces articles.

dépendantes bien sûr mais non réduites aux conditions de leur apparition C¹), d'autre part créer un instrument herméneutique qui rend intelligibles les pratiques historiques observées.

Nous présenterons le concept en deux temps. Dans un premier temps, nous étudierons avec plus de détail son fonctionnement général dans la constitution des pratiques. Dans un deuxième temps, nous tenterons d'identifier les éléments qui le composent. La définition provisoire du *référentiel* donnée ci-dessus nous indique déjà que ces éléments sont de diverses sortes et que par conséquent, ils ne doivent pas être étudiés comme s'ils étaient d'un seul tenant. Nous dresserons donc une liste qui, sans prétendre à l'exhaustivité, regroupera les classes d'éléments les plus saillantes.

2.1.1. *Référentiel et communauté d'ingénieurs (fonctionnement général)*

"*Toute investigation nécessite un déjà ouvert à l'intérieur duquel son mouvement devient possible*" (2). Le référentiel se présente tout d'abord comme cette ouverture, dans laquelle les objets susceptibles d'être manipulés à des fins pratiques et les manières de le faire, s'offrent à l'ingénieur. Ouverture d'une largeur historiquement variable, le référentiel est revêtu d'abord d'un pouvoir sélectif : il produit, perpétue et circonscrit ce que les individus peuvent penser et faire. Il est, pour parler comme Gadamer, cet *a priori qui expose les pratiques de régulation aux effets de l'histoire* (3).

L'irréductibilité d'une pratique aux conditions (sociales, économiques, culturelles) de son apparition, la capacité d'une communauté de rompre avec le continuum du temps et d'instaurer quelque chose de nouveau, sa force instituant pour parler comme Castoriadis, est un thème récurrent de l'œuvre heideggerienne. "*La poésie [au sens grec du terme : création, ouverture, innovation] est ainsi «le fondement qui supporte l'histoire»*", cité par Vattimo G., *Introduction à Heidegger*, Paris, Cerf, 1985 (édition originale 1971). Pour un développement de cette position de Heidegger, voir Castoriadis C., *L'institution imaginaire...*, op.cit. Voir aussi la définition de l'homme par Cassirer comme "animal symbolique", créateur de nouveaux systèmes symboliques, *Essai sur l'homme*, Paris, Minuit, 1975 (éd. or. 1944). Heidegger M. "L'époque des «conceptions du monde»", *Chemins qui ne mènent nulle part*, op.cit., p. 102.

Gadamer H. G., *Vérité et méthode*, Paris, Seuil, 1976 (éd. or. 1960).

La géométrie d'une ouverture ne se réduit pas à sa largeur plus ou moins étroite. Ni le référentiel à son aspect contraignant et à son rôle d'opérateur de restriction des marges d'action pour un acteur isolé. Il entre en jeu également en tant que *ressource commune* pour les membres d'une communauté (ici celle des ingénieurs) tout au long de leurs échanges et de leurs débats. Provision disponible des savoir-faire, mobilisé par les participants d'un débat, le référentiel donne à l'ouverture *sa dimension créatrice*.

2.1.2. *Les composantes du référentiel* (¹)

Après avoir présenté les fonctions générales du référentiel, nous passons maintenant à sa composition, en exposant le rôle et la place respectifs de chaque élément dans le mouvement de constitution des pratiques ainsi que leur agencement dans l'économie de l'ensemble. Comme nous l'avons déjà indiqué, le référentiel est résolument hétérogène, chaîne formée d'éléments relevant de plusieurs natures. Nous distinguons trois classes d'éléments qui se différencient entre elles par leur degré d'explicitation et de codification. Commençons par les "systèmes de représentation".

Les "systèmes de représentation". Se présentant sous forme de préceptes, de stratégies générales de résolution de problèmes, les systèmes de représentation ne sont pas propres au domaine des pratiques considérées. En traversant plusieurs types de savoirs et de pratiques caractéristiques d'une époque historique, les systèmes de représentation constituent le socle commun et le principe organisateur de leurs cohérences. En amont d'une pratique pas encore inventée, ils assistent à son accouchement ; munis d'un pouvoir heuristique, ils suggèrent une théorie (ou pratique) initiale dans un domaine donné. En aval d'une pratique qui a connu une

Dans les développements théoriques qui suivent, nous anticipons parfois sur des analyses qui seront longuement exposées au long de la Partie II de la thèse consacrée à l'assainissement. Ajoutons que ce qui suit doit beaucoup aux positions avancées par des auteurs tels que Kuhn avec ses paradigmes, Holton G. avec ses thémata (*L'invention scientifique*, Paris, PUF, 1982) ou Laudan L. (*La dynamique de la science*, Bruxelles, Pierre Mardaga Editeur, 1987). Dans la mesure où ni l'organisation ni le contenu du concept de référentiel ne correspondent aux concepts proposés par ces auteurs, nous avons préféré façonner notre propre vocabulaire.

première formulation, ces systèmes contrôlent son évolution, en imposant des modes d'évaluation et de mise à l'épreuve. Au croisement de la théorie et du monde, ils installent un sujet questionnant selon une certaine grille d'interrogations et écoutant selon un certain programme d'informations.

Examinons avec plus de précision les points évoqués ci-dessus. Le premier concerne la productivité des systèmes de représentation, leur participation à la naissance de théories et de pratiques nouvelles. Cela devient possible parce que les systèmes de représentation spécifient certaines méthodes d'investigation qui sont disponibles pour les sujets-ingénieurs. Ces principes méthodologiques ont un spectre large. Ils concernent d'abord les *sources de connaissances* : les systèmes de représentation en privilégient certaines, renvoient d'autres au statut de moindre signification, en dessinant une hiérarchie de degrés d'importance. Ainsi, dès la fin du 17^{ème} siècle, *l'observation directe* ⁽¹⁾ s'érige en source première. Mais la notion de l'observation est solidaire de celle du sujet qui contemple. *Les systèmes ménagent la place du sujet dans le champ de connaissances*, en lui attribuant des rôles circonscrits dans le processus de saisie de la réalité. Le sujet Baconien "*bien loin d'être un miroir clair et de surface égale où les rayons de choses se réfléchiraient selon un angle d'incidence faible (...) est plutôt une sorte de miroir enchanté tant qu'on ne les a pas exorcisés et détruits les démons de la superstition et d'illusion*" ⁽²⁾, constitue une illustration de ce qui vient d'être dit. Plutôt gêneur, le sujet doit neutraliser son regard pour ne pas fausser les données livrées par l'expérience. Pour ce faire, "*il fallait commencer par voir beaucoup*" ⁽³⁾, il faut aussi voir "*presque sans dessein (...)*" ⁽⁴⁾. La prolifération des observations accueillies par le sujet passif, se trouve ainsi à la base d'une *méthodologie fortement inductiviste* : les théories valables sont celles qui pourraient être induites par généralisation de données recueillies dans un souci d'exhaustivité. On voit que les "systèmes de représentation" contiennent également des indications importantes

¹ Voir l'historique de la pluie et des approches empiriques du problème de la transformation de la pluie en débit d'évacuation (Partie II de la thèse).

² Bacon F., cité par Rorty R., *L'homme spéculaire*, Paris, Editions du Seuil, 1990, pp. 55-56.

* Buffon, *L'histoire naturelle* (textes choisis, 1736-1788), Paris, Gallimard, 1984, p. 39. Nous trouverons une illustration de ces positions dans nos analyses consacrées à l'assainissement.

⁴ *Ibid.*, pp. 39-40.

sur la manière dont une théorie ou une pratique constituées peuvent être modifiées pour devenir plus productives : dans notre cas, c'est la prolifération des observations qui tient lieu de correctif.

Inutile de souligner le caractère historique de ces systèmes. Ainsi la montée en puissance de *V'idéal analytique* ⁽¹⁾, selon lequel le déchiffrement de la réalité est assuré par un mouvement de décomposition et de différenciation, accorde au sujet une posture beaucoup plus active dans la production des connaissances et des pratiques. L'observation perd une partie de son prestige, le sujet équipé de toute une armature logique est capable d'aller au-delà de la généralisation des données ; des vocables tels que raisonnable, rationnel, font surface et fonctionnent comme instances de contrôle, indépendamment des données de l'expérience ⁽²⁾.

Formes de savoirs codifiés. Tandis que les systèmes de représentation ont la forme d'un arrière-plan plutôt discret, dans lequel apparaît un certain nombre de processus d'investigation, de modes d'évaluation quelquefois énoncés explicitement mais le plus souvent décelés en acte dans les savoir-faire d'une époque, la deuxième composante du référentiel dispose de la texture plus dense des doctrines fixées par l'écriture, répétées et apprises. En parlant des formes de savoirs codifiés, nous nous référons à des corpus théoriques et techniques déjà constitués et qui fonctionnent comme des "boîtes à outils" pour une multitude de champs d'application.

Les différentes sortes de mathématiques et de symbolismes graphiques (perspective, plan) sont l'archétype de cette composante du référentiel. Nous pouvons y ajouter les techniques métrologiques (qu'est-ce qu'une bonne mesure ? comment peut-on l'obtenir ?...) standardisées, ainsi que les *instruments de mesures et de contrôle* — "*théorèmes réifiés*" ⁽³⁾ pour reprendre l'expression de Bachelard — disponibles, sans oublier des théories connexes (par exemple dans le cas de l'assainissement, l'hydraulique). Le fait que les éléments de cette composante du

Sur l'idéal analytique que l'on a déjà rencontré en acte dans le cas du Taylorisme, voir Cassirer E., *La philosophie des Lumières*, Paris, Fayard, 1990 (édition originale 1932). Sur l'idéal analytique et l'Ingénieur, voir Picon A., *L'invention de l'Ingénieur moderne...*, op.cit.

Les évolutions des pratiques de conception dans le domaine de l'assainissement illustreront ces positions (voir le paragraphe consacré à la *méthode rationnelle*, Partie II).

Bachelard G., *Les intuitions atomistiques*, Paris, Ed. Boivin, 1933, p. 140.

référentiel se présentent sous forme d'inscriptions durables n'entraîne pas pour autant leur application mécanique au domaine en question. Les outils ne fonctionnent jamais seuls : des médiations spécifiant les conditions de l'application des outils disponibles à la réalité sont toujours impliqués. Cette dernière remarque peut expliquer nombre de décalages observés entre les potentiels offerts à un moment historique par ces outils et l'étendue de ses applications effectives (!).

Systèmes de représentation et formes de savoirs codifiés sont intriqués. Ainsi le développement des statistiques interfère avec une image de connaissance habitée par l'idée du déterminisme, en renforçant cette dernière. Cela, en découvrant que même dans les domaines a priori les plus dispersés et les moins unifiés, on trouve encore des lois et des régularités, invisibles de prime abord. De même, la puissance de l'outil mathématique conduit à une exaltation de l'abstraction et du calcul, au détriment du réel sensible et expérimental (²).

Les valeurs. La troisième classe d'éléments du référentiel, celle des valeurs, se présente sous la forme d'attitudes générales à l'égard de la réalité technique et sociale, et auxquelles les membres de l'institution adhèrent avec plus ou moins de conviction. Nous ne mettons pas sur le même plan systèmes de représentation et valeurs pour deux raisons. Tout d'abord, les valeurs nous paraissent moins impliquées dans le processus de concrétisation et d'affinement des pratiques. Elles agissent souvent trop en amont et sous la forme des attitudes générales, munies d'un pouvoir de suggestion et d'ouverture. C'est le cas de *l'idéal de l'automatisme* — i.e. faire exécuter à la nature, d'elle-même, ce qu'on veut faire, grâce à la création judicieuse de liens de dépendance entre les éléments, tant techniques qu'humains qui composent le système à réguler, de sorte qu'une fois la première impulsion donnée, le système fonctionne tout seul —, thème à maintes reprises mis en acte dans le cas du Taylorisme et du métropolitain (³). Elles agissent enfin "trop en aval", lorsqu'on doit choisir entre des pratiques déjà constituées. Nous pouvons

Ainsi, aussi longtemps qu'on ne pensait pas la pluie en termes de vitesse, mais en termes de quantité globale, l'utilisation des pluviomètres automatiques était moins intensive (voir Partie II, paragraphe sur la pluie).

Voir surtout notre section sur Caquot et la science française de l'assainissement (Partie II).

Voir pp. 61-63 et 91-92. Nous trouverons de nouveau cet idéal dans le cas de l'assainissement.

évoquer la "standardisation", la "facilité d'application", comme des valeurs qui interviennent dans le choix entre une pratique "plus correcte", mais trop sophistiquée et une autre, moins précise mais facilement transposable d'un lieu à un autre ⁽¹⁾. Une autre caractéristique de cette classe du référentiel consiste dans son hétérogénéité. Ainsi, dans le cas de l'assainissement, on trouve des valeurs à contenu humaniste telles que "diminuer les besoins en curage manuel, tâche jugée pénible", ou d'inspiration économique : "dimensionner au plus juste afin de ne pas infliger à la communauté des charges financières non justifiées", pour ne pas oublier la valeur d'équité (partage juste de la valeur ajoutée) dans le cas du Taylorisme.

SECTION 3. PHASE B : LA PHASE ROUTINIÈRE D'UN MODE DE REGULATION

"Le caractère le plus frappant des problèmes de recherche normale (...) est peut-être qu'ils se préoccupent très peu de trouver des nouveautés d'importance capitale, tant dans le domaine des concepts que dans celui des phénomènes" (2). Si l'on substituait plus par moins, cette phrase de Kuhn pourrait être utilisée pour annoncer le contenu du paragraphe qui va suivre. Paragraphe consacré à l'étude de la deuxième phase de la vie du mode de régulation, *celle de son institutionnalisation*. Nous désignons par là le *phénomène de stabilisation et de codification des pratiques de régulation, se perpétuant sans modifications significatives à l'intérieur d'un espace normalisé*. En étudiant la formation des pratiques de régulation au sein de nos deux systèmes socio-techniques, nous avons remarqué qu'à un certain moment de son histoire (vers la fin des années 20), ce flux de formation s'interrompt pour céder la place à une période de stabilisation : certaines pratiques dominent alors la scène, se posent en système canonique, en déclenchant par là un mouvement d'extinction et d'oubli d'une foule d'autres pratiques (le cas du Taylorisme est très édifiant à cet égard). Qu'est-ce qui se passe après ? Comment le mode de régulation fonctionne-t-il, une fois les pratiques de régulation stabilisées ? Avant de nous

Voir Partie II, Chapitre I, Section 3 de la thèse consacrée au débat entre méthode empirique et méthode rationnelle.

Kuhn, *La structure...*, op.cit., p. 60.

appesantir sur les détails de fonctionnement de cette phase, nous aimerions en préciser quelques caractéristiques générales.

La deuxième phase d'un mode de régulation prend sa place dans les effets d'un double mouvement. Le premier prend la forme du retrait et du désengagement des ingénieurs qui sortent de la scène de régulation (*); le second est celui de l'apparition de l'organisation (service, entreprise) comme acteur principal. L'itinéraire qui conduit le mode de régulation de la phase de sa constitution à celle de l'institutionnalisation, se déploie donc essentiellement *entre deux types de communautés* : la première habitée par une *rationalité communicationnelle* et traversée par des lignes de créativité ; la seconde pilotée par la rationalité de la norme et traversée par des lignes de répétitivité (²). Ajoutons que phase A et phase B ne sont pas séparées par une césure claire. Les services gestionnaires et les usines existent bel et bien pendant la phase de la constitution des pratiques. Ce qui caractérise une phase n'a absolument pas besoin d'être «neuf», au sens d'une manifestation sans précédent ; ce qui donne son sens à une phase nouvelle peut fort bien être travaillé avec des figures connues qui ne passent qu'à ce moment au premier plan. C'est le cas de l'organisation après le retrait des ingénieurs. Retrait également relatif puisqu'il laisse sur place toute l'épaisseur du passé que l'organisation, bon gré mal gré, intègre dans sa réalité quotidienne. Ajoutons également que l'institutionnalisation n'exclut pas tout changement. Mais ce changement reste tributaire de la reproduction des pratiques en place, il ne met pas en cause les traits essentiels du mode de régulation institué (principes organisateurs, rapports entre les acteurs...).

En parlant de retrait, nous ne soutenons évidemment pas la thèse selon laquelle l'ingénieur après la phase de la constitution des pratiques disparaît "physiquement" de la scène de la régulation. Il est toujours présent au sein de l'organisation. Mais, pour utiliser un langage imagé, même s'il constitue un rouage important du mécanisme, il n'en est plus le moteur.

Cette différence des types de communautés fait que le couple «phase A, phase B» d'un mode de régulation n'est pas équivalent au couple «science normale/science révolutionnaire», dans le cas du modèle proposé par Kuhn dans ses analyses sur l'évolution du savoir scientifique. Pendant sa phase normale, la science ne peut pas se contenter de répéter son passé.

De ce que nous venons de dire s'ensuit que l'étude de la deuxième phase du mode de régulation nous amène tout droit à une problématique du fait organisationnel et de la norme.

1. De l'ingénieur à l'organisation

Précisons d'entrée de jeu que notre conception de l'organisation trouve son point de départ dans la réalité de la finalité (mission). Cette approche classique ⁽¹⁾ consistant à voir l'organisation à travers ses buts, découle de notre conception du mode de régulation en tant que réponse à des besoins émanant de l'espace social. L'organisation, *acteur central dans cette deuxième phase*, apparaît de prime abord comme une matrice des pratiques censées concourir à la réalisation d'un certain nombre de finalités (= celles qui ont donné naissance au mode de régulation). Ces pratiques sont organisées en classes dont chacune délimite un espace d'activités relativement autonome et centré sur nombre d'objectifs spécifiques, traduisant en termes opérationnels les grandes finalités. Nous désignons cet espace par le terme *de fonction*. Le service se donne d'abord comme un ensemble structuré de fonctions. Si on ajoute l'adjectif ⁽²⁾ "structuré", c'est pour souligner l'existence d'un ordre *hiérarchique* entre les fonctions. En effet, une approche génétique de l'évolution des pratiques de régulation, montre qu'il est au moins simpliste d'envisager la division fonctionnelle uniquement comme résultat d'une décomposition progressive en fonctions différenciées du "point de vue technique" des finalités de l'organisation ⁽³⁾. Ce découpage doit être vu en même temps comme un vecteur essentiel de hiérarchisation : chaque fonction s'insère dans un réseau hiérarchique qui lui impute une importance différenciée dans la régulation. Quelles sont les origines de cette hiérarchie ? C'est sur ce point que l'approche génétique des pratiques peut apporter des éclairages intéressants.

Voir Chanlat J.F. et al., *L'analyse des organisations : une anthologie sociologique*, Gaétan Marin Editeur, Tome I, 1983, Tome II, 1987.

Le terme exact est "participe passé adjectif".

C'est la conception fayolienne de l'organisation. Fayol H., *Principes généraux d'administration. Administration Industrielle et Générale*, Paris, Dunod, 1979 (1ère éd. 1908).

Traditionnellement, la hiérarchie est conçue comme un ensemble de rapports interpersonnels fondés sur le principe de l'autorité (*)• Dans cette optique, la hiérarchie met en *rapport immédiat* des individus qui se répartissent en sujet et objet de contrôle. Le fait que ces rapports immédiats puissent sombrer dans l'anonymat des "schémas d'exécution" (2) impersonnels, des pratiques codifiées, ne modifie pas cette conception de la hiérarchie mettant en jeu des acteurs individuels. L'organigramme la matérialise et la rend immédiatement visible. Mais, il y a un autre type de hiérarchie moins visible, non institutionnalisé, qui met en jeu des constellations d'acteurs parfois très éloignés physiquement les uns des autres. Pour appréhender ce type de hiérarchie, il faut faire intervenir dans l'analyse une perspective génétique. On peut alors percevoir une hiérarchie qui ne transparait pas dans l'organigramme, non saisissable par les acteurs impliqués, mais qui pointe si on se tourne vers le fonctionnement d'ensemble. Ainsi, historiquement, le développement du dipôle fonctionnel conception/exploitation dans le cas du Taylorisme (et également dans celui de l'assainissement) se traduit par un accroissement progressif de l'importance du pôle de la conception. S'appuyant sur une accumulation symbolique de l'information susceptible de circuler dans l'espace et le temps, la conception d'une usine ou d'un réseau d'assainissement peuvent se faire sans que des données fournies par l'exploitation soient nécessaires (3).

Outre des rapports hiérarchiques, les fonctions entretiennent entre elles des rapports de communication. En paraphrasant Boulding nous pouvons soutenir que l'organisation est "*une structure des fonctions inter-connectées par des voies de communications*" (4), elle est marquée par une "économie informationnelle" spécifique (5). Pour saisir son intelligence, il importe donc de préciser cette économie. Nous proposons ici une grille d'analyse combinant deux critères

Cette conception remonte aux analyses classiques que M. Weber a consacré aux phénomènes bureaucratiques. Weber M., *Economie et Société*, Tome 1, Paris, Pion, 1971 (édition originale 1921).

Voir March J.G. et Simon H.A., *Les organisations...*, op.cit., Intr., pp. 15-16.

Voir nos analyses pp. 71-73.

Selon la définition de Boulding, une organisation est "*une structure de rôles inter-connectés par des voies de communication*", Boulding K.E., *The Image*, Ann Arbor, University of Michigan Press, 1959, p. 57.

Voir Veltz P., "Rationalisation, organisation et modèles d'organisation dans l'industrie. Orientations de recherche", in *L'Après-taylorisme*, op.cit., pp. 32-46.

principaux : degré de codification de l'information et modalités de circulation. Par voie combinatoire, on peut obtenir différentes sortes de morphologies organisationnelles parmi lesquelles l'une domine la scène pendant une période historique, en marquant le mode de régulation en vigueur. Et cela pour des raisons de compatibilité avec le mode de fonctionnement de l'objet technique et les propriétés des outils de gestion disponibles imposant modes d'intellection et possibilités d'action. Pour revenir à nos deux systèmes socio-techniques, la prééminence de la conception sur l'exploitation s'accompagne d'un cloisonnement fort entre les fonctions qui communiquent via des canaux bien codifiés et pratiquement unidirectionnels. Ainsi, pour ce qui concerne l'industrie, les *Méthodes* conçoivent *ex nihilo* grâce aux outils dont elles disposent ("temps opératoires", dessins techniques...) l'atelier, tandis que la *Fabrication* communique son fonctionnement à travers des indicateurs normalisés (rendement de main-d'œuvre). De même, pour ce qui concerne le réseau de l'assainissement, on verra que l'exploitation reçoit les informations sur le réseau et celles nécessaires à son activité, à travers des dessins techniques normalisés. Dans le cas du métropolitain, les mêmes cloisonnements marquent les rapports Exploitation-Entretien, qui communiquent entre eux via l'objet technique (le métro) selon des cadences régulières (voir p. 104). Il s'agit donc des modèles organisationnels irrigués par des flux d'informations codifiées qui suivent des lignes droites unidirectionnelles avec peu de boucles de rétroaction.

2. La norme

Nous avons déjà évoqué la place centrale qu'occupe la norme dans cette deuxième phase de la vie du mode de régulation. Dans ce paragraphe, nous explorerons quelques implications de la présence active de la norme dans son fonctionnement et son évolution.

Grâce à l'insistance de Foucault (0), la réflexion aujourd'hui sur la norme s'est distancée du modèle juridique, unilatéralement centré sur le partage du permis et du défendu, du licite et de l'illicite. A cette conception négative de la norme, conçue

Voir entre autres Macherey P., "Pour une histoire naturelle des normes", in *Michel Foucault philosophe*, Paris, Des Travaux/Seuil, 1989, pp. 203-221.

plutôt comme contrainte, Foucault y substitue une autre, plus positive qui insiste sur le fait que la norme ne se contente pas de dire uniquement non, mais qu'elle agit, engendre des comportements, produit des résultats spécifiques. C'est vers les aspects généraux de cette productivité de la norme et les conséquences qui en émanent, que nous nous tournons à présent (}).

Tout d'abord, la norme se présente comme un *opérateur rigide* qui accomplit une réduction de la complexité de la signification du monde. L'accent est mis ici sur le mot "rigide". Toute interprétation et transformation du réel se produit dans un champ limité (voir les analyses sur le "*référentiel*"), mais la norme opère un rétrécissement de champ par rapport aux possibilités offertes par le référentiel. C'est en ce sens qu'on peut parler de clôture normative (²). En effet, le monde vu à travers la norme devient pour l'acteur qui s'en sert dans ses pratiques un monde figé. La norme freine la curiosité individuelle et collective, organise en même temps qu'elle canalise la mémoire de la communauté et installe la routine au sein des réflexes opérationnels. Elle crée des zones d'ombre que l'acteur ne peut ni observer ni questionner, érige un écran entre le monde et sa perception.

Produit d'un long processus historique d'accumulation et du traitement d'informations, la norme (la pratique codifiée), aussitôt qu'elle s'institue, oublie son passé. Cette tendance, inscrite dans son mode de fonctionnement, à oublier les conditions dans lesquelles elle a pris naissance, fait que la norme peut participer activement à la crise du système dont elle assure la régulation. Appliquer une norme, c'est souvent déclencher *un processus qui engendre* lui-même, au fur et à mesure qu'il *se déroule, des réalités qui sapent les conditions de validité de la*

On s'intéresse ici uniquement aux *aspects cognitifs de la norme* et nullement à la problématique norme-sanction.

Pour une illustration de cette position dans le cas du monde industriel, voir les analyses de "l'école française des outils de gestion", dont une présentation systématique est donnée par Berry M., *Une technologie invisible ? L'impact des instruments de gestion sur l'évolution des systèmes humains*, Centre de Recherche en Gestion, Ecole Polytechnique, juin 1983 ; voir également le livre de l'anthropologue Mary Douglas, *Ainsi pensent les institutions*, Paris, Editions Usher, 1989 (édition originale 1986), très inspiré par les analystes de l'économiste Schotter A., *The economic theory of social institutions*, Cambridge University Press, 1981. Schotter présente les institutions (normes) comme des facteurs réducteurs d'entropie. Quand tout est institutionnalisé, les acteurs n'ont pas à chercher ailleurs. "*C'est l'institution qui dit tout*" (Schotter).

norme. Autrement dit, et il ne s'agit d'un paradoxe qu'en apparence, routine et mouvement vont de pair. La permanence de la norme se trouve à l'origine d'une transformation du système technique à réguler, transformation qui peut rendre les normes inopérantes et source de dysfonctionnements (voir les résultats de l'application des "temps opératoires" sur l'évolution du système industriel, p. 80). Autrement dit, après une certaine période d'usage intensif, on doit se demander si la norme est appropriée au traitement de l'état de choses ayant résulté de son application. Le relâchement de la vigilance que les acteurs de la régulation, couverts par la norme, montrent à l'égard des transformations survenues, plus la réalisation de son essence oublieuse, font que la positivité de la norme risque d'être malencontreuse pour la deuxième phase du mode de régulation : elle travaille à sa négation (comme on le verra, l'évolution de l'assainissement obéit également à cette logique).

SECTION 4. PHASE C : LA CRISE DU MODE DE REGULATION

Nous associons au terme de crise, la représentation d'une puissance objective qui dépouille les acteurs de la régulation d'une partie importante des capacités de régulation qui leur reviennent normalement (phase B du mode de régulation). Les crises naissent lorsque les pratiques en vigueur, après avoir épuisé la marge de leurs variations possibles, ne parviennent pas à satisfaire les finalités imputées au mode de régulation. Notre conception de la crise privilégie une analyse centrée sur le système de régulation lui-même, dans le but d'éviter un réductionnisme descriptif qui raconte l'histoire des crises en termes de rencontres et de collisions entre une modification contingente du monde environnant et le système. Dans cette optique, la crise se présente comme un processus objectif qui fait irruption dans le système uniquement de l'extérieur. En ce qui concerne les réponses du système lui-même, ces dernières sont appréhendées à l'aide d'un vocabulaire standard de la théorie des systèmes : effondrement, adaptation, accommodation (}).... Outre les problèmes inhérents à cette stratégie analytique, tels que la difficulté d'opérer la distinction entre un simple changement structurel et une crise (²) (par exemple l'automatisation de la conduite dans le cas du métro est-il un changement ou une crise d'identité du système ?), cette description "en bloc" des changements survenus dépasse rarement les appréciations générales. En revanche, la focalisation de l'analyse sur les pratiques normalisées mises en œuvre au sein de l'organisation ainsi que sur les résultats que leur application a produit sur le système, enrichit le concept de crise et en augmente l'intelligence : l'histoire déclinante des pratiques normalisées ne reste pas extérieure quant à son vrai ressort, aux normes elles-mêmes. Cette approche exige qu'on complète l'analyse des mutations affectant le monde environnant par une analyse de l'auto-transformation du système socio-technique lui-même sous l'impulsion des pratiques normalisées.

De ce que nous venons de dire, il s'ensuit que nous expliquons la crise en nous référant à la fois à l'évolution du système, produit de son fonctionnement routinier, et à l'impulsion suscitée par des événements venant de son extérieur et formant

Sur le vocabulaire de la théorie des systèmes, voir Le Moigne J.L., *La théorie du système général, théorie de la modélisation*, Paris, PUF, 1977.

Voir Habermas J., *Raison et légitimité*, Paris, Payot, 1978 (édition originale 1973).

autant de réseaux d'influence exercés sur l'acteur de la régulation. Il s'agit d'établir par voie de déduction logique (logique de l'observateur) les processus selon lesquels le mode de régulation en place est soumis à des épreuves systématiques qui trouvent leur origine dans des mutations tant internes qu'externes au système. Sous la pression de ces deux séries de mutations, l'acteur principal de la régulation (service, entreprise...) se sent obligé de développer des nouvelles pratiques, de déclencher une série temporelle de réponses face à la crise reconnue comme telle. En effet, c'est lorsque les acteurs de régulation (service, entreprise...) considèrent eux-mêmes les mutations enregistrées comme mettant en cause l'efficacité de l'ancien dispositif que la crise éclate au grand jour, et génère des tentatives de réponses ⁽¹⁾. Dans la mesure où ces pratiques touchent l'ensemble des éléments, qui ont fait partie jusqu'ici de la constitution du mode de régulation (par exemple, le fonctionnement du dispositif technique, le principe organisateur des pratiques *i.e.*, la norme dans notre cas, le découpage fonctionnel...), nous pouvons reconnaître dans ces pratiques les germes d'un nouveau mode de régulation. Le débat et la communication recommencent leur jeu.

Suivant l'école des théoriciens de la "satisfaction", la nécessité ressentie comme telle est la mère de l'invention et plus généralement de tout comportement actif de recherche et de sélection. Autrement dit, la sortie des pratiques routinières présuppose une certaine conscience de la crise, qui se trouve à l'origine des politiques actives visant à la surmonter. Nelson R., Winter S., *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge Mass., Harvard University Press, 1982 ; Elster J., *Explaining Technical Change*, Cambridge, Cambridge University Press, 1983.

CONCLUSION DE LA PARTIE I

MODE DE REGULATION : CONCEPT OU REALITE ?

Avant de clore ce chapitre nous voudrions consacrer ce dernier paragraphe à une discussion sur le "statut ontologique" du mode de régulation. Est-ce que le mode de régulation est un outil d'analyse appliqué au déchiffrement du réel ou désigne-t-il au contraire une réalité ayant une signification historique concrète. Qui plus est, les deux acceptions sont-elles incompatibles ? Une articulation du concept et de la réalité serait-elle impossible ? Le traitement de ce problème est directement lié aux questions relatives à la généralisation de notre démarche et à son "mode d'emploi" dans l'étude des systèmes socio-techniques autres que les trois systèmes socio-techniques qui composent la thématique de ce travail.

Commençons par dissiper un malentendu éventuel susceptible d'être développé autour de notre conception triphasée de la vie d'un mode de régulation. Ce malentendu serait l'assimilation de la réalité au concept : la présence effective de trois phases (^x) dans la vie des pratiques de régulation développées au sein de nos trois systèmes serait conçue dans cette optique comme une manifestation locale d'une "loi" plus générale, selon laquelle l'évolution des pratiques d'un système socio-technique serait un processus de changement ordonné et composé d'une série de trois étapes distinctes. On sait que cette assimilation-déduction du réel à partir du concept qui s'autodéploie (²) est un piège qu'on doit éviter (³). Il ne s'agit pas ici, sur la base de quelques traits singuliers constatés dans l'histoire, d'énoncer des régularités valables pour toute sorte de système socio-technique. En revanche, la représentation à trois phases d'un mode de régulation peut être employée comme un *idéal-type* (⁴) de développement pour l'étude des évolutions réelles d'autres

Sur le Taylorisme et le métro, voir les deux historiques déjà exposés. Pour ce qui concerne l'assainissement, nous anticipons sur des analyses présentées par la suite.

Et qui ne va pas sans rappeler la fameuse triade hégélienne ou la loi des trois états de Comte A. (état théologique, état métaphysique, état positif), *Cours de philosophie positive*, Paris, Anthropos, 1968. (1830).

Voir Boudon R., *La place du désordre*, Paris, PUF, 1984 ; Giddens A., *La constitution de la société*, op.cit. ; Elster J., *Karl Marx, une interprétation analytique*, op.cit.

systèmes socio-techniques. Dans cette perspective, ce qu'on cherche, c'est plutôt les différences dans les trajectoires de différents systèmes socio-techniques, et dans un deuxième temps le pourquoi de ces différences.

Outre son utilisation comme idéal-type du développement — utilisation qui réduit le concept de mode de régulation à un schéma de succession de formes distinctes — le mode de régulation en tant que concept peut constituer selon nous, *un outil analytique* directement transposable dans l'étude d'autres systèmes socio-techniques. Et ceci, en fournissant un cadre formel organisant des données diverses et éclatées et indiquant des points qu'une investigation empirique d'un système socio-technique quelconque a avantage à considérer, quelles que soient les particularités de ce système. Pour reprendre les termes imagés de Smelser, le concept nous procure des "empty theoretical boxes" (*l*) qui doivent être remplies du contenu empirique. Ainsi, on tâchera chaque fois de préciser la teneur du référentiel, d'identifier les pratiques codifiées, de discerner le type du découpage fonctionnel, de mettre en évidence les résultats de l'application des normes sur le système... Bref, le mode de régulation peut fonctionner comme idée directrice en fournissant un canevas pour la description cohérente des cas particuliers, sans autoriser ni conclusion empirique ni prédiction quant au contenu des pratiques de régulation et/ou à la trajectoire précise d'un système socio-technique.

Weber M., *Economie et Société*, op.cit. ; Raynaud P., *Max Weber et les dilemmes de la raison moderne*, Paris, PUF, 1987. Rappelons rapidement qu'un idéal-type, par rapport aux phénomènes étudiés, n'indique pas les caractéristiques moyennes telles que les enregistreait simplement un repérage statistique, mais il se présente comme une construction théorique qui rassemble selon les règles de la cohérence logique différents aspects d'une réalité historique, susceptibles de constituer un tout intelligible. Il s'agit donc d'un modèle dont la pertinence se mesure à la fois à sa congruence (à l'intelligibilité des relations qui relient ses éléments constitutifs) et à la façon dont il permet, par comparaison avec des réalités singulières d'en acquérir une compréhension. L'idéal-type est comparé avec la réalité qu'on vise à analyser, afin de voir dans quelle mesure les phénomènes étudiés s'apparentent ou non à l'idéal-type construit.

Smelser N.J., *Essays in Sociological Explanation*, Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall, 1968. Pour un tel usage, voir rapidement Abrams P., *Historical Sociology*, New York, Ithaca, 1982 ; Bonnell V., "The uses of Theory, Concepts and Comparison in Historical Sociology", *Comparative Studies in Society and History*, n° 22, 1980, pp. 158-193 ; Skocpol T., *Theory and Method in Historical Sociology*, Cambridge, 1984.

Nous avons opposé conception "réaliste" du mode de régulation — selon laquelle la confection empiriquement constatée de trois phases dans l'histoire des systèmes socio-techniques est une manifestation d'une loi régissant l'évolution de systèmes socio-techniques — et usage analytique et méthodologique du terme dans l'étude de ces systèmes. Tout en reconnaissant qu'il n'y a aucune nécessité immanente qui conduit le système à évoluer d'une phase à l'autre (¹), nous considérons néanmoins que la représentation triphasique d'un mode de régulation ne répond pas uniquement à un besoin de classification et à la nécessité de distinguer divers ordres dans le réel. Les trois phases ne décrivent pas simplement trois états différents susceptibles d'être observés lorsqu'on étudie la trajectoire d'un système socio-technique. Elles entretiennent entre eux des *rappports causaux*. La standardisation des pratiques de régulation peut être vue comme le résultat logique d'une dynamique d'évolution interne à la première phase, traversée par une rationalité communicationnelle, en ce sens que c'est l'idéal d'un consensus obtenu à l'aide d'arguments qui motive les échanges entre les ingénieurs. De même, la phase de la crise est en partie le produit de la deuxième phase, compte tenu de l'"essence oubliée" de la norme, à l'origine d'un ritualisme et d'une faiblesse d'anticipation. Evidemment la contingence historique (²) joue un rôle plus que décisif dans l'évolution observée d'un système. Il n'en demeure pas moins que l'existence de ces enchaînements causaux, fait que la représentation triphasée du mode de régulation n'a pas seulement une portée classificatoire, mais qu'en revanche elle peut être considérée comme une généralisation raisonnable de trajectoires effectives. Généralisation raisonnable est à entendre ici au sens proposé par Giddens A. "*non (...) de généralisations "tout court", mais de généralisations causales — en d'autres termes, de généralisations qui ne se contentent pas d'affirmer l'existence d'une relation de nature abstraite entre deux catégories ou classes de phénomènes sociaux mais qui en identifient aussi les liens causaux*" (³). Elle se présente comme l'effectuation probable d'un processus orienté et non arbitraire, quoique nullement nécessaire. On peut tenir un raisonnement analogue au sujet des ressemblances qui

Par exemple, on peut imaginer l'existence de systèmes qui n'ont pas connu (ou qu'ils ont connu des périodes trop courtes) des périodes d'institutionnalisation des pratiques de régulation.

Par exemple, la première guerre mondiale pour la diffusion du Taylorisme dans l'industrie américaine et française.

Giddens A., *La constitution...*, op.cit., p. 276.

unissent les pratiques de régulation développées dans les deux systèmes étudiés jusqu'alors. C'est la présence de l'ingénieur, figure commune de plusieurs systèmes socio-techniques, qui permet de conférer aux ressemblances constatées, le statut d'une généralisation raisonnable.

De nos considérations précédentes, il s'ensuit que le concept de mode de régulation, outre sa portée analytique, peut revendiquer également un contenu empirique. Attribuer à un concept, qui dans un premier temps ne prétend à fonctionner que comme un cadre formel d'analyse, une sémantique historique, pose évidemment des exigences supplémentaires de contrôle. Ainsi, sur des tests visant à examiner la cohérence des développements théoriques, le bien fondé de leurs articulations internes, bref l'intelligibilité du concept en dehors de tout contact avec des données empiriques, vient se surimposer une confrontation avec la réalité historique. Qu'en est-il du mode de régulation ? Les deux historiques exposés jusqu'ici, nous l'avons vu, sont unis par un réseau des ressemblances (identités) qui se manifestent sur deux registres. Du côté du contenu de deux modes de régulation, d'abord. Des référentiels, composés de mêmes éléments (idéal d'automatisme,...), se trouvent à l'origine des pratiques de régulation pensées sur le même mode homéostatique, participent à l'édification des mêmes organisations cloisonnées où la communication a du mal à circuler. Du côté de l'arc temporel de leur évolution, ensuite. Ici, les études sur la longue durée de deux systèmes socio-techniques signalent également la présence des structures temporelles homogènes. Produits d'un XIX^{ème} siècle qui touchait sa fin, les deux modes de régulation s'édifient progressivement durant le premier quart de ce siècle. Après avoir connu un régime de croisière, c'est à partir des années 1970 qu'ils commencent à manifester des signes d'épuisement. Coïncidence ? L'hétérogénéité de deux systèmes étudiés (industrie-réseaux urbains, Etats-Unis - France) confère à cette dernière une force d'étonnement qui nous interpelle. Vérification d'une généralisation raisonnable portant sur le contenu des pratiques de régulation ainsi que sur la trajectoire des systèmes socio-technique ? Le poids du mot semble entrer en concurrence avec la petitesse de l'échantillon traité. On se heurte ici à la question épineuse portant sur la vérification empirique d'un schéma théorique, problème d'autant plus aigu dans le cas de l'histoire où aux difficultés théoriques de

l'induction (¹), s'ajoutent des obstacles d'ordre pratique (impossibilité matérielle de produire un grand nombre des monographies). Entre coïncidence heureuse et vérification impossible, on peut établir néanmoins des exigences et des procédures de contrôle. Sur le plan intra-théorique, nous avons déjà insisté sur l'importance des liens causaux entre les fragments de la totalité théorique (consistance interne). Sur le plan de la vérification empirique, on peut utiliser comme moyen de contrôle ce que nous appelons le "principe de la variation"(²). Privés de l'appui des techniques statistiques, nous pouvons jouer sur la différenciation et l'hétérogénéité du matériau empirique, en haussant ainsi les exigences du contrôle (et d'admission) du schéma théorique testé. Vu sous cet angle, l'étude de l'assainissement qui va suivre, outre son intérêt intrinsèque compte tenu de la quasi absence de travaux dans ce domaine, ne peut que renforcer les exigences du contrôle. Par rapport aux deux autres systèmes qui ont attiré notre attention jusqu'ici, l'assainissement présente un certain nombre d'aspects originaux. En effet, ce qui nous semble traverser industrie et métropolitain, c'est la présence d'une volonté, à plusieurs reprises manifestée, visant à bâtir un système clos sur lui-même, et protégé, dans la mesure du possible, des perturbations provenant de son environnement. Volonté en grande partie exaucée. Les portillons automatiques dans le cas du métropolitain illustrent à merveille le dessein d'un isolement réussi. De même, le recours massif aux stocks, en instaurant une dissociation provisoire dans le temps des cycles de production et de consommation, a assuré pour longtemps l'autonomie (isolement) relative du système de production. Rien de tel dans le cas de l'assainissement. Ici, aucune fermeture n'est plus possible. Les réseaux d'égouts seront obligés d'admettre, bon gré mal gré, toute l'eau tombant du ciel. Complètement ouvert à un environnement totalement aléatoire (la pluie), l'assainissement ajoute à notre terrain d'investigation des traits supplémentaires de variation. Sans vouloir substituer notre jugement à celui du lecteur, qui au terme d'une lecture des quelques deux cent pages qui suivent aura la possibilité de juger sur pièces, nous croyons que l'étude de l'assainissement ajoute à l'aspect "réaliste" du concept de "mode de régulation"

Voir Popper K., "La démarcation entre la science et la métaphysique" in *De Vienne à Cambridge* (recueil de textes traduits et présentés par Jacob P.), Paris, Gallimard, 1980 (édition originale 1956) pp. 121-176.

Sur cette stratégie, voir Skocpol Th., "Emerging Agendas and Recurrent Strategies in Historical Sociology", in Skocpol Th. (éd.), *Vision and Method in Historical Sociology*, op. cit. , pp. 356-381.

des traits supplémentaires de plausibilité. En effet, l'historique des pratiques en matière d'assainissement révèle plusieurs connivences avec ceux de deux autres systèmes que nous avons abordés jusqu'ici. Ainsi, vers les années 1890, une rupture intervient dans les pratiques de dimensionnement des réseaux pratiquées jusqu'alors, rupture qui constitue l'acte de fondation d'un mode de régulation dont le contenu et l'évolution temporelle présentent une familiarité plus que patente avec ceux qui sont développés pendant la même époque dans l'industrie et le métropolitain. Mais donnons la parole aux pratiques.

Partie II

La constitution d'un mode de régulation
dans le domaine de l'assainissement (1850-1930)

INTRODUCTION

Le présent chapitre est voué à une analyse historique des pratiques de régulation dans le domaine de l'assainissement. Son horizon temporel couvre une période d'un siècle environ, bornée par deux événements relativement bien repérables dans le temps. Le premier, se situant aux alentours de 1850, s'identifie à l'inauguration d'une pensée systématique sur les problèmes de l'évacuation des eaux pluviales et des eaux usées dans le milieu urbain, pensée qui se dégage progressivement et simultanément dans plusieurs pays (en France et en Angleterre notamment). Quant à l'événement qui marque la clôture de la période à laquelle nous nous intéressons, il coïncide avec le moment où les pratiques de régulation acquièrent la solidité et la stabilité d'une doctrine codifiée. Les bornes temporelles de notre étude étant fixées, abordons la question relative à sa localisation dans l'espace. Notre analyse se veut étendue. Aussi suivrons-nous la succession des pratiques de régulation telles qu'elles se sont développées dans plusieurs pays. Si la France, l'Angleterre et surtout les Etats-Unis occupent le devant de la scène dans notre exposé, ce qui est advenu dans d'autres pays retiendra également notre attention.

Ce choix portant sur le cadre spatio-temporel de l'analyse, peut paraître problématique de prime abord et requiert le développement d'une argumentation explicite. En effet, plusieurs objections d'ordre pragmatique et méthodologique sont susceptibles d'être adressées à notre entreprise. Tout d'abord, l'ouverture de l'analyse sur une durée qui peut être raisonnablement qualifiée de longue, en liaison avec notre décision d'écarter le principe monographique en faveur d'une étude qui embrasse plusieurs pays à la fois, risque de saper la plausibilité du projet dès sa formulation programmatique du fait de la taille démesurée du travail qui semble être exigé pour son accomplissement. De surcroît, la légitimité de l'intention qui sous-tend notre entreprise, à savoir la possibilité de fusionner en une histoire unique des histoires partielles scandées selon des rythmes nationaux ne va pas de soi. Comment, en effet, entremêler des temporalités d'évolution propres à chaque pays, enchevêtrer des sources hétérogènes et disséminées en des endroits distincts, afin de reconstituer une Histoire globale qui transcende les temps et les lieux concrets de la production des histoires plurielles ? A ces objections légitimes, susceptibles d'être adressées à notre projet, nous devons une réponse. Nous commencerons par

la deuxième objection, celle qui vise notre option pour une histoire "générale" des pratiques de régulation.

Ici, c'est l'histoire elle-même qui répond. L'option pour une histoire "générale" des pratiques de régulation n'invoque pas des raisons théoriques, sa justification étant *d'ordre factuel*. En fait, pour un ensemble de raisons que nous énoncerons brièvement ci-dessous, l'histoire de ces techniques n'obéit pas à des déterminations strictement nationales. Intimement liées à la figure cosmopolite de l'ingénieur, œuvre d'une pensée à prétentions scientifiques et revendiquant un caractère d'universalité, les pratiques de régulation ne restent ni épisodiques ni cantonnées pour toujours aux lieux de leur apparition initiale. Des revues spécialisées qui acquièrent rapidement un auditoire international ⁽¹⁾, des enquêtes et des missions effectuées par des ingénieurs dans des pays étrangers ⁽²⁾, assurent la circulation de l'information, la systématisent et divulguent les nouveautés en la matière. Certes, des particularités persistent dans les modèles nationaux, et l'intensité des échanges suit des variations spatio-temporelles. Mais au-delà des différenciations et des individualités locales, il est certain qu'un dialogue s'instaure dès le début entre les productions nationales, dialogue qui, malgré des suspensions éphémères, rend les frontières nationales poreuses aux échanges et accorde à l'histoire des pratiques de régulation une dimension internationale.

Revenons à la première objection : comment dominer notre documentation, éviter d'être submergé par la masse des archives qui composent notre matériau ? L'homogénéisation des histoires nationales, leur alignement progressif sur un modèle international et composite opérés par les échanges que nous venons d'évoquer, enlèvent à l'objection son caractère dramatique. La prise en compte des réponses déjà acquises introduit à chaque histoire des éléments communs et réitérés. Il est, donc, possible de diriger notre attention vers les moments

Signalons pour les domaines qui nous intéressent : *Proceedings of the Institution of Civil Engineers* 1837 ; *Annales de l'Ecole des Ponts et Chaussées* 1831 ; *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 1867 ; *Engineering News*, 1890.

Pour ce qui concerne la France, c'est à l'ingénieur Mille de la Ville de Paris que revient la première visite du réseau d'égouts de Londres en 1851. Mille A., *Rapport sur le mode d'assainissement des villes en Angleterre et en Ecosse*, Paris, Vinchon, 1854.

effectivement productifs de chaque histoire, marquant des ruptures ou des inflexions importantes dans la trame d'évolution des pratiques de régulation.

Il reste que cette "universalisation" des pratiques de régulation, même si elle nous rend plus facile le travail de recensement, ne nous en dispense pas pour autant. Ici, des options théoriques guidant le cheminement vers le document et organisant notre démarche s'imposent. Notre problématique s'inscrit dans la lignée d'une tradition connue sous le nom de l'école épistémologique française et illustrée par des auteurs tels que G. Bachelard, G. Canguilhem (¹)... Plus précisément, nous nous inspirons directement de G. Canguilhem dont l'œuvre est plus proche de nos propres préoccupations. Rappelons brièvement quelques normes méthodologiques élaborées à l'intérieur de cette tradition et qui seront à l'œuvre tout au long de ce travail.

Historien des sciences, G. Canguilhem a inauguré un nouveau mode d'investigation pour cette région de l'histoire en installant l'étude des concepts au centre de sa démarche analytique. Sous sa plume, l'histoire des sciences prend la forme d'un récit circonstancié portant sur la naissance et les "aventures" (déformations, déplacements, reformulations...) des différents concepts de la science étudiée. Cette nouvelle manière de pratiquer l'histoire s'avère productive sur deux plans. Procédant par concepts explicites, la méthode permet une décomposition contrôlée de l'objet à étudier en domaines, au sujet desquels des efforts de systématisation peuvent être menés à bien. Mais au-delà de l'usage maîtrisé des matériaux historiques et du caractère systématique de l'analyse, cette approche par concepts opère une rencontre entre le local (la science en question) et le global (l'époque historique dans laquelle cette science s'insère). Le concept devient le point de jonction, le lieu où un acte dialogique s'instaure entre la science en question et la structure historique qui la recèle, le nœud où plusieurs séries événementielles s'entrecroisent et s'activent. L'insistance de l'analyse sur

Bachelard G., *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, Vrin, 1966 (1^{ère} édition 1938) ; *Le rationalisme appliqué*, Paris, PUF, 1966 (1^{ère} édition 1949) ; Canguilhem G., *La formation du concept de réflexe aux XVII^{ème} et XVIII^{ème} siècles*, Paris, Vrin, 1977 (1^{ère} édition 1955) ; *La connaissance de la vie*, Paris, Vrin, 2^{ème} édition, 1965 ; *Etudes d'histoire et de philosophie des sciences*, Paris, Vrin, 1968 ; *Idéologie et rationalité dans l'histoire des sciences de la vie*, Paris, Vrin, 1977 ; *Le normal et le pathologique*, Paris, PUF, 1988 (1^{ère} édition 1966).

l'enracinement du concept dans le contexte historique, l'attention soutenue à l'historicité de sa production, c'est-à-dire à l'égard des conjonctures théoriques (formes de connaissance...) et pratiques (instruments de mesure...) qui rythment ses vicissitudes, nous offrent une histoire résolument non contingente ; histoire qui loin d'être un entrelacement de hasards plus ou moins obscurs, devient une suite de faits intelligibles.

L'organisation de cette partie reflète dans sa forme les règles d'exploration adoptées au cours de la recherche et dont un aperçu a été donné ci-dessus. Nous procéderons d'après le plan suivant. Le premier chapitre, après une brève présentation du contexte qui a poussé les acteurs à chercher des solutions aux questions de l'assainissement, sera voué à une revue commentée des pratiques de régulation à travers l'histoire des concepts cardinaux intervenus (pluie, débit de pointe, coefficient d'imperméabilisation...). Cette présentation des pratiques à travers l'évolution des concepts qui y sont impliqués débouchera sur une discussion serrée portant sur les mécanismes qui accomplissent la transformation des pratiques précédemment décrites. Le deuxième chapitre polarisera son intérêt sur le dispositif technique lui-même ; une périodisation de l'histoire des formes des principaux objets techniques (collecteurs, ouvrages de régulation), formant l'armature du dispositif du réseau d'égouts, sera tentée à l'aide de la catégorie d'information. Dans le troisième chapitre, nous changerons de registre. Des objets inanimés, nous passons aux acteurs qui s'affairent autour du réseau, leurs rôles et rapports respectifs. La conclusion mélange des éléments techniques et humains dans un ensemble cohérent de relations, *un mode de régulation*.

CHAPITRE I

Vers une histoire des pratiques de conception

SECTION 1. L'HISTOIRE A TRAVERS LES CONCEPTS IMPLIQUES

1. Naissance des pratiques

Bien que la lutte de l'homme contre l'excès de l'eau du ciel se perde dans la nuit des temps, il faudra attendre le milieu du XIX^{ème} siècle pour que le problème de l'évacuation des eaux entre dans les préoccupations explicites des municipalités des grandes villes européennes (*). Ainsi, en 1841, un ingénieur anglais, Lindley, après un grand incendie qui a sévi dans la partie ancienne de la ville, fait de Hamburg "la première ville dans le monde pourvue d'un système d'assainissement complet selon les idées modernes"⁽²⁾. En 1848, le parlement britannique dote Londres d'un Metropolitan Commission of Sewers ⁽³⁾, tandis qu'à Paris, le premier projet d'assainissement de la ville voit le jour en 1854 ⁽⁴⁾. Un an plus tard, Brooklyn ⁽⁵⁾ devient la première municipalité aux Etats-Unis à être équipée d'un système d'assainissement complet (eaux usées + eaux pluviales). Expliquer les voies de cette prise de conscience dont ont fait preuve les responsables de la gestion urbaine s'engageant dans une politique volontariste clairement affichée, nécessite des investigations historiographiques régionales ⁽⁶⁾ qui dépassent les possibilités de

¹ Pour la période qui précède, voir Metcalf et Eddy, *American Sewerage Practice*, Tome 1, Introduction, op. cit. ; Mille A., *Assainissement des villes par l'eau, les égouts, les irrigations*, Paris, Dunod, 1886.

² Metcalf et al., *American Sewerage...*, op.cit., p. 2.

³ *Ibid.*, p. 4.

⁴ "Premier mémoire sur les Eaux de Paris, présenté par le Préfet de la Seine au conseil municipal du 4 août 1854", Paris, Imprimerie Administrative de Paul Dupont, 1861.

* Tarr A.J., "Perspectives souterraines, les réseaux techniques urbains", *Les Annales de la Recherche Urbaine*, juillet-décembre 1984, pp. 65-89.

⁶ Pour Paris, voir Ratcliffe, "Cities and environmental decline : élites and the sewerage problem in Paris from the mid-eighteenth to the mid-nineteenth century", *Planning Perspectives*, vol. 5, n° 2, mai 1990, pp. 189-222 ; Pour Bielefeld (Allemagne), voir Knaebel G., *Bielefeld. Genèse d'un réseau d'égouts, 1850-1904*, in *Annales ...op. cit.*, pp. 90-102.

ce travail. Nous aimerions, ici, exposer brièvement quelques changements affectant le paysage urbain durant cette période, qui, en accentuant l'acuité du problème de l'évacuation des eaux pluviales, se sont trouvés à l'origine des politiques en matière d'assainissement (*).

En premier lieu, on peut évoquer le facteur démographique. L'augmentation de la population urbaine ⁽²⁾, sa concentration, se trouvent à l'origine d'une intensification des flux des hommes et des marchandises irriguant l'espace urbain. La voirie, support de ces déplacements, occupe une place toujours davantage essentielle dans le fonctionnement de la ville. Son inondation fréquente, sa transformation en "marais" ⁽³⁾ devient de moins en moins tolérable d'un point de vue fonctionnel. En même temps, la réduction des surfaces perméables, à la suite d'une urbanisation accrue et accompagnée des travaux de pavage ⁽⁴⁾ des rues, renforce la fréquence et l'intensité des inondations. L'eau de surface ainsi que celle "recrachée" par les collecteurs existants mis sous pression, envahissent les caves, rongent les fondations, en mettant en péril habitants et biens de propriété. Outre ces mutations, dont les conséquences ont été immédiatement éprouvées et à maintes reprises évoquées, au tableau des évolutions relatives à l'assainissement qui ont marqué l'époque en question on pourrait ajouter deux autres traits : l'émergence d'un sens "du beau urbain" ⁽⁵⁾ et la prise de conscience de l'avantage compétitif procuré par les travaux d'assainissement à la municipalité équipée dans sa guerre économique contre les autres municipalités ⁽⁶⁾.

Nous n'abordons pas ici le problème des eaux usées pour une raison simple. La question relative au traitement des excréments et aux problèmes hygiéniques qui y sont liées, d'une grande complexité, est traitée en profondeur par plusieurs auteurs. Nous préférons donc renvoyer à la bibliographie spécialisée. Voir la bibliographie donnée dans l'Introduction, note 1, page 6.

Pour la France, voir Roncayolo M., "Logiques urbaines", in Duby G. (sous la direction de), *Histoire de la France urbaine. La ville de l'âge industriel*, Tome 4, Paris, Seuil, 1983. Pour l'Angleterre, Edwards G., "The renewal of urban water and sewerage systems", *Planning and Civil Engineer*, London, Thomas Telford Ltd, 1982, pp. 39-45.

Hederstedt B., "An account of the Drainage of Paris", *Proceedings of the Institution of Civil Engineering*, vol. XXIV, 1865, p. 262.

Tarr J.A., *Perspectives souterraines...*, op.cit.

Dupuy G., Knaebel G., *Assainir la ville hier et aujourd'hui*, Paris, Dunod, 1982.

Tarr J.A., *Perspectives souterraines...*, op.cit. Cette remarque vaut surtout pour les Etats-Unis.

Des réactions palliatives, telles que la "*reconversion des surfaces concaves des rues en surfaces convexes*"⁽¹⁾, dans le but d'éviter la concentration-stagnation des eaux pluviales au milieu de la voirie ne se sont pas avérées capables d'infléchir l'évolution du phénomène. Une action systématique fut alors requise. C'est un acteur nouveau et un objet technique qui allaient se charger de répondre aux appels provenant du nouveau contexte : L'Ingénieur et l'égout gravitaire.

Dans le cas de l'assainissement, l'objet technique qui accueille les effets systématiques des ingénieurs était en quelque sorte déjà là, au moins quant au principe de son fonctionnement, l'action de la pesanteur. L'histoire ne part pas d'un point zéro. Le principe était présent, l'Ingénieur va lui conférer des matérialisations spécifiques : choix des matériaux de construction, formes des sections, agencement et orientation des collecteurs, autant d'opérations de concrétisation ⁽²⁾ d'un schéma de fonctionnement abstrait qui demeure à travers les formes concrètes. Point de tangence de la nature et du monde humain, l'objet technique est revêtu d'une mission : satisfaire les besoins d'une organisation sociale en passant un certain nombre de "transactions" avec le monde inanimé. Transactions mettant en jeu plusieurs concepts dont le mouvement évolutif détermine le visage de l'objet technique et son mode de fonctionnement. De là, la nécessité de procéder à une généalogie de chacun d'entre eux. Mais nous voudrions au préalable aller vers "l'extérieur" du réseau d'égouts pour s'attarder, même peu de temps, sur le choix de l'objet lui-même. Pourquoi le réseau d'égouts a-t-il été adopté comme solution technique ?

A cette interrogation, nous pourrions avancer les éléments de réponse suivants. L'objet "réseau d'égout", souterrain et invisible, auto-suffisant dans son fonctionnement automatique, s'insère dans l'espace social de manière discrète. Posé sous et au long des voies, le réseau d'égout offre une solution qui ne met pas en cause le principe de propriété, alors dominant. En effet, étant donné que la voie

Hederstedt B., "An account of the Drainage...", *op.cit.*, p. 262. C'est Emery qui a proposé cette solution pour améliorer la circulation à Paris, dans son article "Egouts et bornes-fontaines", *Annales des Ponts et Chaussées* (désormais APC), 1er semestre 1834. La question fait l'objet du paragraphe intitulé : "Substituer des chaussées bombées aux chaussées fendues", p. 245.

Sur cette catégorie, voir Simondon G., *Du mode d'existence des objets techniques*, Paris, Aubier, 1958, pp. 19-49.

appartient au domaine public, l'intervention de l'Etat (pose et entretien de collecteurs) n'exige pas un déplacement des frontières entre ce qui relève de son initiative et ce qui appartient à la sphère de l'initiative privée. Tel ne serait pas le cas, par exemple, d'une politique active de la part des instances administratives en matière d'urbanisation destinée à contrôler et à atténuer le phénomène d'imperméabilisation du sol, tentative qui serait ressentie comme une intrusion de l'Etat dans une sphère régulée par le médium du marché (*). En effet, les principes de fonctionnement de la société de l'époque sont considérés le plus souvent comme des données pour les centres régulateurs (ici, la communauté des ingénieurs) : l'adoption de l'objet technique se réalise dans un espace de contraintes sociales dont l'élasticité est bien limitée. Le réseau d'égouts constitue une solution qui cadre parfaitement avec le système de principes sur lequel repose le fonctionnement de la société historique. Qui plus est, le principe gravitaire est une chance à saisir, *l'idéal de l'automaticité* étant un thème récurrent de l'imaginaire technicien. "(...) *l'Ingénieur devrait devenir le serviteur de la Nature, et après avoir étudié les caractéristiques physiques de la localité et les avoir exploités autant que possible, réaliser ainsi ses fins beaucoup plus facilement qu'en forçant le cours naturel des choses*" (2).

A propos des contraintes structurelles qui pèsent sur les politiques menées par l'Etat capitaliste, dans une perspective non fonctionnaliste on peut consulter l'article classique de Offe C. et Rouge V., "Theses on the theory of the state", *New German Critique*, vol. 6, 1975. La prégnance du principe de propriété privée transparaît plus que clairement dans les débats engagés par les ingénieurs de l'époque. Même la nécessité de réaliser des travaux de raccordement est considérée comme susceptible de porter atteinte à ce principe. Par exemple, la proposition de doubler les canalisations à Londres, jugées insuffisantes, *"implique le re-drainage de chaque maison (...) alors que l'interférence avec la propriété privée suffit à elle seule à rendre la mesure intolérable"*, Bazalgette J.W., "On the Main Drainage of London and the Interception of the Sewage from the River Thames", *Proceedings of the Institution of Civil Engineers* vol. XXIV, 1865, p. 291.

Rawlinson R., "On the drainage of Towns", *Proceedings of the Institution...*, op.cit., vol. XII, 1852, pp. 32-33. La position selon laquelle l'ingénieur doit se servir des forces naturelles n'est spécifique ni au contexte anglais ni à l'assainissement. Ainsi on lit dans l'*Histoire de l'Ecole Polytechnique*, écrit en 1828 (réédition chez Belin : 1987) par l'ingénieur militaire Fourcy A: *"ils [les ingénieurs] sont ainsi destinés (...) à modifier et tourner au profit de la société les mouvements de tous les genres que la nature produit sans cesse"*. On trouve également la même position "théorisée" sous la plume de A. Comte dans son *Cours de philosophie positive* (1830) op. cit., 2ème leçon, paragraphe 9.

Notons enfin que l'option pour l'objet technique en tant que réponse à un besoin exprimé participe efficacement à un mouvement de technicisation des problèmes sociaux, mouvement qui donne une impulsion d'autonomisation au centre régulateur chargé de résoudre ces problèmes. Une fois ce processus accompli, le problème social devient un problème technique. Ce repli dans une sphère-prétexte de contraintes objectives, avec la traduction (¹) des questions sociales en questions techniques, immunise les ingénieurs contre l'intervention d'autres acteurs (la classe politique par exemple) et rend par là même possible, *le déploiement systématique de leur rationalité spécifique*.

Mais regagnons notre objet technique. La pluie tombe. La terre l'avale avec d'autant plus d'avidité qu'elle est sèche. De proche en proche, la saturation advient. Des ruisseaux se forment, se croisent, se renforcent, pénètrent dans les égouts par l'intermédiaire des avaloirs et des bouches. Les eaux de pluie ainsi recueillies seront transportées par la force de la pesanteur vers le milieu naturel. Etant donné que le réseau fonctionne de manière automatique (écoulement gravitaire), la seule chose qui incombe à l'Ingénieur est le dimensionnement de l'égout : quelle taille ? Tâche dont la simplicité de la formulation contraste avec les difficultés redoutables de sa réalisation. D'abord c'est la pluie, réalité protéiforme, marquée par des traits forts d'individualité, imprévisible dans son évolution. Avant de choisir un niveau de protection, et par conséquent la pluie qui va servir de base de calcul pour le dimensionnement du réseau, il faut au préalable la quantifier. De là une longue histoire de modélisation. De la pluie appréhendée en termes de quantité (telle quantité pendant telle durée) à la pluie envisagée en termes de vitesse (concept d'intensité), de la pluie isolée à celle qui prend place à une population statistique, autant de tentatives de "mise en équation", le chemin est long et sinueux. Ensuite, c'est la ville qui fonctionne comme opérateur de transformation de la pluie en débit d'évacuation. Comment modéliser toutes ces transformations, suivre leurs déploiements spatial et temporel ? Mesures directes qui essaient de lier pluie et débit observés, démarches plus analytiques qui préfèrent déduire de la cause initiale, la pluie, le débit de dimensionnement en se passant de mesures, vont se développer,

Sur la notion de traduction, voir Callon M., "Eléments pour une sociologie de la traduction : la domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc", *L'année Sociologique*, n° 36, pp. 169-208.

s'affronter pendant soixante-dix ans environ, avant qu'une doctrine codifiée voit le jour vers 1920. A cette complexité s'en ajoute enfin une autre, celle de l'objet lui-même. Étendu sur l'espace, composé par une série de collecteurs qui communiquent entre eux, le réseau d'égouts forme un système rigide qui contraste avec la plasticité de la pluie. Il en résulte des tensions qui s'installent à l'intérieur du système et qui vont accompagner les pratiques de régulation tout au long de la ligne diachronique de leur histoire, avant de trouver une amorce d'apaisement dans les technologies toutes récentes de l'information. Suivons, donc, de près, cette histoire des pratiques de régulation qui prend la forme d'une aventure conceptuelle.

2. La pluie

2.1. *L'évolution du concept (1780-1920)*

Un concept est plus qu'un mot ; un concept a une histoire donc une date de naissance. A un moment, on dit qu'il est formé : quand il permet d'instituer un protocole d'observation et quand il entre dans le champ visible d'un "regard déjà codé" (!)• La pluie, mot depuis toujours, a attendu la météorologie pour devenir concept. Un instrument presque futile baptisé udomètre ⁽²⁾ (figures 11 et 12), une pensée statistique à ses balbutiements, quelques canons simples à l'usage du savant, escortent la pluie dans son entrée au royaume de la raison. De cette raison "logico-identitaire" ⁽³⁾ des sciences modernes de la nature, fondatrice d'unité, objectivante, systématique et disciplinante.

Foucault M., *Les mots et les choses*, Paris, Gallimard, 1966, p. 12.

Des mots grecs udor (= eau) et metro (= mesurer). Udomètre fut la première appellation du pluviomètre. Pour une histoire de l'instrument, on peut consulter les anciens livre de Cotte, *Traité de Météorologie*, Paris, Imprimerie Royale, 1774 ; *Mémoires sur la météorologie, pour servir de suite au Traité de météorologie de 1774*, Paris, Imprimerie royale, 1788 et celui de Metcalf et al., *American Sewerage...*, op.cit., Tome I, chapitre VI.

Horkheimer M., Adorno W.T., *Dialectique de la raison*, Paris, Gallimard, 1974 (édition originale 1947).

Quand a-t-on commencé à mesurer la pluie ? On le faisait déjà durant le XVII^{ème} siècle C¹). Ainsi, on apprend qu'en 1689, 18 pouces, 11 lignes et 1/2, sont tombés à Paris, tandis que sur une période de cinquante-quatre ans, juillet est le mois le plus pluvieux avec une quantité moyenne de 0 pouces, 21 lignes et 3/4. Pendant soixante-six ans d'observation (1689 jusqu'à 1754), 1.114 pouces d'eau sont tombés à Paris, ce qui donne une moyenne de 16 pouces, 10 lignes et 1/3, pour "l'année commune". Ce dernier chiffre constitue d'ailleurs la "*vraie moyenne*", somme de toutes les valeurs observées divisé par le nombre des observations, tandis que la "*moyenne arithmétique*" (la somme des valeurs extrêmes divisée par deux), "méthode bien moins sûre", s'élève à 16 pouces, 5 lignes. Le traitement des données enregistrées prend fin avec la mise en regard des quantités moyennes de pluie tombées dans plusieurs villes Européennes (²).

Si nous nous attardons sur ces quelques chiffres (qu'on pourrait facilement multiplier), c'est parce qu'on assiste à l'acte de naissance d'un concept, à ce moment décisif où la pluie devient l'objet d'investigation d'une pensée systématique. On ne doit pas se méprendre sur la petitesse de l'analyse et la simplicité du commentaire qui accompagnent ce moment. Pour la première fois, la pluie, réalité protéiforme par excellence et avec des traits forts d'individualité devient un objet fixé, susceptible d'être représenté par un chiffre. Une réalité mouvante est projetée sur un axe étalonné. Il s'agit bien d'une opération d'objectivation et de "mise en forme" (³) dont l'aboutissement consiste en la création d'objets standardisés, prêts à des traitements systématiques et codés.

On trouve en effet dans le cas de la pluie les deux exigences (moments fondateurs) relatives à la naissance d'un concept physique. Exigence technique d'abord : un

Cotte, *Traité de Météorologie*, op.cit. Notons enfin qu'au XVIII^{ème} siècle, la météorologie n'est pas considérée comme une "science de la nature", mais comme une "science sociale", puisque les conditions physiques ont été considérées comme forces agissant sur l'état de la société (maladies, naissances, formes politiques...). Ainsi, Montesquieu essaie de montrer les liens qui unissent la forme politique et les lois d'un pays à son climat et à la nature du sol. Voir Cassirer E., *La philosophie des Lumières*, op. cit., p. 221 (édition originale 1932).

Cotte, *Traité de Météorologie*, op.cit., pp. 312-317.

Pour reprendre la belle formule de Thevenot L., "Les investissements de forme", *Conventions économiques*, CEE, Paris, PUF, 1985, pp. 21-71.

appareil de mesure, le précurseur du pluviomètre moderne 0 qui sert de support matériel pour l'opération de quantification de la pluie. Il est évident que la multiplicité des formes est agitation pour une pensée systématique et que l'instabilité des choses a comme corollaire l'absence de traitements standardisés. Grâce à l'udomètre, la météorologie construit un objet standard à partir d'une matière première qui ne l'était pas. Bien sûr, cette opération de "mise en forme" a ses "coûts" liés au rejet de l'individualité et de la singularité des pluies concrètes. Coûts d'autant plus élevés que le caractère extrêmement simple de l'appareil enregistreur employé rendait nécessaire pour chaque enregistrement de mesure la présence physique de l'observateur. Dans un premier temps, les mesures concernaient principalement des quantités accumulées pendant plusieurs pluies, tandis que l'horizon temporel le plus petit de la mesure était la journée (les relevés portaient alors uniquement sur la quantité journalière d'eau recueillie).

Mais l'exigence technique ne suffit pas en elle-même. Les observations amassées resteraient silencieuses sans l'aide d'un regard analytique qui les embrasse. La deuxième exigence — exigence théorique — concerne le traitement des observations acquises (en réalité produites). Le mouvement de standardisation de l'objet "pluie" se doubla d'un autre, portant cette fois-ci sur le mode de traitement de ces objets normalisés. C'est la statistique de l'époque qui répondit à cette exigence. Ainsi, les pluies, réduites à la quantité d'eau tombée durant une période donnée et régulière, furent confinées dans des traitements de routine, tels que la recherche des valeurs extrêmes et, opération plus délicate, le calcul de la moyenne (²).

Techniques d'observation et protocoles de traitement étaient là. Il manquait le sujet de ces opérations. Sujet bien discret, puisqu'il semble s'identifier au domaine de l'observation désintéressée, de cet enregistrement passif qui se contente de sa fidélité et de son innocence. Sujet également réservé dans ses jugements, dans la mesure où il attend d'embrasser la totalité avant de se prononcer.

L'appellation "udomètre" sera remplacée par celle de pluviomètre vers 1840. Sur la théorie statistique et celle de probabilités de l'époque, voir le classique Todhunter I., *A History of the Mathematical Theory of Probability from the Time of Pascal to that of Laplace*, New York, 1949 (1ère édition 1865) ; Revue de synthèse, *Du fait statistique au fait social*, 4ème série, avril-juin 1991.

"Or la première qualité (...), c'est la sincérité, on ne peut exiger de lui que les faits ; s'il propose ses réflexions, ce doit être toujours avec une réserve extrême, (...) qu'après s'en être assuré par des Observations faites dans toutes les parties du monde. (...) A cet esprit de discrétion et de réserve, joignez une grande exactitude, et vous aurez l'idée d'un parfait Observateur" (}).

La seconde étape dans le processus de saisie quantitative de la pluie consiste dans un déplacement de l'attention de l'observateur vers chaque pluie prise individuellement. Outre la quantité d'eau tombée, l'observateur note les heures du début et de la fin de l'averse. Chaque pluie est donc représentée par sa durée globale et par la quantité totale d'eau recueillie au cours de cette durée. Les deux conditions préalables pour la formation du concept *d'intensité* sont réunies. En divisant la quantité d'eau par la durée de la pluie, on obtient l'intensité moyenne de chaque pluie exprimée soit en mm/h soit en inches/h. Mais il a fallu attendre jusqu'aux années 1870 pour que cette opération apparemment fort simple soit effectuée. Malgré la prolifération des données, la pluie jusqu'alors est appréhendée en termes de quantité. La formation du concept d'intensité nécessite en revanche un effort d'abstraction ; l'observateur doit décoller de l'immédiat sensible et proposer une représentation abstraite de la pluie en termes de vitesse (²).

Cotte, *Traité de Météorologie*, op.cit., p. 519.

Il est toujours difficile de cerner avec précision et certitude la date exacte de l'invention du concept de l'intensité. Pour ce qui concerne la France, dans l'article de Vallès M.F., "Projet de dessèchement et d'irrigation du lac de Grand-Lieu", *APC*, 1848, pp. 158-251, on trouve l'expression "intensité moyenne" qui désigne la hauteur de la pluie sur 24 heures. Egalement, dans le rapport *Premier mémoire sur les eaux...*, op.cit., le concept d'intensité est présent sous forme de périphrase, sans être prononcé. Ainsi on trouve "*La chute d'eau la plus remarquable (...), sous le rapport de la vitesse*, [c'est nous qui soulignons] *est celle qui a eu lieu à Bruxelles le 4 juin 1839, et pendant laquelle on a recueilli 112,8mm de pluie en trois heures ; c'est à peu près la vitesse observée à Paris*", p. 68. Signalons que la présentation des données concernant la distribution de l'orage des 3 et 4 octobre 1869, survenu sur la partie Est des Etats-Unis, ne recourt pas au concept de l'intensité, la pluie étant représentée par ses hauteur et durée totales. Voir Francis J.B., "Distribution of rainfall during the great storm of October 3 and 4, 1869", *Transactions of American Society of Civil Engineers*, vol. VII, august 1878, pp. 224-235. En revanche, après 1880, le recours au concept est massif. Que le concept d'intensité — qui restitue à la pluie sa dynamique temporelle — n'a rien de naturel mais qu'il constitue une innovation décisive, deux événements l'attestent amplement. Tout d'abord l'évolution de l'udomètre montre que les

Cette représentation de chaque pluie par son intensité moyenne constitue la seule innovation importante d'une période qui s'étend jusqu'au milieu des années 80. Elle s'avère pourtant décisive dans la mesure où elle ouvre à l'investigation un domaine où chaque fait isolé, puis confronté à un ensemble, a pu prendre place dans toute une série d'événements comportant des régularités. Le report sur un plan de coordonnées des orages définis par leur intensité moyenne et leur durée globale, met en évidence la première "loi" portant sur les rapports entre l'intensité moyenne et la durée : l'intensité moyenne est inversement proportionnelle à la durée de la pluie. Une fois la loi formulée en termes qualitatifs, sa "mise en équation" a été recherchée. Les premières tentatives empruntent leurs outils au langage (symbolisme) graphique et mathématique. Ainsi, on trouve dans une communication de Capitaine R.L. Hoxie, prononcée devant l'American Society of Civil Engineers le 2 juillet 1886, le graphique suivant (figure 13) : les pluies les plus importantes tombées sur le district de Columbia s'y trouvent représentées par leurs intensités moyennes et durées respectives, tandis qu'une courbe composée de deux parties (une hyperbole qui enveloppe les pluies dont la durée ne dépasse pas les deux heures, suivie par une ligne droite pour des durées plus longues) majore les pluies recensées.

conditions techniques pour l'apparition du concept (enregistrement automatique de l'évolution de la pluie dans le temps) sont déjà réunies dès l'aube du XIX^e^m^e. De plus, quelques trente cinq ans après l'invention du concept, l'intervention de l'ingénieur Whinery témoigne qu'une conception de la pluie en termes de quantité n'est pas totalement évincée des réflexes de l'ingénieur : *"Thus, it is now the common way to say that for a period of 5 minutes rain fell at the rate of 3.6 inch per hour. It would be more direct and simple to say that for the period of 5 minutes the rainfall was 0,3 inch. This is the direct expression (...)"*, in Sherman C.W., "Maximum rates of rainfall at Boston" (with discussion), *Transactions of American Society of Civil Engineers* (désormais ASCE), vol. LIV, n° 173, 1905, p. 201.

A la même époque Professeur F.E. Nipher ⁽¹⁾, après une analyse des pluies les plus importantes (heaviest rains) à Saint-Louis, étalées sur une période de 47 ans, propose pour la courbe enveloppant ces pluies une hyperbole équilatérale dont l'équation est :

$$y.t = 6$$

où y, l'intensité moyenne en inches par heure ;

t, la durée exprimée en heures.

En 1889, Emil Kuichling, en analysant les données pluviométriques provenant de plusieurs sites (voir figure 14), propose une "courbe enveloppe" composée de deux lignes droites, représentées par les équations suivantes :

— pour ce qui concerne des pluies dont la durée n'excède pas l'heure :

$$y = 3,73 - 0,0506.t ;$$

— tandis que pour des durées entre une heure et cinq heures :

$$y = 0,99 - 0,002.t, \text{ où } y \text{ est l'intensité exprimée en inches/heure et } t \text{ la durée exprimée en minutes.}$$

L'opération de quantification ⁽²⁾ tentée par Kuichling, la forme de la "courbe enveloppe" exceptée (forme linéaire à la place d'une courbe hyperbolique), s'inscrit donc dans le mouvement de son temps marqué par la quête du "maximum"(pluies les plus importantes). Jusqu'ici, donc, nous n'enregistrons aucune nouveauté de la part de Kuichling. L'intérêt de son intervention se situe ailleurs, dans la dénomination de cette courbe-enveloppe qui répond au nom de "probable maximum intensity". L'appellation est suffisamment inouïe pour qu'on s'y arrête. Aujourd'hui, l'expression serait considérée probablement comme une contradiction

In "The American Engineer", May, 8, 1885, cité par Metcalf et al., *American Sewerage...*, op.cit., p. 220.

Notons que cette opération de "mise en équation" des données pluviométriques, aujourd'hui tout à fait naturelle et évidente aux yeux d'un Ingénieur contemporain, a rencontré des résistances qui se nourrissent de l'idéal de la fidélité et de l'exactitude de la représentation des phénomènes observés, idéal que nous avons déjà évoqué (p. 106). Ainsi Metcalf et Eddy préfèrent le symbolisme graphique, jugé plus fidèle, à la réalité. *"The best practice, however, is probably that of using directly a curve of rainfall plotted from the actual records, without attempting to express it in mathematical language. The intensity to be expected for any given duration would then be taken directly from the curve, instead of being obtained by solving some equation. There is no apparent reason why the relation between the intensity and duration should follow any mathematical law"*, *American Sewerage...*, op.cit., Tome I, p. 231.

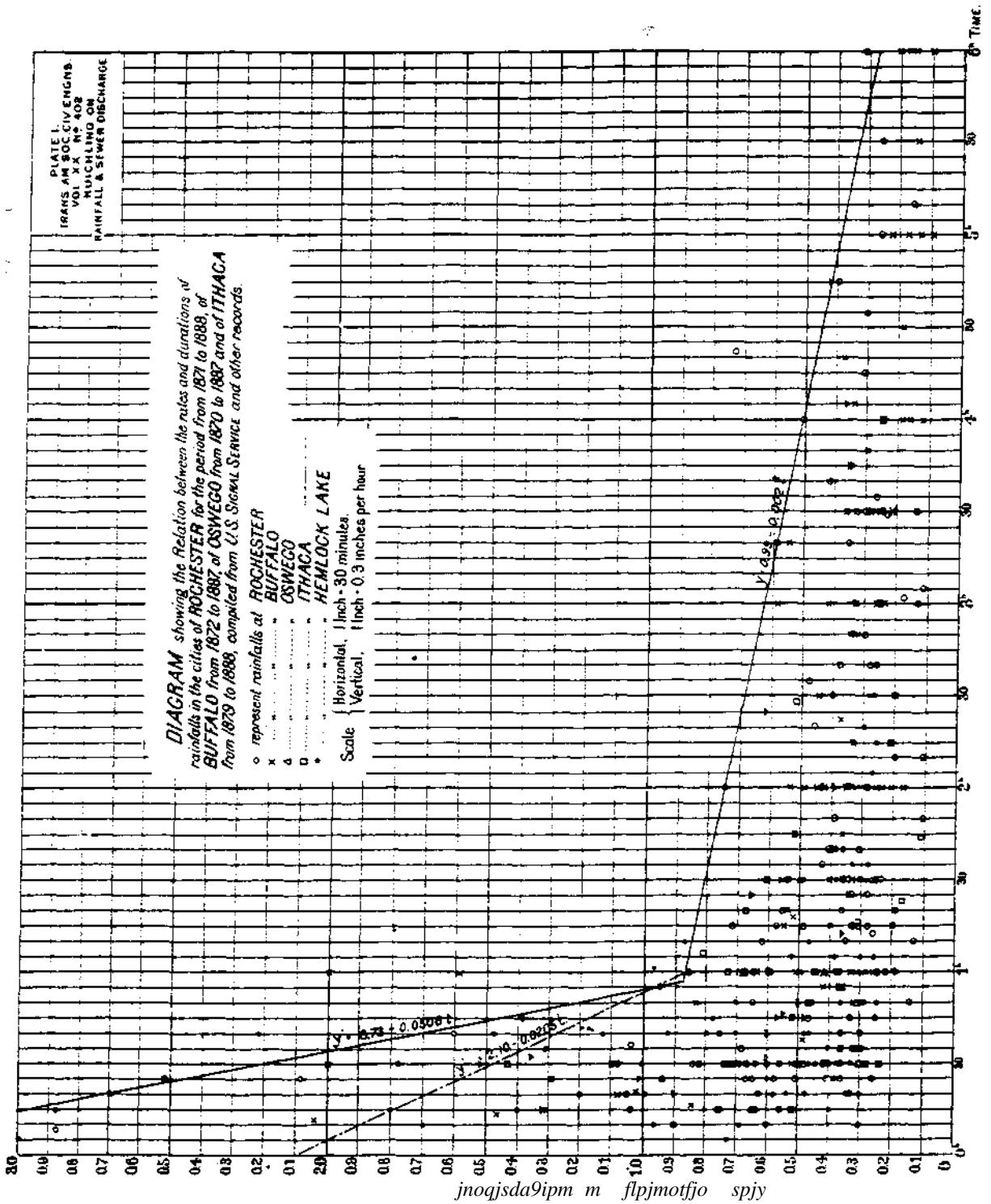


Figure 14 : Relations entre durée et intensité des pluies tombées sur plusieurs villes des Etats-Unis. La "courbe-enveloppe" est composée de deux lignes droites. Plus riche en informations, le diagramme obéit à la même quête de "max" que le diagramme de la Figure 13. La notion de fréquence est toujours absente.

Source : Kuichling E., "The relation between the rainfall and the discharge of sewers in populous districts", *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, vol. XX, janvier 1889.

dans les termes. Pour notre acception des probabilités, "maximum" et "probable" relèvent de deux modes de pensée différents et mutuellement exclus. Le maximum est une catégorie déterministe de sorte que son association avec le probable paraît problématique. Insouciance de l'auteur, maîtrise défectueuse d'un mode de raisonnement ? La reprise de l'expression par les participants dans la discussion qui a suivi l'intervention de Kuichling plaide en faveur d'une réponse négative. En ce qui nous concerne, nous nous prononçons pour une lecture symptomatique qui transforme cette expression en signe-témoin de la structure d'un savoir historique. L'expression devient moins obscure si on tient compte de la dualité qui marque la notion de probabilité dès son émergence, dualité qui se réactualise constamment au long de l'évolution historique de la notion, avant d'être noyée dans la présentation formelle et axiomatique que le XXème siècle lui a donnée. En effet, la notion de probabilité comporte à la fois un aspect épistémique (des degrés de croyance) et un aspect aléatoire (des fréquences) (*). Nous croyons que Kuichling se situe du côté d'une interprétation subjectiviste (la probabilité en tant que degré de croyance) ; le mot probable se réfère par conséquent au sujet de connaissance, à des états de l'esprit et non du monde, tandis que le "maximum", conformément au déterminisme épistémologique de l'époque, désigne un état de la nature qui ne peut être que déterminé entièrement et de manière univoque. Mais au-delà des interprétations plus ou moins risquées, il faut retenir que Kuichling en prononçant le mot "probable" inaugure un nouveau "mode de raisonnement" dans l'étude de la pluie. Qui prendra le relais ? Et comment ?

Trois ans plus tard, l'intervention du Prof. Talbot marque un tournant important. D'après des données pluviométriques provenant de l'ensemble du territoire des Etats-Unis (voir figure 15), Talbot parvient à la conclusion suivante :

*"De l'étude de ces deux diagrammes, on peut déduire deux courbes; une exprime l'intensité des précipitations "rarement dépassées" dans chacune de ces régions des Etats Unis, et l'autre exprime l'intensité des précipitations à "occurrence fréquente".
L'équation de précipitations rares est :*

Voir le classique Hacking I., *The Emergence of Probability*, Cambridge University Press, 1975 ; ainsi que Daston L., "L'interprétation classique du calcul des probabilités", *Annales, Economies, Sociétés, Civilisations*, n° 3, mai-juin 1989, pp. 715-731.

$$y = 6.0/(x + 0.5)$$

où y est l'intensité de précipitations en inches par heure et x , le temps exprimé en heures. Ceci est indiqué dans le diagramme par la courbe supérieure. L'équation des précipitations "d'occurrence fréquente" est

$$y = 1.75/(x + 0.25)$$

où y est l'intensité des précipitations en inches par heure et x , le temps exprimé en heures ou

$$y = 105/(x + 75);$$

où x est le temps en minutes. Ceci est représenté par la courbe basse du diagramme" (¹).

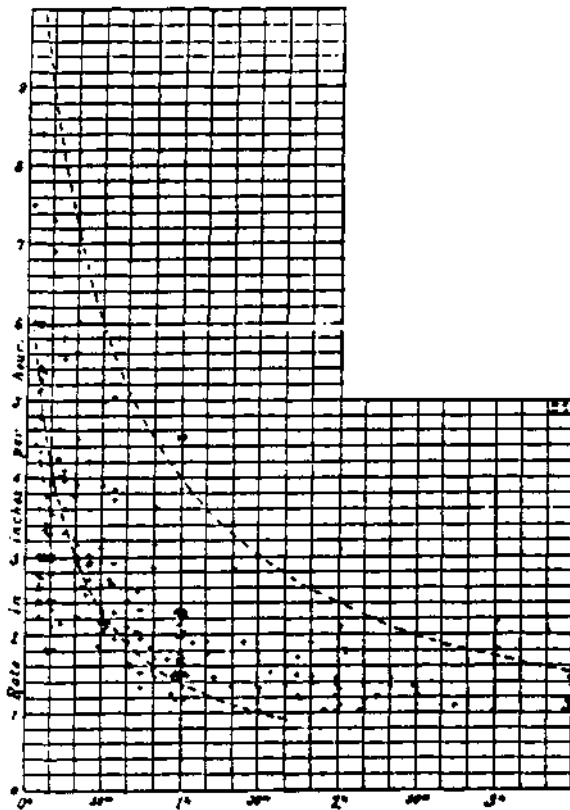
Et Talbot continue :

"La courbe des précipitations rares est dépassée, comme suit : Nouvelle Angleterre et Atlantique Nord, 6 fois; Atlantique Sud, 6 fois; Golfe, 12 fois, Centre Nord, 11 fois; ou, dans la mesure où la série d'observations est fiable, une fois tous les 83, 107 et 91 ans, respectivement. (...) La courbe des pluies à "occurrence fréquente" est atteinte ou dépassée, comme suit : Nouvelle Angleterre et Atlantique Nord, 140 fois; Atlantique Sud, 210 fois; Golfe, 315 fois; Centre Nord, 270 fois; autrement dit une fois toutes les 3.6, 3.1, 3.8 et 3.7 années, respectivement" (²).

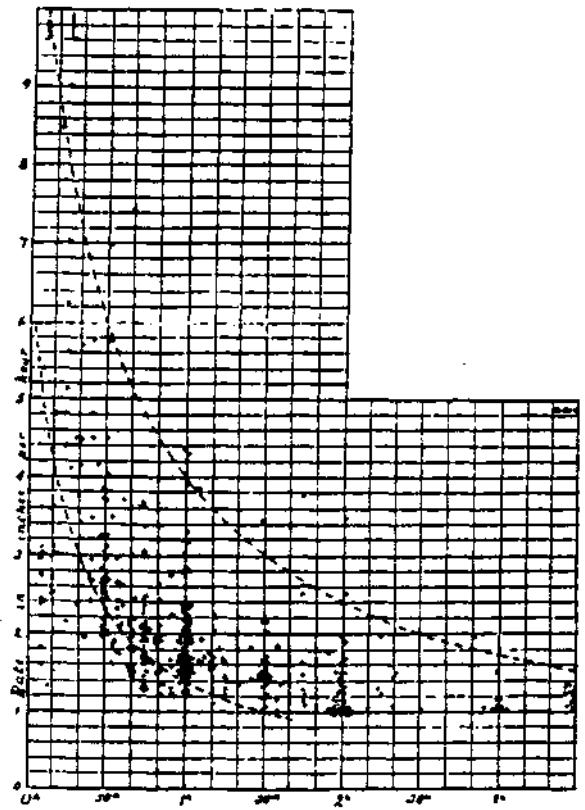
Les nouveautés introduites par Talbot relèvent de plusieurs registres. Tout d'abord l'expression mathématique proposée pour chaque courbe (qui a la forme générale : $y = a/(t+b)$) fera fortune dans l'Hydrologie en devenant une des "formes canoniques" pour la modélisation de la pluie. En second lieu, Talbot se déplace par rapport à la problématique du "maximum", en travaillant sur deux catégories de pluies. La première comporte des pluies rarement dépassées ("rarely exceeded") ; on reste donc à l'intérieur de l'ancienne problématique. En revanche, l'autre catégorie est composée des pluies d'une "occurrence fréquente" ("frequent

¹ Talbot A.N., "Rates of maximum rainfall", *Engineering news*, July 21, 1892, p. 67.

² *Ibid.*



RATES OF MAXIMUM RAINFALL IN NEW ENGLAND AND NORTH ATLANTIC STATES.



RATES OF MAXIMUM RAINFALL IN NORTH CENTRAL STATES.

Figure 15 : Relations durée-intensité pour les pluies les plus importantes sur le territoire des Etats-Unis. Par rapport aux deux courbes précédentes, nous remarquons deux changements importants. Les courbes pénètrent sans envelopper intégralement l'amas de points qui représentent les pluies. On n'est plus à la quête unique du "max". Le fait qu'il y ait deux courbes pour chaque diagramme, correspondant à deux fréquences différentes, témoigne de l'amorce d'une pensée à structure probabiliste.

Source : Talbot A.N., "Rates of maximum rainfall". *Engineering News*, juillet 21, 1892.

occurrence") donnant lieu à une courbe qui répond au nom de "Tordinary maximum". On s'aperçoit que le langage conserve encore une résonance qualitative forte et que les règles de partage entre les deux espaces homogénéisés comportent une partie arbitraire. Mais on entrevoit en même temps une issue du côté d'une démarche probabiliste. Talbot s'inscrit donc dans la lignée de Kuichling tout en basculant dans la direction d'une conception objectiviste des probabilités (fréquences objectives). En effet, ce qui différencie les deux types de courbes consiste en ce qu'on peut appeler, en faisant un usage rétrospectif du terme, la fréquence de leur dépassement. "*La courbe des précipitations rares est atteinte ou dépassée comme suit : (...) une fois tous les 83, 107, 100 et 91 ans respectivement*", tandis que la courbe des pluies à "occurrence fréquente'Y...) *une fois tous les 3.6, 3.1, 3.8 et 3.7 ans respectivement (...)*" ⁽¹⁾. On voit apparaître deux blocs de pluies, à contours flottants et dont les centres de gravité sont deux fréquences de dépassement : celles de 100 et 3.5 ans respectivement.

On vient de voir que c'est Talbot qui formule l'idée de "fréquence de dépassement" dans la modélisation de la pluie, tout en restant assez qualitatif dans sa démarche. Il faudra attendre à peu près 30 ans pour que le geste inauguré par Talbot aboutisse à une méthode de calcul bien codifiée. Entre temps, les ingénieurs entreprenaient un travail d'accumulation, de comparaison et d'affinement sur la base des observations pluviométriques recueillies. La diffusion de pluviomètres enregistreurs ⁽²⁾ sur l'ensemble du territoire offre l'occasion d'une analyse détaillée de l'évolution de chaque pluie. On s'aperçoit que l'intensité varie avec le temps ; chaque pluie, prise dans son ensemble, peut donc être considérée comme une suite de plusieurs pluies caractérisées par leurs durées et intensités propres. La multiplication des sources

¹ *Ibid.*

² Jusqu'en 1880, l'utilisation du pluviomètre automatique, enregistrant de manière automatique l'évolution de la pluie dans le temps, était très peu fréquente. Pour l'Europe, voir Hering R., "Report of the results of an examination made in 1880 of several sewerage works in Europe", *National Board of Health Bulletin*, supplément n° 16, Washington DC, 1881 ; et pour les Etats-Unis, le jugement d'Allen K., in Sherman G., *Maximum rates...*, op.cit., p. 181. Etant donné que le pluviomètre automatique était disponible dès le début du XIX^e^m^e siècle, son non-utilisation doit être imputée au fait que la pluie, jusqu'à cette époque-là, était pensée en termes de quantité et non pas en termes de vitesse (voir p. 172).

d'information donne lieu à une prolifération des courbes et des formules (*1*) censées représenter des pluies, toujours classées selon la terminologie de Talbot en pluies "rare" et "ordinary maximum".

L'intervention de Sherman lors de la rencontre du 1^{er} février 1905 organisée par l'American Society of Civil Engineers (*2*) ainsi que la discussion qu'elle a engendrée, dressent un panorama saisissant des préoccupations et des démarches à l'œuvre en matière de modélisation de la pluie. Lors du débat lancé et après l'intervention de Kuichling, Sherman précise que les points figurant dans son diagramme ne représentent pas toujours des pluies prises dans leur entier mais des fragments de celles-ci ; ces derniers sont choisis de manière à ce que leurs intensités restent uniformes à l'intérieur de la durée qui leur correspond :

*"La règle veut qu'au cours de périodes longues l'intensité n'est pas tout à fait uniforme, et le terme employé devrait plutôt être "intensité moyenne de précipitation" pour l'intervalle correspondant de temps. (...) Les calculs donnent les intensités maximales moyennes des averses pour les périodes de temps données" (*3*).*

Les données pluviométriques contenues dans le texte de Sherman seront reprises sept ans plus tard. Etant soumises à un traitement probabiliste sûr de lui, elles donnèrent les premières courbes ayant une signification statistique bien précise. Chaque point de la courbe représente une pluie qui se caractérise par une fréquence d'occurrence, exprimée en nombre d'apparitions par an, ainsi que par une durée et une intensité supérieures ou au moins égales à certaines valeurs-seuils. Par exemple, selon le diagramme, une pluie qui dure au moins 2 minutes et dont l'intensité est au moins de 2,5 inches, apparaît en moyenne une fois tous les ans (figure 16).

De la notion de fréquence d'occurrence à celle de fréquence de dépassement, il n'y a qu'un pas à franchir. En 1920, Allen, s'appuyant sur une série de 51 ans établie

¹ Pour un inventaire exhaustif des formules développées, voir Metcalf et Eddy, *American Sewerage...*, op.cit., chapitre VI, pp. 207-234.

² Sherman C.W., *Maximum rates...*, op.cit.

³ *Ibid.*, p. 210.

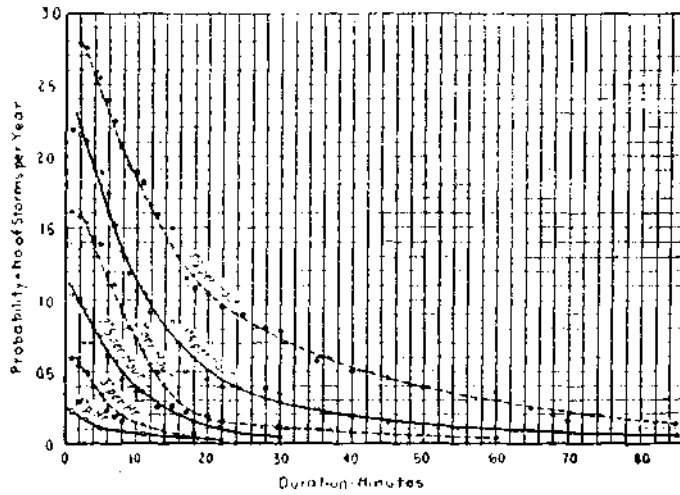


FIG. 98. - Probability of the occurrence at Boston in any year of rainfalls of at least the given intensity for at least the stated time.

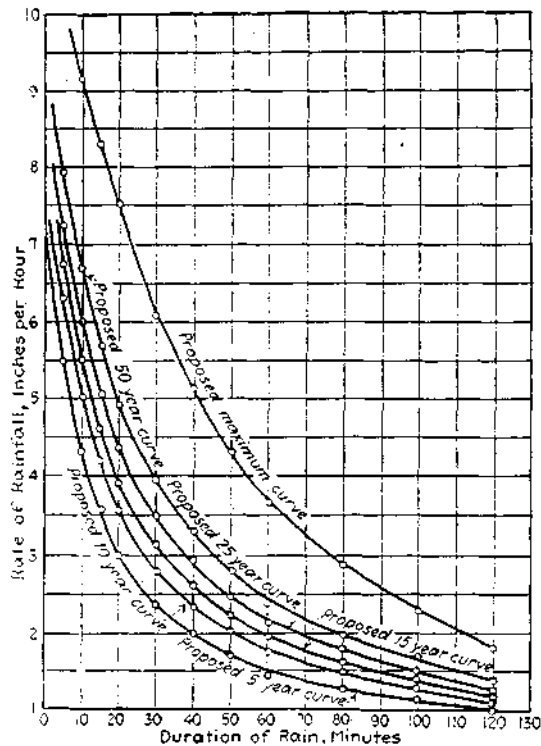


FIG. 3. MAXIMUM RAINFALL INTENSITIES, CENTRAL PARK RAIN GAGE, NEW YORK CITY, 1860 TO 1920
 Loci platted from diagram, showing percentage of years in which a given intensity will not be exceeded.

Figure 16 : De la fréquence d'occurrence à la fréquence de dépassement. Ces deux diagrammes, qui sont séparés par un laps de temps égal à 10 ans (1912 et 1920 respectivement) à l'opposé de ceux présentés jusqu'ici, nécessitent des efforts beaucoup plus grands d'abstraction. Les pluies ne sont pas traitées en bloc. Décomposées en classes et soumises à un traitement statistique, les pluies s'ordonnent selon des "lois", invisibles à première vue.

Sources : Metcalf L., Eddy H.P., *American Sewerage Practice*, Tome I, 1914, New York, Mc Graw-Hill Book Company. ;

Allen K., "The Prediction of Probable Rainfall Intensities", *Engineering News-Record*, vol. 86, n° 14, avril 1921.

au Central Park de New York, nous offre une présentation complète à la fois de la notion de fréquence de dépassement et de la méthode de calcul pour établir les courbes correspondant aux différentes fréquences choisies (^J) (figure 16). Mais il y a plus : l'analyse proposée par Allen fait preuve d'un autre trait d'originalité : la "normalisation" des durées des pluies qui sont utilisées dans l'analyse. Au lieu de travailler directement sur des pluies enregistrées dont la durée est fort disparate, on définit des intervalles de temps réguliers (de 5, 10, 15, 20, ..., 120 minutes) et on travaille sur les intensités maximales moyennes qui correspondent aux intervalles définis. Cette manière de procéder, qui mène à son terme logique l'évolution du concept de "maximum average intensity", s'avère d'une importance cruciale, puisqu'elle augmente le potentiel informationnel de chaque pluie enregistrée. En effet, travailler sur la durée effective d'une pluie signifie que cette dernière constitue une seule information (donnée) pour l'analyse statistique ; en revanche, après le mouvement de décomposition de la durée en intervalles réguliers, chaque pluie fournit plusieurs informations dont la combinaison statistique amène à des courbes plus riches en informations et plus maniables à des fins pratiques (on peut par exemple travailler avec n'importe quelle durée et fréquence de pluie). Cette opération *de production d'informations* de la part de l'ingénieur, suite à une distanciation avec les phénomènes directement observés, ne reste pas un fait isolé. On en retrouve une formulation et une défense faisant appel à la logique dans un article postérieur de Sherman intitulé "Extended Duration Principle".

"Comme une extension logique de l'utilisation des intensités moyennes des précipitations, tous les orages, dont la quantité totale est en mesure de révéler des intensités moyennes significatives pour des périodes plus longues que la durée réelle de l'averse, sont considérés comme s'étant déroulés sur un temps plus long. Ainsi, un orage qui produit un total de précipitation de 1.50 inches en 50 minutes, a une intensité moyenne de 1.80 pouce par heure pour cette période, de 1.50 inches par heure

Chaque pluie (durée t , et intensité i) de la courbe T sera dépassée "en moyenne" une fois tous les T ans. Allen K., "The Prediction of Probable Rainfall Intensities", *Engineering News-Record*, vol. 86, n° 14, avril 1921, pp. 588-590.

pour 60 minutes, et de 1.13 inches par heure pour 80 minutes, tous étant significatifs dans l'analyse" (1).

2.2. Une problématique du risque

Au long du paragraphe précédent, nous avons présenté les différentes étapes dans la modélisation de la pluie. Cette dernière a été envisagée uniquement sous ses aspects physiques. Nous allons compléter notre analyse en reconstituant rapidement les modalités d'insertion de la pluie dans une problématique du risque. L'ingénieur ne se contente pas à l'instar du savant de modéliser un phénomène physique, de manier correctement des variables et des grandeurs : il procède en physicien et en économiste (2) en dessinant des chances et des risques ; il calcule des niveaux de protection variés. Une préoccupation travaille constamment son activité : quelle pluie choisir pour le dimensionnement des ouvrages d'assainissement afin d'assurer une protection *raisonnable* ? Toute l'histoire des choix successifs peut être réduite aux colorations de ce dernier mot, aux efforts menés pour le "mettre en équation".

Au début le "raisonnable semble" s'attacher à la protection absolue. Ainsi, Haussmann, en prêchant la prévoyance, exige comme "*base de tout calcul, non pas*

Sherman C.W., "Frequency and intensity of excessive rainfalls at Boston, Massachusetts" (with discussion), *Transactions of ASCE*, n° 95, 1931, p. 953. On retrouve de manière encore plus nette cette opération de production d'informations dans des tentatives plus récentes en matière de modélisation de la pluie. A partir des courbes Intensité-Durée-Fréquence, on construit les pluies de projet, pluies fictives, statistiquement représentatives des pluies réelles, bien que jamais observées. Voir *Mémento sur l'évacuation des eaux pluviales*, La Documentation Française, 1989. On ne peut que signaler les "homologies structurales" existant entre la pluie du projet ainsi construite, et l'"ouvrier moyen", composé de temps opératoires, que nous avons rencontré dans notre étude du Taylorisme. Le même mouvement de décomposition/recomposition, le même recours à des constructions abstraites, jamais rencontrées telles quelles dans la réalité, seront ensuite utilisés dans la gestion de cette réalité. Cette "foi" en l'efficacité opérationnelle des "êtres fictifs" contraste avec l'idéal de la fidélité, des représentations exactes qui guidaient les Ingénieurs tout au long du XIX^{ème} siècle (p. 172 et note 2, p.175). Selon la belle expression de Caquot A., "Le rôle de l'Ingénieur et la conception actuelle de l'habitation humaine", *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils*, 1941, p. 200.

les moyennes ou les cas ordinaires mais les maxima et les exceptions" (¹). En Angleterre, on ne parle pas un langage si tranché. Les pluies qui se trouvent à l'origine des calculs de dimensionnement, sensiblement différentes d'un ingénieur à l'autre, sont explicitement reconnues comme pouvant être dépassées par des pluies exceptionnelles. Mais la protection absolue ne doit pas pour autant être compromise.

"Mais il faut se prémunir contre les pluies orageuses exceptionnelles, bien qu'elles soient d'occurrence rare, au risque d'inonder les terrains sur lesquels elles tombent"^(^).

Londres a la chance d'être une ville traversée par un fleuve. La présence de déversoirs d'orage au long de collecteurs principaux guident les volumes excédentaires directement dans la rivière, en assurant ainsi la protection recherchée (³).

L'apparition des formules empiriques ne modifie pas la situation puisque la pluie qui y entre est la pluie la plus importante ("heaviest fall"). Mais qu'est-ce qu'une pluie exceptionnelle ou une pluie importante ? Comment peut-on la reconnaître et *a fortiori* la définir ? On est en plein dix-neuvième. La statistique est déjà là. Non comme doctrine autonome travaillant sur ses propres objets, mais plutôt comme outillage intellectuel au service des doctrines autres (⁴). Malgré sa pénétration dans presque toutes les sciences de l'époque, la pensée statistique n'offre guère plus que le concept de moyenne et la distribution normale. Il reste les observations multiples et croisées. On enregistre les pluies tombées, on les compare avec celles d'autres régions, on opte le plus souvent pour la valeur maximale qui nous est léguée par le passé. Pensée déterministe, elle fonde son optimisme quant à la reconnaissance de la pluie maximale, sur la prolifération des observations, censée épuiser l'espace du possible. Pensée qualitative, elle découpe les échantillons constitués par des valeurs épithétiques fines : pluies ordinaires, rares, exceptionnelles... ; autant de classes

Premier Mémoire sur les Eaux..., op.cit., p. 68.

Bazalgette J.W., *On the Main Drainage of London...*, op.cit., p. 292.

Sur les déversoirs d'orage, voir plus loin (p. 269).

Voir Porter M.T., *The Rise of statistical thinking 1820-1900*, Princeton University Press, 1986 ; Leclerc G., *L'observation de l'homme*, Paris, Seuil, 1979.

dont la distance les séparant, se mesure uniquement par la sensibilité du langage ordinaire C¹).

Talbot, avec ses deux courbes, donne aux découpages opérés une assise quantitative. C'est l'époque des pluies "rares" avec une fréquence de dépassement de l'ordre de cent ans et des pluies "ordinary maximum" dont la fréquence de dépassement est de l'ordre de 3 à 4 ans. C'est aussi l'époque où le raisonnable glisse sous les auspices du calcul économique et de la rareté. Les grandes capitales européennes sont déjà équipées et sur le continent américain on parle des insuffisances des réseaux, des travaux supplémentaires, des taux d'intérêts. La protection absolue cède sa place à une protection raisonnable et donc modérée.

"Si les villes se munissent de collecteurs et d'égouts de taille suffisante pour transporter en sécurité les pluies ordinaires (...), c'est tout ce que la loi est en mesure d'exiger" (2).

Le raisonnable, c'est l'ordinaire. Ainsi Sherman propose de rapporter l'ordinary engineering design" à la pluie "ordinary maximum" de Talbot, alors que pour des cas exceptionnels *"it may be necessary to consider rainfalls (...) be expected as often as once in 8 or 10 years"* (3). Pourquoi privilégier de telles fréquences ? W.W. Horner, en 1930, nous donnera des raisons précises.

"Je dimensionne mes collecteurs et mes déversoirs pour prendre en charge l'écoulement correspondant à une pluie de 10 ans (ou toute autre fréquence qui est en cause), parce que j'ai analysé les conditions qui prévalent quand les précipitations les moins fréquentes et les plus fréquentes surviennent. Je me suis aperçu que les pluies correspondant à la courbe des 15 ans vont surcharger les égouts à un certain pourcentage; (...) et vont créer des dégâts pour une somme de X-dollars. J'ai également

Voici un exemple de classification des crues : «grand crue, crue extraordinaire, très grand crue ordinaire», in Belgrand E. et Lemoine G., "Etude sur le régime des eaux du bassin de la Seine pendant les crues du mois de septembre 1886", APC, vol. XVI, 2^{ème} semestre, 1868, pp. 235-312.

"New York Court of Appeals", 32, New York, 489, paru dans *l'Engineering Record*, june 8, 1912, cité par Metcalf et Eddy, *American Sewerage...*, op.cit., Tome 1, p. 296.

Sherman C.W., *Maximum rates...*, op.cit., p. 181.

découvert que les pluies les moins fréquentes et les plus intenses (d'une fréquence égale à 20, 25 et 50 ans) peuvent entraîner des dommages supplémentaires irréparables que j'ai également été en mesure d'évaluer. En réunissant tous ces dommages, il apparaît que la moyenne annuelle de dégâts qui peut résulter de l'insuffisance occasionnelle des égouts conçus pour la pluie de 10 ans a un coût précis, dont la valeur est plus faible que le prix de construction de structures plus importantes. Par conséquent, mon choix de la fréquence de 10 ans représente la solution économique la plus juste de ce cas particulier" (¹).

Faire cet exercice pour chaque fréquence et pour chaque site est à coup sûr une tâche pénible. Le mouvement de standardisation qui va s'emparer des pratiques de régulation (voir plus loin), emportera une victoire supplémentaire. La fréquence de 10 ans deviendra la fréquence-standard, appliquée à tout site (²).

3. De la pluie au débit de dimensionnement

Dans ce paragraphe, nous attaquerons les questions relatives au dimensionnement proprement dit d'un réseau d'assainissement. Après plusieurs pages consacrées aux traitements successifs dont la pluie a fait l'objet, nous exposerons, ici, les solutions proposées au problème de la transformation des précipitations en débit d'évacuation. Etant donné que cette dernière constitue le paramètre crucial pour le dimensionnement du dispositif technique, nous ralentissons notre récit afin de mieux cerner les évolutions, continuités et ruptures, ainsi que les logiques qui les sous-tendent. Une "coïncidence" produite dans le temps nous aide à situer notre point de départ. En 1855, la ville de Paris publie le "Programme pour la rédaction du projet de distribution d'eau et d'assainissement" (³). Trois ans plus tard, à

Lors de la discussion qui a suivi l'exposé de Sherman, *Frequency and intensity of excessive...*, op.cit., p. 961.

Sur l'adoption de la pluie décennale en France, voir Desbordes, "Risques de défaillance des ouvrages d'assainissement urbain : un concept révisable ?", in *Economie de l'Hydrologie Urbaine ; La ville sous l'eau, l'eau sous la ville, l'eau, la ville et les sous*, Société Hydrotechnique de France, 1990, pp. 15-23.

Dupuit J., *Programme pour la rédaction du projet de distribution d'eau et d'assainissement de Paris*, Paris, Thunot, 1855.

Londres cette fois-ci, le "Report of Commission of Metropolitan Drainage" ^{C1}) faisant le point sur des travaux et des études entrepris au cours de la décennie précédente, voit le jour. Publications qui témoignent de la thématisation du problème de l'assainissement et marquent l'amorce d'une période de communications, de débats et de discussions chez les ingénieurs, sur les questions de la transformation de la pluie en débit d'évacuation. L'Angleterre et la France y tiennent le premier rang. Le respect de l'antériorité chronologique en matière de réflexion sur les questions qui nous occupent justifie que notre historique commence par l'Angleterre.

3.1. L'Angleterre (1845-1865) : l'observation et l'induction

La première investigation systématique sur les problèmes d'évacuation des eaux pluviales est due à John Roe. Peu de choses sont connues ⁽²⁾ sur les procédures d'acquisition et de traitement des données qui appuient les propositions de cet ingénieur. Produit d'une campagne de mesures étalée, selon l'auteur, sur une période de 20 ans, ces propositions sont présentées sous forme de tables où le diamètre de la canalisation est fourni directement en fonction de la superficie de la surface assainie et de la pente de la conduite (voir tableau suivant). L'extrait d'une lettre, datée du 3 décembre 1852 et envoyée à l'Institution of Civil Engineers, pourrait nous éclairer sur la démarche suivie :

"(...) une chute de pluie d'un pouce par heure produit un peu plus de 60 pieds cubes par minute, par acre. D'autre part, j'ai observé que 25 pieds cubes d'eau par minute, par acre, atteignent les égouts dans le cas d'une précipitation d'un pouce par heure, sur une surface où les maisons sont entourées de terres jardinées, et dans un autre cas, quand les maisons sont plus proches les unes

Report relating to the main drainage of the metropolis, Londres, 1857-1858, 3 volumes.

Ainsi Haywood N., ingénieur "of the City" qui est resté pendant un quart de siècle parmi les autorités en la matière, déclare lors de la rencontre du 14 mars 1865, organisée par l'Institution of Civil Engineers, qu'il n'a jamais pu obtenir quelques informations précises sur la constitution des tables. In Bazalgette J.W., *On the main drainage...*, op.cit., p. 324. Même la date précise de la première publication reste mal cernée : probablement entre 1840 et 1845.

des autres, 33 pieds cubes, par acre et par minute atteignent les égouts" (!).

Diameters of sewer, inches	24	30	36	48	60	72
	acres	acres	acres	acres	acres	acres
Level	383/4	671/4	120	277	570	1.020
1 in 480	43	75	135	308	630	1.117
1 in 240	50	87	155	355	735	1.318
1 in 160	63	113	203	460	950	1.692
1 in 120	78	143	257	590	1.200	2.180
1 in 80	90	165	295	670	1.385	2.486
1 in 60	115	182	318	730	1.500	2.675

Tables de Roe (1840-45), fournissant le diamètre de la canalisation en fonction de la superficie assainie et de la pente de la conduite

Source : Metcalf L., Eddy H.P., *American Sewerage Practice*, Tome I, 1914, New York, Me Graw-Hill Book Company.

On constate que Roe, en procédant à une taxinomie des surfaces qui reste très qualitative, met en relief un des éléments qui conditionnent la transformation de la pluie tombée en débit d'évacuation : *la nature de la surface bâtie*. De surcroît, dans une note qui accompagne la présentation des tables, il énumère un autre facteur qui doit être pris en compte lors de l'usage de ces tables : *la pente de la surface*.

"Pour appliquer la table à des localités dont la pente est plus importante que celle de Holborn et de Finsbury {localités qui ont fourni les observations} , des modifications sont exigées ; ainsi, pour des pluies similaires quant à leurs intensités, en passant d'une surface d'une pente moyenne égale à 1 pour 132 à une surface dont la pente était de 1 pour 20 environ, le débit augmente d'un tiers " (2).

Le voile qui couvre le processus de constitution des tables de Roe, pousse les ingénieurs responsables de l'assainissement de Londres à entreprendre eux-mêmes des mesures relatives à la quantité de pluie qui pénètre dans les ouvrages

In Rawlinson R., *Drainage of Towns...*, op.cit., pp. 96-97.

Cité par Metcalf et Eddy, *American Sewerage...*, op.cit., p. 10.

d'assainissement. Ainsi, Bidder et Hawksley, en 1857, ont pu observer que *"d'une pluie de 2,90 inches tombés sur vingt six heures, seulement 64,5% a pu atteindre les égouts, le reste étant soit absorbé soit évaporé (...). A Ratcliff Highway, la proportion de la pluie qui a atteint les collecteurs a été de 52% seulement"* ⁽¹⁾. La conclusion de cette série d'observations était la suivante.

Ces observations établissent de façon claire le fait que la quantité de la pluie évacuée par les collecteurs est dans tous les cas beaucoup moins importante que celle tombée sur la surface ; et bien que l'ampleur de la variation des phénomènes atmosphériques soit d'une envergure telle qu'elle rend impossible l'établissement d'une relation précise entre la pluie et le débit correspondant, nous nous sentons suffisamment sûrs pour conclure, en vertu de la loi des moyennes (as a rule of averages), que pour une pluie de 1/4 d'inches le pourcentage qui va atteindre les collecteurs ne dépassera pas 50%, tandis que pour une pluie de 4/10 inches ce pourcentage ne sera pas plus de 25% " ⁽²⁾.

De ce passage, nous pouvons retenir deux choses. Tout d'abord, l'absence d'un mécanisme explicite qui lierait pluie et débit, ne met pas en cause la solidité des conclusions issues des observations directes. Par le recours à une démarche de nature statistique, on parvient à des régularités qu'on présume comme étant bien établies : par sa multiplicité et son traitement statistique (rudimentaire puisqu'on ne calcule que des moyennes), la série d'observations devient porteuse d'un indice de convergence qui permet un saut vers la généralité. Saut périlleux et précoce car les notions de probabilité et de fréquence semblent absentes d'un raisonnement qui se hâte de généraliser à partir d'une quantité mince d'observations ⁽³⁾. La moyenne fait partie alors de l'arsenal de l'ingénieur dès le début de notre historique.

¹ Bazalgette M., *On the Main Drainage...*, op.cit., pp. 322-323.

² *Ibid.*, p. 292.

•* Porter M.T. dans son livre *The Rise of statistical thinking 1820-1900*, op.cit., insiste sur le fait que tout au long du 19^e^m^e siècle *"l'induction à partir d'un petit nombre de cas était une preuve de l'ignorance des probabilités"*[^]. 317). Il faut sûrement nuancer ce jugement. La modélisation de la pluie par la pensée anglo-saxonne s'y conforme. Ce n'est pas le cas de la pensée française, beaucoup mieux armée. Dans son intervention devant l'Académie de Sciences, Bienaymé aborde le problème de l'analyse statistique de la pluie pour le déclarer insoluble pour le moment à cause de la petitesse des échantillons

Pour résumer : Des mécanismes physiques du phénomène de l'évacuation sont identifiés (évaporation, rôle de la pente de la surface), sans qu'une appréhension précise de transformation pluie-débit soit recherchée. L'observation directe et le traitement statistique sont considérés comme suffisants pour une démarche qui s'applique à lier des grandeurs sans trop se soucier des mécanismes causaux qui régissent leurs rapports.

Sur une pluie choisie de façon relativement arbitraire (un inch tombé en une heure pour les tables de Roe) et pensée en termes de quantité, on applique alors un coefficient de réduction pour parvenir à la quantité d'eau qui pénètre dans les collecteurs. A partir de cette quantité et de la durée du phénomène de l'évacuation, on calcule le *débit moyen*. Le diamètre recherché résulte de l'application des formules hydrauliques disponibles à l'époque (*). Mais, regardons ce qui se passe de l'autre côté de la Manche.

3.2. France (1850-1860) : l'observation et la déduction

Comme nous l'avons déjà mentionné, on trouve la première réflexion systématique sur le problème d'évacuation des eaux pluviales dans un mémoire sur les Eaux de Paris, présenté par le Préfet de la Seine, Hausmann, au Conseil Municipal le 4 août

disponibles. En effet, une durée au moins égale à 40 ans est alors exigée pour le calcul d'une moyenne correcte et significative. *"Ainsi 10 ans avaient fourni une moyenne opposée à la véritable moyenne des quantités d'eau tombées dans les différentes saisons. Il en a fallu 40 pour faire ressortir cette vraie moyenne. Et il en faudrait 40 ou 80 autres pour la confirmer"*, Bienaimé, *Communication sur un principe que M. Poisson avait cru découvrir et qu'il avait appelé Loi des Grands Nombres*, Orleans, Colas-Gardin, 1855, p. 10. La lecture d'une communication qui intervient beaucoup plus tardivement, présentée par Binnie A.R. devant l'Institution of Civil Engineering en 1892 (Binnie A.R., *On Mean or Average Annual Rainfall, and the fluctuations to which it is subject*, vol. XXXIX, pp. 89-172), met en évidence le retard de la pensée anglaise en matière de savoir probabilitaire.

Les formules les plus usitées étaient celles de Prony, Chezy, du Duat et de Poncelet, voir Rawlison R., *On the Drainage of Towns...*, op.cit., pp. 56-57. Nous n'insistons pas sur les théories hydrauliques dans la mesure où leur développement n'a eu que peu d'impact sur la problématique de l'assainissement, la grande question demeurant celle de la transformation de la pluie en débit d'évacuation et aucunement la question de l'écoulement dans les collecteurs. Pour les formules utilisées, voir Metcalf et Eddy, *American Sewerage...*, op.cit. et Koch P., *Les réseaux d'égouts*, Paris, Dunod, 1967.

1854. La démarche proposée semble être aux antipodes de celle mise en œuvre en Angleterre. La déduction logique prend la place de l'observation directe ⁽¹⁾. Au lieu d'accumuler des observations et des mesures sur la pluie et le débit correspondant, dans le but d'établir de corrélations entre deux grandeurs, on va passer directement, via le calcul, des causes (la pluie) à l'effet (le débit). Les sections des égouts doivent être suffisamment larges, de sorte qu'elles livrent passage aux quantités d'eau tombées pendant la plus grande pluie observée. Cette dernière, selon le directeur de l'observatoire, a eu lieu le 8 juin 1849 où pendant une heure il est tombé 45 millimètres de pluie. Dans le même mémoire, où la prévoyance commande constamment le raisonnement, on trouve une analyse balbutiante du phénomène de l'évacuation. Le fait qu'une partie de la pluie soit résorbée par le sol est explicitement reconnu mais comme *"la puissance absorbante des surfaces même les plus perméables trouve promptement sa limite quand la pluie est forte ou continue, et il suffit que, par cette cause ou par une autre, la presque totalité de l'eau pluviale puisse être, à un moment donné, rejetée sur un point quelconque de l'ensemble des galeries pour que l'inondation du quartier, et souvent la rupture de l'égout, en soient la conséquence (...)"* ⁽²⁾. La prévoyance commande alors *"(...) de prendre pour base de tout calcul non pas les moyennes ou les cas ordinaires mais les maxima et les exceptions"* ⁽³⁾.

C'est l'inspecteur Dupuit qui met en pratique ce type de considérations :

"La détermination de la section de l'égout pour débiter les plus grandes pluies d'orage ne présente pas de difficultés. Admettons par exemple la possibilité d'une pluie continue de 0,045m par heure, on déduirait la section de l'égout de la formule

$$w = 0,15 \sqrt{N/i}$$

w étant la section de l'égout ; i la pente par kilomètre ; et N le nombre d'hectares dont il doit recevoir les eaux" ⁽⁴⁾.

¹ Comme nous les verrons, les pratiques anglaises et françaises représentent deux styles nationaux différents. De manière schématique, leur opposition est parallèle à celle entre l'observation/induction et l'observation/déduction.

Premier mémoire sur les eaux..., op.cit., p.68.

³ *Ibid.*

⁴ Dupuit, *Programme pour la rédaction du projet de distribution...*, op. cit. p. 15. Dupuit propose de calculer le débouché d'un collecteur à partir de la formule de Prony. Nous préférons épargner au lecteur des développements

Mais c'est Belgrand qui sera le maître incontestable de la partie souterraine de la ville. Ses études hydrologiques préalables dans le bassin de la Seine ⁽¹⁾, mélange heureux d'une masse d'observations impressionnante et de raisonnements abstraits subtils, lui fourniront l'expérience nécessaire pour reformuler les termes du problème. Belgrand décèle dans la démarche de Dupuit deux points faibles. Le premier est mis en relief à la suite d'une série d'observations directes portant sur le temps d'écoulement de l'eau dans les égouts de Ceinture à la suite de l'orage du 21 mai 1857. Il en résulte que ce temps là est au moins sept fois plus grand que la durée de la pluie.

"Si cette durée avait été d'une heure au lieu de 20 minutes, le temps d'écoulement aurait été augmenté de 40 minutes au moins, c'est-à-dire qu'il n'aurait pas été moindre que 3 heures ou que trois fois la durée de la pluie" ⁽²⁾.

La mise en œuvre d'un raisonnement selon lequel les choses *sont ordonnées en fonction des relations d'analogie* ⁽³⁾, permet à Belgrand de passer d'une observation isolée et localisée dans l'espace-temps à une règle de validité plus générale. En s'appuyant sur les résultats quantitatifs obtenus lorsqu'il étudiait l'imperméabilisation de différents types de terrain ⁽⁴⁾ et selon lesquels le rapport

mathématiques arides. Rappelons seulement l'hypothèse qui commande le calcul. En supposant que toutes les eaux de pluie arrivent aux égouts, Dupuit applique dans le cas de l'assainissement une des lois fondamentales de l'hydraulique, connue sous le nom de "loi de conservation", et selon laquelle pour un laps de temps donné la quantité de la pluie tombée est égale à celle de l'eau évacuée. La quantité de la pluie tombée étant fixée (elle est celle d'une pluie de 45mm/heure), la formule de Prony moyennant quelques hypothèses portant sur les rapports entre section et périmètre de l'égout, donne la formule de dimensionnement.

Belgrand E., "Etudes hydrologiques dans les granites et les terrains jurassiques formant la zone supérieure du bassin de la Seine", *APC*, vol. XII, 2^e semestre, 1846, pp. 129-183 ; Belgrand E., "Etudes hydrologiques dans le bassin de la Seine entre la limite des terrains jurassiques et Paris", *APC*, vol. III, 1^{er} semestre, 1852, pp.1- 228.

Belgrand E., *Les travaux souterrains de Paris - 2^{eme} partie : Les égouts*, Paris, Dunod, 1887, p. 217.

Sur l'analogie en tant que mode de raisonnement, voir Knorr-Cetina K.D., *The Manufacture of Knowledge*, Pergamon Press, 1981, Chapitre 3.

"Je ne terminerai pas cette note sans faire ressortir l'analogie frappante qui existe entre le régime des égouts et celui des ruisseaux et même des grandes rivières à versants imperméables ; je pourrais pour ceux-ci tirer (...) les mêmes

entre pluie tombée et quantité évacuée est égal à trois, Belgrand se permet de généraliser la conclusion qu'il vient de tirer de ses observations de 21 mai 1857 (voir ci-dessus). Analogie et observations directes amènent Belgrand à la conclusion qu'il faudrait réduire au tiers au plus les débouchés donnés par la formule de Dupuit.

La deuxième modification est le fruit d'une *déduction logique*. Belgrand constate que selon la logique de conception à l'œuvre, le débit des égouts s'accroîtrait indéfiniment à mesure que la surface drainée augmenterait (la section w étant fonction directe de la surface S), considération apparemment non réaliste.

"Or il est facile de voir que les averses étant limitées dans leur durée, l'accroissement du débouché est ainsi limité, c'est-à-dire que, dans un égout d'une longueur indéfinie, les débits n'augmentent que sur une certaine longueur à partir de l'origine et qu'ensuite ils restent constants" (}).

La géométrie et une hypothèse sur l'ordre de grandeur de la vitesse d'écoulement, prise égale à 1,20m/s, lui ont permis de montrer que pour le calcul du flot à évacuer par un ouvrage d'assainissement, la totalité du bassin devait être prise en considération seulement jusqu'à une longueur de l'ordre de 8km (²).

conclusions que pour ceux-là", Belgrand, Les travaux souterrains..., op.cit., p. 224.

Ibid., p.221.

Le raisonnement est le suivant. Soit un égout-collecteur et ses tributaires. Le débit de l'égout-collecteur *"s'accroîtra en passant au confluent de chaque tributaire pendant toute la durée de la pluie et ensuite, lorsque la pluie aura cessé, jusqu'à ce que les tributaires aient versé leur dernière goutte dans l'égout-collecteur"*. Si on raisonne en termes de "tranche d'eau" dans l'égout, *"le temps pendant lequel elle s'accroîtra sera égal à $T + t$, T étant la durée de la pluie, t celle de l'écoulement dans les tributaires après la pluie"*. Ainsi, *"en désignant par V la vitesse de translation de la tranche d'eau M pendant le temps $(T + t)$, la longueur mm' sur laquelle cette tranche s'accroîtra sera égale à $V (T + t)$, et, à partir du point m' , le débit de l'égout sera constant"*. Moyennant les hypothèses d'une vitesse V égale à 1,20m/sec. et des durées T et t égales à 1 heures (3 600 secondes), la longueur L sur laquelle le débit de l'égout s'accroîtrait serait : $L = V (T + t) = 1,20 \times (3\ 600 + 3\ 600) = 8\ 640\text{m}$. *Ibid., pp. 221-222.*

La contribution de la France à la science de l'assainissement restera pendant 100 ans attachée au seul nom de Belgrand. Contribution qui par ailleurs n'a pas eu l'écho mérité. Dans l'histoire des sciences, il arrive qu'on retrouve après coup des tendances et des gestes qui rétrospectivement semblent annoncer les grandes innovations du demain. L'intervention de Belgrand nous fournit l'exemple d'un tel geste. Porteur d'un regard aigu, mettant en œuvre déductions logiques et raisonnements abstraits, Belgrand va au-delà des observations directes. Ses remarques éparpillées sur le phénomène d'évacuation annoncent un style de raisonnement qui produira ses effets quelques trente ans plus tard et sur un sol autre, les Etats-Unis (voir p. 202) ; style qui procède par déduction et analyse plutôt que par accumulation des observations immédiates. Entre-temps, c'est dans cette deuxième voie, voie anglaise, que la pensée en matière d'assainissement sera engagée. Pluie et débit deviennent, dans un premier temps, les objets de mesures et d'observations qui ne cessent de proliférer. Dans un deuxième temps, on essaie de formaliser leurs relations. C'est l'époque des formules empiriques mettant en rapport des notions qui sont déjà là : à gauche le débit à évacuer ; à droite la pluie, la surface drainée ; au centre un coefficient calculé à partir d'observations sur les rapports pluie-débit.

3.3. *Une formule suisse (1880)*

C'est un Ingénieur suisse, A. Burkli-Ziegler qui, dans une étude imposante parue en 1880, bâtit la première formule empirique qui connaîtra sous le nom de son auteur, une carrière brillante en Europe et aux Etats-Unis. Le point de départ de son entreprise : les observations recueillies par les ingénieurs anglais, responsables de l'assainissement à Londres. Son point final : une formule qui arrive à "coller", moyennant le jeu d'un coefficient qui exprime la nature du sol (degré d'urbanisation), aux données provenant des plus grandes villes de l'Europe.

Le point de départ. Dans notre présentation des pratiques d'assainissement en Angleterre, nous avons rencontré les tables de Roe, où le diamètre de la canalisation

Burkli-Ziegler A., "Grösste Abflussmengen bei städtischen Abzugkanalen", *Technische Mitteilungen des Schweizerischen Ingenieur- & Architekten-Vereins.*, 14. Heft, Zurich, 1880.

à dimensionner est fourni en fonction de la superficie de la surface assainie (A) et de la pente de la conduite (S), pour une pluie d'un inch/heure (p. 189). Outre ce tableau, les ingénieurs de l'époque disposaient, après 1857, d'une formule établie par l'Ingénieur Hawksley, qui était en fait une "transcription" mathématique du tableau.

$$\text{logd} = \frac{31 \text{log}.A + \text{log}(1/S) + 6,8}{10}$$

où d, le diamètre de la canalisation à dimensionner en inches,
A, la surface à drainer en acres,
S, la pente (sine of slope of sewer).

S'appuyant sur cette formule, compilation des observations recueillies par Roe, et à l'aide des lois d'hydraulique de l'époque exprimant la vitesse d'écoulement de l'eau dans le collecteur en fonction de sa pente et de sa section, Burkli-Ziegler déduit la formule suivante :

$$Q = 36^4 \sqrt[4]{VS/A}$$

où Q, le débit en litres/seconde/hectare drainée,
A, la surface drainée en hectares,
S, la pente en ‰.

Cette dernière formule est basée sur l'hypothèse d'une pluie dont l'intensité est égale à un inch/heure (rappelons que les tables de Roe sont construites sur la base de cette hypothèse). En mettant en œuvre *un raisonnement analogique*, qui prend la forme de la règle de trois, Burkli-Ziegler s'affranchit de cette hypothèse restrictive et parvient à formuler un rapport général entre débit à évacuer (Q), pluie tombée (r), surface (A) et pente (S) :

$$Q/r = 0,51^4 \sqrt[4]{VS/A}$$

où r, l'intensité de la pluie en litres/hectare/seconde (^l).

Le raisonnement est le suivant. Quand la pluie est égale à 1 inch/heure (= 70 litres/hectare/seconde), le débit est égal à $36^4 \sqrt[4]{S/A}$. Lors, l'intensité est égale à r, le débit correspondant selon la règle de trois devient égal à $36^4 \sqrt[4]{S/A} \times r/70 = 0,51 r^4 \sqrt[4]{S/A}$.

Mais cette nouvelle formule, même affranchie de l'hypothèse restrictive d'une pluie égale à un pouce/heure, reste tributaire du lieu qui a fourni les premières observations, le site de Londres, avec toutes ses caractéristiques urbanistiques propres. L'étape suivante, c'est celle de la généralisation de la formule, moyennant une démarche qu'on pourrait qualifier *d'empirisme contrôlé*. Démarche qui s'applique à entrecroiser plusieurs séries de mesures provenant de plusieurs villes de l'Europe, afin de les envelopper dans l'espace homogène d'une formule unique, capable de s'appliquer à des sites différents grâce au jeu d'un coefficient. Burkli-Ziegler dans un premier temps calcule séparément les ratios (Q/r) et ($^4V_s/A$), sur la base des observations recueillies par les services d'assainissement des villes les plus importantes d'Europe et, ensuite, dans un deuxième temps, il essaie de mettre les deux ratios en rapport. Il en résulte une série de coefficients (C), qui varient de 0,26 à 0,61. La série sera considérée comme suffisamment dense pour que la validité opérationnelle de la formule soit garantie. Désormais, la diversité des sites et des régimes pluviométriques sera le produit de la variété combinatoire d'un nombre précis d'éléments de base, pris dans des rapports immuables et dont les valeurs sont circonscrites par la prolifération des mesures.

La formule $Q/r = C^4 V_s/A$

où C, coefficient dépendant de la nature du sol, et dont la valeur moyenne est égale à 0,50, et

r, la pluie la plus importante observée, variant de $1^{3/4}$ à $2^{3/4}$ pouces pour les régions de l'Europe Centrale,

connaîtra une grande carrière en Europe, mais également aux Etats-Unis, pays qui l'adoptera après le voyage de l'Ingénieur Hering, dans le vieux Continent en 1880 C¹)- Ce sont les Etats-Unis qui prendront le relais dans notre historique.

3.4. *La machine Américaine* (2)

Voyage qui va déboucher sur le rapport Hering R., *Report of the results...*, op.cit.

Le reste de notre historique ne concerne que les Etats-Unis. C'est de là-bas que vont venir les développements ultérieurs les plus intéressants. En effet, une lecture des manuels français, allemands et anglais de la même époque montre que les formules les plus usitées en Europe sont celles de Burkli-Ziegler et de la méthode rationnelle développée aux Etats-Unis à partir de 1889. Une

3.4.1. Les observations toujours

Le manque de mesures sur leurs propres réseaux existants a amené les ingénieurs américains à rechercher, dans un premier temps, à l'étranger les informations nécessaires au dimensionnement des ouvrages. Les égouts de Londres de par la quantité des observations dont ils font l'objet constituent leur point de référence dans un premier temps. Ainsi, en 1857-1859, le Colonel J.W. Adams qui un peu plus tard deviendra l'auteur d'un manuel de référence (*) pour une période d'au moins 15 ans, s'appuyant sur des données provenant des ingénieurs anglais proposera la démarche suivante :

"Le présent plan d'égouts est calculé pour une pluie d'un inch par heure, à évacuer en 2 heures, soit un débit de 1/2 pied cube (3-1/4 gai) par seconde, par acre de surface assainie" (2).

Jusqu'à 1880 les techniques de conception restent pratiquement inchangées et calquées sur les expériences anglaises. La pluie de projet adoptée est celle prônée par Roe (un inch en une heure) ; de la pluie on passe au débit à évacuer en faisant l'hypothèse que la moitié de l'eau tombée sur la surface sera évacuée durant l'averse (on présuppose que le temps d'écoulement est au moins de deux heures). Cette dernière hypothèse en liaison avec les résultats d'observations faites par les Anglais, selon lesquelles seulement 50-70% du volume d'eau tombée entre dans les

contribution originale nous vient de l'Italie, mais beaucoup plus tardivement, en 1929, voir Supino G., "Sul calcolo dei canali di fognatura", *L'Ingenere*, février 1929, pp. 91-95. Pour l'Angleterre, voir rapidement Lloyd-Davies D.E., "The elimination of storm-water from sewerage systems", *Proceedings of Institution of Civil Engineers*, vol. 164, 1904, pp. 41-55. Pour l'Allemagne, nous avons consulté les manuels des Baumeister R., *Städtisches Strassenwesen und Städtereinigung*, Berlin, 1890 ; Imhoff K., *Evacuation et traitement des eaux d'égout*, Paris, Dunod, 1935 (édition originale 1932) ; Durand-Claye A. et al., "Mémoire sur l'Assainissement de Berlin", *APC, Tome XI, 6è série*, 1er semestre 1886, pp. 543-614 ; Nous voudrions donner ici un détail significatif de la vitesse avec laquelle les informations circulaient à l'époque au sein de la communauté (internationale) des ingénieurs. Dans le manuel de Baumeister R. qui date de 1890, on trouve commentée (p. 226) la formule développée aux Etats-Unis par Kuichling l'année précédente (voir p. 205).

Adams J.W., *Sewers and drains for populous districts*, New York, 1880.

Cité par Metcalf et Eddy, *American Sewerage...*, op.cit., p. 19. La citation est extraite de *Report of the Engineer (J.W. Adams) to the commissioners of sewerage of Brooklyn on the general drainage of the city*, Brooklyn, 1859.

égouts, ont donné aux Américains le sentiment que les dimensions données aux ouvrages étaient largement suffisantes.

En 1880, Hering R. après un séjour en Europe qui lui a permis de faire le point sur les réponses données aux problèmes de l'assainissement sur le vieux continent, introduit aux Etats-Unis la formule de Burkli-Ziegler ⁽¹⁾ (voir p. 195), dans l'espoir que "*par un usage intelligent de cette formule, des tailles plus rationnelles peuvent être obtenues que par la "règle de trois", qui est déjà si communément appliquée aux espaces couvrant des milliers d'acres, mais qui n'est raisonnable que pour des surfaces très réduites*" ⁽²⁾.

Six ans plus tard (1886), McMath, ingénieur de la municipalité de Saint-Louis, en réitérant l'attachement de la communauté des ingénieurs à l'observation immédiate, proposera une méthode "de vérification des résultats expérimentaux libre de préjugés personnels ou de l'influence d'une théorie non confirmée par les faits (...)" ⁽³⁾. Partant du local et du singulier pour y revenir quant aux résultats fournis, la méthode ne s'en présente pas moins comme étant de valeur générale. "*La méthode est d'une application généralisée*" alors que "*les résultats (...) sont seulement applicables à la localité d'où proviennent les mesures*" ⁽⁴⁾. L'expérience peut garantir d'ailleurs une protection absolue pourvu qu'elle embrasse toute la mémoire du monde.

"Si maintenant nous pouvons procéder à une comparaison entre les égouts réels et isoler ceux qui sont jugés insuffisants, nous arriverons à un standard en dessous duquel il ne faut pas aller, et si l'expérience est étendue, on obtiendra un standard de capacité qu'il ne sera pas nécessaire de dépasser. Si cela peut être fait à partir de données provenant de chaque partie du monde, le résultat pourrait constituer une règle générale fiable" ⁽⁵⁾.

¹ Hering R., *Report of the Engineer...*, op.cit.

² Hering R., *Transactions of ASCE*, vol. X, novembre 1881, p. 374.

³ Mc Math E., "Determination of the size of sewers", *Transactions of ASCE*, vol. XVI, n° 358, avril 1887, p. 179.

⁴ *Ibid.*

⁵ *Ibid.*, p. 180.

La méthode, conformément aux considérations de son auteur, s'appuie sur des observations directes, relatives aux débits transitant dans les collecteurs principaux. Ces derniers représentés par leur capacité hydraulique maximale Q , ainsi que par la surface A correspondante, ont été reportés sur un plan de coordonnées (figure 17). Les collecteurs ayant montré dans le passé des insuffisances quant à leur capacité d'évacuer l'eau (collecteurs sous pression, débordements), sont marqués par un petit cercle. La ligne droite, qui enveloppe les collecteurs jugés insuffisants, est censée représenter la capacité exigée de chaque collecteur en fonction de la surface drainée qui lui correspond. La droite ainsi tracée prend la forme :

$$Q = 0,75 \times 2,75^5 V15A^4$$

où Q = débit de la capacité exigée en cubic feet per second,
et A = surface drainée en acres.

Le geste suivant de McMath constitue un signe supplémentaire attestant la prééminence de l'observation directe sur la "théorie de l'évacuation". Une fois le rapport quantitatif entre la capacité du collecteur recherchée et la surface assainie établi, McMath essaie de calquer son équation sur la formule de Burkli-Ziegler.

"En symboles, cette équation peut-être écrite de la manière suivante :

$$Q = cy^5 \wedge SA^4 = Acy^5 \quad Vs/A$$

dans lequel c représente la proportion de précipitation qui va atteindre les collecteurs (...). Pour Saint-Louis la proportion est le trois-quarts de la pluie (...).

Le symbole y représente le nombre de pieds cubes d'eau tombant sur une surface d'un acre par seconde durant la période de plus grande intensité de pluie, pratiquement c'est le même que l'intensité de précipitation en inches par heures (...) et y représente 2.75 pieds cubes par seconde. La pente moyenne de la surface principale en millième est représentée par S et, comme nous l'avons dit, la surface est représentée par A " (¹).

¹ *ibid.*, p. 183.

On voit clairement que la formule est une réalité seconde qui fonctionne comme un principe de cohérence, en organisant *ex post* un mouvement d'expérience qui s'est accompli hors d'elle.

3.4.2. Un regard autre : la méthode rationnelle

"*Les faits sont têtus*" (*) disait Rawlinson, un des "pères" de l'assainissement anglais, à quoi il ajoutait que la témérité dans les techniques de conception "*conduira à l'échec et l'échec corrigera la théorie*" (2). C'était en 1852. A coup sûr, la théorie marche moins vite que les faits. Il faudra attendre plus de 30 ans pour que les ingénieurs américains procèdent à une critique systématique des pratiques de conception livrées par leurs homologues britanniques. Critique qui ne se contente pas de constater les défaillances entre-temps accumulées, mais qui propose un nouveau quadrillage du phénomène d'évacuation des eaux pluviales, en faisant apparaître des éléments inédits et susceptibles d'éclairer les difficultés rencontrées. Critique qui va déboucher sur la "méthode rationnelle"(3) laquelle va devenir, au niveau mondial et durant une période qui frôle notre passé proche, la formule canonique de dimensionnement des réseaux d'assainissement. Regardons de près, son accouchement et sa marche vers la victoire et l'imposition.

C'est Capitaine Hoxie qui inaugure un regard autre : lors de son intervention de 1886 devant les ingénieurs de *VAmerican Society of Civil Engineers (ASCE)*, il déplore le fait que les ingénieurs aient concentré jusqu'alors leur attention sur les intensités moyennes de la pluie, en omettant les fluctuations de l'intensité au cours d'un événement pluvieux, tout en extrapolant de manière abusive les résultats issus des mesures faites à Londres — elles-mêmes équivoques quant à leur valeur opérationnelle (4).

¹ Rawlinson R., *On the Drainage of Towns*, op.cit., p. 36.

² *Ibid.*

•* L'appellation est des acteurs de l'époque.

⁴ Pour ce qui concerne les observations faites à Londres, Hoxie remarque "*qu'il est probable que les observations sur 20 ans effectuées par M. Roe ont été biaisées par la même source d'erreur qui prévaut à l'heure actuelle. Une surface naturelle rassemble toutes les eaux pluviales dans ses canaux naturels, mais presque tous les systèmes de drainage urbains sont imparfaits comme*

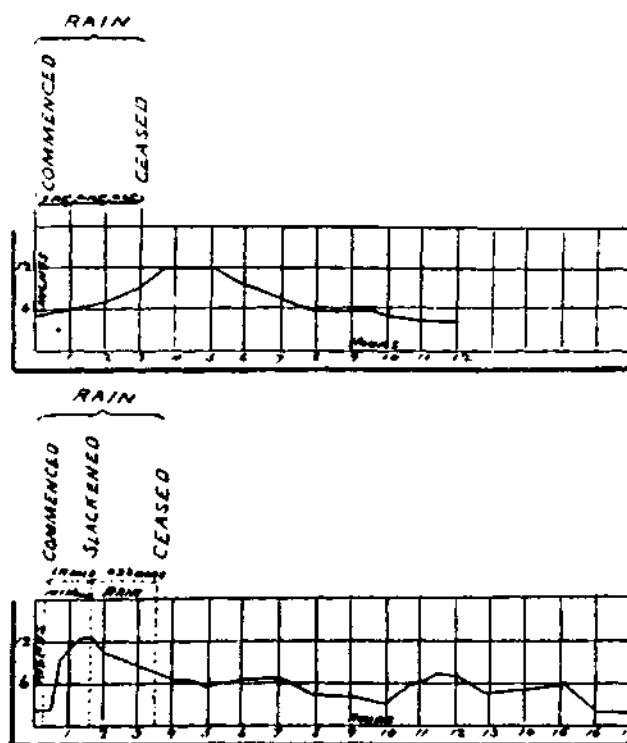


Figure 18 : Diagramme dévolution dans le temps de deux pluies et des débits correspondants

Source : Hoxie R.L., "Excessive rainfalls considered with especial reference to the occurrence in populous districts" (with discussion), *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, vol XXV, juillet 1891.

collecteurs d'averses orageuses. Lors d'une pluie lente, peu violente, les conduites vont pouvoir tout recevoir, lors d'averses soudaines elles sont incapables de tout absorber (...) et une quantité variable s'échappe à la surface. Cette variable aléatoire discrédite toutes les mesures d'écoulement dans les égouts, et explique les extraordinaires disparités constatées." Hoxie, Excessive rainfalls considered..., op.cit., p. 78.

Périphrases à la place de catégories analytiques, longues descriptions là où une formule mathématique suffirait, le texte de Hoxie dans la prolixité de son style, n'en énonce pas moins les grands thèmes qui vont structurer le débat pour les trente ans à venir : le débit de pointe et ce que nous appellerons un peu plus tard le *temps de concentration*, c'est-à-dire la durée mise par la pluie tombée au point le plus éloigné (en temps d'écoulement) du bassin d'apport pour atteindre la section de l'ouvrage dont on veut calculer le débouché.

Le passage est long mais suffisamment intéressant pour être cité intégralement :

"Quand un de ces grands réservoirs de vapeur d'eau ouvre ses vannes sous l'effet de la condensation et déverse son débit maximum de pluie, il sature les surfaces poreuses qui ne le sont pas déjà, frappant les surfaces plates et fonçant sur les pentes, se déversant à la canalisation la plus proche, à la suite de quoi chaque point de la zone de drainage touché par les précipitations se transforme en une source de gouttes, l'une suivant l'autre à un rythme rapide et un filet de gouttes provient, simultanément, de chaque point. L'effet maximal des pluies torrentielles est atteint quand la canalisation principale reçoit, simultanément, un filet de gouttes à partir de chaque point de la zone qu'il assainit "(¹).

Ce regard analytique qui reconstitue la genèse du débit de pointe, n'est plus un regard qui observe passivement. Sous son emprise, l'extension quantitative du savoir au-delà de la périphérie tracée par les observations du passé s'accompagne d'un retour plus conscient et plus prononcé au principe organisateur de cette extension : les informations disparates et incohérentes, à première vue, commencent à trouver leur cohérence cachée après une analyse logique du phénomène de l'évacuation, tandis que leur multiplicité, loin d'être une dispersion amorphe, se trouve être commandée par un centre fixe et unificateur. Ainsi, le fait que le débit de pointe apparaisse tantôt avant tantôt après que la pluie ait cessé de tomber, perd son caractère énigmatique. Les vieux diagrammes de Roe (figure 18), où les évolutions temporelles de la pluie et du débit correspondant étaient accueillies jusqu'alors passivement, sont percés par un regard explicatif :

¹ *Ibid.*, pp. 74-75.

"Le débit observé dans le second exemple était le maximum dangereux résultant d'un écoulement simultané de tous les points de la zone de drainage durant la période où l'intensité de la précipitation était maximale" {}).

Trois ans plus tard (1889), un des héros de notre historique sur la pluie, Kuichling, renchérit sur les critiques émises par Hoxie à l'égard des pratiques de conception à l'œuvre jusqu'alors. A la critique portant sur l'opérationnalité des données utilisées dans la conception des réseaux, inaugurée par Hoxie ⁽²⁾, Kuichling ajoute une interrogation sur *la forme logique* des expressions mathématiques censées représenter le phénomène de l'évacuation. Ce geste de Kuichling marque l'avènement d'un nouveau style de raisonnement qui redistribue les places respectives de l'observation et de la théorie dans la structure du savoir relatif aux questions de l'assainissement ⁽³⁾. Suivons de près son intervention. Après avoir ramené les formules les plus employées dans le dimensionnement des réseaux au même symbolisme,

- | | |
|--------------------|--|
| (1) Hawksley | $Q = 3,946 \text{ Ar}^4 \text{Vs}/\text{Ar}$ |
| (2) Bürkli-Ziegler | $Q = (1,757 \text{ to } 4,218 / \text{Average} = 3,515) \text{ Ar}^4 \text{VS}/\text{A}$ |
| (3) Adams | $Q = 1,035 \text{ Ar}^{12} \text{VS}/\text{A}^2 \text{r}^2$ |
| (4) McMath | $Q = (1,234 \text{ to } 2,986 / \text{Average} = 2,488) \text{ Ar}^5 \text{Vs}/\text{A}$ |

où Q, le débit en cubic feet per second ;
 A, la surface en acres;
 r, l'intensité maximale de pluie en inches per hour;
 S, la pente de la surface.

Kuichling observe que pour les formules (1) et (3)

¹ *Ibid.*, pp. 79-80.

² Comme nous l'avons vu, Hoxie critique dans les pratiques des ingénieurs d'antan le recours exclusif aux intensités moyennes et l'absence de prise en considération dans les observations faites sur les débits de la quantité de l'eau qui n'entre pas dans le réseau.

³ Si on voulait être plus précis, il faudrait parler de réactualisation et d'affinement à la place d'avènement. On a déjà rencontré ce style de raisonnement chez Belgrand, représentant de la science française d'assainissement. Belgrand, qui est mentionné de manière élogieuse par ailleurs dans le texte de Kuichling.

"Le rapport (Q/Ar) diminue quand l'intensité des précipitations augmente, mais puisque les principes fondamentaux de l'hydraulique nous ont enseigné que la résistance de l'écoulement diminue rapidement avec une augmentation de la profondeur ou du volume, l'auteur est amené à croire qu'il y a une faille dans ces principes qui se manifeste plus particulièrement dans le cas de surfaces assainies relativement petites. Pour de grandes surfaces on peut concevoir que les dits rapports ne vont peut-être pas augmenter de manière perceptible dans le cadre d'intensités habituelles. Néanmoins, il n'y a certainement aucune raison manifeste pour qu'ils diminuent quand l'intensité de précipitations augmente" (¹).

Et une page plus loin, quand il présentera son approche propre du phénomène de l'évacuation, il le fera en les termes suivants :

"La méthode est en tout état de cause intelligible et rationnelle" (²).

Entre le texte de McMath qui professe encore sa confiance dans les observations directes et celui de Kuichling qui décèle des "vices logiques" dans les formules, pourtant établies sur la base de plusieurs mesures, l'écart est net. Une ligne décisive est en train d'être tracée entre un regard dont la qualité suprême semble être la fidélité à l'immédiat sensible, et un regard qui identifie l'origine de son efficacité à un détour par delà les observations, à la force de la déduction. Dans ce moment, la conscience de l'ingénieur se dédouble : les mesures et les constatations immédiates ne cessent pas de la nourrir, bien sûr ; mais elle devient plus analytique et capable d'organiser les données à l'intérieur de schémas causaux dévoilés sous le raisonnement, susceptible de décider avant de mesurer par la seule inspection de la forme. Il faut décrire maintenant l'expérience de l'exercice concret de ce nouveau regard. Écoutons Kuichling. Son analyse se développe en deux temps. Dans un premier temps, Kuichling se situe dans la perspective des auteurs dont la démarche sera soumise à une critique interne. En recourant lui aussi à des observations

¹ Kuichling E., *The relation between...*, op.cit., p. 26.

² *Ibid.*, p. 27.

directes, il s'aperçoit qu'il y a un rapport de concomitance entre les évolutions temporelles de la pluie et du débit :

"(...)durant les fortes averses le volume d'eau évacué par plusieurs égouts importants (...) augmentait et diminuait sensiblement en fonction de l'intensité de la pluie à différents stades (...) " (i).

Mais ce croisement des deux séries met en relief d'autres régularités. Le débit suit les variations de la pluie mais également

" (...) un certain laps de temps était nécessaire, dans chaque cas, après la fin d'une brève et violente averse pour que le débit correspondant apparaisse à l'exutoire ; en outre, ces débits semblaient durer aussi longtemps que les averses elles-mêmes " (2).

Conclusion tranchée

"(...)// doit y avoir une relation précise entre ces fluctuations d'évacuation et l'intensité de la pluie d'une part, entre la surface de la zone de drainage et le temps nécessaire pour que les débits apparaissent et diminuent " (3).

Jusqu'ici Kuichling ne sort pas de la structure de savoir de ses prédécesseurs. Son regard plus aigu et sensible à la différence, à la simultanéité et à la succession, trouve dans les faits et par les faits, des failles dans les pratiques, à l'œuvre jusqu'alors, basées sur des quantités moyennes (de la pluie tombée, de l'eau évacuée). Mais il va plus loin. En façonnant le concept de *temps de concentration*, il anive à organiser les données de l'expérience à l'intérieur de schémas causaux et logiques :

"Pour une intensité uniforme de précipitation, et une surface donnée, le débit correspondant deviendra un maximum à la condition que la durée d'une telle intensité soit égale au temps

¹ *Ibid.*, p. 5.

² *Ibid.*

³ *Ibid.*

requis pour que la pluie qui se déverse sur le point le plus éloigné atteigne le lieu d'observation" (1).

L'erreur des anciennes méthodes consistait en ceci. En évacuant le temps et en travaillant avec des quantités moyennes, elles étaient incapables de penser les phénomènes de la pluie et de l'évacuation en termes de vitesse, de propagation différenciée dans la durée, de décalages et d'entrecroisements temporels.

Une fois l'image synthétique de l'évacuation décomposée en ces éléments constitutifs (débit maximal, temps de concentration, intensité maximale de la pluie durant le temps de concentration), la "mise en équation" du phénomène est possible. Pour ce faire, on va se servir des observations immédiates : mais ces dernières sont devenues entre temps des "experiments" (2), autrement dit en pastichant Claude Bernard (3), observations préparées et logiquement contrôlées. Multiplier les observations pour réaliser le saut à la généralité comme McMath le prônait, n'est plus indispensable. Il suffit de choisir des cas de figure qui épuisent la diversité du réel et traiter les observations acquises à la lumière des prémisses théoriques préétablies. Quelles sont les conclusions de ces expériences scrupuleusement préparées ?

Premier apport, celui d'une nouvelle mathématisation du phénomène de l'évacuation.

"Les relations entre le débit maximal d'évacuation et les précipitations ont ainsi été établies de manière approximative (...), et on a constaté que le volume d'évacuation est directement proportionnel à l'amplitude de la surface imperméable de la zone de drainage et à l'intensité et la durée de la pluie, et que le débit atteint pratiquement son maximum quand les précipitations continuent uniformément pendant une durée de temps suffisante

¹ *Ibid.*, pp. 5-6.

² *Ibid.*, p. 28.

³ Bernard C. dit : *"L'expérience n'est au fond qu'une description provoquée"*, in *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, Paris, Flammarion, 1984 (1^{ère} édition 1865), p. 49.

pour assurer la contribution de tous les points de la zone drainée
" (1).

Et en termes mathématiques :

$$Q = C A r$$

où C, le coefficient d'imperméabilisation (surface imperméable/surface totale) ;
A, la superficie de la surface drainée en acres ;
r, l'intensité maximale de la pluie qui correspond au temps de concentration
pour le bassin considéré (voir le paragraphe sur la pluie p. 175) en inches/
hour, et
Q, le débit maximal en cubic feet per second.

Présenter le contenu détaillé des conclusions tirées sera une opération inutilement lourde pour le lecteur. En revanche, nous voudrions insister sur quelques éléments, qui tout en appartenant à la surface textuelle, nous permettent de systématiser les nouvelles règles mises en œuvre dans l'appréhension du réel. Tout d'abord, toutes les conclusions sont organisées sur le mode du commentaire ; les chiffres ne parlent plus par eux-mêmes. Qui plus est, les observations présentées sont des observations triées, contrôlées, et très souvent construites. Triées :

"Dans quelques cas, le temps réellement requis pour que les eaux apparaissent, ou, plutôt atteignent leur hauteur maximale, fut aussi observé et comparé avec le temps calculé (...). Avec les informations ainsi obtenues, le débit mesuré (...) peut être comparé au débit qui devrait être fourni par les affluents qui rejoignent l'égout à ce point. Dans le cas où les disparités entre les deux quantités constatées étaient trop importantes, les observations étaient rejetées " (2).

Construites :

"En calculant la moyenne des résultats obtenus pour des durées similaires de fortes pluies il est probable que la majeure partie des erreurs soient compensées et que les valeurs moyennes de

¹ Kuichling E., *The relation between...*, op.cit., p. 40.

² *Ibid.*, pp. 31-32

proportions de précipitations évacuées par les égouts vont nous renseigner sur les lois générales qui gouvernent de telles évacuations" ().*

Le regard équipé d'une armature logique devient la police de l'immédiat sensible. Persuadé de l'existence d'un ordre qui pénètre et unit la masse des observations disparates, ce regard cherche la forme mathématique qui articulerait les mesures obtenues. Mais cette articulation, à l'opposé de la démarche de McMath (et plus généralement des démarches développées jusqu'alors, lesquelles s'appuient sur l'observation directe et l'induction), est l'objet d'une *anticipation conceptuelle*. Ce sont les concepts préalablement construits (surtout le temps de concentration) qui vont rencontrer les observations préparées.

Revenons à la formule proposée et à la définition du coefficient C donnée par l'auteur :

"La proportion de surface imperméable sur les zones considérées est aussi substantiellement la même que la proportion de pluies déversées durant la période de plus grand débit" (²).

On est en face d'une opération de substitution : le coefficient de ruissellement (ratio débit/pluie) est assimilé à la proportion de la surface imperméabilisée sur la surface totale. Ce glissement est important puisque les deux coefficients n'ont pas les mêmes propriétés. Le premier traduit *plusieurs caractéristiques du bassin versant et ne peut être déduit qu'ex-post à travers l'expérience, tandis que le second est susceptible d'une fixation a priori d'après le plan d'occupation des sols*. Est-ce que la pratique de substitutions et d'équivalences mise en œuvre par Kuichling est légitime ?

En effet, c'est bien ce glissement que Gregory (1907) (³) conteste. Après un réexamen minutieux des données présentées par Kuichling et celles fournies par

¹ *Ibid.* , p. 37.

² *Ibid.* , p. 40.

³ Gregory E.C., "Rainfall and run-off in storm-water sewers", *Transactions of ASCE*, vol. LVIII, 1907.

Hering ⁽¹⁾, tout en acquiesçant à la méthode rationnelle, Gregory met en cause la validité de cette substitution. En travaillant séparément sur des surfaces perméables et imperméables, il arrive à la conclusion que

"Le rapport C n'est pas seulement fonction de la surface imperméable mais a un large éventail de valeurs entre 0 et 1,00 pour des surfaces totalement imperméables" ⁽²⁾.

Moyennant des hypothèses sur "la loi" de changement de ce ratio dans le temps, Gregory arrive à faire entrer les observations disparates dans les formules suivantes valables pour une surface totalement imperméable :

"C = 0,175 t^{1/3} pour une averse de durée égale au temps de concentration ou s'il s'agit de durée plus importante

$$C = \frac{0,175}{t} (T^{4/3} - (T - t)^{4/3}) \quad (3)$$

où T, la durée de la pluie en minutes, et
t, le temps de concentration en minutes.

Gregory brise donc le rapport d'identité établi par Kuichling entre le coefficient de ruissellement (ratio débit/pluie) qui devient fonction du temps et le coefficient d'imperméabilisation (surface imperméable/surface totale) évidemment indépendant du temps. Sa démarche, "mise en équation" des mesures disparates, semble porter en elle des marques de "régression" par rapport à la démarche de Kuichling. Malgré sa virtuosité dans l'analyse de son matériau empirique, l'auteur se dispense d'apporter des explications *logiques et causales* sur l'évolution enregistrée des valeurs de C. Mais il a mis au clair un problème. Les observations semblent montrer que l'édifice construit par Kuichling est défectueux.

Deux ans plus tard (1909), Grunsky met fin à cette instabilité quant à la définition du coefficient C, en proposant une description complète du phénomène d'évacuation, qui lui permet de revenir à l'hypothèse émise par Kuichling selon

¹ Données provenant des expériences menées en 1888 à New York et considérées comme très fiables, car obtenues à l'aide d'enregistreurs automatiques.

² Gregory E.C., *Rainfall and run-off...*, op.cit., p. 480.

³ *Ibid.*, p. 483.

laquelle le coefficient C est égal à l'unité pour des surfaces totalement imperméabilisées tout en rendant justice aux objections factuelles de Gregory. Grunsky évoque un facteur qui conditionne l'apparition et la valeur du débit maximal : *le stockage temporaire*, sur la surface d'abord, de l'eau en transition vers les collecteurs, mais surtout dans les conduites elles-mêmes.

"La pluie qui tombe sur une surface quelconque durant la période où le débit d'écoulement augmente est comptabilisée comme suit : l'infiltration dans les sols poreux et l'évaporation ; la quantité qui a déjà été évacuée par les collecteurs de la zone, l'augmentation du contenu d'eau des conduites à l'intérieur de la zone en question, l'eau en transition vers les conduites (...). La nouvelle méthode fait de ces dernières fractions de la pluie (...) un élément essentiel dans le calcul du débit d'évacuation" (1).

Suivre dans les détails l'exposé de Grunsky serait ingrat pour le lecteur, d'autant plus que c'est la version simplifiée de Kuichling qui va servir de référence en matière d'assainissement dans la suite. Au-delà de la nouveauté introduite dans l'appréhension du phénomène de l'évacuation (= stockage temporaire dans les conduites), la démarche de Grunsky se démarque de celle mise en œuvre, jusqu'alors, par le recours explicite à des *modèles* (constructions abstraites) susceptibles de suppléer à l'inexistence d'observations directes. Ainsi, le phénomène du stockage temporaire sur la surface de l'eau en transition vers les conduites est analysé à l'aide d'un modèle qui découpe la zone étudiée en zones concentriques. Grunsky amène à son point culminant la confiance dans le raisonnement déductif. Le modèle, l'information produite à la place de l'observation recueillie fidèlement, occupe dans la structure de ce nouveau savoir "rationnel" le rôle tenu jusqu'alors par l'immédiat sensible. Abstrait contre concret, global et universel contre local, la bataille s'achève en faveur d'une "méthode rationnelle", susceptible d'être appliquée telle quelle à tout site sans informations préalables autres que le régime pluviométrique. Finis les coefficients empiriques, à la Bürkli-Ziegler, Adams, et McMath, nécessitant des mesures in situ. Un plan de la zone étudiée, une taxinomie des types de surfaces suffisent à l'Ingénieur pour

Grunsky CE., "The sewer system of San Francisco and a solution of the storm-water Flow Problem", *Transactions of ASCE*, vol. LXV, 1909, pp. 321-322.

calculer depuis son bureau le coefficient C et le temps de concentration du bassin drainé. Le débit recherché devient donc le résultat d'un calcul d'école.

4. Des eaux pluviales aux eaux usées

Contrairement à l'évacuation des eaux pluviales, celle des eaux usées ne présente pas des difficultés sérieuses sur le plan de calcul. En effet, on ne trouve pas ici des mécanismes complexes qui s'interposent entre les causes originaires de ces flux (la consommation en eau) et leur écoulement dans les collecteurs. (ce n'est pas le cas des eaux pluviales, où le système urbain fonctionne comme un opérateur de transformation de la pluie en débit d'évacuation). Ici, la quantité à évacuer est égale à celle d'eau consommée. Il suffit, donc, d'évaluer cette dernière et de la distribuer dans le temps pour définir le débit de pointe. En termes mathématiques, il faut passer d'un débit moyen journalier Q_m (= quantité journalière/24 heures), correspondant aux "habitudes" de la population, à un débit de pointe $p.Q_m$, — où p , le coefficient de pointe, représentant le rapport entre le débit moyen et le débit maximum au cours d'une même journée. Comment évaluer le coefficient p ? La même raison analytique qui a opéré le déplacement des méthodes d'évacuation des eaux pluviales (des formules empiriques à la formule rationnelle), sera également présente dans les méthodes de calcul du coefficient p .

Au commencement, c'était l'observation.

"L'expérience a montré que les eaux usées ne se déversent pas dans les égouts à un débit uniforme sur les 24 heures, et pas davantage sur un jour (...). Prenant, comme précédemment, une marge généreuse sur les résultats fournis par les mesures réelles, des prévisions ont été faites pour que la moitié des eaux usées s'écoulaient en 6 heures " ().

Le coefficient p est pris égal à 2. De l'autre côté de la Manche, comme dans le cas de la pluie, c'est le mélange de la déduction et des mesures. Ainsi, Belgrand, après

avoir déclaré *qa* "il est évident a priori [c'est l'auteur qui souligne] que le débit devrait être fort loin de se répartir uniformément sur les 24 heures" (}), va procéder à des observations directes afin d'établir le profil de ces variations. Aux conclusions tirées des variations de l'hauteur d'eau observées dans les égouts par suite de l'ouverture des bornes fontaines (voir figure 19), Belgrand ajoutera deux hypothèses "raisonnables". La première concerne la répartition dans le temps des eaux usées provenant de la consommation privée. "(...) il est évident que, fournies pour des usages moins simultanés, elles donnent lieu par leur ensemble à un écoulement qui, sans être uniforme, est bien plus réparti. Je ne devais pas m'écarter gravement de la vérité en considérant l'écoulement maximum comme égal à celui qui résulterait de la répartition uniforme du volume total sur 12 heures"¹). La deuxième hypothèse comptabilise "l'eau qui se perd par Vevaporation, par l'arrosage, par le lavage des cours, des écuries, etc, (..J"³), estimée égale à un quart du total. Ce mélange d'hypothèses et d'observations, amène Belgrand à estimer un débit maximum égal à 1,65 fois environ le débit moyen (p=1,65).

Mais pourquoi p doit-il rester constant alors que le débit moyen est différent pour chaque collecteur, en étant fonction du nombre de raccordements ? Une *analyse logique* montre que p et Qm forment un complexe, entretiennent des rapports de nature probabiliste. En effet, plus le nombre de raccordements est important, plus la dispersion dans le temps des consommations individuelles est grande, et par voie de conséquence logique, le coefficient p va décroissant. Il faut mettre en équation cette inférence logique qui émane d'un savoir à structure probabiliste. La solution proposée, vers 1910 (⁴), valable jusqu'à nos jours, fut une équation dans laquelle p est une fonction décroissant du débit moyen

$$p = a + b/VQm$$

où a = 1,5,

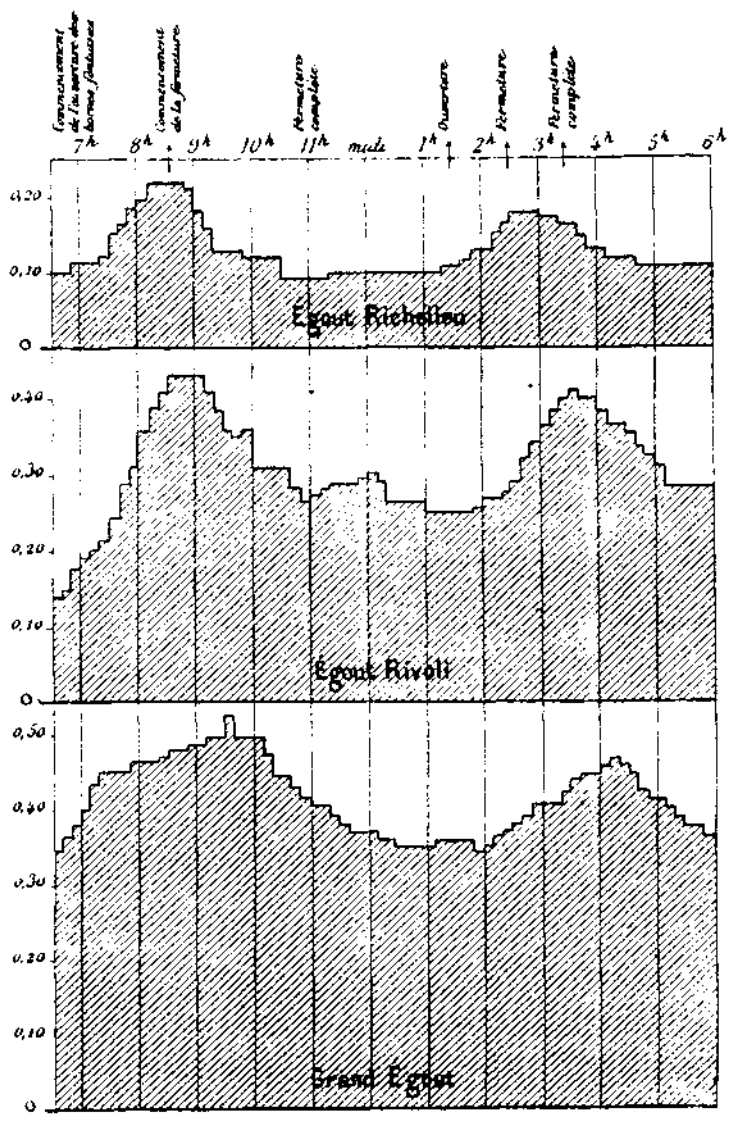
b = 2,5

¹ Belgrand, *Les travaux souterrains...*, op.cit., p. 63.

² *Ibid.*, p. 65.

³ *Ibid.*.

⁴ Voir Metcalf et Eddy, *American Sewerage...*, op.cit.



Hauteurs d'eau observées dans les égouts par suite de l'ouverture des bornes-fontaines.

Figure 19 : Variation journalière des eaux usées dans les égouts parisiens

Source : Belgrand E., *Les travaux souterrains de Paris. 2ème partie : les égouts*, Paris, Dunod, 1887.

Ici, comme dans le cas de la pluie, le modèle se substitue à l'observation, en soumettant les habitudes de la consommation locale à la législation d'une formule logique et universelle.

SECTION 2. HISTOIRE DUNE NORMALISATION. LE MOMENT CAQUOT

Paris. 1857. Belgrand, ingénieur du Corps des Ponts et Chaussées, interpellé par un orage exceptionnel, se précipite sur l'exutoire du collecteur de Ceinture. Là, dans la solitude de l'observateur isolé, il attend la réponse des égouts parisiens à cette manifestation violente de la nature. Il ne sera point déçu :

"A 5 heures, au moment où j'ai pu arriver à l'égout de Ceinture, à son débouché en Seine, l'eau y avait atteint sa hauteur maxima et coulait avec une extrême violence. A 7 heures, l'eau n'avait pas baissé de 0,30m et coulait toujours avec la même rapidité ; une pierre de plus d'un décimètre cube, jetée dans le courant, y flottait pendant plusieurs mètres comme un corps léger" (1).

Et voici comment, cent ans plus tard, son homologue Caquot (2) parle du phénomène de l'évacuation.

"Quant à la section, elle est, dans les formes employées, voisine de $14R^2$, ce qui donne pour débit q en mètres cubes par seconde

$$q = 840R^2 >^{75} I^{0.5}$$

R est inconnu, en éliminant nous trouvons

$$U = 9,551 *^{m1} \&^{m4}(*).$$

Entre le texte de Belgrand, compte rendu de l'expérience personnelle, écrit dans un style qui ménage l'objectivité du nombre avec la subjectivité du commentaire, et celui de Caquot où l'auteur semble s'effacer au profit d'un langage purifié de tout élément subjectif, la différence est totale. Totale, puisque les mots de Belgrand, en leur précision qualitative, guident notre regard dans un monde familier, tandis que

1 Belgrand, *Les travaux souterrains...*, op.cit., p. 217.

2 Sur Caquot, voir Kerisel J., *Albert Caquot*, Paris, Eyrolles, 1978.

•* Caquot A., "Sur la quantité des eaux pluviales à écouler dans les agglomérations urbaines modernes", *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Tome 213, n° 16, 2^e^m^e semestre 1941, p. 512.

le texte de Caquot nous parle le langage mathématique sans aucun support perceptif. Ecart chronologique qui s'est mué en distance logique. Et pourtant, à l'occasion du sesquicentenaire de l'Ecole Polytechnique, Caquot n'hésite pas à rendre hommage à Belgrand :

"Paris a eu la chance extraordinaire, il y a quatre-vingt ans, de recevoir l'impulsion de la modernisation d'un ingénieur constructeur et réalisateur de la valeur de Belgrand. Par lui, le réseau artériel et veineux de la cité fut étudié à marche automatique, et nous lui devons d'avoir pu vivre dans la période de guerre sans souffrir dans l'alimentation en eau potable, comme dans le fonctionnement de l'assainissement" (1).

L'éloignement dans le temps n'entrave pas une certaine inclination à des valeurs communes telles que l'idéal de l'automatisme. Déplacements, ruptures, mais également une mémoire qui réanime de vieux thèmes, se croisent et cohabitent chez

Caquot A., *L'Ecole Polytechnique et la Nation*, discours prononcé à l'occasion du sesquicentenaire de l'Ecole Polytechnique, 17 mai 1946, *SIC*, 1946, p. 141. On ne peut ici que constater "ce trou" de quatre-vingt ans qui caractérise la science française d'assainissement. En effet, après les "années Belgrand", où la France fait figure avec l'Angleterre d'avant-garde dans le domaine de l'assainissement, il faut attendre Caquot pour qu'une contribution originale émane du sol français. Pourquoi cette disparition de la France (et du vieux continent en général après les années 1880) de la scène de régulation ? Sans être en mesure de répondre à cette question, signalons seulement quelques évolutions en matière d'"urbanisation", qui semblent être en concordance avec la montée en puissance de la machine américaine à partir des années 1880 ainsi qu'avec la moindre présence de l'Europe. Ayant connu un mouvement d'urbanisation à la fois plus tardif et diffus par rapport à l'Europe, les villes américaines se sont heurtées aux problèmes qui ont donné naissance aux politiques en matière d'assainissement en Europe au milieu du siècle dernier, avec un retard d'un quart de siècle environ. De là l'intérêt de plus en plus vif (exprimé par le nombre de publications) pour des questions relatives à l'assainissement manifesté par les ingénieurs américains à partir des années 1880, époque où toutes les grandes villes en Europe étaient déjà équipées. Sur le mouvement d'urbanisation aux Etats-Unis, pendant la période où l'on enregistre les contributions les plus marquantes (1890-1910), mouvement qui s'accompagne de réformes municipales axées sur l'importance des services urbains (municipalisme), voir Lefèvre et al., *Les villes des Etats-Unis*, Paris, Manon, 1988, pp.15-21. Pendant cette période la population urbaine en France connaît une grande stabilité démographique. Voir Braudel F. et Labrousse E.(sous la direction de), *Histoire économique et sociale de la France, Tome IV, volume I (L'ère industrielle et la société d'aujourd'hui : 1880-1914)*, Paris, PUF, p 103.

Caquot dont la démarche sera analysée dans la suite. Plusieurs raisons expliquent ce choix. Si Caquot clôt notre périodisation, c'est parce qu'il parachève de manière exemplaire le mouvement des pratiques de régulation dont nous avons discuté dans les paragraphes précédents. On a vu que ce mouvement peut être décrit comme une succession d'équilibres différents entre une pensée deductive et abstraite d'une part, et une pensée inductive et attachée à la réalité immédiate d'autre part. Chez Caquot, la première composante est accentuée de manière hyperbolique, tandis que la seconde déchoit dans un état atone. Son œuvre se présente comme une illustration cristalline de la mise en œuvre d'un certain nombre de thèmes et de styles de raisonnement, que nous avons rencontrés durant notre périodisation. Avant de passer aux modalités concrètes d'intégration de ces thèmes dans la démarche effective de Caquot, nous voudrions reformuler ces derniers en s'appuyant sur des textes de l'auteur. La lecture met en évidence quatre aspects de la pensée de Caquot

1. *Une exaltation des mathématiques.* Les mathématiques se présentent comme l'outil par excellence auquel l'ingénieur doit recourir dans son activité quotidienne.

"Dès les premières promotions, de grands mathématiciens perfectionnaient l'outil essentiel de notre travail quotidien" (¹).

Outil qui allie par ailleurs efficacité et beauté : le langage mathématique est paré des qualités relevant de l'esthétique. *"Ensemble harmonieux" (²)*, les théories de la physique mathématique s'avèrent extrêmement productives sur le plan pratique. Tout se passe comme si l'observation et l'éloignement de l'immédiat nous rapprochaient du concret de la pratique. Par voie de conséquence, tous ceux qui

"(...) pensaient qu'ils s'éloignaient ainsi des réalités de la construction et que la beauté de leurs conceptions abstraites, du domaine d'une philosophie irréelle, ne pouvait être d'aucune utilité" (³) se trompent simplement. "Nous sommes aujourd'hui trop avertis pour que cette erreur essentielle puisse avoir quelque crédit. Il y a quelques semaines, pour un problème simple et

¹ Caquot A., *L'Ecole Polytechnique et la Nation*, op. cit, p. 140.

² *Ibid.*

³ *Ibid.*

précis, celui de la butée de l'ouvrage d'art sur le terrain avoisinant, un de nos camarades trouvait la solution en utilisant les concepts d'Henri Poincaré" (1).

2. *Les mathématiques : police de l'imagination.* Les grands savants "(...) avaient pu joindre à une puissante imagination créatrice, la rigueur du raisonnement qui maintient cette vertu essentielle sur le chemin de la vérité" (2).

3. *Les mathématiques : la visibilité anticipée.* Les mathématiques instaurent un nouveau régime de visibilité.

"Le travail abstrait de la physique mathématique comme de l'analyse (...) crée un outil de travail de grande finesse et dont le maniement quotidien nous permet de lire les effets et les causes dans toutes les transformations physiques ou chimiques que nous cherchons à mesurer" (3).

Il ne s'agit pas d'une simple lecture de ce qui est déjà là, offert à notre regard. Les mathématiques sont investies d'un pouvoir d'anticipation.

"La physique mathématique peu à peu se développait, comme la mécanique rationnelle, et progressivement elles expliquaient les phénomènes et les prévoient en permettant de chiffrer par avance toutes les grandeurs mesurables des faits constatés" (4).

Le terme essentiel autour duquel la signification de la citation pivote, c'est "*chiffrer par avance*" : le raisonnement mathématique en même temps qu'il nous permet de décoller de la réalité immédiate, libère notre action de l'observation directe.

4. *L'idéal d'automaticité :*

Il y a des idées qui surnagent en passant d'un domaine à l'autre en traversant les siècles (5). L'automaticité en fait partie : *faire exécuter à la nature, d'elle-même, ce que nous voudrions qu'elle fasse.* Caquot adhère à cet idéal qui le lie à Belgrand, en dépit de toutes les différences qui séparent par ailleurs les deux hommes. Comme

1 *Ibid.*

2 *Ibid.*

3 *Ibid.*

4 *Ibid.*

5 Voir également nos analyses sur le Taylorisme et le métropolitain.

nous l'avons déjà vu, il vénère Belgrand d'avoir conçu le réseau de l'eau et celui de l'assainissement à marche automatique (gravitaire), décision qui, selon lui, a permis aux parisiens de ne pas se priver d'eau et d'assainissement pendant la deuxième guerre mondiale.

Après avoir identifié et formalisé un certain nombre de thèmes dont la pensée de Caquot est imprégnée, c'est vers les textes plus techniques que nous nous tournerons maintenant, afin d'examiner comment ces thèmes sont intégrés et fonctionnent dans sa démarche effective. Les deux textes qui feront l'objet de commentaires sont d'abord parus dans les Comptes Rendus de l'Académie des Sciences en 1941.

Commençons, en guise d'introduction, avec quelques remarques rapides sur la note intitulée *"Sur la puissance d'entraînement d'un flot liquide à débit variable"* ⁽¹⁾. Dans cette note Caquot se réfère au problème du dépôt dans les canalisations, problème d'autant plus difficile à résoudre à cause des variations importantes du débit que l'on constate dans les systèmes unitaires. La solution proposée par Caquot ne surprend pas.

"Il est toujours utile de prévoir des canalisations se maintenant nettes par leur fonctionnement même " ⁽²⁾.

On cherche donc la solution du côté de l'automatisation. Voyons comment ⁽³⁾.

Caquot débute son analyse par une proposition de validité générale.

"On sait que cet effort [l'effort exercé dans les mouvements du liquide à la surface des corps solides charriés par l'eau] est représenté dans l'effet d'ensemble par le carré de la vitesse moyenne d'écoulement du flot" ⁽⁴⁾.

1 In *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Tome 213, n° 17, 2^e semestre 1941.

2 *Ibid.*, p. 545.

3 Pour ne pas surcharger l'exposé des formules mathématiques, nous ne présenterons ici que les parties qui illustrent nos propos en renvoyant le lecteur au texte original de Caquot pour l'enchaînement détaillé des opérations mathématiques.

4 *Ibid.*, p. 545.

Le deuxième temps est celui d'une spécification.

"Or, la vitesse dans le domaine restreint des grandeurs envisagées se représente d'une façon correcte par une équation de la forme $u = a r^{2b} I^{0.5}$ dans laquelle a et b sont des constantes, r est le rayon moyen hydraulique et I la pente" (1).

L'appel aux conditions normales du problème à étudier, ouvre la voie à la mathématisation. En définissant la notion du rendement géométrique d'une section n , comme le rapport de son rayon moyen au rayon moyen optimum et en utilisant les équations classique de l'hydraulique :

$$S = q/u \text{ et } r = S/p$$

où S , la section,
 q , le débit,
 u , la vitesse,
 p , le périmètre mouillé

On arrive à l'équation suivante :

$$u^2 = a^{2(1+b)} \times 0,399q^{4b/(1+b)} \times n^{4b/(1+b)} \times q^{2b(1+b)} \times I^{1/(1+b)} \quad (1),$$

équation jugée satisfaisante puisqu'*"W/e situe bien le problème en donnant les facteurs distincts de la force d'entraînement"* (2). Arrêt momentané sur la forme de l'équation, contrôle positif de son caractère analytique et appel à la prévision. Dans les bonnes constructions actuelles, la rugosité des parois en état de régime permanent, permet de prévoir les valeurs

$$a = 60, \quad b = 3/8$$

L'équation (1) peut alors prendre la forme

$$u^2 = 11,8^2 \times n^{12/11} \times q^{6/11} I^{8/11}, \text{ d'où}$$

$$I = 11,8^{-2,75} \times n^{-1,5} \times u^{2,75} \times q^{-0,75}$$

Il en résulte que, I en étant proportionnelle à $n^{-1,5}$, la section ovoïde peut donner les mêmes résultats avec une pente qui est seulement les $7/10^e$ de celle des tuyaux circulaires concurrents. La forme ovoïde se présente comme la meilleure solution

¹ *Ibid.*, pp. 545-546.

² *Ibid.*, p. 546.

du point de vue auto-nettoyage des tuyaux. Sur la base de ces considérations, Caquot conçoit un ensemble d'égouts ovoïdes de manière à réaliser une force d'entraînement qui reste relativement indépendante du débit transité. Ses propositions se trouveront à la base de processus de normalisation des sections intérieures d'égouts. AFNOR, huit ans plus tard finit par homologuer des formes de section qui représentent un compromis entre les conceptions de Caquot, rationnelles du point hydraulique, et les exigences de l'exploitation courante nécessitant des interventions occasionnelles sur le réseau.

Mais la contribution majeure de Caquot à la "science" française de l'assainissement se trouve dans une autre note, publiée également en 1941 dans les Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, note intitulée *Sur la quantité des eaux pluviales à écouler dans des agglomération urbaines modernes* 0). C'est à ce texte que nous consacrerons donc des commentaires plus poussés.

Pour ce qui concerne l'appréhension du phénomène de l'évacuation des eaux pluviales, l'approche de Caquot n'ajoute rien à la littérature produite jusqu'alors.

"Considérons le réseau d'écoulement au moment de son fonctionnement maximum, réseau plein. Le débit à ce moment correspond exactement au volume tombé dans l'unité de temps, tandis que le volume tombé antérieurement a servi à la fois à l'écoulement, au remplissage des canalisations et enfin à l'humidification de toutes les surfaces du bassin de réception, la capacité correspondante pouvant être très grande s'il s'agit de terrains perméables" (2).

Caquot reprend donc les analyses proposées par Grunsky en 1909 (3) en insistant sur le rôle du stockage dans les canalisations, facteur tombé en désuétude dans la

¹ Caquot A., *Sur la quantité...*, op.cit.

² *Ibid.*, p. 510.

³ Grunsky CE., *The Sewer system...*, op.cit. On peut se demander si Caquot était au courant des travaux de Grunsky. Aucune trace explicite de ce dernier ne se trouve dans les textes de Caquot, plus qu'austères en références. Le fait que Caquot cite à propos du temps de concentration des observations qu'on trouve dans l'article de Horner W.W., "Modern Procedure in District Sewer Design", *Engineering News*, vol. 64, n° 13, 1910, pp. 326-331 (Caquot parle de manière vague des observations des Ingénieurs américains, p. 512), nous incite à penser que la littérature étrangère ne lui était pas inconnue.

pratique courante des ingénieurs, le remplissage des collecteurs étant considéré comme un facteur supplémentaire de sécurité. L'apport de Caquot consiste en un traitement ingénieux du phénomène en des termes qui le rendaient facilement quantifiable. Tout d'abord le passage du problème du stockage en général à celui du stockage au moment du débit maximal, facilite sa formalisation. Mais la stratégie originale de Caquot puise sa force aux capacités d'abstraction de l'auteur qui réussit à mettre en équation le phénomène de l'évacuation grâce à l'adoption d'une série de substitutions, au terme de laquelle toutes les quantités de l'eau, stockées et transitées, sont exprimées en fonction du débit maximal à calculer. Retraçons le déploiement de sa démarche.

Caquot cherche tout d'abord à évaluer les capacités de stockage dans les collecteurs et sur la surface. Comme nous l'avons déjà remarqué, il exprimera cette capacité en fonction du débit maximal.

"Si t_1 est le temps moyen convenablement défini, nécessaire au parcours des canalisations dans la zone envisagée et q le débit maximum du réseau en mètres-cube par seconde, la capacité de l'ensemble des canalisations du réseau est égal à qt_1 "⁽¹⁾. En ce qui concerne la capacité en stockage sur la surface, cette dernière peut être exprimée par le terme qt_2 , où t_2 était le "temps moyen nécessaire au parcours dans les canalisations des immeubles et caniveaux jusqu'au réseau"⁽²⁾.

Il faudra donc calculer les temps t_1 et t_2 . Le calcul de t_1 comporte trois étapes. La première fait appel aux lois de l'hydraulique qui donnent la vitesse de l'écoulement en fonction du rayon hydraulique R et de la pente I

$$u = 60R^{3/4} I^{1/2}$$

Moyennant une hypothèse relative à la section qui est, dans les formes employées, voisine de $14R^2$, ce qui donne pour débit q en mètres-cube par seconde :

$$q = 840R^{2.75} I^{0.5}$$

En mettant en rapport q et u on obtient :

¹ Caquot A., *Sur la quantité...*, op.cit., p. 511.

² *Ibid.*

$$u = 9,55 I^{4/11} q^{3/11}$$

La deuxième étape consiste à passer de la vitesse u qui correspond au débit maximal q à la vitesse moyenne.

"Si nous considérons un collecteur, le débit maximum variant avec la largeur linéairement de zéro à q , la vitesse moyenne atteint les 8/11 de la vitesse maximum" (1).

Enfin, la troisième étape fera appel à la modélisation. Afin de définir la distance parcourue par l'eau, Caquot va recourir à une hypothèse concernant la forme du bassin.

"Considérons un bassin allongé, d'allongement 3 environ ; le parcours total est voisin en mètres de $L = 195\sqrt{A}$ ".

Le produit de ces trois étapes sera le temps t_1

$$t_1 = \frac{L}{u} = 0,468 A^{1/2} I^{-4/11} q^{-3/11}$$

A la fin de cette étape, on est en mesure de comprendre le véritable sens de l'expression *"convenablement défini"* qui accompagne la définition de t_1 comme temps moyen. Tandis que Grunsky dans son analyse du stockage emploie des temps ayant *une signification physique* (temps de parcours observable), Caquot travaille avec des temps *abstraites*, construits à l'aide du concept de moyenne. C'est en homogénéisant les différents temps qui figurent dans le phénomène de l'évacuation, en les faisant entrer dans un *espace statistique, abstrait et sans signification physique*, que Caquot établit des rapports quantitatifs de composition entre les différents éléments du phénomène. Il suffit d'exprimer le débit moyen écoulé par le réseau avant l'apparition du débit de pointe comme une fraction de celui-ci, pour que l'application de la loi de continuité prenne la forme d'une formule simple.

"Le volume d'eau tombé au moment du débit maximum q à l'extrémité du réseau envisagé est égal (...) à 10 aHA [H : hauteur totale de la pluie, A : la superficie du bassin et a

¹ *Ibid.*, p. 512.

coefficient inférieur à 1, pour tenir compte de la distribution non homogène de la pluie sur la surface] ; il se retrouve d'une part dans le volume des eaux retardées, dérivées et évaporées, dont nous représenterons la fraction par γ , d'autre part dans le volume du réseau $q(t_1 + t_2)$, et enfin dans le volume écoulé par le réseau βqT [T : la durée de l'averse], ou, en tenant compte des unités.

$$\frac{1}{6} aHA (1 - \gamma) = q(t_1 + t_2) + q\beta T = q(t_1 + t_2 + \beta T) \quad (1).$$

La prise en compte de la fréquence de la pluie, en liaison avec un certain nombre d'hypothèses relatives aux valeurs des coefficients a et B amène à une formule qui donne le débit maximal à évacuer.

$$q = 0,170 \times 10^{(z/1,68)-0,75} \times I^{0,13} \times A^{0,75} (1 - \gamma)^{15/14}$$

Le seul terme qui reste inconnu dans cette expression est le coefficient γ exprimant la quantité de l'eau retardée ou dérivée (i.e., qui n'entre pas dans le réseau) et qui dépend essentiellement de l'urbanisation. Sa détermination nous offre un bel exemple de la pensée analytique en acte. Caquot propose une taxinomie des surfaces en fonction de leur degré d'imperméabilisation.

"En étudiant les îlots urbains pour différentes villes, nous avons trouvé que le rayon moyen des îlots $2A/L$, où L est la largeur des rues en hectomètres, dans la surface A en hectares, ce rayon définit l'étendue relative des surfaces imperméabilisées et par conséquent le coefficient de perte " (2).

Trois types d'îlots urbains sont définis, caractérisés par une valeur spécifique de l'expression $2A/L$. Ainsi, pour des vieilles villes, où on trouve exceptionnellement des îlots entièrement imperméabilisés, l'expression $2A/L$ est égale à 0,54 ; en ce qui concerne des quartiers modernes, la valeur de $2A/L$ est égale à 1,30, tandis que pour des quartiers résidentiels (cités, jardins), la valeur de $2A/L$ varie de 2 à 2,7. Une fois accompli ce jeu des taxinomies et des substitutions — exprimer les pertes

Ibid., p. 511.

Ibid., p. 514.

en fonction de la longueur des rues et de la surface du bassin —, on peut établir une correspondance entre les expressions $2A/L$ et $1 - y$.

Type d'îlots urbains	$2A/L$	$1 - Y$
Vieilles villes	0,54	0,9
Quartiers modernes	1,30	0,48
Quartiers résidentiels	2-2,7	0,32

ce qui donne par extrapolation :

$$(1 - \gamma)^{15/14} = 0,56 (2A/L)^{-3/4}$$

L'équation du débit maximal peut prendre la forme :

$$q = 0,0566 \times 10^{(z/1,68)-0,75} \times I^{0,13} \times L^{0,75}$$

Cette formule sera consacrée par l'institution de l'Etat. En 22 février 1949 est rendue officielle une circulaire ministérielle, connue sous le nom de "circulaire Caquot", qui va réglementer et normaliser pendant près de trente ans l'assainissement urbain en France (1). On y trouve l'équation en question, qui devient l'outil indispensable de tout concepteur de réseau d'assainissement sur le territoire national. La normalisation opérée par la circulaire reste incomplète. A la volonté d'arriver à une formule qui transcende les particularités d'un site concret s'oppose un terme qui reste attaché au local : la pluie, représentée par le coefficient z . C'est sur la pluie que s'exercera l'opération suivante de normalisation plusieurs années plus tard. En allant encore plus loin que la *méthode rationnelle* des ingénieurs américains, laquelle, tout en normalisant la période de retour de la pluie de projet (10 ans) (voir p. 186) entrée dans les formules de dimensionnement, ne s'appuyait pas moins sur la pluviosité locale du site à équiper, l'instruction technique de 1977 découpe le territoire français en trois zones de pluviosité fixe, en

Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme, *Instruction technique relative à l'assainissement des agglomérations*, GC 1933, Paris, Imprimerie Nationale, 1949. Sur la circulaire, voir Dupuy G et al., *Assainir la ville...*, op. cit.

assimilant par là le site à la zone à laquelle il appartient. Donc, pour équiper un site quelconque, on n'a qu'à se reporter à la zone correspondante (¹).

Parvenus à ce point de notre commentaire, il pouvait être utile de passer à un niveau plus élevé d'abstraction, pour consacrer quelques remarques d'ordre général appliquées à l'ensemble de la démarche de Caquot. Sa démonstration de nature deductive se déploie à l'intérieur d'un espace composite, qui comporte des constructions théoriques bien étayées (hydraulique), des étapes de spécification permettant un usage local des arguments théoriques (par exemple, délimitation du champ des valeurs que peuvent prendre certains coefficients apparaissant dans des formules mathématiques), enfin des hypothèses trouvant leur appui sur des observations. L'ordre déductif du raisonnement s'interrompt, donc, souvent par des considérations venant de son extérieur. Espace composite mais aucunement éclaté pour autant, puisque ses régions se trouvent dans un certain type de dépendance à l'égard d'un centre, qui régit leur articulation : ce centre est occupé par ce qu'on peut appeler "idéologie de la rigueur", idéologie véhiculée et soutenue par le formalisme mathématique lui-même. En effet, la recherche obstinée de réduire la multiplicité des éléments intervenant dans l'étude du phénomène de l'évacuation à l'unité d'une formule législative, fait que l'intégration de l'observation ou d'une hypothèse locale dans le schéma global, se place sous l'égide de cette raison deductive qui, misant sur la neutralité du langage mathématique, semble effacer toute trace de l'expérience. Il en résulte un ordre qui, par la "beauté" et la "rigueur" de sa forme mathématique, en sa précision chiffrée, refoule le caractère factice de son statut, jetant dans l'oubli toutes les étapes intermédiaires qui ont conduit à sa construction. Effets de style, pas toujours innocents.

Conclusion des sections 1 et 2

Les paragraphes qu'on vient de lire essaient de reconstituer quelques moments importants dans l'histoire de l'assainissement. Leur support historique est étroit, puisqu'elles traitent en somme du développement des pratiques de régulation proposées comme des réponses successives au problème de l'évacuation des eaux pluviales et des eaux usées, pendant trois quarts du siècle (*). Il s'agit pourtant d'une de ces périodes qui dessinent un seuil chronologique : le moment où l'évacuation des eaux devient l'affaire d'une institution, objet d'une pensée systématique et maniée par une figure nouvelle, celle de l'ingénieur. Notre récit commence vers 1850, quand la pâte dont est formée l'institution est encore fluide. La narration continue, étudie la productivité de l'institution, l'évasement du cercle du savoir, le mouvement des pratiques enrichies par le temps. Et, elle s'achève vers 1930, quand ce mouvement arrête son cours pour se loger dans une structure de pratiques figé. Quelle est la leçon de cette histoire ?

Commençons tout d'abord par ce qui semble incontestable : progrès de l'observation, du développement et de l'élargissement des champs de l'expérience, découpage de plus en plus minutieux de la réalité à étudier en éléments isolables et investis d'un regard attentif, meilleure intelligence des phénomènes ; bref, un processus d'accumulation, d'affinement et d'ajustement soutenu. Mais, une analyse un peu plus précise relève, au-delà de ce processus d'accumulation, des transformations qui s'accommodent mal d'un schéma d'évolution linéaire. Transformations qui portent simultanément sur les éléments qui interviennent dans la conception et les médiations instrumentales nécessaires à les saisir, sur la position de l'ingénieur vis-à-vis de l'observation, et les formes de conceptualisation pratiquées. Essayons d'établir une systématique de ces transformations.

Au commencement, c'était l'observation, le regard attentif et non perturbé ; regard qui était en même temps savoir sûr. Le fait que le mécanisme causal de transformations de la pluie en débit d'évacuation lui échappe, est alors équilibré par le crédit accordé au témoignage de l'observation directe. Il reste pourtant un problème. Les observations gênent de par leur disparité, parfois trop importante.

Pendant un siècle si on prend en compte notre paragraphe sur Caquot.

Ici, l'intervention de la statistique semble être déterminante. Elle offre une issue à la difficulté sentie :

"bien que l'ampleur de la variation des phénomènes atmosphériques soit d'une envergure telle qu'elle rend impossible l'établissement d'une relation précise entre la pluie et le débit correspondant, nous nous sentons suffisamment sûrs pour conclure, en vertu de la loi des moyennes (as a rule of averages) (...)" 0).

La notion de moyenne organise donc l'ensemble des observations autour *des points fixes* obéissant eux à des régularités ; on peut proposer alors une première "mise en équation du problème". La première tentative proposée ne fait entrer dans la formule que des grandeurs géométriques (superficie et pente du terrain assaini, diamètre de la canalisation). Dans cet espace homogène, donc, où des grandeurs géométriques se mettent en rapport, *le temps* est absent ; la pluie tombe, le débit s'ensuit, les phénomènes sont perçus comme juxtaposés, homogènes quant à leur déroulement dans la durée, sans que vienne en question leur entrecroisement temporel. Des observations nouvelles venant de lieux multiples mettent en cause la validité d'une formule unique ; d'autres candidates se présentent, partageant toutes la même structure ⁽²⁾ et se différenciant de par la valeur des coefficients empiriques d'ajustement, traduisant les conditions locales. C'est l'époque d'un *empirisme contrôlé* exactement par cette prolifération des observations qui lui assure la fidélité voulue. Prolifération qui laisse inchangé le statut épistémologique de l'observation, n'atteignant pas le cœur même de cette pensée. La place du sujet connaissant et percevant reste la même ; les notions et les éléments qui sont pris en compte sont stables. L'ingénieur s'identifie à ce regard pur, enregistreur passif, fidèle à l'immédiat qu'il essaie de capter sans y rien ajouter.

Bazalgette J.W., *On the Main Drainage...*, op.cit., p. 292.

Les formules mathématiques proposées d'unir les observations sont formées selon les mêmes règles, démontrables dans les faits et par les faits. Pour un recensement des formules façonnées, voir : Chow V. T., *Hydrologie determination of waterways areas for the design of drainage structures in small drainage basin*, Engineering experimental station, Bulletin n° 462, University of Illinois, USA, 1963.

La prise en compte du temps est à l'origine d'une refonte au niveau du savoir lui-même et non plus seulement au niveau des observations accumulées. Le suivi des profils temporels de la pluie et du débit rend le regard sensible à la différence et à la succession. L'espace de l'observation cesse d'être l'espace plat du simultané. L'étude de plusieurs séries temporelles "*révèle des absurdités énormes qui ne peuvent être expliquées que par la présence de prémisses erronées*" ⁽¹⁾. Le statut privilégié de l'observation semble menacé. La conscience du sujet connaissant se dédouble ; elle se nourrit toujours d'observations de plus en plus nombreuses et précises ; mais elle les soumet à une confrontation avec les exigences d'une appréhension rationnelle des phénomènes. L'introduction d'expressions telles que "*no reason apparent* ", "*la méthode est en tout état de cause intelligible et rationnelle*", "*broad reasonableness*", sont autant de signes de cette transformation dans le mode du fonctionnement du savoir. La *méthode rationnelle* s'affirme finalement comme le mode d'unification d'un divers, matrice d'organisation cohérente d'une multitude d'observations disparates et contradictoires qui ne communiquent pas a priori entre elles. De toutes les variations se détache une formule de conception ferme et immuable, dont l'unité et la consistance sont les produits du geste productif d'un sujet qui ne se cantonne plus à enregistrer la nature. Le changement est important. La raison affûte le regard de l'ingénieur et lui permet d'aller au delà de ce qu'il voit immédiatement afin de l'organiser et de l'intégrer dans des schémas analytiquement établis.

Avec la *modélisation*, cette libération de l'immédiat va encore plus loin : on ne contrôle pas seulement les observations acquises, on peut partiellement s'en passer. La modélisation du stockage temporaire de l'eau sur la surface, le recours à des formes géométriques régulières afin de définir le temps de parcours de l'eau tombée jusqu'au collecteur, la possibilité d'obtenir le coefficient d'imperméabilisation d'une surface quelconque par combinaison de coefficients-types ⁽²⁾, participent à une diminution de l'importance de l'observation directe : le modèle occupe, avec

Kuichling E., *The relation between...*, op.cit., p. 27.

On définit une taxinomie de "surfaces de base" et à chaque élément de cette taxinomie, on attribue un coefficient d'imperméabilisation. Pour une surface quelconque, son coefficient résulte d'une combinaison pondérée (en fonction de superficie) des coefficients "des surfaces de base" qui composent ladite surface. Pour une première taxinomie, voir Kuichling E., in (discussion) Grunsky CE., *The sewer system of San Francisco...*, op.cit., pp. 399-400.

une fidélité opérationnelle, dans la structure de ce nouveau savoir le rôle tenu jusqu'alors par le donné immédiat.

L'advenu de probabilités élargit l'espace du visible. Chaque pluie sera disséquée et donnera plusieurs petites pluies de durées fixes (5 minutes, 10 minutes...). Soumise au traitement probabilitaire, la profusion de ces dernières sera transformée en ordre, qui prend la forme des courbes s'enveloppant l'une l'autre : en bas les petites fréquences ; en haut les grandes. Projecteurs forts traversant les mouvements erratiques de surface pour discerner des corrélations cachées, les probabilités articuleront également grandeurs physiques et considérations économiques. En donnant une assise quantitative à la notion de risque, elles vont transporter dans le domaine de l'assainissement la logique coûts-avantages que nous avons déjà rencontrée à l'œuvre dans l'industrie à la même période (voir p. 77). La protection coûte : il faut optimiser.

"Composer et décomposer nos idées pour en faire différentes comparaisons et pour découvrir par ce moyen les rapports qu'elles ont entre elles et les nouvelles idées qu'elles peuvent produire" (1). Notre analyse historique offre un bon exemple de mise en pratique de ce fameux précepte formulé par Condillac. Des formules empiriques à la méthode rationnelle, le mouvement du savoir a le caractère d'une réduction, qui ramené le complexe à une expression analytique de ses éléments de base, la diversité apparente à l'identité qui la fonde. D'une appréhension "en bloc", on assiste à la mise en œuvre d'une démarche analytique qui découpe et différencie, dans le dessein de décrypter les éléments de base dont l'articulation restitue le phénomène d'évacuation. Aux grandeurs physiques, telles que la superficie et la pente, on ajoute le temps de concentration ; d'un coefficient d'évacuation global pour l'ensemble de la surface, on passe à une taxinomie de plus en plus poussée et fine de différents types de zones et des coefficients y correspondant. La conceptualisation de la pluie obéit au même mouvement de décomposition/recomposition. De la pluie représentée en termes de quantité journalière à la pluie du projet, l'ingénieur ne cesse de pénétrer à l'intérieur de chaque événement pluvieux, d'étudier son évolution temporelle, de le décomposer en intervalles fixes et toujours plus petits, susceptibles d'être traités statistiquement

Condillac, *Essai sur l'origine des connaissances humaines*, Paris, Galilée, 1973 (1^{ère} édition 1746), p. 139.

Opération qui est bien plus qu'une lecture méticuleuse de la réalité, puisqu'il s'agit de la libération (= production) d'informations potentielles, utilisables dans la conception des réseaux, et qui autrement ne sauraient être exploitables.

Une autre observation qui s'impose au terme de notre parcours historique est celle du renversement des rapports hiérarchiques entre le particulier et le général au sein de la structure du savoir. Décrypter les éléments de base composant le phénomène de l'évacuation, rend possible un travail dirigé vers ces éléments, travail qui aboutit à l'établissement d'une configuration standard qui les organise. Le local n'est plus le terme premier qui conditionne la validité de la formule mathématique qu'on lui applique, il devient le produit dérivé de la composition de certains moments élémentaires. Il en résulte que la complexité des cas individuels n'est plus abandonnée aux interventions incontrôlables, au gré de *l'ingénieur local* ; ce dernier n'a plus qu'à manier des éléments préétablis selon un principe de combinaison déjà énoncé. Grunsky qui considérait en 1909 que l'approche de Kuichling "*était insatisfaisante principalement parce qu'elle laissait trop de latitude à l'ingénieur*"¹), est le vainqueur de Rawlinson, qui soixante ans plus tôt fustigeait les amateurs qui "*essayaient de poser des règles générales applicables en toutes circonstances*"²) tandis que "*l'application de lois générales était à exclure*"³).

¹ Grunsky CE., *The sewer system of San Francisco...*, op.cit., p. 320.

² Rawlinson R., *On the Drainage...*, op.cit., p. 67.

³ *Ibid.* Comme on l'a vu, cette subordination du site local à la formule universelle est encore plus importante dans le cas de la France après l'intervention de deux instructions techniques (1949, 1977).

SECTION 3. CONTINUITÉ OU DISCONTINUITÉ ? ESSAI SUR L'HISTORICITÉ DES PRATIQUES

Dans la section précédente, nous avons retracé les moments les plus productifs qui ont jalonné l'histoire des pratiques de conception en matière d'assainissement. On a constaté leur historicité, on les a vu naître, se développer, décliner. Dans cette section, nous aimerions discuter quelques questions relatives à leur évolution : pourquoi évoluent-elles ? quels sont les mécanismes qui régissent cette évolution ? quand et comment se stabilisent-elles ? Questions relatives à la phase A du mode de régulation, phase de sa constitution, caractérisée le plus souvent par la confrontation des pratiques alternatives. Puis questions portant sur sa phase B, celle de sa stabilisation. Comment de l'affrontement passe-t-on à la routine et à la normalisation, de la phase A du mode de régulation à la phase B ? En étudiant la science française de l'assainissement au 20^{ème} siècle, représentée notamment par Caquot, nous avons déjà rencontré une voie de normalisation des pratiques : celle de l'implication énergique de l'administration, qui à l'aide de circulaires a normalisé les pratiques de régulation diffusées désormais sur l'ensemble du territoire national. Dans les pages qui suivent, nous tenterons d'explorer une autre voie de normalisation, voie parsemée de débats et de polémiques, scandée d'échanges d'arguments entre des tenants de pratiques alternatives. A travers le débat qui va opposer pendant 25 ans environ (1885-1910) les partisans de la "tradition" —*i.e.*, les méthodes de conception s'appuyant sur l'accumulation d'observations locales— et les défenseurs du "nouveau" —la méthode rationnelle—, débat qui se clôt avec la victoire de la méthode rationnelle, nous essayerons de répondre aux questions que nous venons de poser (¹).

Nous procéderons en deux temps. Dans un premier temps, nous discuterons brièvement un certain nombre de réponses données à ce type de questionnement. Etant donné que la plupart de ces réponses relèvent de l'opposition continuité/discontinuité, notre intervention débute par une présentation rapide du débat, dans le but d'en déplacer les termes. En nous appuyant sur les travaux récents de Habermas, nous tenterons de penser les évolutions hors de l'alternative

Les termes "tradition" et "nouveau" sont ici purement descriptifs, en se référant à des questions de chronologie.

continuité/discontinuité, quelque peu figée dans ses oppositions stéréotypées. Un programme de recherche ne perd sa force que pour autant qu'un autre le défie de manière déterminée. Aussi dans un deuxième temps, nous scruterons de près quelques épisodes empruntés à l'histoire de l'assainissement avec l'intention d'illustrer nos positions, mais également dans le but de les mettre à l'épreuve.

1. Prémisses théoriques

Commençons par des positions qui font aujourd'hui l'objet d'un consensus large. Le rôle productif des anomalies dans l'évolution des théories scientifiques constitue un topique dans l'épistémologie moderne. Pour ce qui concerne les savoirs plus techniques, les anomalies sont moins abstraites, en empruntant le plus souvent le visage d'un événement plutôt subi qu'appréhendé. Ce sont alors les échecs pratiques qui constituent des expériences pertinentes pour la réflexion de la pratique sur soi et son développement interne ⁽¹⁾. Deuxième topique : l'idée selon laquelle *"sous-jacente aux changements historiques de théories, il y a une continuité dans la logique et la méthode qui unifie chaque âge avec celui qui l'a précédé... Cette constance ne comprend pas seulement les canons de la déduction formelle mais aussi les critères au moyen desquels les hypothèses sont mises à l'épreuve et soumises à l'évaluation comparative"* ⁽²⁾ ne trouve pratiquement plus de partisans.

Nous simplifions à l'extrême. En réalité, c'est à la fin d'un débat, mettant en jeu des considérations théoriques, des modes d'évaluation..., que les acteurs accordent à un événement le statut d'échec (voir p. 239). Ainsi pour ce qui concerne un réseau d'assainissement dimensionné sur la base d'une pluie dont la période de retour est égale à T ans, il y a échec quand les débordements surviennent avec une période de fréquence supérieur à $1/T$ (= il y a plus d'un débordement en moyenne tous les T ans). Voir p. 183. Il n'en reste pas moins que la dimension de "l'épreuve" sentie par le corps social est plus présente dans le cas d'un échec pratique.

Scheffler L, *Science and Subjectivity*, Indianapolis, 1967, pp. 9-10, cité par Laudan L., *La dynamique de la science*, Bruxelles, P. Mardaga Editeur, 1987 (édition originale 1977), p. 138. Des auteurs comme Popper et Lakatos, tout en reconnaissant que les critères de la rationalité évoluent dans le temps, proposent des évaluations des cas historiques au moyen de critères établis par eux-mêmes. Dans la mesure où nous nous sommes intéressés ici à des évolutions réelles et point à des évaluations, *selon nos lumières*, des pratiques du passé, nous ne discuterons pas les propositions avancées par ces auteurs. Sur les positions de Lakatos et de Popper, voir les classiques Lakatos L, "Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes", in Lakatos I., Musgrave A.E. (Eds), *Criticism and the Growth of Knowledge*,

Les historiens ont montré sans ambiguïté l'existence de ruptures, c'est-à-dire de refontes profondes de l'ordre constitutif d'un savoir, qui ne laissent intact aucun de ses éléments. L'apparition de notions nouvelles qui signalent une structure d'un autre type, le déplacement de la signification des vieilles catégories, le glissement des canons de rationalité, militent en faveur d'une démarche qui réalise ses recherches à l'aide de la catégorie de discontinuité. Kuhn et Feyerabend avec leur terme d'incommensurabilité (1) et surtout Foucault avec celui d'épistémè (2) sont parmi les noms les plus illustres d'une telle démarche. On trouve une formulation particulièrement explicite — et qui anticipe de quatre ans les analyses, devenues célèbres, développées par Foucault dans *L'Archéologie du savoir* (3)— de cette conception de l'histoire comme une série de ruptures entre lesquelles aucune raison n'intervient pour assurer leur continuité, chez Althusser.

"Nous commençons à concevoir cette histoire comme une histoire scandée de discontinuités radicales (...), de remaniements profonds qui, s'ils respectent la continuité de l'existence des régions de la connaissance (et encore ce n'est pas toujours le cas), inaugurent en leur rupture le règne d'une logique nouvelle qui, loin d'être le simple développement, la «vérité» ou le «renversement» de l'ancienne, prend littéralement sa place"
(4).

La discontinuité en tant qu'exigence méthodologique a montré sa productivité. Mais le problème qui demeure en suspens est celui de la compréhension de cette discontinuité ; ou plutôt, celui de la thématization des mécanismes qui la déclenchent et l'accomplissent. Nous avons l'impression que les théoriciens de la discontinuité se contentent d'une mise en scène des différences au moyen d'instantanés remarquables, pris avant et après l'événement, de chaque côté de la limite qui sépare un savoir de sa transformation. Cette indifférence à l'égard des

Cambridge University Press, 1970, pp. 91-196 ; Popper K., *La logique de la découverte scientifique*, Paris, Payot, 1984 (éd. or. 1934).

Kuhn T., *La structure des révolutions scientifiques*, op. cit. ; Feyerabend P., "Comment être un bon empiriste. Plaidoyer en faveur de la tolérance en matière épistémologique", in *De Vienne à Cambridge*, Paris, Gallimard, 1980 (édition originale 1963), pp. 245-276.

Foucault M., *Les mots et les choses*, Paris, Gallimard, 1966.

Foucault M., *L'Archéologie du savoir*, Paris, Gallimard, 1969.

Althusser L. et al., *Lire le capital*, Tome I, Paris, Maspero, 1967 (éd. or. 1965), p. 55.

mécanismes de transformation est à notre avis contenue dans les prémisses théoriques et les partis-pris de la démarche de ces théoriciens. En voulant rompre de manière radicale avec la conception d'une histoire linéaire de développement continu et l'idée corrélatrice d'un sujet souverain de son action et de ses projets intentionnels, Althusser et Foucault dans le sillage de Heidegger (¹), insistent sur la dépendance du sujet envers son contexte historique, en mettant en avant le fait que ce dernier se meut à l'intérieur d'un champ qui lui préexiste. Laissons les textes parler.

"Un savoir, c'est (...) l'espace dans lequel un sujet peut prendre position pour parler des objets auxquels il a affaire dans son discours (...). L'archéologie trouve le point d'équilibre de son analyse dans le savoir, c'est-à-dire dans un domaine où le sujet est nécessairement situé et dépendant sans qu'il puisse jamais y faire figure de titulaire (soit comme activité transcendante, soit comme conscience empirique)" (²).

On trouve des formulations plus extrêmes de cette expérience chez Althusser.

"La vue n'est plus alors le fait d'un sujet individuel (...); la vue est le fait de ses conditions structurales, la vue est le rapport de réflexion immanent du champ de la problématique sur ses objets et ses problèmes (...). A la lettre, ce n'est pas l'œil (l'œil de l'esprit) d'un sujet qui voit ce qui existe dans le champ défini par une problématique théorique : c'est le champ lui-même qui se voit dans les objets ou les problèmes qu'il définit (...)" (³).

En ce qui concerne le rôle du sujet dans le passage d'un savoir à l'autre,

Outre les déclarations de Foucault lui-même, ses rapports avec Heidegger sont bien établis. Voir rapidement Dreyfus H.L., "De la mise en ordre des choses. L'Être et le Pouvoir chez Heidegger et Foucault, in *Michel Foucault, Rencontre Internationale...*, op.cit., pp. 101-121. Sur les rapports entre Althusser et Heidegger, à notre connaissance, il n'y a aucune recherche systématique. Sur les rapports entre Foucault et Kuhn, voir Piaget J., *Le structuralisme*, Paris, PUF, 1968 et plus récemment Dreyfus H.L., Rabinow P., *Michel Foucault : un parcours philosophique*, Paris, Gallimard, 1984 (1^{ère} édition 1982).
Foucault M., *L'Archéologie du savoir*, op. cit., pp. 238-239
Althusser L. et al., *Lire le capital*, op.cit., p. 27.

"(...) tout se passe dans une crise dialectique de la mutation d'une structure théorique où le sujet joue le rôle, non qu'il croit, mais qui lui est assigné par le mécanisme du processus (...)" (1).

Si nous nous permettons de procéder à ces recoupements, c'est qu'ils exposent nettement les thèses défendues par les théoriciens de la discontinuité. Ils laissent entrevoir également quelques apories et limites d'une telle démarche.

Remarquons que l'effacement d'un sujet-maître, pilotant le processus de transformation du savoir, se fait au profit de la structure du savoir ; c'est cette dernière qui tient lieu de sujet anonyme. Le savoir (champ problématique, épistémè) serait dans cette optique non seulement le contexte incontournable et contraignant pour l'action des individus ancrés dans l'histoire, mais il se perpétuerait et se transformerait encore par lui-même, en dehors de toute intervention des sujets capables d'agir et maîtrisant (pas totalement) le sens de leur action. En résumé, les théoriciens de la discontinuité attribuent au savoir ce qu'ils ont dû au préalable enlever au sujet : la capacité d'action créatrice. Mais les modalités de cette action restent non thématiques, d'où l'idée de la succession des épistémè sans motifs décelables. Or, il y a peut-être une autre voie pour sortir de la conception continuiste de l'histoire, qui conserve les acquis des théoriciens de la discontinuité — à savoir le fait que l'action humaine dépend du contexte et répond à des conditions finies — sans tomber dans les apories d'une discontinuité incompréhensible. Cette voie est celle frayée par le pragmatisme de Ch. S. Peirce (2), présente mais embrouillée chez Kuhn et thématique par Habermas.

Il y a deux notions qui manquent dans les analyses de Foucault-Althusser. La notion de communauté, d'un espace intersubjectif et celle d'action finalisée, rencontrant la réalité intramondaine. Chaque fois que le sujet apparaît sous leurs plumes respectives, il s'agit invariablement du sujet individuel : une analyse des formes grammaticales de leur discours atteste facilement la récurrence de la première personne du singulier. La possibilité d'une rencontre entre plusieurs sujets, susceptibles dans leurs échanges communicationnels de modifier le contexte

Ibid., p. 31.

Sur Peirce, voir rapidement Deledalle G., *Lire Peirce aujourd'hui*, Bruxelles, Ed. Un. De Boeck, 1990.

initial et de produire la nouveauté, n'est nullement envisagée. On arrive ainsi au deuxième "forclos" de la pensée de la discontinuité : l'absence d'une action finalisée qui rencontre le monde (¹). Selon la perspective pragmatiste, les hommes membres d'une communauté n'acquièrent leurs connaissances qu'en passant par des actions et des expériences pratiques (ainsi par exemple parviennent-ils à la thèse de l'existence indépendante du monde extérieur à travers l'expérience de la résistance des choses). Sur le plan qui nous intéresse ici, cela signifie que le savoir est soumis à une révision réalisée dans la lumière du contact avec la réalité. Pour reprendre notre vocabulaire, les pratiques se sont constituées à l'intérieur des "référentiels" (voir Partie I de la thèse, § 2.1), mais le référentiel lui-même n'est pas dispensé d'une mise à l'épreuve à travers les résultats et les conséquences qu'engendrent les actions déployées dans l'espace ouvert par le référentiel. Comme le dit Habermas :

"La praxis peut désormais opérer à la lumière d'une raison communicationnelle qui impose à ceux qui participent aux interactions de s'orienter en fonction d'exigences de validité, et permet ainsi que s'accumule un savoir susceptible de modifier les images du monde" (²).

Ce processus circulaire dans lequel s'entrecroisent référentiel, pratiques communicationnelles au sein de communautés qui rencontrent la nature par l'intermédiaire de l'activité instrumentale, peut être considéré comme un processus d'apprentissage qui rend compte des transformations du savoir-faire autrement que comme des discontinuités inintelligibles. De là, la nécessité de suivre de près, dans leur déploiement et leur dynamique temporels, les différentes séquences du débat engagé par les membres d'une communauté, afin de saisir à travers arguments et répliques, prétentions à la validité et régimes d'épreuves, déplacements et résistances, la productivité propre à la communication intersubjective. Ce dernier est susceptible (mais encore une fois rien n'est garanti) de briser les schémas de perception et les routines légués par le passé, de bouleverser des dispositifs de

Ceci peut être expliqué par le fait que Althusser et Foucault d'avant *Surveiller et punir. Naissance de la prison*, Paris, Gallimard, 1975, s'intéressent à titre principal au discours comme objet d'analyse.

Habermas J., *Le discours philosophique de la modernité*, Paris, Gallimard, 1988, p. 395.

référence établis, d'opérer des fusions de "mondes" auparavant disjoints, de produire du nouveau (¹).

Un dernier mot avant de terminer ce paragraphe. En évoquant le commerce de l'homme avec la nature (mesures, expérimentations, tentatives échouées...), nous n'épousons point une attitude selon laquelle c'est le réel qui valide ou invalide un savoir-faire, en opérant par là une sélection des pratiques les plus efficaces. Avec Quine (²), nous soutenons que tout savoir-faire constitue une totalité, qu'il forme un champ de croyances partagées par une communauté d'acteurs, champ dont le contact avec l'expérience se fait à la périphérie. Si un conflit avec l'expérience intervient, des réajustements s'opèrent à l'intérieur du champ dans son entier (³).

En s'intéressant à l'évolution du débat, au flux temporel des arguments et des différents régimes d'épreuves, nous avons voulu faire l'équivalent des analyses micro-sociologiques portant sur des situations de face à face. Etudier de près la collision de référentiels antagonistes, nous paraît une opération indispensable à l'intelligibilité de l'évolution des pratiques. Le passage d'un référentiel à un autre, d'une pratique à une autre, se réalisent à travers des mécanismes d'ordre interactif et temporel. L'absence du temps et de la productivité de l'interaction constitue, à notre sens, une limite des théories qui traitent les représentations (les schémas de perception), les régimes d'action comme des entités en soi. Nous pensons aux analyses, très intéressantes par ailleurs, de Thévenot L. et Boltanski L., consacrées à ce qu'ils appellent "le modèle de compétence" ; voir Thévenot L. et Boltanski L., *De la justification : les économies de la grandeur*, Paris, Gallimard, 1991.

Quine W.V.O., "Les deux dogmes de l'empirisme", *De Vienne à Cambridge*, Paris, Gallimard, 1980, pp. 87-112.

Rappelons que Quine a radicalisé les positions épistémologiques avancées par le physicien français P.Duhem, selon lequel une théorie rencontre l'expérience en tant que "corps groupé" de plusieurs hypothèses. Si un conflit intervient entre la théorie et l'expérience, on n'est pas en mesure d'isoler l'hypothèse(s) problématique(s). Il en résulte que, si un désaccord entre la théorie et l'expérience est enregistré, la communauté scientifique *doit choisir* parmi les hypothèses de la théorie celles qui garderont leur validité et celles qui sont à rectifier. En récusant la distinction d'origine kantienne entre l'"analytique" et le "synthétique", Quine radicalise les positions de Duhem puisqu'il admet que même les lois de la logique ne sont pas à l'abri d'une rectification éventuelle (il donne l'exemple de la mécanique quantique dont la formalisation viole le principe du tiers exclu). Comme le dit Quine "*la science dans sa totalité est comme le champ d'une force dont les limites sont l'expérience*" et il ajoute : "*un conflit périphérique avec l'expérience entraîne des réajustements à l'intérieur du champ. Les valeurs de vérité doivent être redistribuées parmi certaines de nos propositions. La réévaluation de certaines propositions entraîne la réévaluation d'autres propositions, car des relations logiques les relient — les lois logiques n'étant à leur tour rien de plus que d'autres propositions du système, d'autres éléments du champ (...). Mais le champ dans*

Autrement dit, ni l'expérience toute seule, ni le *référentiel* tout seul, ni l'activité communicationnelle à elle seule, ne seraient capables de trancher entre des savoir-faire alternatifs et de valider ou invalider de manière irrévocable une pratique quelconque. Ce "jeu de renvois" — de l'expérience au *référentiel* via l'activité communicationnelle — réalisé à l'intérieur d'une structure *holiste* 0 et sans centre stable, explique d'ailleurs le fait que dans l'histoire on rencontre moins des successions massives que des bifurcations et une coexistence, pendant une période qui peut durer longtemps, des savoir-faire concurrents. Nous rejoignons ici les doutes émis par Kuhn sur la réalisation effective d'un consensus général. En effet, le jeu de compensations entre l'expérience, les critères d'évaluation, les canons de rationalité... laisse le champ ouvert à des débats rationnels ⁽²⁾ qui peuvent s'avérer sans fin.

2. Illustrations à travers l'opposition méthode empirique/méthode rationnelle

Un programme de recherche ne perd sa force que pour autant qu'un autre, avec lequel il entre en lice, le défie de manière déterminée et d'une façon que l'on peut juger pertinente. De même la critique adressée aux théoriciens de la discontinuité ainsi que l'alternative que nous venons d'exposer n'acquièrent une force attractive suffisante que dans la mesure où elles démontrent leur supériorité en acte, dans l'analyse des phénomènes empiriques. Pour cette raison, certains épisodes de la constitution de la "méthode rationnelle" ⁽³⁾ seront étudiés de près, dans l'intention

son ensemble est tellement peu déterminé par ses limites, l'expérience, qu'on a une grande latitude dans le choix des propositions à réévaluer à la lumière d'une expérience inattendue". Quine, "Les deux dogmes...", op. cit., pp. 108-109. Précisons enfin que selon la conception pragmatiste qui est la nôtre, on désigne par expérience toute croyance acquise de manière non inférentielle, voir Rorty R., *Science et Solidarité*, Paris, Ed. de l'Eclat, 1990.

¹ En termes négatifs, l'holisme signifie l'impossibilité d'isoler et de mettre en face à face *un* énoncé (une croyance) qu'on veut contrôler et *une* tranche du monde qui pourrait la vérifier, la réfuter... L'holisme insiste sur le fait que ce qui est confronté avec le monde est toujours un réseau de croyances, tant explicites qu'implicites, et jamais une croyance isolée (voir notre précédente note).

*• Rationnel : donner des raisons, recourir à l'argumentation-persuasion.

³ Voir p. 202.

d'illustrer les thèses développées au long du paragraphe précédent d'une part, de les mettre à l'épreuve d'autre part.

Certains épisodes, ici abordés, ont été déjà exposés au long de la Section 1 dans une optique plutôt documentaire. La discussion que nous avons engagée avec nombre de philosophes et historiens de sciences nous permet de passer à un autre registre. Tout en restant au ras des interventions et des débats auxquels elles ont donné lieu, nous sommes maintenant en mesure de détourner notre regard de la surface des faits pour le porter sur la logique de leur évolution. C'est sur la reconstitution de la dynamique des changements survenus dans les méthodes de conception des réseaux d'assainissement que nous nous concentrons, dans le dessein de montrer qu'au-delà des revirements, des réorganisations conceptuelles, des différends "voués" à persister pour longtemps et en dépit de l'absence d'un algorithme (*) de choix entre options rivales, l'évolution des pratiques, moins qu'un processus linéaire d'accumulation, est beaucoup plus qu'un jeu incontrôlé de différences. Le traitement de ces questions sera l'occasion d'aborder nombre de thèmes débattus en philosophie et en histoire des savoirs.

Notre épisode s'ouvre par l'exposé du Capitaine Hoxie prononcé en 1886 devant *VAmerican Society of Civil Engineers*. Son intrigue sera dénouée avec les dernières réserves impuissantes, car sans suite, de Le Conte vis-à-vis du bien-fondé de la méthode rationnelle, réserves exprimées devant la même société en 1907. La fin de l'épisode, qui s'achève définitivement en 1932, est un monologue du vainqueur. La méthode rationnelle règle seule sur son terrain quelques problèmes mineurs ayant trait à l'équilibre recherché entre opérationnalité pratique et exactitude (²).

Algorithme au sens mathématique du terme : définition préalable des opérations nécessaires, et en nombre fini, dont l'enchaînement permet d'atteindre un but précis. Algorithme qu'on devrait chercher du côté d'une rationalité qui opère à l'aide de critères explicites an-historiques et transculturels ou du côté du réel.

Voir Gregory R.L. et al., "Run-off rationnai run-off formulas", *Transactions of ASCE*, vol. 96, 1932, pp. 1038-1177. En effet, après l'intervention de Grunsky, *The Sewer system...*, op.cit., dans tous les articles sur l'assainissement que nous avons pu repérer dans les revues techniques, tous les intervenants se situent du côté de la méthode rationnelle.

La mise en scène de notre épisode prend la forme d'un récit dont l'économie générale suit les grandes lignes du schéma proppien C¹) : à partir d'un état premier de manque (= une insatisfaction exprimée vis-à-vis des pratiques à l'œuvre), il s'agit du passage à un état final de conjonction avec un objet de valeur (= la constitution et l'imposition de la méthode rationnelle en tant que pratique dominante), la liquidation du manque initial étant opérée par un sujet collectif, la communauté des ingénieurs. Evidemment, ce sont les modalités concrètes de cette liquidation qui nous intéressent le plus. Avant d'entamer notre récit, nous voudrions expliciter la visée de notre entreprise et exposer de manière succincte notre ligne argumentative.

—Les modifications des pratiques, le passage d'un savoir-faire à un autre, ne sont pas un jeu incontrôlé de différences. Pour étayer cette thèse, nous tenterons de montrer que :

1. La compétition des options alternatives se fait sous les auspices des exigences et des prétentions à la validité émises par les participants au débat. Comme on le verra, ces exigences ainsi que l'"usage conséquent" des critiques adressées à l'égard de la théorie adverse, commandent l'organisation narrative de chaque intervention, cette dernière étant soumise aux contraintes de la justification.

2. Le dialogue entre les options alternatives n'est pas un dialogue de sourds. Les controverses persistantes ne se perpétuent que pour autant qu'elles sont justifiées au moyen d'arguments explicites. Le débat constitue un processus d'apprentissage. On verra que chaque acteur intègre dans son discours une partie du vocabulaire de son adversaire et développe ses contre-arguments en s'appuyant très souvent sur des critères et des modes de raisonnement introduits dans le débat par son rival. Cette dernière remarque, selon laquelle il y a simultanément processus d'apprentissage et persistance des désaccords, nous amène à une autre constellation de questions.

—Il n'y a pas d'algorithmes qui nous permettent de trancher entre des options alternatives. Le choix en faveur d'une pratique ne peut résulter ni du raisonnement déductif, ni du truchement de preuves empiriques. Le savoir, ayant la forme d'une

texture de croyances et d'expériences imbriquées, la conversion au point de vue de l'adversaire ne peut pas se faire par inference depuis les prémisses partagées par toutes les parties. Il s'agit ici d'un problème pratique qui concerne les limites de l'argumentation dues à la structure holiste du savoir, et aucunement d'un problème d'"intraduisibilité" et d'"incommensurabilité" (1), ou du fait que les adversaires regardent ou vivent dans des "mondes différents" (2).

Un acte d'inauguration (1886)

Ces précisions étant données, nous pouvons commencer notre historique, ouvert par l'intervention de Hoxie. Intervention qui a toutes les caractéristiques d'un récit d'échec : les techniques de conception à l'œuvre jusqu'alors (1886), développées par des ingénieurs en Europe sur la base d'une accumulation d'observations sur la pluie et le débit correspondant, et largement diffusées sur le sol américain, sont jugées insuffisantes et responsables de débordements fréquents, observés plusieurs fois dans l'année. Aussitôt qu'il émet ses jugements, nourris de constatations "brutes", à l'égard des pratiques qui prévalaient à son époque, l'auteur taille sa polémique en mobilisant des raisons destinées à rendre compte de cet échec. En s'appuyant sur l'autorité de la science hydraulique, il s'en prend à la cohérence logique des tables de Roe (3) qui semblent entrer en contradiction avec les connaissances théoriques en matière de rapports entre pente, diamètre et débit (4). Cette remarque, d'inspiration spéculative, est renforcée par une critique d'ordre empirique mettant en jeu des observations plus récentes. Ces dernières sont en contraste avec les hypothèses qui ont présidé à la construction des formules proposées jusqu'alors. Les deux critiques se croisent pour mettre en cause la validité opérationnelle des pratiques à l'œuvre. Leur erreur semble être cernée.

Feyerabend P., *Comment être un bon empiriste...*, op.cit.

Kuhn T., *La structure...*, op.cit.

Section 1, p. 189. Rappelons que les tables de Roe, établies après une série d'observations durant 20 ans sur les égouts de Londres, proposaient des diamètres de canalisations en fonction de la pente de la canalisation et de la superficie de la surface drainée.

"Les égouts ont une capacité d'évacuation qui diminue avec leur longueur, car il y a toujours des frottements qui se produisent aux dépens de la profondeur de l'écoulement dans les égouts. A cet égard, la table manque, à l'évidence, de fiabilité" Hoxie R.L., *Excessive rainfalls...*, op.cit., p. 77.

"La conclusion semble alors inévitable: soit le maximum de précipitation prévu est bien trop réduit, soit les formules (...) représentent l'écoulement des pluies qui trouvent l'accès aux égouts et non pas l'écoulement maximum que l'on obtiendrait dans des circonstances qui nécessiteraient que les égouts prennent en charge la totalité de la pluie" (¹).

Probablement adaptées au contexte local où elles ont vu le jour, les pratiques ne se prêtent pas, telles quelles, à une exportation dans d'autres contextes. Il est intéressant de noter que Hoxie dans sa critique ne met pas en cause la validité des mesures du passé en elles-mêmes ; ce qu'il conteste, c'est leur adéquation au problème du dimensionnement du réseau. Et pour cause. Tout en critiquant Roe, Hoxie s'appuie sur les observations fournies par ce dernier afin de formuler, pour la première fois de manière explicite, une idée qui fera fortune par la suite. En commentant le diagramme (voir figure 18) où figurent des mesures portant sur l'évolution temporelle du couple <pluie, débit correspondant> , Hoxie énonce, sans prononcer le mot, le concept de temps de concentration qui sera formalisé trois ans plus tard (1889) par Kuichling

"Le débit observé (...) était le maximum dangereux résultant d'un écoulement simultané de tous les points de drainage durant la période où l'intensité des précipitations était maximale" (²).

Cet extrait, déjà cité, signale le passage à un style de raisonnement nouveau : de l'accumulation des observations on passe à une explicitation des mécanismes qui se trouvent à l'origine du débit de pointe. L'échec constaté d'abord, disséqué ensuite, cède la place à une promesse qui s'appuie sur une meilleure intelligence des paramètres-clés intervenant dans le phénomène d'évacuation des eaux pluviales (débit de pointe et temps de concentration) : quelles ouvertures ?

Avant de passer aux interventions qui ont pris le relais, nous aimerions systématiser l'espace argumentatif, tel qu'il ressort du texte de Hoxie en identifiant types d'arguments, modes d'évaluation et rhétorique mobilisés. Première constatation :

¹ *Ibid.*, p. 85.

² *Ibid.*, pp. 79-80.

les arguments évoqués contre les pratiques existantes ne sont pas d'un seul tenant. Constatations brutes (débordements), observations contre d'autres observations, connaissances théoriques provenant de domaines connexes (hydraulique), forment un tissu qui fonctionne comme une machine disqualifiante contre les pratiques existantes. Ces dernières sont nommées et leur domaine de validité est circonscrit.

"Ces formules empiriques ne sont fiables que dans les limites de l'expérience qui a donné lieu à leur établissement" (j).

Le mot "empirique" est introduit dans le débat pour devenir aussitôt synonyme de "local", de "non universalisable" et du "compromettant" dans sa facilité d'application.

"Ces formules empiriques ont été trop souvent, et à tort, utilisées comme des outils qui, par leur facilité d'utilisation, dispenseraient d'un travail d'investigation assidue et de réflexion laborieuse" i}).

L'intervention de Hoxie, une fois le bien-fondé des critiques émises à l'égard des pratiques léguées par le passé admises comme légitimes, crée des *dynamiques orientées* quant à la recherche des solutions à venir. Deux voies semblent envisageables :

- une voie "empirique" mais consciente de ses limites, et qui s'ancre dans le local sans prétentions de généralisation ;
- une voie qui, en s'appuyant sur une meilleure intelligence du phénomène de l'évacuation se veut plus générale.

Les deux voies seront en effet explorées, prises dans un "pas de deux" qui va durer 25 ans environ. La voie empirique sera poursuivie par McMath (1887).

"La quantité d'eau écoulée que l'on peut attendre dans une région considérée, la durée ou la vitesse de son écoulement, la taille nécessaire pour que la canalisation transporte cette quantité à la vitesse qui convient pour éviter des débordements désastreux, sont des questions qui se posent souvent et auxquelles les ingénieurs doivent apporter une réponse. De telles réponses

¹ *Ibid.*, p. 87.

² *Ibid.*

dépendent et doivent toujours dépendre grandement de jugements basés sur une estimation des conditions locales et de l'expérience de cas similaires" (1).

Mais une estimation n'est qu'une estimation émise par un homme, donc, faillible. Elle nécessite des supports :

"Ces jugements avisés peuvent être le meilleur guide pour des situations locales, mais une méthode de vérification des résultats expérimentaux dégagée des préjugés personnels et de l'influence de théories incertaines est souhaitable. L'exposition d'une telle méthode, sous une forme applicable, est le but de cet article. La méthode est valable pour une application généralisée; les résultats (...) ne sont applicables que dans les localités d'où proviennent les mesures" (2).

McMath introduit donc une exigence de généralisation dont le but consiste en une sorte d'auto-protection contre les préjugés. L'universalité de la méthode contrebalance les risques immanents à l'exercice d'un jugement individuel et dépendant des conditions locales. En même temps l'application généralisée de la méthode proposée prépare l'affranchissement des pratiques du contexte local. Convaincu du pouvoir et des vertus de *l'induction*, McMath considère que la prolifération des données obtenues grâce à l'application intensive de sa méthode permettraient d'arriver *"à une norme minimale qu'il n'est pas nécessaire de dépasser, et, si l'expérience est étendue on obtiendra un standard de capacité qu'il n'est pas nécessaire de dépasser. Si celles-ci peuvent être établies à partir de données provenant du monde entier, les résultats peuvent fournir un principe général fiable" (3)*. En attendant, on s'ancre dans le local et dans l'observation immédiate, en acceptant l'horizon incontournable du jugement individuel, soutenu néanmoins par une méthodologie généralisable.

¹ McMath R.E., *Determination of...*, op.cit., p. 179.

² *Ibid.*

³ *Ibid.*, p. 180.

Comme nous l'avons déjà vu dans la section consacrée à l'évolution des pratiques (p. 205), l'autre voie fut empruntée par Kuichling deux ans plus tard (1889). Son intervention peut être vue comme l'acte de naissance de la méthode rationnelle. En s'appuyant sur les remarques exprimées par Hoxie à propos des rapports entre le débit dangereux et le temps de concentration, Kuichling thématise nombre d'idées qui étaient "dans l'air", en leur offrant surtout un nouveau langage opérationnel : celui des mathématiques. Compte tenu de son importance et de son influence, le texte appelle une attention particulière. Perçu par l'auteur comme un geste de rupture par rapport aux pratiques existantes, l'intervention de Kuichling ne cache pas sa structure polémique. Pour mettre en scène l'échec des pratiques développées par ses prédécesseurs, l'auteur enrôle au service de sa critique, outre les arguments avancés par Hoxie (débordements, observations plus récentes), deux nouvelles exigences : la *publicité* des procédures d'obtention des mesures et le caractère *raisonnable* des propositions avancées.

"Pour des raisons qui demeurent inexplicables, les détails de ces mesures n'ont pas été publiés (...) de ce fait, les anomalies (...) sont facilement explicables" (1).

Et à propos des formules de Hawksley et d'Adams (2),

"On observera également que dans les formules (...) le rapport Q/Ar diminue en fonction de l'augmentation de l'intensité des précipitations (...), néanmoins, rien, en apparence, ne justifie qu'il diminue quand l'intensité de précipitation augmente" (3).

Les critiques semblent être fondées en raison et en expérience. Le récit de la voie alternative proposée par l'auteur s'appuiera-t-il sur des bases aussi solides ? Mais avant de se pencher sur la question, évoquons un autre argument formulé par Kuichling contre les formules "empiriques", argument qui se situe obliquement par rapport au front central d'attaque, puisqu'il semble relever de la "psychologie de l'ingénieur". Données "en bloc", les formules empiriques, s'imposent aux ingénieurs enclins à les appliquer sans interrogations préalables sur leur domaine de validité. En revanche, l'option prônée par l'auteur de par sa structure analytique et

¹ Kuichling E., *The relation between...*, op.cit., p. 2.

² *Ibid.*, p. 26. Voir thèse p. 205.

³ *Ibid.*, p. 26.

decomposable s'ouvre à un processus d'appropriation et d'amélioration par les praticiens de l'assainissement.

"En outre, il est rare que le pourquoi et le comment de telles formules soient connus de la plupart de ceux qui sont supposés les appliquer, et pourtant il semble qu'une procédure dans laquelle chaque étape peut être minutieusement et rigoureusement examinée et amendée pour s'adapter aux conditions locales sera, de manière générale, beaucoup plus fiable que l'application de principes non définis" (1).

Nous attaquerons maintenant la partie positive de l'intervention, le procès de la production du nouveau savoir. Pour ce faire, il n'est pas inintéressant de suivre pas à pas la façon dont l'auteur raconte son déroulement. La situation à partir de laquelle le récit de la réussite se déclenche est marquée par ce qu'après Greimas (2) nous nommons "irruption d'un événement" qui, se donnant à voir, interpelle l'auteur du savoir et provoque sa réaction.

"L'auteur fut marqué durablement par le fait que durant les fortes averses le volume d'eau évacué par plusieurs égouts importants (...) augmentait et diminuait sensiblement en fonction de l'intensité de la pluie à différents stades, mais qu'un certain laps de temps était nécessaire, dans chaque cas, après la fin d'une brève et violente averse pour que le débit correspondant apparaisse à l'exutoire ; en outre, ces débits semblaient durer aussi longtemps que les averses elles-mêmes. La conclusion à laquelle on arrive est qu'il doit y avoir une relation précise entre ces fluctuations d'évacuation et l'intensité de la pluie d'une part, entre la surface de la zone de drainage et le temps nécessaire pour que les débits apparaissent et diminuent, d'autre part" (3).

¹ *Ibid.*, p. 27.

² Sur l'analyse de discours, voir Greimas A.J., *Sémiotique et sciences sociales*, Paris, Seuil, 1976 ; Latour B. et al., *La vie de Laboratoire*, Paris, La Découverte, 1988. Ces auteurs focalisent leur attention sur des textes pris isolément. En ce qui nous concerne, nous nous intéressons moins à la structure de chaque texte qu'à ses effets, surtout à sa réception et aux dynamiques créées par son vocabulaire... .

³ Kuichling E., *The relation between...*, op.cit., p. 5.

Le sujet récepteur, passif dans un premier temps, impressionné par l'événement qui se déploie devant ses yeux, devient actif dans un deuxième temps en proposant une interprétation des informations reçues : ces dernières se transforment en signes d'existence d'un ordre, d'une connexion non contingente entre les différents paramètres du phénomène de l'évacuation (rapports entre la fluctuation du débit et celle de la pluie). Le pas suivant consiste à capter cet ordre présumé à l'aide d'une démarche expérimentale.

Cinq pages sont consacrées à une présentation minutieuse des procédures et des dispositifs utilisés pour l'obtention des observations effectuées entre décembre 1887 et septembre de l'année suivante. Loin d'être un épisode accessoire dans le développement du texte, cette longue parenthèse avant la présentation des résultats constitue une manifestation saillante de ce que nous appelons un *"usage conséquent de l'argument"*. Compte tenu du fait que l'auteur dans la première partie de son exposé avait critiqué le mode de présentation des résultats du passé pour manque de détails sur la réalisation de mesures, il est contraint de procéder à une exposition circonstanciée de sa propre pratique.

Passons maintenant aux opérations constitutives du procès de production du nouveau savoir, la logique et la rhétorique qui les sous-tendent. Ces opérations s'appliquent évidemment aux observations recueillies selon le protocole exposé au préalable. On s'aperçoit qu'entre les observations brutes et leurs interprétations présentées sous forme de conclusions ayant une valeur générale, le passage n'est pas automatique. En fait, ce saut est accompli moyennant deux types de gestes au moins. Le premier est plus qu'actif puisque il modifie le tableau des observations.

"Il faut noter qu'il existe des discordances nombreuses dans cette table, dont la plupart peuvent clairement être imputées aux estimations imparfaites de l'intensité maximale de précipitation, tandis que les autres proviennent, sans doute possible, d'erreurs commises dans l'observation des marques laissées par les écoulements sur les jauges des égouts" (1).

L'intervention sur les données est couverte sous l'autorité de la théorie statistique.

¹ *Ibid.*, p. 37.

"Heureusement, toutefois, les données sont suffisamment nombreuses pour procéder à des comparaisons; et en faisant une moyenne des résultats obtenus (...) il est probable que la majeure partie des erreurs soient compensées et que les valeurs moyennes (...) nous renseignent sur les lois générales qui gouvernent de telles évacuations" (1).

Il en résulte que,

" tandis que les résultats chiffrés ainsi obtenus risquent de n'être pas tout à fait corrects, les diagrammes indiquent néanmoins sans erreur les conclusions générales" (2).

L'examen de ces conclusions met en évidence le deuxième type d'opérations, non explicitement assumé par l'auteur, et concernant le passage des observations "arrangées" aux conclusions tirées. Quelquefois, le passage s'effectue sur le mode d'évidence, soutenu par des expressions telles que *"cette circonstance peut seulement être attribué au fait"*, *"en relève manifestement"*, dans d'autres cas le pont se réalise à l'aide d'une hypothèse secondaire qui demande une corroboration empirique. C'est le cas de l'assimilation du coefficient de l'écoulement, C (3), au pourcentage de surface imperméabilisée. Cette assimilation cruciale pour la mise en forme mathématique des conclusions tirées de l'analyse des observations, ne résulte pas des prémisses théoriques de la démarche, mais elle s'appuie sur une corrélation empirique *testée sur deux cas*. Si nous insistons sur ces opérations qui visent à combler le vide entre les données de base (= les mesures) et les conclusions que l'auteur en tire, ce n'est pas pour fustiger l'arbitraire que recèle l'interprétation de l'auteur. L'analyse est forte, brillante et globalement convaincante. Mais globalement, autrement dit : entre les observations et l'ensemble des conclusions, l'ajustement reste lâche et susceptible de réorganisations. C'est ce qui va se passer quelques années plus tard. Mais avant d'y arriver, discutons rapidement un dernier argument qui pourrait fonctionner en faveur de la méthode rationnelle : sa supériorité relative, pointée après une comparaison avec les formules concurrentes.

¹ *ibid.*

² *Ibid.*

³ Rappelons la définition donnée par l'auteur. C : *"proportion de la pluie évacuée durant la période où le débit est maximal"*, *Ibid.*, p. 40.

Hélas, l'intégrité intellectuelle de l'auteur l'oblige à reconnaître qu'encore une fois on ne saurait trancher que partiellement. Si la première formule usitée dans le dimensionnement des réseaux d'assainissement, celle de Hawksley (1857), donne des résultats très éloignés des observations disponibles, celles de Biirkli-Ziegler et de McMath, moyennant un choix judicieux des coefficients, donnent un débit de dimensionnement *"pratiquement le même que le volume calculé au moyen de la méthode de l'auteur"*⁽¹⁾. Méthode empirique-méthode rationnelle : égalité ?

Quelles étaient les premières réactions à l'égard de la nouvelle méthode proposée par Kuichling ?

"On ne peut douter que les ingénieurs impliqués dans les ouvrages municipaux sont extrêmement intéressés par le sujet qui a été si habilement traité par M. Kuichling" ⁽²⁾.

C'est Hering, l'ingénieur qui a fait connaître en 1881 à ses collègues américains la formule de Biirkli-Ziegler, qui parle. Soumission inconditionnelle à la supériorité de la démarche de l'adversaire ? Non. Hering reste attaché à la méthodologie inaugurée par McMath. Tout en reconnaissant l'importance du temps de concentration dans l'analyse du phénomène de l'évacuation, Hering juge *"qu'il est assez difficile de l'estimer dans la pratique"* ⁽³⁾. Il essaie donc de l'intégrer dans la démarche de McMath par l'intermédiaire de la pente moyenne du sol.

¹ *Ibid.*, p. 43. Cet argument sera évoqué par les partisans de la méthode empirique tout au long du débat qui les opposera aux partisans de la méthode rationnelle. Ainsi, Le Conte avance que les formules empiriques développées sur la base d'observations locales *"peuvent facilement expliquer des cas particuliers par des changements de coefficients"*, in discussion de Parmley W.C., "The Walworth Sewer Cleveland Ohio", *Transactions of ASCE*, vol. LV, 1905, p. 408. Egalement Parmley qui a été accusé par Gregory d'être trop empirique dans son approche, après avoir rétorqué que *"une confiance limitée doit être accordée aux déductions mathématiques à moins qu'elles ne soient basées sur des faits précis et vérifiables (...)"* et que *"dans le phénomène de l'évacuation il y a tellement de conditions locales différentes en cause qu'aucune expression mathématique ne peut prétendre à être plus qu'une évaluation approximative de la vérité souhaitée"*, montre que sa formule et celle de la méthode rationnelle donnent exactement le même débit de dimensionnement, *ibid.*, p. 410.

² *Ibid.*, p. 57.

³ *Ibid.*, p. 58.

"Pour des surfaces identiques, il est démontré que plus forte est la pente, plus important est le débit, ce qui fait introduire le facteur temps dans Vanalyse" (j).

La méthode empirique revue et corrigée par McMath résiste à l'attaque de la méthode rationnelle tout en se sentant obligée d'intégrer dans sa démarche la nouveauté introduite par cette dernière. Le temps de concentration et son importance dans le dimensionnement des ouvrages d'assainissement fait partie dorénavant du fonds commun ⁽²⁾ (du "référentiel") des membres qui composent la communauté des ingénieurs, indépendamment de leur penchant pour l'une ou l'autre des deux méthodes.

L'intervention de Gregory (1907), ainsi que le débat auquel elle a donné lieu, sont particulièrement instructifs pour notre propos. Gregory commence par dresser l'"état de l'art" en matière d'assainissement. A l'instar de Kuichling, il prend position en faveur d'une méthode rationnelle et d'application générale. La formule de McMath est considérée comme *"seulement une compilation d'observations fortuites" (?)* qui peut s'employer *"seulement comme une vérification sommaire dans des cas similaires" ^*). Il se met, alors, à appliquer la démarche développée par Kuichling à des observations plus récentes. Première surprise. Alors que les données recueillies par Kuichling étayaient l'hypothèse selon laquelle le coefficient d'évacuation C pourrait être assimilé au pourcentage de la surface imperméabilisée, une partie des nouvelles observations reste récalcitrantes à cette assimilation. L'écart est trop important pour être imputé à la présence de mesures défectueuses. A partir de cette constatation empirique, Gregory se livre à des efforts soutenus afin d'adapter la formule de Kuichling aux observations qui la démentent. Au terme d'un périple sinueux, un résultat malencontreux. La formule proposée donne des résultats qui s'approchent de ceux fournis par les formules empiriques.

¹ *Ibid.*, p. 59.

² Pour la méthode rationnelle, le temps de concentration se pose comme terme premier, alors que pour les formules empiriques il est pris en compte de manière indirecte par l'intermédiaire de la pente du sol ou d'un coefficient appliqué à la surface, voir Parmley W.C., *The Walworth Sewer...*, op.cit. et Hood C, in discussion de Gregory CE., *Rainfall and...*, op.cit., p. 491.

•* Gregory CE., *Rainfall and...*, op.cit., p. 467.

⁴ *Ibid.*

"Ceci [la formule proposée] donne une courbe qui est proche dans la forme de la courbe de Mac Math (...) elle se rapproche davantage encore des valeurs moyennes des diagrammes de New York et de la courbe de M. Parmeley" (1).

Gregory introduit malgré lui une tension à l'intérieur de la méthode rationnelle dont il est le défenseur. En effet, son intervention, tout en mobilisant la rhétorique et les objectifs de la méthode rationnelle, est, quant à la démarche, proche de méthodes empiriques dans la mesure où elle consiste en partie à mettre en équation des observations sans fournir une explication de leurs relations établies.

C'est sur cette tension que Le Conte va s'appuyer dans son plaidoyer en faveur de solutions strictement locales, restant au ras des observations du terrain et sans prétentions de généralisations. Les arguments avancés contre la possibilité d'une formule d'application générale restent pour l'essentiel classiques quant à leur contenu, mais ils sont revêtus d'une force rhétorique nouvelle et inattendue : celle du langage de leurs adversaires. Toute volonté systématisante et à prétentions universalistes est condamnée comme étant illogique et irrationnelle, vouée à jamais à l'échec. Seule une démarche qui réhabilite les savoirs locaux et qui valorise l'observation directe des *débits* comme procédure efficace pour le dimensionnement des réseaux, est susceptible de rendre compte *"the effect of local condition"* (2). Le calcul et l'abstraction, toutes les médiations théoriques qui s'interposent entre l'observation qui se donne immédiatement et l'ingénieur, ne fonctionnent que comme des miroirs déformants qui trahissent la transparence de la donnée directe (3).

"Les ingénieurs veulent établir avec certitude le débit réel des pluies torrentielles et ceci peut se faire seulement à partir de mesures sur le terrain. Cette méthode est en effet préférable plutôt que de mesurer les eaux pluviales à différents points d'observations pour ensuite - de retour au bureau - les analyser et procéder au calcul du débit d'écoulement torrentiel d'après

Ibid., p. 487. Rappelons que Parmley est l'auteur d'une formule de conception d'inspiration empirique, utilisée pour le dimensionnement d'un collecteur à Cleveland Ohio (1905). Voir note 1, p. 251.

Ibid., p. 505.

Voir aussi note 2, p. 175.

une moyenne de précipitations calculée sur le bassin de drainage entier, ce qui est, au mieux, une hypothèse théorique risquée. La chose à observer en direct, en tout cas, est le débit d'évacuation, sans tenir compte ni du lieu ni de la façon dont il se forme réellement. Ceci est la seule conclusion rationnelle" (1).

L'attitude de Le Conte, tout en s'appuyant sur une argumentation intelligible et de poids, présente un défaut opérationnel. Elle exige l'existence d'un réseau d'égouts déjà développé sur lequel, on pourrait effectuer des mesures. Qui plus est, il s'agit d'une démarche rigide, puisqu'elle s'applique seulement à l'étude des débits maximaux. Or, la méthode rationnelle, selon Gregory, a pour son compte les deux avantages suivants. Produit d'un mouvement descendant, qui va des causes originaires (= la pluie) vers les effets (= le débit causé), la méthode rationnelle se pose comme une *"méthode opérationnelle de conception, applicable à toutes les conditions et en tous lieux qui permet de ne pas se contenter de prévoir les débits maximums uniquement, mais aussi, à partir d'une averse quelconque qui dépasse une intensité modérée sur la base des caractéristiques du bassin de drainage, de parvenir à estimer le débit avec une précision égale à la précision des informations données"* (2). Outil souple, la méthode rationnelle permet à l'ingénieur de concevoir un réseau d'assainissement presque *"ex nihilo"*. Non sans une certaine nuance d'ironie dans sa réponse aux doutes émis par Le Conte, Gregory remarque que *"la proposition selon laquelle les ingénieurs doivent uniquement se fier aux mesures réelles du débit revient la plupart du temps à mettre la charrue avant les bœufs. Il semble, en effet, très difficile de jauger des égouts qui n'existent pas encore !"* (3).

L'intervention de Grunsky deux ans plus tard (1909) semble déterminante pour l'avenir du débat. La prise en compte du stockage temporaire (4) des eaux dans les collecteurs conforte la puissance explicative de la méthode rationnelle qui offre ainsi un compte-rendu descriptif complet du phénomène de l'évacuation. En même temps, la prise en considération du stockage dans les collecteurs restitue le chaînon

¹ *Ibid.*, p. 504.

² *Ibid.*, p. 476.

³ *Ibid.*, p. 510.

⁴ Soulignons que le thème du stockage n'est pas inconnu au débat. Gregory le traite de manière explicite dans le cas des toits et des rues.

manquant entre l'hypothèse de Kuichling selon laquelle on peut assimiler coefficient d'évacuation et coefficient d'imperméabilisation et les données fournies par Gregory qui semblent la contredire. Suprématie de la méthode rationnelle sur tous les registres, opérationnels et épistémiques ? Le débat lancé par l'exposé de Grunsky nous incite à répondre par l'affirmative. Aucun représentant de l'école alternative (méthode empirique) n'y intervient, tandis que les principaux protagonistes, tous inscrits dans le camp de la méthode rationnelle, n'expriment que quelques doutes relatifs au caractère opérationnel de la démarche prônée par Grunsky, jugée comme *"surtout valable en tant que discussion académique sur le sujet"*^(x). Destin curieux d'une intervention qui, unanimement reconnue comme un exploit brillant, ne passera pas à la postérité. En effet, c'est la version Kuichling, facile à mettre en œuvre et amenant à un surdimensionnement relatif considéré comme une garantie supplémentaire de sécurité, qui va dominer la scène pendant des années. Ici, les "valeurs" de la simplicité et de la sûreté primeront celles de l'exactitude et de la fidélité au réel.

4. Considérations finales - Conclusion de la section

Quelles sont les leçons à tirer de cet épisode historique ? Les affirmations posées de manière plus ou moins axiomatique au début du paragraphe précédent sont-elles sorties renforcées au terme de notre récit ? Un vis-à-vis entre nos positions de départ et les grandes lignes de force de notre récit tranchera.

Chose guère inattendue, l'épisode décrit donne le spectacle d'une rude compétition entre des écoles alternatives. L'édifice des méthodes empiriques fissuré dans un premier temps d'échecs opérationnels reconnus par partisans et contradicteurs, n'en résiste pas moins, en montrant souplesse et capacité d'écoute et d'adaptation. En effet, l'ancrage dans la tradition, en l'occurrence celle de la "méthode empirique", ne se mue ni en mutisme ni en immobilisme. La preuve en est fournie par la présence d'un certain nombre de concepts, lesquels une fois façonnés, ne cessent de fuser dans le camp opposé. Le temps de concentration et le coefficient d'évacuation, tels qu'ils sont définis par Kuichling, deviennent l'objet d'une appropriation par les tenants de la méthode empirique. Ainsi Hering, en se pliant à

Gregory in discussion de Grunsky CE., *The Sewer system...*, op.cit., p. 390.

la pertinence de ces concepts, se sent obligé de justifier son penchant à la tradition concurrente en évoquant des difficultés d'ordre opérationnel, tandis que Parmley (¹), quant à lui, met en œuvre une démarche hybride, où ces concepts sont intégrés tels quels dans une pratique d'inspiration ouvertement "empirique". Il faut noter également qu'aussi longtemps que la méthode rationnelle essaie de fonder sa supériorité sur la concordance avec les observations du terrain, la méthode empirique se présente comme un adversaire de poids, souple et capable de s'adapter grâce à un jeu sur les coefficients figurant dans ses formules. En effet, comme Kuichling et Gregory l'ont reconnu par eux-mêmes, les résultats fournis par leur méthode ne sont pas éloignés de ceux produits par la méthode adverse (McMath, Hering). Cet état d'"équilibre" ainsi que les problèmes internes de la méthode rationnelle mis à nu par son défenseur Gregory font que le soutien d'une théorie est comme Kuhn le dit, une question de "jugement et non de goût" (²). Pour ajouter :

"bien que l'historien puisse toujours trouver des hommes (...) qui s'entêtèrent trop longtemps dans leur opposition, il chercherait en vain un point où la résistance ait pris un tour illogique ou non scientifique" (³).

Pourquoi donc la persistance de ce jeu d'oppositions et des langages différents ?

Sur Parmley, voir note 1, p. 251.

L'histoire d'accueil de *La structure des révolutions scientifiques*, op.cit., par le monde anglo-saxon et continental, nous a accoutumés à un Kuhn relativiste, qui réduit la science à une "psychologie des foules" (Lakatos) ou qui nous fait croire qu'on a "affaire à des concepts de critique philosophique, alors qu'on se trouve au niveau de la psychologie sociale" (Canguilhem). Grâce à la lecture salutaire que Rorty dispense à l'œuvre de Kuhn (et de Feyerabend), au terme de laquelle toutes les phrases "extravagantes" de Kuhn se sont transformées en énoncés anodins (ainsi la position selon laquelle tenants et adversaires d'un paradigme "ne vivent pas dans le même monde" ou ne "voient pas la même chose", est ramenée à la thèse selon laquelle ils ne manient pas tout simplement le même vocabulaire de description, ce qui n'a rien d'effrayant), Kuhn est devenu le savant sage qui croit, comme toute personne se donnant la peine d'écrire un livre pour dire quelque chose à propos du monde, que les positions qu'il avance sont vraies. Voir Rorty R., *L'homme spéculaire*, Paris, Seuil, 1990 (éd. or. 1979), chapitre 7, et également de lui, *Science et Solidarité*, op.cit.

Kuhn T., *La structure des révolutions scientifiques*, op.cit., p. 218. Une erreur typographique dans la traduction du livre a transformé l'"illogique" en "logique".

On connaît une réponse qui, vieille déjà de quelques trente ans, est attachée à une constellation de trois noms : Hanson, Kuhn et Feyerabend 0) : la dissolution de la distinction entre théorie et observation. Rappelons brièvement à partir de l'intervention de Hanson qui fut chronologiquement la première, les grands traits de cette réponse. Le premier qui s'énonce de façon elliptique par le syntagme "charge théorique", soutient ni plus ni moins que chaque terme ou phrase de l'observation est lesté de théorie. De cette proposition, on décèle des échos dans des phrases trouvées chez Kuhn, telles que les adhérents à des paradigmes différents poursuivent leurs recherches "*dans des mondes différents*" ou qu'ils "*[voient] des choses différentes quand ils [regardent] le même genre d'objets*" (2). Nous y reviendrons. Hanson signale également, et c'est le deuxième grand trait, que nous avons tendance à ne remarquer les choses que dans la mesure où elles correspondent à nos attentes souvent théoriques, qui les rendent aussitôt intéressantes et significatives. Dans la mesure où cette deuxième position ne suscite aucune controverse, nous ne nous y attarderons pas. Notons simplement en passant, que nous en avons rencontré une illustration dans le texte de Hoxie (1886), où la prise en compte du temps de concentration lui a permis une relecture des données recueillies par Roe (1850), silencieuses jusqu'alors aux aspects temporels du phénomène de l'évacuation. Revenons donc à la première proposition, celle de la "charge théorique". Que nous enseigne sur ce sujet notre épisode ?

Tout d'abord, nous constatons qu'après l'intervention de Kuichling qui impose la *publicité* des méthodes employées pour l'obtention des mesures, les observations rassemblées jouissent d'une sorte de permanence, sans être jamais abandonnées après une "expérience récalcitrante" (échec opérationnel). Méthode rationnelle et méthode empirique revendiquent les mêmes mesures et les mêmes données tout au long de leur confrontation. Est-ce que leur opposition nous autorise pour autant à soutenir que ces données ont des significations différentes pour chacune d'elles, que partisans et contradicteurs ne voient pas la même chose ? Cette manière de

Hanson N.R., *Patterns of Discovery*, Cambridge, 1958 ; Kuhn T., *La structure...*, op.cit. ; Feyerabend P., *Contre la méthode...*, op.cit. Pour une présentation claire du débat, voir Hacking I., *Concevoir et expérimenter*, Paris, Christian Bourgeois Editeur, 1989 (édition originale 1983).

Kuhn T., *La structure...*, op.cit., pp. 169-170.

parler nous paraît confuse et génératrice d'apories C¹). La doctrine de la "charge théorique", à notre sens, appartient in fine au paradigme de la philosophie de la conscience (2), tout en s'engageant dans une voie par laquelle elle le niait abstraitement. Par philosophie de la conscience, on entend l'attitude objectivante qu'adopte un sujet-contempleteur vis-à-vis des réalités existantes dans le monde (y compris son propre soi). L'observation (= donnée sensorielle, expérience...) joue ici un rôle-clé dans l'édification des théories, dans la mesure où c'est elle qui constitue le socle neutre et sûr sur lequel le sujet peut prendre appui pour trancher entre des théories alternatives. Les critiques adressées à ce dualisme intenable selon lequel il y a deux types d'entités indépendantes, les observations et les théories sur les observations, sont trop connues pour s'y attarder (3). Mais il nous semble que les partisans de la "charge théorique", tout en critiquant le postulat d'une séparation nette entre empirie et théorie, se cantonnent toujours à l'intérieur du paradigme de la philosophie de la conscience qu'ils nient. Ils envisagent toujours le rapport du sujet isolé au monde, mais à l'opposé de ses adversaires qui voyaient en l'observation le contact sûr, ils mettent en scène un troisième terme, la théorie qui s'interpose *dès le début* entre le sujet et le monde, en contaminant par là la pureté de l'observation. Or, il y a une autre voie qui nous permet tout à la fois de préserver l'importance de l'observation dans le choix entre théories et d'échapper aux apories qui émanent de la solution "charge théorique". Pour cela, il faut cesser de considérer l'observation comme une transaction qui se passe entre le monde et le sujet isolé, pour la reconstruire en *termes d'intersubjectivité*, c'est-à-dire en termes d'accords unanimes sur certains énoncés (4). On comprend donc comment la publicité

Voir Putman H., *Raison, vérité et histoire*, Paris, Editions de Minuit, 1984, chapitre V.

Pour deux entreprises généalogiques ayant comme objet le paradigme de la philosophie de la conscience, voir Habermas, *Le discours philosophique de la modernité*, op.cit. ; Rorty R., *L'homme spéculaire*, op.cit.

Outre les critiques émises par les théoriciens de la "charge théorique", voir une analyse moins dramatique dans l'article de Putman H., "Ce que les théories ne sont pas", in *De Vienne à Cambridge*, op.cit., pp. 221-237 (édition originale 1962).

Rappelons que selon cette conception pragmatiste, toute croyance acquise de manière non inférentielle tient lieu d'observation. Voir Rorty R., *Science et Solidarité*, op.cit., pp. 63-84. Cette définition de l'observation en termes d'intersubjectivité nous permet de maintenir le contrôle de l'observation sur les théories (sous la forme d'un contrôle opéré par les croyances les moins controversées sur celles qui le sont plus). On échappe ainsi aux apories de la

instaurée quant aux protocoles de mesure offre aux observations un statut non problématique de reconnaissance mutuelle. Si ce n'est pas la "charge théorique", dont les observations sont revêtues, qui empêche le consensus, à quel motif doit-on imputer la persistance des différences ? La réponse consiste à dire que les causes recherchées ne sont pas autres que celles qui nous empêchent très souvent, dans la vie ordinaire, de se mettre d'accord sur un point en litige. Le fossé qui existe entre un "langage d'observation" commun à tous et l'accord recherché est rempli de toutes sortes de choix autres que les observations. C'est ici qu'intervient le "référentiel" avec ses modes d'évaluation et de justification. On a vu d'ailleurs que dans le débat qui oppose méthode rationnelle et méthode empirique, les arguments mobilisés relèvent d'horizons multiples (possibilité d'une application générale et contrôlée, difficultés opérationnelles, démarche deductive versus approche inductive...). C'est la nature holistique du savoir, ce jeu de compensations entre les différents critères de choix qui laisse le champ libre pour des débats rationnels, parfois ou même très souvent, non concluants.

Les positions que nous venons de présenter rapidement peuvent s'appliquer indifféremment aux savoirs proprement scientifiques et à des savoirs aux visées plus pratiques. Or, il est possible d'insister sur les différences présumées entre les deux types de savoir, en proposant un critère de choix qui soit propre au savoir technique : l'efficacité instrumentale. C'est la voie que Habermas paraît insinuer quand il déclare par exemple que *"l'histoire du savoir profane et de la technologie est l'histoire des succès contrôlés par la vérité dans la confrontation avec la nature externe"* (1). L'efficacité comme "pierre de touche" qui opère le choix entre des savoir-faire concurrents. Aussi étrange que la chose puisse paraître, il n'en est rien, au moins dans notre cas. Rappelons que pour juger l'efficacité de la méthode rationnelle dans sa forme finalement retenue, on devrait réaliser des études statistiques étalées sur une période longue (disons 100 ans), dénombrer les débordements qui ont eu lieu tous les dix ans et calculer ensuite la moyenne. Si cette dernière est supérieure à l'unité (i.e., il y a en moyenne plus d'un

doctrine de la "charge théorique". Cette dernière, prise littéralement, amène à la conclusion selon laquelle aucun contrôle de la théorie n'est plus possible, dans la mesure où les observations sont si contaminées conceptuellement que n'importe quel test observationnel, destiné à mettre à l'épreuve une hypothèse, est nécessairement circulaire.

Habermas J. *Raison et légitimité*, Paris, Payot, 1978 (1^{ère} édition 1974), p. 24.

débordement par an), le réseau est considéré comme mal dimensionné. Cette opération de dénombrement était évidemment impossible à l'époque où on a opté pour la méthode.

Avec Davidson, nous pouvons donc écrire qu'en dehors de la communauté dialoguant avec elle-même, "*nulle chose ne fait que des phrases ou des théories soient vraies, ni l'expérience, ni les stimulations de surface, ni le monde ne fait qu'une phrase est vraie*" (}). Cette volonté de chercher la supériorité d'un savoir-faire dans la totalité des arguments (hétérogènes) qui peuvent être énoncés en sa faveur lors d'un dialogue libre (²), ne nous amène nullement aux pentes glissantes du relativisme. Tout au contraire, en l'affichant nous ne faisons que nous plier à la seule objectivité dont nous disposons et qui ait un sens *pour nous* : celle qui s'instaure au terme d'un débat argumenté. "*On ne peut rien faire de plus, et point*

Davidson D., "De la véritable idée de schéma conceptuel", in *La pensée américaine contemporaine*, Paris, PUF, 1991, p. 235 (édition originale 1973).

Pour éviter tout malentendu, précisons qu'en soutenant que la supériorité d'un savoir-faire réside dans l'ensemble des arguments qu'on peut avancer en sa faveur, nous voulons simplement dire qu'en dehors du débat argumenté avec nos confrères, ni le réel en personne, ni quoi que ce soit d'autre ne peut nous aider à trancher entre des options alternatives. Evidemment, nous ne soutenons pas que c'est l'option la plus solidement argumentée qui est adoptée, diffusée toujours dans les faits. (Cela serait trop beau). Ajoutons enfin que la distinction que nous faisons entre un débat libre et argumenté et un débat qui ne dispose pas de ces caractéristiques n'a rien à voir avec une distinction entre convaincre à l'aide de syllogismes et persuader à l'aide d'opérations rhétoriques. Toute argumentation, tout dialogue, nécessite des opérations rhétoriques (nous sommes ici d'accord avec Nietzsche). En revanche, nous ne suivons pas la pente nietzschéenne quand elle procède à l'équation selon laquelle toute opération rhétorique (par conséquent toute argumentation dans la mesure où elle met en œuvre obligatoirement des opérations rhétoriques) n'est au fond que la violence symbolique, donc, de la violence tout court avec beaucoup de sublimation. En bons pragmatistes, après avoir reconnu que les frontières entre "logique" et "rhétorique" sont mouvantes, et contextuellement dépendantes, nous ramenons la distinction entre débat libre et argumenté et débat qui ne présente pas ces caractéristiques à la différence qu'il y a entre d'une part la violence physique et la machination au sens simple et ordinaire des mots (présence des policiers dans la salle où se déroule le débat, déformation volontaire des données, asymétrie voulue de l'information...) et d'autre part l'absence de violence physique et de machination. Sur ce qui précède, voir le débat "exemplaire" qui a eu lieu entre Loytard, représentant de la version <persuasion égale violence symbolique, et Rorty, adepte d'un Nietzsche-pragmatiste, in *Critique, La traversée de l'Atlantique*, n° 456, mai 1985, pp. 559-584.

n'est besoin de faire plus" (1). Cette objectivité, strictement la même que celle que nous parvenons à instaurer dans les conditions parfois autrement difficiles de la vie de tous les jours, est tout à fait suffisante pour la réussite de l'activité technico-scientifique. Après tout, rien ne distingue les affirmations émises dans la vie quotidienne de celles qui constituent un savoir-faire technico-scientifique, sauf que ces dernières sont systématiques et contrôlées.

Remarque ultime, enfin, avant de quitter ce paragraphe. Débat argumenté et normalisation des pratiques ne constituent pas des régions ségréguées. En dépit de l'absence d'un juge suprême (réel, rationalité algorithmique...,) qui, opérant d'une position d'extériorité par rapport aux participants au débat, trancherait en faveur d'une pratique, un consensus peut se construire, lentement et patiemment, au sein de la communauté des participants. A l'opposé du cas français où la normalisation des pratiques est réalisée sous l'égide de l'administration, les Etats-Unis illustrent une voie autre. La transformation de la méthode rationnelle en système canonique de pratiques de conception en matière d'assainissement, transformation qui marque le passage de la phase A à la phase B dans la vie du mode de régulation, a été le produit d'un consensus. C'est la communauté d'ingénieurs qui, à travers des manuels, diffuse sur le sol américain la méthode rationnelle (2).

¹ Davidson D., *De la véritable...*, op.cit., p. 239.

² Pour les Etats-Unis, outre le manuel de Metcalf et Eddy, op. cit., on retiendra les manuels de l'American Society of Civil Engineers (ASCE) et de la Water Pollution Control Federation (WPCF), ASCE (éd.), *Design and construction of Sanitary and storm sewers, Manual n° 37*, New-York, (5ème éd.), 1970. Pour l'Allemagne, c'est le manuel de K. Imhoff, *Evacuation et traitement...*, op. cit., qui a été mis périodiquement à jour depuis les années 30.

CHAPITRE II

Histoire de l'évolution de l'objet technique

SECTION 1. DES COLLECTEURS

Au moment où commence notre historique (vers 1850) des pratiques de régulation dans le domaine de l'assainissement, la situation relative aux types d'égouts déjà existants a la forme d'un tableau bariolé (voir figure 20). Construits au coup par coup, fortement marqués par les conditions locales, les égouts en place présentent une variété impressionnante quant à leurs sections et aux matériaux de construction utilisés.

"Dans les égouts existants, on trouve toutes sortes de formes dont de telles constructions sont capables; ils peuvent avoir une forme en V, carrée, ovale ou ronde mais aussi toutes les combinaisons intermédiaires de ces figures; des fonds en V ont été prônés, des fonds et voûtes plats ont été préconisés et la forme ovoïde a été recommandée, même pour les égouts de 4 inches de diamètre" ⁽¹⁾.

La même variété est observée également en matière de matériaux de construction. *"Brique, pierre, fonte (...) et même terre cuite" ⁽²⁾*, seuls ou en combinaison sont mobilisés à des fins de construction. Peu d'attention est consacrée jusqu'alors au fonctionnement hydraulique des ouvrages, les préoccupations étant concentrées sur les problèmes du génie civil (stabilité du support, problèmes de fondation) ainsi que sur les conditions d'exploitation, notamment celles du curage.

En effet, compte tenu du fait qu'une grande partie du réseau fonctionnait sur un mode unitaire⁽³⁾, le problème des dépôts occupe une place importante dans les préoccupations des ingénieurs, penchés depuis cette époque sur la question du

¹ Rawlinson R., *On the Drainage...*, op.cit., p. 34.

² *Ibid.*, p. 35.

³ Rappelons quelques définitions. Systèmes unitaires : les eaux usées et les eaux de la pluie sont concentrées dans une seule canalisation. Système séparatif : il y a deux canalisations distinctes pour les eaux usées et les eaux pluviales.

fonctionnement hydraulique du réseau. La solution proposée au problème des dépôts consiste à combiner deux stratégies. D'une part, on fait appel au pouvoir d'entraînement des flux circulant dans le réseau : c'est le principe d'automatisation. Les forces naturelles, judicieusement utilisées par l'homme, accomplissent par elles-mêmes les objectifs que celui-ci a fixés. Mais parfois, l'action salutaire de la nature ne suffit pas en elle-même. La variation du débit transitant par le collecteur a comme corollaire celle de la force entraînante qui s'avère de ce fait souvent insuffisante pour assurer l'auto-nettoyage des collecteurs. Des dépôts apparaissent, perturbent l'écoulement des eaux, et provoquent des dépôts supplémentaires, le phénomène ayant tendance à s'auto-amplifier. Des actions supplétives, moyennant des dispositifs techniques spécifiques, sont dès lors à entreprendre. Précisons tout cela.

Dès 1836, à Paris, une pente minimale de 1/1000 a été imposée pour les nouveaux ouvrages à construire (*)• Mais c'est de l'Angleterre, pays à l'avant-garde en matière d'assainissement, que viennent les premières impulsions dans la direction d'une réflexion systématique sur la force d'entraînement des flux. Observation et expérimentation conjuguées donnent quelques résultats convergents quant à la vitesse minimale nécessaire pour l'entraînement des dépôts. Ainsi, une vitesse égale à " $1^{3/4}$ miles per hour" est avancée comme largement suffisante pour la lutte contre les dépôts (²). A la même époque (milieu du siècle) et parallèlement à ce travail de réflexion sur la vitesse minimale exigée, débute un travail de standardisation portant à la fois sur les matériaux de construction et sur la forme des sections employées. Premier travail de sélection non exhaustive, puisqu'elle tolère la pluralité tout en supprimant les formes manifestement inadéquates à un fonctionnement hydraulique efficace (par exemple, les collecteurs à "flat inverts"). A partir de 1900, le béton commence à devenir la référence dominante parmi les matériaux de construction (voir figure 22) tandis que les sections circulaires et surtout ovoïdes (egg-shaped) connaissent une diffusion de plus en plus large. Cette diffusion traduit par ailleurs la montée de prise de conscience des effets bénéfiques que la forme de la section

Hederstedt B., *An account of...*, op.cit., p. 263.

"A partir de l'observation et de l'expérimentation, j'ai trouvé que cela nécessitait une vitesse constante de l'eau circulant dans l'égout égal à (...) $1^{3/4}$ miles par heure, pour empêcher la terre de former un dépôt à l'intérieur", Phillips J., cité par Bazalgette W., *On the main drainage...*, op.cit., p. 290.

peut avoir sur l'entraînement des matières solides. L'attention accordée à la discontinuité et à la différence des débits transitant ⁽¹⁾ dans le même collecteur va amener l'ingénieur à chercher *une forme capable de rassembler et de retenir un nombre de réactions les plus efficaces possibles face à cette variation*. La section ovoïde présente par rapport aux autres types de sections (à l'exception de la forme V) l'avantage de provoquer des vitesses d'écoulement (et par conséquent des forces d'entraînement) supérieures pour les mêmes débits. Ce n'est pas un hasard donc, si cette forme est devenue l'objet d'investigations systématiques dès les années 1850. Autour de 1847, l'ingénieur John Phillips a dessiné la première section ovoïde, qui a connu une large diffusion en Angleterre et à l'étranger. Traduction géométrique de l'idée que nous venons d'évoquer, le type mis en usage par Phillips repose sur un jeu combinatoire de cercles convenablement raccordés entre eux (figure 21). Mais réflexion sur la forme des sections et analyse concrète du fonctionnement hydraulique du réseau restent encore disjointes. Il faut attendre jusqu'en 1888 pour que l'ingénieur François Mayer dispense un traitement rigoureux au problème de la discontinuité du débit transité. Le résultat en est une forme ovoïde calculée d'après ses performances en matière de capacités d'auto-nettoyage ⁽²⁾.

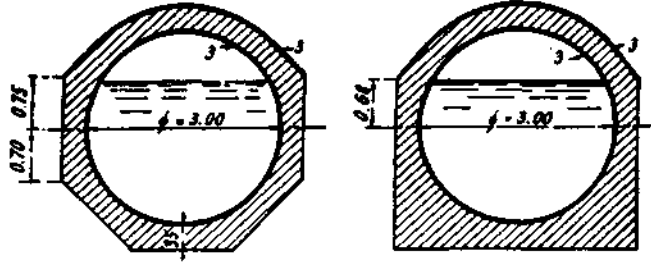
Malgré la reconnaissance explicite de la supériorité de la forme ovoïde quant à ses performances hydrauliques et en dépit des études poussées afin de déterminer la section optimale, la prise en considération d'autres facteurs tels que les problèmes de la construction et de l'exploitation ⁽³⁾, a fait que l'histoire a finalement retenu quelques compromis entre ces formes idéales et la forme circulaire.

Variation due au fait que la "production" des eaux usées ainsi que celles des eaux pluviales ne sont pas régulières dans le temps.

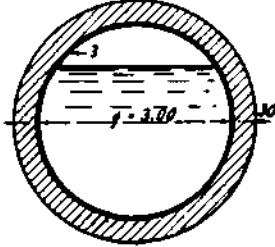
Mayer F., Mayer E.D., "Note sur les égouts des villes", *Annales des Ponts et Chaussées*, 6^{ème} série, Tome XV, 1^{er} semestre 1888.

"La forme ovoïde a ses inconvénients, entre autres celui d'être moins fiable, ayant plus facilement tendance à se fissurer, nécessitant plus de maçonnerie, et étant en règle générale plus difficile à construire (...). Pour cette raison, la forme ovoïde peut, dans de nombreux cas, s'avérer beaucoup plus onéreuse que la forme circulaire (...)", Metcalf et Eddy, American Sewerage..., op.cit., p. 385.

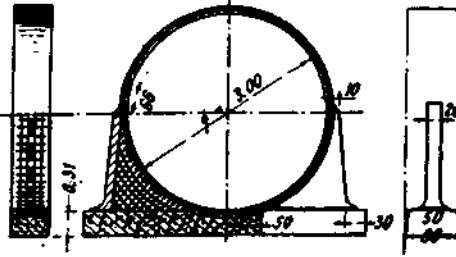
Emissaire parisien d'Achères — Types principaux
Construction en tranchée (partie courante)



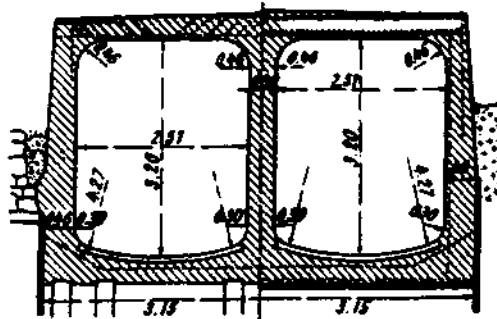
Construction en souterrain



Construction en tranchée — Type spécial
(ciment avec ossature métallique)

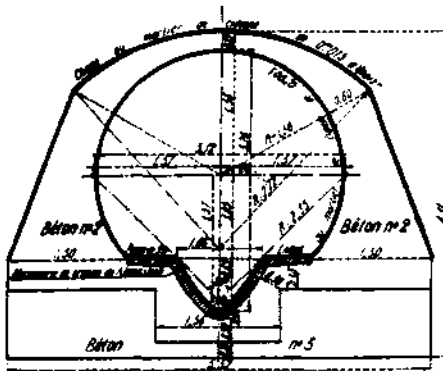


Section rectangulaire
Boston

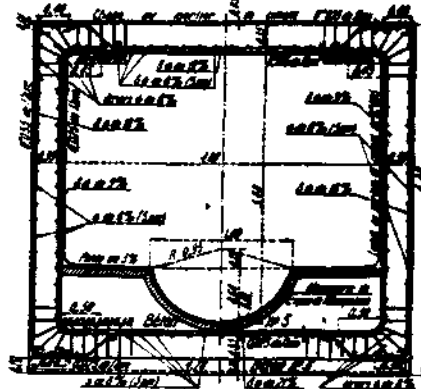


Double section : Boston

Section de 3.76/3.12



Section de 3.40/4.00



Grands collecteurs de Bruxelles (dessins de projets).

Figure 22 : Modèles d'égouts

Source : Koch P. *Les réseaux d'égouts*, Paris, Dunod, 1967.

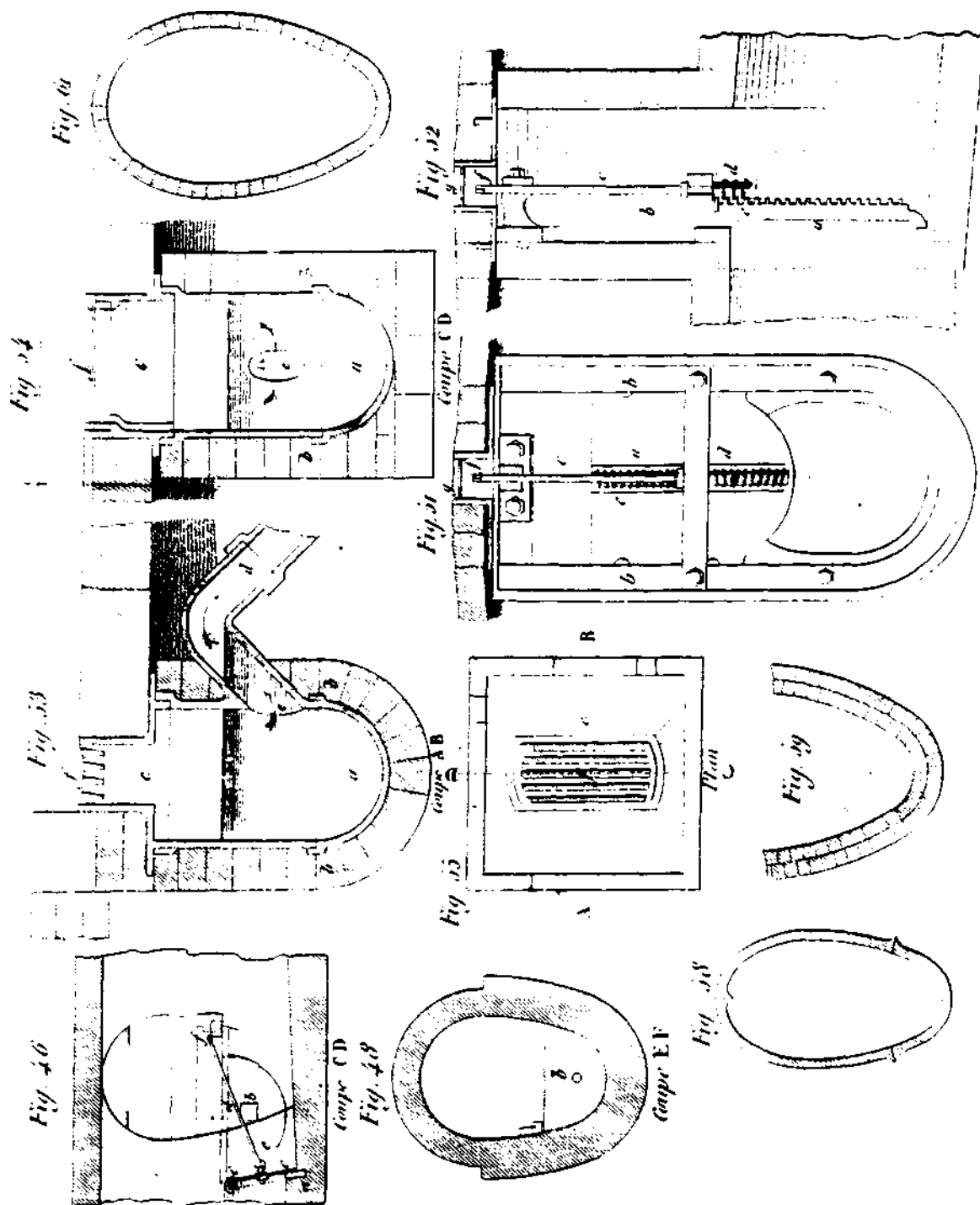


Figure 23 : Dispositifs de nettoyage des égouts

Source : Remont JE., *Rapport au collège des Bourgmestre et Echevins de la ville de Liège*, Liège, D. Avanzo et Cie Editeurs, 1855 (2ème édition).

SECTION 2. DES DEVERSOIRS DORAGE ET DES REGULATEURS

Après ce rapide historique portant sur l'évolution des collecteurs, nous nous tournerons dans ce paragraphe vers d'autres éléments constitutifs de l'armature du réseau d'égouts, le déversoir d'orage et les régulateurs ("*regulators*"). Ces types d'ouvrage, présents sur la scène de l'assainissement dès le commencement de notre histoire, matérialisent l'ouverture du système "assainissement" sur un environnement aléatoire (pluie). Le réseau étant dimensionné pour une pluie donnée, ces ouvrages protègent les collecteurs contre des mises en charge provoquées par des pluies plus importantes. Investis de deux fonctions, l'une de nature économique, l'autre de nature sécuritaire, ils sont utilisés, le plus souvent, pour laisser passer directement vers le cours d'eau récepteur une partie importante des eaux lors des pluies violentes. Implantés le plus fréquemment dans les systèmes unitaires ⁽¹⁾ dans le but de décharger le réseau vers l'aval et les installations de traitement elles-mêmes, ces dispositifs peuvent apparaître en tant qu'organes de sécurité dans les réseaux séparatifs en opérant le délestage des eaux d'un collecteur à un autre, une fois le premier mis sous pression. Les figures 24 et 25 donnent le schéma de principe de ces types d'ouvrage.

Ici, comme dans le paragraphe précédent, nous sommes confrontés à un problème d'organisation des matériaux disponibles. La multiplicité des formes imaginées ou réalisées fait de leur présentation exhaustive une entreprise délicate sinon dépourvue d'intérêt. Pour que notre périodisation ne soit pas un défilé d'images qui nous parlent immédiatement d'elles-mêmes, transparentes à un commentaire qui énonce ce qui est déjà vu, nous proposons une description visant le mode de fonctionnement de ces dispositifs techniques et leur insertion dans l'économie d'ensemble du système d'égouts. Pour ce faire, nous employerons la catégorie *d'information*. Le recours à la notion d'information obéit à deux motifs. Tout d'abord, l'information en tant que catégorie analytique bénéficie déjà d'un travail

Systèmes unitaires : les eaux usées et les eaux de la pluie sont concentrées dans une seule canalisation. Système séparatif : il y a deux canalisations distinctes pour les eaux usées et les eaux pluviales.

important d'élaboration dans le cadre de la théorie moderne du contrôle automatique (automatic control¹). Par ailleurs, compte tenu du fait que notre investigation sur les réseaux d'assainissement concerne également la période de l'informatisation de la gestion (voir Partie m de la thèse), le recours à cette catégorie pour établir une périodisation structurée de notre objet technique paraît naturel ; grâce à la typologie des formes de l'information (notamment information analogique / information numérique)⁽²⁾ nous pourrions mesurer l'écart qui sépare l'avant et l'après de l'informatisation. La description de ces dispositifs techniques sera opérée en deux temps. Dans un premier temps, à travers des exemples, nous nous familiariserons avec leur mode de fonctionnement. Dans un deuxième temps, à l'aide de la catégorie d'information, nous passerons à une description plus "abstraite", susceptible de nous éclairer sur le rôle de ces dispositifs dans la régulation d'ensemble. Commençons par le régulateur (figure 24).

"La fonction d'un régulateur est de prévenir la surcharge susceptible d'être provoquée sur un égout d'interception, grâce à la fermeture d'une vanne automatique qui, en bloquant les eaux, les force à se diriger vers une autre sortie (...). Un régulateur d'écoulement est composé généralement d'une vanne automatique commandée par un flotteur qui monte et qui descend en même temps que le débit. Quand l'égout d'interception est rempli à sa capacité maximale, la vanne se ferme entièrement et l'écoulement d'eaux vers l'égout est alors interrompu" ⁽³⁾.

Cinq éléments interviennent et régissent le comportement du régulateur

"(...) un orifice dans la canalisation de l'égout, un conduit reliant cet orifice avec l'égout d'interception, une vanne de régulation, un flotteur pour actionner automatiquement la vanne, et un conduit de raccord qui relie les eaux contenues dans l'égout d'interception avec la chambre qui abrite le flotteur" ⁽⁴⁾.

Pour une présentation d'une clarté inégalée, voir *Automatic control*, by the Editors of Scientific American, New York, 1955.

King G., "What is information", in *Automatic control*, op. cit., pp. 83-96.

Metcalf et al., *American Sewerage...*, op.cit., pp. 597-598.

Ibid., p. 600.

L'ensemble fonctionne de la manière suivante :

"lorsque la hauteur des eaux contenues dans l'égout d'interception augmente en période d'orage, le flotteur est soulevé et provoque la fermeture ou l'abaissement de la vanne. Quand l'égout d'interception est rempli au maximum de sa capacité, la vanne se referme parant ainsi à un écoulement supplémentaire des eaux dans cet égout et permettant, au même moment, le passage direct des eaux usées et des eaux de pluie vers la rivière" (1).

En ce qui concerne les déversoirs d'orage, l'histoire en livre deux grands types. Le premier, dont l'appellation d'aujourd'hui est "déversoir latéral à seuil bas", est le plus répandu et toujours en usage, tandis que le second, développé pour la première fois en Angleterre et diffusé surtout sur le sol américain, présente plutôt un intérêt historique. Comme dans le cas du régulateur, nous illustrerons le fonctionnement de ces dispositifs, par ailleurs très simple dans leur principe, à l'aide de deux exemples (figure 25).

Le déversoir latéral à seuil bas est constitué par une ouverture faite latéralement dans le collecteur et permettant de décharger le réseau aval lorsque l'eau atteint le niveau du seuil.

En revanche, "les "leaping weirs " consistent en des ouvertures ménagées dans le fond des égouts de manière à ce que l'écoulement ordinaire se déverse dans les égouts d'interception. Lors des orages, la très grande rapidité de V écoulement fait que la plupart des eaux "ratent" les ouvertures et dépassent les égouts pour se diriger vers les exutoires" (2).

Nous passons maintenant de cette présentation des dispositifs, dépendante de leur représentation picturale, à une description faisant appel à la catégorie d'information. En effet, régulateurs et déversoirs d'orage peuvent être décrits comme des machines cybernétiques (ex type : la machine de Watt, le thermostat), fonctionnant sur la base

¹ *Ibid.*

² *Ibid.*, p. 619.

d'une information analogique (*f*) et avec une boucle de rétroaction simple (dans le cas du régulateur). Dans cette optique, le niveau de l'eau dans le collecteur-intercepteur dans le cas du régulateur et les paramètres hydrauliques de l'écoulement en aval du déversoir d'orage, tiennent lieu d'informations qui déclenchent des mécanismes de réponses (quantité de l'eau entrée dans l'intercepteur et volume d'eau déversé respectivement) selon un programme inscrit lors de leur conception dans leur structure matérielle. Ces dispositifs réagissent donc de manière différenciée à des stimuli (informations) variés ; il en résulte une stéréotypie de réponses successives selon un conditionnement prédéterminé. Un schéma convenable afin de penser le type de relation entre l'information et la réponse engendrée, est celui de S-R (stimulus-réponse). L'intérêt de ce schéma réside dans *Vidée de l'automatisme* qui lui est consubstantielle. Autre idée évoquée par le schéma : la contemporanéité. Information et réponse sont contemporaines l'une à l'autre ; le stimulus se traduit directement et de façon "instantanée" en réponse.

Automaticité, contemporanéité. Ce sont deux caractéristiques cernées des rapports entre information et réponse provoquée. Ces deux vocables mobilisés, outre leur potentiel descriptif, activent un réseau de significations tissé autour d'eux et dont les nœuds constitutifs pourraient approfondir la description. L'automatisme d'abord est intimement liée à l'idée du déterminisme, elle en constitue en effet l'une de formes les plus manifestes ; elle renvoie d'ailleurs aux idées de rigidité et de répétitivité. La contemporanéité, à son tour, en situant information et réponse sur le même niveau de temps, implique l'idée selon laquelle le dispositif n'est pas capable de médier ce qui arrive avant d'y réagir, et de se soustraire par là à la dépendance directe du stimulus. Ajoutons un mot : *stimulus local*. On touche ici quelque chose d'important à propos de l'insertion des dispositifs techniques ici décrits dans le fonctionnement global du réseau. Ces dispositifs agissent sur un

Information analogique : l'information issue d'un processus se présente sous la forme d'une quantité physique (température, vitesse...) ; elle est reconnue par le système qui la traite sous cette forme (on devrait dire seulement sous cette forme), identifiable d'une façon directe et immédiate sans la présence d'un médiateur quelconque (exemple-type : machine de watt).

Information numérique : l'information prend la forme numérique. Soumise à une opération de transcription quant à sa forme, elle se détache du monde physique qui l'a produite et pénètre l'espace abstrait et unidimensionnel du nombre-symbole.

mode de juxtaposition, en créant *autant de zones autonomes de régulation, fonctionnant sur la base d'informations locales*. Or, ce morcellement de l'espace de régulation du réseau en zones autonomes, qui ne communiquent entre elles qu'"à l'aveuglette", à travers les effets croisés et incontrôlables des programmes de régulation rigides et locaux, s'inscrit en faux contre une propriété intrinsèque à l'objet réseau : la connexité, l'interdépendance et la solidarité qui existent entre les parties qui le composent. L'absence d'un centre ayant une vision globale du fonctionnement du réseau, qui pourrait orchestrer pendant chaque pluie les programmes de régulations locales et préconditionnées, fait que l'objet réseau rencontre des obstacles à l'intérieur de son propre fonctionnement. Dans le meilleur des cas, ce manque de coordination se traduit par une sous-utilisation des potentialités de régulation inscrites dans le réseau (maillage) ; dans le pire, il introduit des antagonismes qui mettent en jeu la cohérence même de la régulation globale. Risque qui devient de plus en plus grand au fur et à mesure que le réseau s'étend, en multipliant éléments, dépendances et incompatibilités (voir Partie III, p. 299).

CHAPITRE III

Des mathématiques aux acteurs

Au long des paragraphes précédents nous avons suivi l'évolution des pratiques de régulation dans le domaine de l'assainissement. Nos objets de description étaient des êtres inanimés. Pluie, débit, coefficient d'imperméabilisation se combinaient pour donner naissance à d'autres objets également sans vie, formés de béton et d'acier : collecteurs, ouvrages de régulation. Mais les objets techniques ne vivent pas seulement entre eux. Ils habitent aussi notre monde, celui des hommes. En contact avec ces derniers, ils constituent des éléments actifs d'organisations et de relations interhumaines. Dans ce paragraphe, en abandonnant la perspective de l'ingénieur-concepteur centrée sur le fonctionnement de l'objet technique, nous tenterons de constituer la chaîne qui associe objets techniques et groupes sociaux

O- Trois grandes catégories d'acteurs semblent pivoter autour de notre réseau : citoyens-usagers, service gestionnaire et instances normalisatrices (communauté d'ingénieurs, Etat), forment un ensemble d'éléments interconnectés autour de et par l'objet technique. Dans ce qui suit, nous dresserons un tableau ordonné, comportant acteurs et rapports respectifs. Réguler un objet technique veut également dire structurer l'espace d'action propre à chaque acteur.

SECTION 1. L'USAGER ABSENT

Parler de l'utilisateur dans la régulation des réseaux d'assainissement, c'est parler plutôt d'une absence. Raison d'être du système, origine directe (eaux usées) ou médiate (eaux pluviales à travers l'urbanisation) des flux traversant l'objet technique, l'utilisateur semble être exclu du champ de régulation. Entre lui et son bien-être, un objet technique s'interpose, en prenant en charge la réalisation des objectifs déclarés d'intérêt général : assurer l'hygiène, lutter contre les inondations. L'objet technique opère la traduction de ces objectifs, en devenant ainsi leur équivalent

Sur l'idée de la chaîne unissant acteurs humains et non humains, voir les travaux de Callon et Latour. Callon M. (sous la direction de), *La science et ses réseaux. Genèse et circulation des faits scientifiques*, Paris, La Découverte, 1989 ; Latour B., *La science en action*, Paris, La Découverte, 1989 (éd. or. 1987).

technique. Si dans le cas des eaux pluviales l'utilisateur se trouve *de fait* ⁽¹⁾ marginalisé, disposant de peu de marges de manœuvre sur l'évolution d'un phénomène naturel tel que la pluie, en revanche dans le cas des eaux usées, son rôle est beaucoup plus actif. En effet, c'est lui qui par ses activités génère les flux qui vont traverser le réseau. Va-t-il se plier aux exigences du bon fonctionnement du réseau, qui imposent une sélection quant aux types d'objets ayant le droit d'y entrer ? Pour éviter les obstructions, les tuyaux ne doivent recevoir que de l'eau. Comment empêcher l'utilisateur de "*considérer l'égout comme le réceptacle complaisant de tout ce qui n'a pas de place au soleil : ordures ménagères, résidus d'urines ou d'abattoirs, sables et boues de rues ?*" ⁽²⁾. Il y a la voie juridique et la police. Mais ce dispositif de contrôle coûte cher à mettre en œuvre tout en étant peu sûr quant à son efficacité. Il y a une autre solution : l'objet technique lui-même. Laissons la parole à l'ingénieur Mayer qui présente avec une honnêteté admirable les fonctions de contrôle dévolues au siphon (figure 26).

"L'égout doit recevoir toutes les eaux, mais rien que les eaux. C'est une règle facile à poser, mais est-il possible de la faire observer ? Quels règlements, quelle police faudra-t-il pour cela ? Il y a heureusement un moyen plus sûr que les règlements et moins coûteux que la police (...). C'est le siphon. Qu'on dispose à tous les points de communication de la maison ou de la rue avec les égouts, un siphon renversé, les corps lourds et encombrants ne pourront pas le traverser. Si c'est dans la maison, ils obstrueront le branchement qui est à la charge de l'habitant ; et celui-ci sera à la fois averti et puni de sa faute. Si c'est dans la rue, ils se déposeront dans les puisards, ménagés au-dessous des bouches et les cantonniers qui auront d'abord l'obligation de les extraire, prendront ensuite l'habitude de ne plus les y envoyer" ⁽³⁾.

¹ Marginalisé une fois le réseau gravitaire choisi comme solution au problème de l'évacuation des eaux pluviales (voir § "La naissance des pratiques", p. 164). En effet, l'idéal serait de faire de l'évacuation de la pluie un phénomène totalement invisible, dont plus rien ne transparaît à la surface du sol.

² Mayer E.D., "Note sur les égouts des villes", op. cit. , p. 298.

³ *Ibid.*, pp. 298-299.

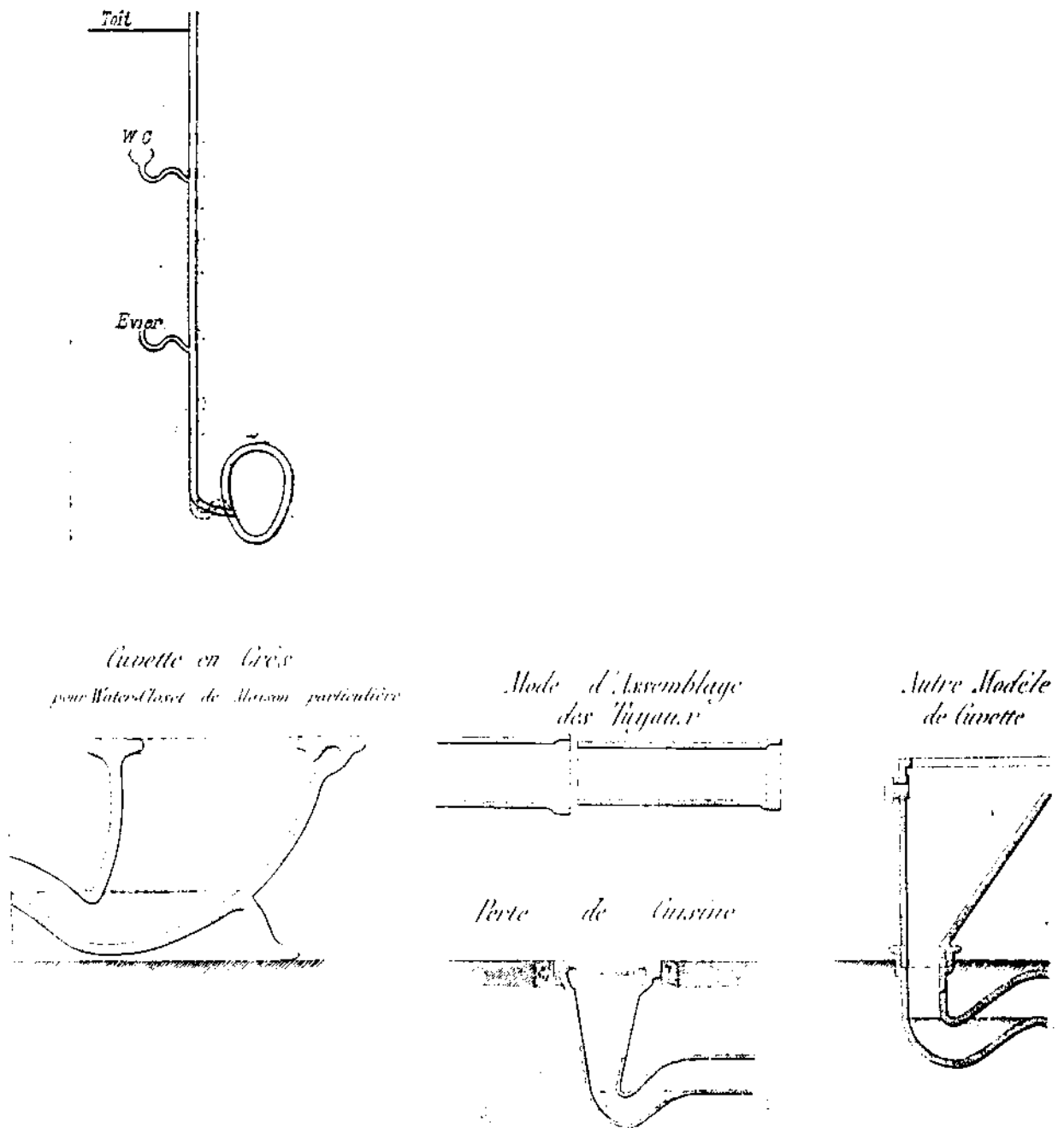


Figure 26 : Siphon

Source : Mayer E.D., "Note sur les égouts des villes", *Annales des Ponts et Chaussées*, 6^{ème} série, Tome XV, 1^{er} semestre 1888 ;
 Mille A., *Rapport sur le mode d'assainissement des villes en Angleterre et en Ecosse*, Paris, Vinchon, 1854.

Le siphon est voulu comme machine de contrôle imposant des règles de conduite et punissant les malheureux qui les transgresseraient. Moyen d'éducation sévère de l'usager, lui infligeant des sanctions qui conduisent à une intériorisation de normes de comportement, le siphon assure l'autonomie du fonctionnement du réseau d'égouts. Médiateur entre l'usager servi et l'ingénieur-concepteur, l'objet technique établit des rôles et des hiérarchies. Ingénieur fort, usager discipliné.

SECTION 2. LE SERVICE ET LA NORME (!)

Dans les paragraphes consacrés à l'historique des pratiques de régulation en matière d'assainissement, nous avons insisté sur certains traits saillants de la "méthode rationnelle", référant fort durant une période qui se prolonge jusqu'à nos jours. Ainsi, nous avons mis en relief le fait que ces pratiques débouchent sur *la conception normalisée d'un objet technique qui fonctionne à marche automatique sous l'action de la pesanteur*. La conception se présente comme le moment fort dans le cycle de vie du réseau, dans la mesure où son bon fonctionnement dépend en premier lieu des hypothèses qui entrent dans le processus de conception et de leur adéquation à la réalité qu'elles décrivent. L'autre moment de ce cycle, *l'exploitation*, se trouve de fait dans une posture d'infériorité. En s'identifiant à la tâche de préserver l'état initial du réseau, de réactualiser de manière permanente les capacités initiales inscrites dans l'objet technique une fois pour toutes par la conception, l'exploitation se présente plutôt comme une tâche annexe ne pouvant affecter le fonctionnement du réseau que de manière secondaire.

Moment qui s'applique à reproduire à l'identique le déjà existant, l'exploitation est dépourvue également des moyens qui lui permettraient d'exercer un contrôle ex post à la conception et d'en évaluer le bien-fondé. Car la conception est bien à elle-même son propre critère d'efficacité, contient bien en elle des protocoles définis de validation de la qualité de son produit (= le fonctionnement du réseau). Protocoles littéralement insaisissables par l'expérience et marqués par l'impossibilité de les mettre en œuvre dans la pratique. En effet, pour juger l'efficacité de la conception d'un réseau, on doit faire des études statistiques étalées sur une période longue

Le contenu de cette section sera développé tout au long de la Partie III de la thèse.

(disons cent ans), dénombrer les débordements qui ont eu lieu tous les dix ans et calculer ensuite la moyenne. Si cette dernière est supérieure à l'unité, la conception est défaillante *selon ses propres critères* (rappelons que le réseau est dimensionné sur la base d'une pluie de période de retour égale à 10 ans, ce qui veut dire qu'un débordement, en moyenne tous les dix ans, est prévu par les pratiques de conception). Cette opération de dénombrement, sans intérêt pratique, est presque impossible à réaliser compte tenu du cycle de vie d'un réseau (entre cinquante et cent ans). Non seulement le réseau fonctionne à marche automatique, mais son fonctionnement est également soustrait à tout contrôle empirique. Le réseau d'égouts, consécration de l'anticipation de l'avenir.

Cette dichotomie conception/exploitation, telle que définie ci-dessus, constitue la matrice pour un certain nombre de rapports qui se nouent entre les différents acteurs impliqués dans la régulation du réseau. Chaque moment fait intervenir des acteurs différents. Ainsi la conception est l'apanage de l'ingénieur, tandis que l'exploitation reste du ressort du service gestionnaire qui mobilise pour cela la fraction la plus importante de son personnel. Moments distincts qui mettent en jeu des acteurs différents, conception et exploitation, outre les rapports hiérarchiques qu'elles entretiennent, s'installent pour longtemps dans leurs propres lieux, en se concentrant sur des objectifs largement indépendants. Ce repli sur soi débouche sur une situation qui se caractérise le plus souvent par l'absence d'un espace communicationnel commun à tous les acteurs, le moment de la conception étant pratiquement indépendant des pratiques d'exploitation. En effet, s'appuyant sur une accumulation symbolique de l'information susceptible de circuler dans l'espace et le temps, grâce aux caractéristiques de la "méthode rationnelle" (voir p. 212), la conception ou l'extension d'un réseau peuvent se faire sans que des données fournies par l'exploitation soient nécessaires. Qui plus est, le peu d'échanges entre les acteurs suivent des canaux et des procédures bien codifiés (principalement via des dessins techniques standardisés) selon une logique séquentielle : l'exploitation n'intervient qu'une fois la conception terminée. On aboutit ainsi à une configuration d'acteurs où chacun poursuit dans son domaine ses activités de façon autonome et cloisonnée.

A l'origine d'une géométrie spécifique d'acteurs, conception et exploitation se distinguent également par leurs rapports au temps. Point de fuite, la conception, s'appuyant sur observations et prévisions, essaie de capter les lignes du temps,

celles du passé et du futur, dans le présent de la formule mathématique. L'exploitation, quant à elle, s'installe dans la périodicité. En effet, nous avons vu que le dimensionnement du réseau se fait principalement ⁽¹⁾ sur la base d'événements pluvieux sélectionnés, entrant dans le processus de conception. La réaction du dispositif technique est conditionnée "de toute éternité" par les hypothèses (formulées à travers les données du passé et présumées valables aussi pour le futur) entrées dans les schémas de conception et réactualisées de manière prédéterminée chaque fois qu'un événement pluvieux survient. Le service qui assure l'exploitation n'intervient pas directement sur les flux. Il s'installe, en revanche, dans le temps différé. Revêtu d'une mission consistant à assurer la pérennité du dispositif technique, le service, dans son fonctionnement dominé par des activités orientées vers des objets physiques, ignore le temps des phénomènes naturels ; mieux, il le soumet à sa propre temporalité, celle de la périodicité. Des temps périodiques et cloisonnés sont établis en matière de curage, de visites d'inspection... dont la répétition favorise le développement d'une culture d'action imprégnée de la notion d'ordre dans sa manière d'appréhender et d'exécuter les différentes tâches ⁽²⁾.

Cette même dichotomie conception/exploitation traverse les rapports entre le service local et un autre acteur, extérieur au service, que nous pouvons nommer de manière provisoire l'Etat central. Ce couple Etat central/service est parallèle à celui de pouvoir normalisateur / exécutant de normes. En effet, depuis que la méthode rationnelle a trouvé sa première formulation, nous assistons à un mouvement de normalisation des techniques de conception. A l'exception d'une période de transition relativement courte (vingt ans), durant laquelle la méthode rationnelle entre en concurrence avec des formules empiriques, l'histoire des techniques de conception s'identifie en grande partie à celle du mouvement de standardisation de la méthode rationnelle. Ainsi, les différents éléments figurant dans la démarche sont entrés dans des opérations de mise en forme standard : typologie des coefficients d'imperméabilisation en fonction des surfaces bâties, choix systématique en faveur d'une période de retour égale à dix ans quant à la pluie de dimensionnement, formes des sections, matériaux de construction... Mouvement de normalisation qui

¹ On a vu que le calcul des eaux usées par rapport à celui des eaux pluviales ne pose pas des difficultés majeures.

² Voir Partie III, p. 335.

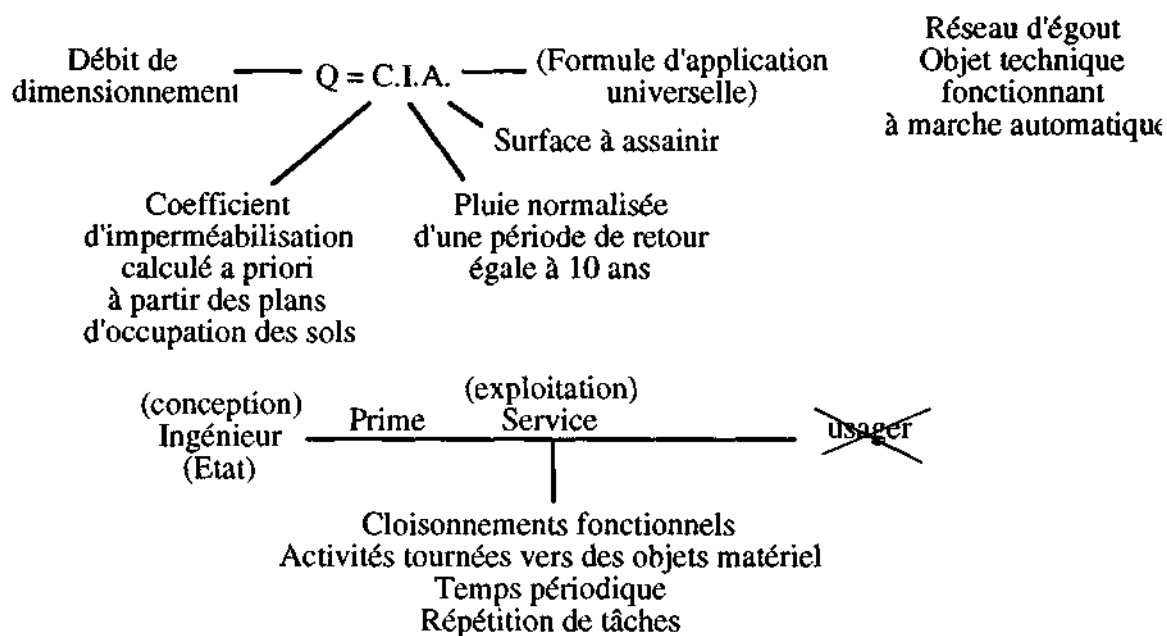
aboutit logiquement à l'instauration d'une dialectique central (pouvoir normalisateur) / local (service gestionnaire) dont les deux termes sont pris dans un rapport d'inégalité : le central prime le local en lui assignant le rôle d'exécutant des normes et en le privant de marge de manœuvre significative quant aux procédures de conception. Même dans le cas où le mouvement de standardisation des pratiques de conception n'a pas pris la forme de circulaires édictées par l'Etat central, le fait que la méthode rationnelle soit imposée comme réfèrent unique au sein de la communauté d'ingénieurs, lui a conféré *de fait* une puissance normative que le service ne saurait infléchir.

L'objet technique s'interpose alors entre une instance normalisatrice et le service gestionnaire. Matérialisation d'une pensée qui programme une fois pour toutes son comportement pour les uns, objet à préserver pour les autres, le réseau d'égouts médiatise encore une fois des rapports hiérarchiques. L'Etat prime le service, la formule universelle les spécificités du local. A la série hiérarchique <ingénieur, usager>, on peut ajouter un autre terme : «ingénieur, service, usager».

CONCLUSION DE LA PARTIE II

Dans cette conclusion de la deuxième partie de la thèse, nous nous adonnerons à un double exercice : mettre sous forme mnémotechnique les conclusions principales établies au terme de notre investigation historique ; évaluer à l'aune de ces conclusions, la solidité d'un certain nombre d'affirmations que nous avons avancées dans les paragraphes qui clôturaient la partie I de la thèse ainsi que dans l'introduction de cette partie, affirmations dont la validité demeurerait en suspens jusqu'alors. Les conclusions d'abord.

Notre investigation a débuté par la mobilisation des objets inanimés, tels que la pluie et le débit de dimensionnement, pour aboutir à l'identification des acteurs impliqués dans la régulation du réseau et leurs rapports respectifs. Parvenus à ce point de notre analyse, nous proposons de construire un tableau où des éléments humains et non humains se conjuguent afin de former un ensemble cohérent de pratiques et de normes, de dispositifs techniques et d'acteurs..., bref *un mode de régulation*. Voici ses lignes de force.



Passons maintenant à l'examen de l'affirmation selon laquelle les pratiques de régulation dans le domaine de l'assainissement sont liées à celles développées durant la même période (1890-1925) au sein de l'industrie et du métropolitain, par un réseau de ressemblances et d'identités fondamentales. Nous croyons que plusieurs éléments contenus dans notre récit sur l'assainissement confèrent à ces affirmations un socle empirique solide.

Commençons par une observation générale : la normalisation des pratiques de régulation (techniques de dimensionnement, types d'ouvrages...). Normalisation qui a emprunté des voies distinctes selon les pays mais qui est caractérisée par le même état final. C'est la méthode rationnelle qui, après avoir trouvé un visage stable au seuil des années 1920 aux Etats-Unis, sera exportée ensuite vers d'autres pays, pour devenir le référent fort en matière d'assainissement, au moins jusqu'à l'apparition des calculateurs électroniques dans les années 1960 (*). Pour ce qui concerne le cheminement vers cet état de choses (la normalisation des pratiques), notre récit met en évidence deux voies majeures. D'abord celle illustrée par les Etats-Unis, où la normalisation est l'œuvre de l'association des Ingénieurs Civils, qui, après l'avoir produite, la diffuse sur l'ensemble du territoire à l'aide des manuels. Nourrie des débats, scandés par des confrontations avec des pratiques alternatives (méthode empirique), la transformation de la méthode rationnelle en système canonique des pratiques se présente comme le produit lent d'un processus de communication-argumentation, développé à l'intérieur de la communauté des ingénieurs. Toute autre est la voie illustrée par la France, où l'implication de l'administration dans la normalisation est beaucoup plus directe. S'appuyant sur les travaux de Caquot, menées plutôt dans l'isolement, la canonisation des pratiques prend ici la forme d'une circulaire édictée par l'Etat en 1949. Ce dernier, liant conditions de financement des travaux et application de recommandations contenues dans la circulaire, va imposer pendant trente ans environ sur le territoire national la formule de Caquot.

Sur l'utilisation des calculateurs électroniques et des modèles de simulation en hydrologie urbaine, voir Débordes M., *Contribution à l'analyse et à la modélisation des mécanismes hydrologiques en milieu urbain*, thèse d'Etat, Université des sciences et techniques du Languedoc, 1987.

Mais au delà du fait qu'ils s'appuient sur des pratiques normalisées, les trois modes de régulation présentés, développés *grosso-modo* durant la même période, partagent également d'autres traits communs. Ainsi, pour ce qui concerne les "référentiels" à l'œuvre dans leur constitution, ces derniers sont peuplés par les mêmes valeurs, mobilisent des systèmes de représentation et des formes de savoirs codifiés identiques. Parmi les valeurs, celle de l'automatisme est revendiquée partout explicitement et mise en œuvre systématiquement. L'idéal analytique en compagnie de l'outillage statistique a produit des outils puissants et décisifs pour la matérialisation et le fonctionnement de nos modes de régulation. Dans le cas du Taylorisme, l'analyse va déboucher sur les temps opératoires dont la combinaison produira l'ouvrier moyen. Ce dernier, être fictif et jamais rencontré dans l'usine, va devenir l'instrument principal de sa gestion. Dans l'assainissement le même mouvement à double face de décomposition/recomposition va produire la pluie du projet et la méthode rationnelle (voir p. 231). De façon moins apparente, le voyageur-type qui a servi de base pour la conception des stations du métro (voir pp. 118-120), ne participe-t-il pas du même mouvement de schématisation à travers lequel l'Ingénieur va ramener la complexité du monde à une forme lisible et exploitable du point de vue opérationnel ?

Référentiels armés des puissants outils de représentation (plans, statistiques,), ils vont ménager les mêmes rapports hiérarchiques pour les moments de la conception et de l'exploitation. C'est la première qui prime, au point d'en devenir indépendante, la seconde. Animé par une volonté de transparence et d'anticipation, l'ingénieur, après avoir disséqué les éléments composant le fonctionnement du système à réguler, va essayer de (et réussir en grande partie) isoler le système (on a vu que l'utilisateur/consommateur est neutralisé dans le cas de l'assainissement), objectiver dans des structures matérielles, monter des mécanismes et engrener des rouages, de sorte que, si possible, une fois la première impulsion donnée, le système puisse assurer par son propre mouvement son auto-régulation. Rien d'étonnant, donc, à ce que dans ce monde calculé d'avance, les autres acteurs fassent figure d'exécutants. Placés à l'intérieur de structures organisationnelles cloisonnées, les acteurs s'adonnent à des tâches répétitives et fixées à l'avance, tandis que leurs communications passent par des canaux codifiés et des procédures normalisées (dessin, ratios).

Nous nous arrêtons là quant aux similarités que l'on peut observer dans les trois modes de régulation. Dans la partie III de la thèse, consacrée aux mutations actuelles dans l'assainissement, on aura l'occasion de constater que l'évolution du mode de régulation dans ce domaine suit des chemins analogues à ceux des deux autres modes de régulation.

Partie III

De la routine à la crise.

Les mutations actuelles dans le secteur de l'assainissement

INTRODUCTION

Dans cette partie, nous tenterons de dresser un tableau succinct de l'état actuel de l'assainissement en France ⁽¹⁾ du point de vue des pratiques de régulation. Résultat d'évolutions sociales vécues par les acteurs concernés (surtout le service gestionnaire) comme des puissances objectives faisant irruption de l'extérieur, mais également sous-produit du fonctionnement quotidien du système durant son passé, la situation actuelle est marquée par une effervescence aisément perceptible. De nouvelles conceptions quant à la gestion des flux, telles que le stockage temporaire des eaux pluviales dans des bassins de retenue, défient les prérogatives de l'évacuation immédiate, doctrine exclusive jusqu'alors, et altèrent la structure linéaire de l'objet technique. D'autres mutations, telles que l'apparition sur la scène de l'assainissement autonome et plus généralement de ce qu'on appelle les techniques alternatives, visant à empêcher ou à temporiser l'entrée des eaux dans les collecteurs, concurrencent directement la réalité du réseau, en tant qu'unique objet technique impliqué dans la régulation. L'informatisation de la gestion introduit

Après une partie II cosmopolite, nous centrerons notre récit sur la France afin d'étudier les phases B et C du mode de régulation. Outre l'argument de la "contiguïté" du chercheur et de son objet (accès aux données, possibilités d'effectuer des analyses de terrain ...), le choix de la France obéit à un motif supplémentaire qui n'est pas cette fois-ci d'ordre pragmatique. A l'opposé d'autres pays tels que l'Angleterre ou les Etats-Unis, où les symptômes d'une crise des réseaux d'assainissement sont beaucoup plus manifestes (effondrement des réseaux..., (voir la thèse de doctorat de Triantafillou C, *La dégradation et la réhabilitation des réseaux d'assainissement : France - Angleterre - Etats-Unis*, Paris, ENPC, 1987), la crise en France, moins spectaculaire, présente plus d'intérêt pour notre travail. En effet, en Angleterre et aux Etats-Unis, la crise constatée est la résultante d'une crise de mode de régulation et de l'action des facteurs qui lui sont exogènes : entretien insuffisant et abandon des infrastructures, qui très souvent datent du siècle précédent (en Angleterre, 40 % des réseaux seulement ont moins de 30 ans), carence technique et financière, utilisation non appropriée des équipements (en Angleterre, jusqu'en 1974, il n'y a pas de restrictions sur la nature des effluents déversés dans le réseau), contexte institutionnel local qui privilégie des opérations visibles (dont l'assainissement ne fait partie qu'une fois la crise déclenchée) aux Etats-Unis ... En revanche, dans le cas de la France, la plupart des réseaux sont conçus, construits et fonctionnent sous le regard d'une normalisation poussée (circulaire de 1949). Leur jeunesse ainsi que l'existence d'une organisation institutionnelle permettant jusqu'à aujourd'hui un entretien pas trop déficient, porte à croire que la crise est, de prime abord, une crise du mode de régulation décrit dans la partie II de la thèse.

le temps réel dans le service gestionnaire et bouleverse des pratiques et des réflexes bien établis, tout en réaménageant l'espace des acteurs du système de la régulation. La montée d'une sensibilité portant sur l'état de l'environnement, et de manière plus générale, la manifestation d'une exigence de plus en plus prononcée en matière de qualité de vie urbaine, tendent à accroître le volume des devoirs incombant au service. Voici les parties essentielles de notre tableau.

Cette effervescence s'appuie sur un constat unanimement partagé, selon lequel construire et préserver des objets techniques normalisés a cessé d'être une option satisfaisante. De là, la bifurcation en matière de pratiques, l'apparition des nouvelles lignes et directions dans l'espace de la régulation. Avant d'essayer d'établir une topographie systématique de ce nouveau paysage, afin de passer d'une réalité sous forme d'écheveau à une totalité lisible, nous voudrions décrire rapidement les étapes successives et les processus ayant abouti à la situation présente. En reprenant notre historique là où il avait été laissé à la fin de la partie précédente (l'instauration des pratiques normalisées), et à l'aide de la grille d'analyse établie au cours de notre chapitre consacré au concept de mode de régulation (phases B et C du mode de régulation), nous essayerons de retracer les étapes les plus importantes qui ont jalonné le parcours du système de l'assainissement jusqu'à nos jours, une fois les normes érigées.

Ainsi la présente partie s'organise autour de quatre chapitres. Le premier retrace brièvement les phases B (institutionnalisation) et C (crise) du mode de régulation, dont les caractéristiques générales sont exposées à la fin de la partie précédente. Le deuxième chapitre focalise son attention sur les changements, tant techniques que sociaux, définissant le contexte à l'intérieur duquel les acteurs de l'assainissement (essentiellement le service gestionnaire) déploient leurs stratégies actuelles. Dans le troisième chapitre, à travers une analyse des mutations qui ont affecté le service de la Seine-Saint-Denis, nous aborderons la question relative à la redistribution des rôles entre les acteurs de l'assainissement ainsi que celle portant sur les nouvelles réalités organisationnelles qui semblent émerger. Enfin, le quatrième chapitre sera une tentative de mise en réseau des éléments évoqués dans les trois chapitres précédents. Nous croyons entrevoir déjà, dans cet espace encore fluide, composé de pratiques en cours d'expérimentation et d'efforts souvent indécis, quelques lignes de sédimentation, dessinant les contours d'un nouveau mode de régulation. La partie s'achève sur une discussion théorique au sujet de la performance d'un

service d'assainissement dans des contextes (technologiques, système d'acteurs...) variés. Cette discussion servira d'introduction théorique à la quatrième partie de la thèse, où la question de la performance d'un service adapté au contexte actuel sera posée en des termes plus opérationnels.

CHAPITRE I

Urbanisation et routines (phases B et C du mode de régulation)

Le 3 octobre 1988 des précipitations exceptionnelles tombent sur la région de Nîmes. Des ruissellements chargés de boue et de débris divers, provenant des bassins versants en amont, confluent vers la ville. Résultat : des dégâts considérables en l'espace de quelques heures.

Depuis une vingtaine d'années des défaillances chroniques des réseaux d'assainissement, qu'il s'agisse de lutte contre les inondations ou de protection des milieux hydriques récepteurs, sont constatées (¹). Quelles sont les causes de ces performances médiocres ?

Le présent chapitre est consacré au traitement de cette question. Conformément au schéma théorique que nous avons exposé dans la première partie de la thèse (²), les analyses qui suivent vont essayer de reconstituer les deux lignes de causalité qui conduisent le mode de régulation dans un état de crise. Nous commençons par retracer la première ligne, celle qui trouve son origine dans les mutations affectant l'environnement du système socio-technique (l'assainissement). Ensuite, en s'installant à l'intérieur du mode de régulation en place, nous examinerons comment l'auto-transformation du système, intervenue graduellement et sous l'impulsion des pratiques développées en son sein, participe à son régime de crise.

Voir rapidement l'article de synthèse de Desbordes M. et al., "Les eaux pluviales dans les villes", *La Recherche*, n° 221, mai 1990, pp. 582-589. et la thèse de doctorat de Triantafillou C, *La dégradation et la réhabilitation des réseaux d'assainissement : France - Angleterre - Etats-Unis*, ENPC-CERTES, 1987, chapitre III. Pour une étude de cas voir Dupuy G., *L'assainissement dans l'agglomération bordelaise*, OCDE, 1978.

Voir nos analyses, pp. 149-150.

SECTION 1. L'URBANISATION

1. L'urbanisation : cause et défi

Conçu explicitement comme un moyen "discret" au service du fonctionnement des systèmes urbains, capable d'apporter des solutions aux problèmes d'inondation et d'hygiène sans s'immiscer dans les politiques de gestion des sols, le réseau d'assainissement a été condamné dans le passé à subir les évolutions de l'urbanisation, dans une course où il occupait constamment la seconde place et jouait le rôle du sollicité. On ne s'étonnera donc pas que l'urbanisation se présente comme le facteur exogène le plus influent, qui, faisant irruption de l'extérieur, n'a cessé de ronger les potentialités du mode de régulation en place.

1.1. L'urbanisation en tant que cause

Entre 1950 et 1970, la population urbaine passe de 23 à 35 millions d'habitants, ce qui augmente sa part dans la population totale de 53 % à 70 % (0). Or, entre le phénomène de l'urbanisation et le débit des eaux pluviales à évacuer, les rapports sont multiples. Rapports d'abord indirects : l'urbanisation entraîne une augmentation du volume des précipitations sur les zones urbaines, du fait de l'augmentation de la température moyenne des centres. Rapports directs ensuite : l'urbanisation, de par l'imperméabilisation des sols qu'elle produit, cause un accroissement important des volumes ruisselés (proportionnellement au pourcentage de surface imperméabilisée). Parallèlement, l'imperméabilisation (²), en améliorant le drainage superficiel, diminue le temps de concentration (temps mis par l'eau pour atteindre le premier ouvrage d'évacuation). Conséquence inévitable : une augmentation du débit de pointe, à l'origine d'inondations de plus en plus fréquentes depuis la fin des années 60. Victimes principales de cette hausse des débits de pointe, les quartiers-centres des villes, qui subissent les conséquences d'une urbanisation périphérique s'étalant dans le temps, ce qui fait que les problèmes apparaissent avec une hystérésis qui diminue la rapidité et l'efficacité des

Sur l'urbanisation, voir Roncayolo M., *Logiques urbaines*, op.cit.

dont la croissance est à mettre sur le compte d'une option pour ses formes urbaines qui accordent une place importante au véhicule individuel

réactions. Partis à potentiel économique élevé, les centres-villes, appellent avec insistance des travaux de renforcement du réseau existant, renforcement qui passe principalement par l'implantation de collecteurs de plus en plus grands, destinés à absorber les eaux supplémentaires. Or cette solution, aux apparences simples, se heurte ici à des problèmes redoutables.

La construction et la pose de collecteurs, d'une taille qui va croissante, dans les rues anciennes du centre, souvent étroites, supports d'un trafic intense, et bordées d'immeubles vétustés, n'est pas une opération facile. Coûts d'entretien supplémentaire pour le réseau existant à cause de sa détérioration physique due à la mise en charge des canalisations, servitudes accrues, risque d'affaissement de terrains, difficultés d'ordre technique accompagnent la réponse de l'ancien mode de régulation face à des inondations qui ne semblent pas reculer. A tout cela, s'ajoute le problème d'indemnisations ⁽¹⁾. Les inondations, non seulement se manifestent avec des fréquences élevées, mais causent également des dégâts qui coûtent de plus en plus chers. Ceci s'explique par une utilisation accrue du sol et du sous-sol urbain ; soit à usage d'habitation, soit pour abriter des équipements sensibles, tels que les centraux téléphoniques ou les équipements informatiques ⁽²⁾, le sous-sol a acquis ces derniers temps le statut d'un objet précieux.

Mais les effets de l'urbanisation ne se traduisent pas uniquement par une baisse des capacités du mode de régulation en place pour la lutte contre les inondations. Ils affectent également son efficacité en matière de protection de l'environnement. Et cela en actionnant de manière intempestive et avec une fréquence de plus en plus élevée, les déversoirs d'orage installés sur le réseau unitaire. Conçus dans le cadre de l'ancien mode de régulation pour fonctionner sur une base mensuelle, afin de rejeter dans le milieu récepteur le mélange des eaux usées et des eaux de pluie ne pouvant être admises en totalité dans les installations de traitement, les déversoirs d'orage, à la moindre pluie, livrent passage dans le cours d'eau à des flots pollués.

Des préoccupations relatives à l'indemnisation se trouvent exprimées dans le rapport intitulé *Approche rationnelle des décisions concernant la lutte contre les nuisances dues aux inondations*, Service central de l'Hydrologie et de l'Environnement, Ministère de l'Équipement, novembre 1977.

Les grands orages de la fin du mois de juin 1990, responsables des perturbations importantes des réseaux de communication, nous ont rappelé cet aspect du problème.

Qui plus est, les prémisses qui ont présidé à l'adoption de la solution "déversoir d'orage" sont devenus entre-temps caduques. En effet, le fonctionnement de ces ouvrages reposait sur le principe de dilution des éléments chimiques et bactériens contenus dans les eaux usées, les eaux de pluie étant supposées sans risque pour la santé ou la qualité du milieu récepteur. Cette dernière, entre temps, telle une réalité protéiforme, change de statut. Elle devient pour l'environnement aussi dangereuse que les eaux usées, en transportant des polluants en quantités impressionnantes 0.

Inondations fréquentes, pollution accrue, sont deux conséquences importantes de l'urbanisation, qui lancent des défis à l'ancien mode de régulation. Elles ne sont pas les seules. Avec l'explosion de l'urbanisation, le mode de régulation va rencontrer le problème de la rareté des sols, autrement dit, il va se heurter à des terrains de plus en plus hostiles au développement d'un réseau d'égout. Ainsi la topographie plane du terrain entraîne une pose linéaire d'égouts de plus en plus longs (afin d'assurer la pente nécessaire) entrecoupés de nombreux postes de refoulement : il en résulte des coûts de construction et de fonctionnement élevés. De même, l'installation de réseaux gravitaires sur des terrains de mauvaise qualité se solde le plus souvent par des poses d'égouts relativement médiocres, en raison de la multiplication des contraintes rencontrées sur les chantiers et de l'absence quasi-générale jusqu'à la fin des années 1970 de tests de réception. Or, il est évident que les conditions de construction et de pose des installations jouent un rôle considérable dans l'évolution de la structure du réseau. Les défauts concernant cette phase initiale de l'ouvrage (lit de pose inadéquat, mauvaise réalisation des joints, pente insuffisante...) constituent des causes très fréquentes de détériorations (fissure des canalisations, joints fuyards, stagnation des effluents, encrassement...), et se traduisent par des dépenses supplémentaires pour une réhabilitation précoce mais nécessaire du réseau.

Voir rapidement *Mémento sur l'évacuation des eaux pluviales*, op.cit., pp. 160-180. Pour certains paramètres comme les matières en suspension (M.E.S.) ou la demande chimique en oxygène (D.C.O.), les charges annuelles véhiculées par les eaux pluviales sont du même ordre de grandeur que celles des eaux usées venant du même bassin versant.

1.2. *L'urbanisation en tant que défi*

Jusqu'ici, nous avons mis l'accent sur les épreuves auxquelles le mode de régulation en place est soumis, suite à l'explosion de l'urbanisation. Nos analyses présupposaient donc une urbanisation déjà réalisée. Dans ce paragraphe, nous allons examiner de près un autre facteur qui a déstabilisé sérieusement l'ancien mode de régulation et a participé énergiquement à sa remise en cause : les difficultés croissantes de viabilisation de terrains, dues en partie au mode de régulation en place. Difficultés qui ont fait appel à des solutions, qui à terme ont participé à la désintégration de ce dernier.

La circulaire Chalandon de 1969

En 1966, paraît dans le *Moniteur des travaux publics et du bâtiment*, un article dont l'objectif est de faire un premier bilan des travaux réalisés en France après la normalisation des pratiques de conception des réseaux, intervenue en 1949 sous forme de circulaire (Partie II p. 226). Tout en rendant hommage aux promoteurs de la normalisation pour la pertinence de leurs prescriptions, l'auteur n'en reconnaît pas moins que la circulaire de 1949 a "*quelque peu vieillie au moins sur certains points*"¹). Parmi les points à revoir figure la question de l'urbanisation, certaines dispositions de la circulaire excluant "*la possibilité de toute extension un tant soit peu importante de l'habitat à l'amont du réseau*"²). Voyons comment.

Les années 60 sont marquées par des politiques de construction d'une grande envergure, menées sous l'égide de l'Etat. Ces politiques viennent buter sur l'obstacle foncier, qui s'exprime entre autres par une pénurie de sols constructibles³). De là, une politique de la part de l'administration dont l'objectif est de "*créer le plus de sols constructibles possibles, de manière à équilibrer le marché foncier. Il faut poser comme règle que tout sol a vocation d'être construit et que les exceptions*

¹ Garancher, "Les réseaux d'assainissement. Evolution de la conception et de l'exploitation", Le *Moniteur des Travaux publics et du bâtiment*, n° 47, 19 novembre 1966, p 17. La plupart des points évoqués concernent surtout les conditions de l'entretien.

² *Ibid.* p. 19.

³ Pour des analyses poussées, nous renvoyons le lecteur aux travaux de P. Veltz, *Les plans d'occupation des sols*, Paris, Copedith, 1975, (étude financée par le Ministère de l'Équipement et la D.G.R.S.T.)

à cette règle doivent rester des exceptions" (1). Or, parmi des conditions de constructibilité, figurent les équipements collectifs nécessaires, dont les coûts élevés peuvent être dissuasifs pour des opérations de construction. Pour faire face à cette menace, le Ministre invite à "*lutter contre le perfectionnement en matière de normes d'équipement*" (2). L'assainissement est directement interpellé par cette proposition, dans la mesure où les pratiques codifiées en matière de conception (réseaux d'égouts souterrains, protection décennale) contribuent pour une large partie aux coûts élevés des infrastructures qui doivent équiper les terrains à construire. Ainsi, le 19 mars 1969, le Ministre signe une circulaire qui vise à créer les conditions permettant une réduction des coûts des logements, notamment des logements sociaux, dans les opérations de ZAC et de rénovation. En reprenant à son compte une recommandation "révolutionnaire" contenue dans l'article de 1966(3), et qui préconisait le recours éventuel au ruissellement superficiel, la circulaire de 1969 met directement en cause deux piliers de l'ancien mode de régulation : l'égout souterrain et la protection décennale.

"On doit se rappeler que l'écoulement superficiel est la solution la plus économique ; l'utilisation des ruisseaux et cours d'eau existants, de fossés ou de dépressions intégrés dans un aménagement des espaces verts, comme celui des caniveaux de chaussées peut suivant les circonstances locales réduire singulièrement le développement du réseau proprement dit (...). Le choix de la période d'insuffisance du réseau a également une grande influence sur le dimensionnement d'un réseau pluvial ou unitaire. L'insuffisance décennale normale dans les zones fortement urbanisées, ne doit pas être appliquée indifféremment à tous les ouvrages. L'examen des conditions dans lesquelles s'écouleront les eaux pour des précipitations dépassant les hypothèses de calcul pourra amener à mieux utiliser les possibilités d'écoulement superficiel, et à réduire la période d'insuffisance de tout ou partie du réseau par exemple à cinq ans, à deux ans ou même moins" (4).

¹ Chalandon A. (Ministre de l'Équipement), *Le Moniteur des Travaux publics et du bâtiment*, n° 38, 21 septembre 1968, p 35.

² *Ibid.*

³ voir note 1, p. 295.

⁴ cité par G. Dupuy et al., *Assainir la ville hier...* op. cit. p. 40.

La circulaire Chalandon n'avait pas de suite immédiate sur le plan réglementaire dans le cas de l'assainissement (¹). Le mode de régulation en place garde toujours les assises institutionnelles que la circulaire de 1949 lui confère. Mais le message contenu dans le circulaire de 1969 sera entendu sur le terrain, là où le mode de régulation en place posera le plus de problèmes. Ce sont les villes nouvelles, qui commencent à se développer à partir des années 70, qui vont ouvrir une première brèche dans l'édifice normatif de l'ancien mode de régulation.

En effet, les villes nouvelles désignent un seuil qualitatif dans les processus d'urbanisation, de par l'ampleur des opérations nécessaires en termes d'infrastructures et d'équipements collectifs. Pour ce qui concerne l'assainissement, les aménageurs ont dû agir sur plusieurs fronts. Il a fallu collecter d'abord les eaux de pluie provenant de très vastes zones, largement imperméabilisées. L'application des normes, contenues dans la circulaire de 1949, donnerait à l'aval du réseau des collecteurs d'une taille impressionnante (il s'agit de collecteurs de 4 mètres de diamètre). Au problème de taille viennent s'ajouter ceux de la topographie et des exutoires. Les sites des villes nouvelles n'ont pas été choisis en fonction des possibilités d'une évacuation aisée des eaux pluviales, mais plutôt pour des raisons de disponibilités foncières. Or, parfois, le relief ne présente pas une pente naturelle suffisante, ce qui nécessite des collecteurs profondément enfouis, d'où des terrassements impraticables ou des fonçages difficiles. Mais il y a plus encore. Il faut trouver des exutoires susceptibles d'évacuer les débits correspondants, ce qui n'est pas toujours le cas. Parfois les rivières qui peuvent servir d'exutoires (cas de Saint-Quentin-en-Yvelines) ont des débits très faibles par rapport aux effluents qu'elles doivent recevoir en cas de fortes pluies. Des travaux d'aménagement coûteux (aménager le lit de rivière ou même le doubler par des conduits, de façon à accroître leur capacité d'évacuation), s'imposent dès lors. Qui plus est, tous ces travaux d'assainissement qui seraient utilisés à plein rendement seulement une fois l'urbanisation achevée, c'est à dire à un terme de quinze ou vingt ans, exigent une construction immédiate nécessitant des sommes tellement considérables que la réalisation de nouvelles villes selon l'échéancier prévu aurait été compromise.

Sur les résistances à la politique de Chalandon, émanant des services même de l'Etat (DDE, services techniques de la base.) voir P. Veltz, *Les plans d'occupation des sols...* op. cit.

Face à ces problèmes, les équipes d'aménagement, soutenues par le secrétariat général des villes nouvelles, rattaché au Premier Ministre, vont "shunter" la doctrine de l'évacuation immédiate, en adoptant une solution, à l'époque clandestine, entérinée ensuite par la circulaire Loriferne en 1977 (¹) : les bassins de retenue. Il s'agit d'interposer entre l'amont et l'aval du réseau d'évacuation des zones de stockage des eaux. Ainsi, lors des grandes pluies, les eaux pluviales, qui transitent dans les canalisations en amont, viennent d'abord remplir le bassin où elles sont stockées avant d'entrer dans le réseau aval avec un débit contrôlé et réduit.

Inondations fréquentes, difficultés à viabiliser les terrains situés en amont des réseaux saturés, villes nouvelles, problèmes d'emplacement, coûts de pose et d'entretien de plus en plus élevés..., au milieu des années 70, une accumulation de problèmes, qui trouvent de manière directe ou médiate leur origine à l'urbanisation, met à l'épreuve l'efficacité de l'ancien mode de régulation, et déclenche une recherche active des solutions nouvelles dans un contexte technique et socio-économique qui ne cesse d'évoluer.

Nous consacrerons notre deuxième chapitre à ce contexte de l'après-crise où le nouveau est né, tout en cherchant encore son visage stable. Mais avant de quitter ce chapitre et dans le but de compléter notre analyse de la crise du mode de régulation en place, nous aimerions ajouter un paragraphe sur les facteurs endogènes cette fois-ci au mode de régulation qui ont participé à sa crise. Conformément aux canons méthodologiques exposés à la partie I de la thèse, nous essaierons de montrer comment la dynamique interne du mode de régulation — i.e., les effets produits sur son évolution à la suite des pratiques installées en son sein — , contribue à sa crise.

Sur l'histoire de la circulaire Loriferne, voir G. Dupuy et al. *Assainir la ville...* op cit. Signalons seulement que la nouvelle circulaire affiche explicitement un statut provisoire. *"L'avancement de la recherche en hydrologie urbaine et le développement des programmes expérimentaux permettront peut-être d'élargir leurs champs d'application et éventuellement de modifier certains choix faits dans la nouvelle instruction qui n'a pas la prétention de demeurer en vigueur aussi longtemps que sa soeur aînée"*. Propos trouvé dans un ouvrage-commentaire de l'instruction, écrit par un certain nombre de participants de la Commission qui a rédigé la circulaire Loriferne. Fouquet P. et al. (sous la direction de), *Evacuation des eaux pluviales urbaines*, Paris, Presses de l'ENPC, 1978.

SECTION 2. LES PARADOXES DE LA ROUTINE

Une fois la crise déclenchée, on assiste à un acte réflexe : renforcement du réseau par l'implantation de collecteurs de plus en plus grands, destinés à absorber les eaux supplémentaires. C'est ici qu'intervient la "*logique auto-réfutante*" de la norme (voir Partie I, pp. 147-148). Le développement continu d'un réseau composé de collecteurs dont la taille va croissante a comme corollaire non voulu, une *augmentation du débit de pointe*. En effet, plus on équipe le réseau de nouvelles canalisations importantes, plus on facilite l'écoulement qui y transite, et par voie de conséquence logique, plus le temps de concentration se trouve diminué, ce qui tend à augmenter le débit de pointe. L'application mécanique et non réfléchie des formules de dimensionnement standardisées (celles proposées en France par Caquot) à des bassins versants⁽¹⁾ de plus en plus étendus, ne fait qu'empirer la situation. Rappelons qu'avec les techniques disponibles jusqu'alors tout réseau est conçu au coup par coup. Des collecteurs s'ajoutent au tissu existant sur le mode de la juxtaposition, puisque chacun d'eux est dimensionné sur la base d'un événement pluvieux normalisé qui lui est propre (pluie de dix ans). Il en résulte que les interactions entre les parties constitutives du réseau au cours d'une pluie concrète, restent insaisissables et a fortiori non maîtrisées. Or la complexité du réseau, qui doit assainir des surfaces toujours plus vastes, accentue le nombre et l'importance de ces interactions, à l'origine de surprises et de réactions inopinées. Pluie et débit ne partagent plus la même fréquence de retour (hypothèse à la base de la méthode rationnelle et de celle de Caquot qui en est une variante). Des événements pluvieux qui ne devraient pas causer des débordements ne cessent d'inonder à cause de ce jeu d'interactions locales, qui, créant des solidarités mouvantes et imprévisibles entre les parties du réseau, se manifestent régulièrement et de façon de plus en plus intense. Il en résulte un processus en spirale au cours duquel l'offre crée sa propre demande : une partie des capacités des collecteurs à construire sera sollicitée en vue

⁽¹⁾ Bassin versant : on appelle bassin versant d'un collecteur d'assainissement en un point, la surface limitée par le contour à l'intérieur duquel l'eau précipitée se dirige vers ce point, additionnée s'il y a lieu des bassins versants des canalisations aboutissant au collecteur.

d'absorber des débits de pointe provoqués par des collecteurs déjà en place. L'application inconsidérée des normes de conception fait entrer de plain pied le réseau dans une phase de rendements décroissants. Pour employer le langage des économistes, l'utilité marginale de chaque nouveau collecteur rétrécit comme une peau de chagrin.

Ce tableau, rapidement brossé, était en partie prévisible. En effet, la méthode rationnelle se développe sur la base d'une distinction entre bassins petits versant (cas des zones urbaines à l'époque) et bassins étendus. Or, la ligne qui sépare les bassins selon leur taille est celle qui les différencie aussi du point de vue de leur réponse hydraulique ⁽¹⁾. L'adjectif "petit" rend les hypothèses sur lesquelles la méthode rationnelle s'appuyait suffisamment réalistes pour être opérationnellement efficaces. Il neutralise d'abord le temps. Le fait qu'on travaille sur des superficies réduites et par conséquent avec des temps de concentration relativement peu longs, rend plausible l'hypothèse de l'homogénéité de la pluie dans l'espace et le temps (voir Partie II, paragraphe sur la pluie). C'était cette conjecture raisonnable, ainsi que l'indépendance fonctionnelle de chaque grand émissaire (chacun desservant un bassin versant autonome du point de vue hydraulique), qui conféraient à la méthode rationnelle son caractère réaliste. Or, *l'application mécanique et méthodique* de normes à des bassins de plus en plus étendus et mis en relation par des collecteurs de travers a sapé les conditions de validité de cette formule. On est en présence d'une situation où la norme, érigée en objectif en soi, fonctionne comme écran entre une réalité qui se transforme sous son impulsion et la représentation que les acteurs supposés la gérer s'en font. La soumission à la formule standardisée a dépassé le niveau nécessaire à la réalisation des buts assignés à cette dernière, pour acquérir une autonomie déroutante. Application inconditionnelle de la norme et érosion graduelle de ses conditions de validité dans un mouvement d'oubli, vont de pair.

La distinction entre *petits* bassins (urbains) et *grands* bassins (ruraux) auxquels on attribuait des comportements hydrauliques différenciés, était bien présente lors de l'élaboration de la méthode rationnelle ; voir Hoxie R., *Excessive rainfalls...*, op.cit., p. 75, pour la distinction entre "*smaller drainage areas*" et "*larger bassins*". La circulaire Loriferne, qui en 1977 a remplacé la circulaire Caquot, diminue de manière drastique le domaine de validité de la formule de Caquot (ajustée). La borne supérieure est ramenée à 200 hectares.

La même routine qui applique de manière mécanique et irréfléchie des formules de conception, devenues entre temps problématiques, s'installe de proche en proche au sein du service gestionnaire. Le partage absolu de rôles, qui au demeurant n'évoluent guère dans la durée, entre "les acteurs" qui s'occupent du fonctionnement hydraulique du réseau (= normes de dimensionnement) et ceux qui assurent la pérennité du dispositif technique (= le service gestionnaire), ne fait qu'assombrir les couleurs déjà inquiétantes du tableau. Ainsi, l'indifférence du service gestionnaire à l'égard de toute question qui ne porte pas sur la structure matérielle du réseau, une fois cette dernière conçue, se trouve fréquemment à l'origine des modifications (perturbations) de son régime hydraulique. Travaux d'entretien insoucieux des pollutions provoquées ⁽¹⁾, actions intempestives portant sur les ouvrages de régulation ⁽²⁾, branchements erronés ou clandestins ⁽³⁾, autant de réalités ordinaires qui mettent à jour un espace de régulation éclaté, où acteurs de flux et opérateurs d'objets techniques ne se croisent plus, chacun suivant ses objectifs propres.

Que faire ?

Informations recueillies pendant des entretiens avec les responsables du service de la Seine-Saint-Denis.

Informations recueillies pendant des entretiens avec les responsables du service de la Seine-Saint-Denis.

Sur l'ampleur du phénomène, voir l'étude *Analyse de la traitabilité des matières en suspension en vue de faciliter la sélection de filières appropriées*, Rapport CSTB - Cellule Eaux et Déchets, janvier 1989.

CHAPITRE II

Les mutations actuelles

SECTION 1. LE CONTEXTE TECHNIQUE

1. Les bassins de retenue

Contre la défaillance de la technique, une technique autre : les bassins de retenue, lieux de stockage temporaire des eaux pluviales (voir figure 27). A la pureté du principe de l'évacuation immédiate, s'opposent l'enchevêtrement du stockage, de l'évacuation différée et de l'écoulement direct. En ce qui concerne l'historique de la réception des bassins de retenue en France, nous renvoyons à des auteurs qui ont traité en profondeur ce sujet (1)• En revanche, nous aborderons ici une question restée périphérique par rapport à leurs préoccupations centrales : l'insertion du bassin dans l'économie d'ensemble du réseau et ses effets imprévus.

Tout d'abord, le bassin de retenue n'est pas une découverte des temps présents. En Allemagne, on l'évoquait dès le début du siècle, comme solution permettant une diminution considérable du dimensionnement des collecteurs en aval. Or, son utilisation s'est longtemps heurtée à plusieurs écueils, mis en évidence par les praticiens de l'assainissement (2). Le premier n'est autre que le caractère unitaire du réseau d'assainissement, prédominant durant une longue période, qui rendait les conditions d'exploitation d'un bassin très onéreuses (risque de fermentation...). Le deuxième écueil est directement lié à l'hétérogénéité spatiale de la pluie. En effet, compte tenu du caractère aléatoire de la distribution dans l'espace d'un événement pluvieux, la position optimale d'un bassin de retenue du point de vue de son intensité d'utilisation, se situe près de l'exutoire. Or, cet emplacement "optimal" supprime la "raison d'être" du bassin, puisque il n'y a plus de réseau en aval pour le soulager.

Dupuy G. et al., *Assainir la ville hier...*, op.cit.

Voir Koch P., "Etude sur le calcul des ouvrages d'évacuation du ruissellement dans l'assainissement urbain", *Annales des Ponts et Chaussées*, Tome II, 1930, pp. 5-41.

L'intégration de plusieurs bassins dans des structures toujours davantage étendues, ainsi que la montée en puissance du séparatif ⁽¹⁾, déplacent les termes du problème. La solution du bassin de retenue redevient une option à envisager. Force est cependant de constater que son insertion dans l'économie d'ensemble du réseau ne va pas sans difficultés. Les mêmes problèmes que ceux mis en relief lors de notre exposé sur le fonctionnement des éléments constitutifs du réseau (Partie II, fonctionnement des régulateurs et des déversoirs d'orage), se font aussitôt jour. Agent technique, qui fonctionne sur un mode introverti dans un monde d'interdépendance, où causes et effets se propagent et se dispersent tout au long du réseau, le bassin de retenue *géré localement* peut causer des déboires ⁽²⁾. Ainsi l'absence d'une vision globale de l'état du réseau fait que le bassin obéissant à son programme de gestion, inscrit dans sa structure, continue à se remplir, avec le risque de provoquer des débordements en amont ⁽³⁾, tandis que des capacités volumiques du réseau en aval restent encore disponibles mais inutilisées puisqu'ignorées par le programme de gestion locale. Encore une fois, tant que les règles de gestion des ouvrages de régulation du réseau restent ancrées dans le local, en évacuant la temporalité concrète des phénomènes en question (évolution dans le temps de la pluie, réponse de l'ensemble du réseau...), la régulation à l'œuvre sera surprise par des développements imprévus, dépassée par des conséquences non anticipées, frustrées par des résultats inattendus. Que faire ?

2. De nouvelles réponses

Contre la défaillance de la nouvelle technique, une autre encore plus nouvelle ? Oui, mais il y a plus. A la cause technologique s'ajoute la bifurcation. Informatisation de

Rappelons que dans le cas du séparatif il y a deux canalisations distinctes pour les eaux usées et les eaux pluviales.

L'insertion des bassins de retenue dans la structure linéaire du système d'égouts constitue une bonne illustration de ces "*reverse salients*" chers à Hughes. "*Reverse salients are component in the system that have fallen behind or out of phase with the others*". Hughes T., "The Evolution of Large Technological Systems", in Bijker et al. (Eds), *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge, The MIT Press, 1987, p. 73.

Cette situation est due aux lois de l'hydraulique : l'élévation du niveau de l'eau dans le bassin se traduit par une diminution de la pente motrice disponible pour l'écoulement en amont.

la gestion du réseau et techniques alternatives au réseau se combinent dans la lutte contre l'inondation et la pollution.

2.1. Les techniques alternatives

Le bassin de retenue, matérialisation d'un nouveau principe, celui du stockage, a, malgré ses difficultés d'insertion dans le fonctionnement d'ensemble du réseau, ouvert une brèche dans la doctrine de l'évacuation immédiate, exclusive jusqu'alors. Doctrine basée sur la vitesse et l'invisibilité : immédiateté de l'évacuation des eaux pluviales, enfouies dans le souterrain, voici sa volonté affichée. Le bassin de retenue, de par son mode de fonctionnement, s'oppose terme à terme à l'ancienne doctrine. Stockage à la place de l'évacuation immédiate, visibilité de l'eau grâce à une connexion du souterrain et de la surface C¹).

Les techniques alternatives vont plus loin encore, puisqu'elles mettent en cause la suprématie de la forme-réseau en tant que réponse unique aux problèmes de l'assainissement. Au lieu de traiter les effets, elles s'attaquent aux causes. Toutes ces techniques matérialisent une stratégie qui, se trouvant aux antipodes de la logique à l'œuvre jusqu'alors, vise soit à empêcher l'eau de la pluie d'entrer dans les collecteurs, soit à temporiser son entrée, de sorte que le débit de pointe provoqué soit moindre. Assainissement autonome, chaussées poreuses, toitures terrasses, fossés et les noues d'infiltration, puits absorbants... (voir Annexe II) tissent une réalité inédite : l'assainissement sans tuyaux (2).

En même temps, une nouvelle technologie susceptible d'améliorer le fonctionnement de l'objet réseau se développe : l'outil informatique et son corollaire, la gestion en temps réel des flux transitant dans le réseau. Dans la

Il faut peut-être relativiser. Depuis peu de temps, on développe également des bassins de retenue enterrés dans le centre des villes.

Pour avoir une idée des potentialités de ces techniques, voir l'étude de Raous P., *Les techniques de contrôle de ruissellement pluvial urbain en amont des réseaux d'assainissement*, S.T.U., 1988. En s'appuyant sur des simulations, l'auteur a montré qu'à l'aide de ces techniques, pour le même bassin, on peut diminuer le débit de pointe de 70 à 80%. Sur le jeu d'acteurs concernés par l'assainissement autonome (Ministère de l'équipement, de l'Intérieur, de la Santé, de l'Environnement), voir Deutsch J.C., "Les problèmes de l'assainissement. Les réseaux d'assainissement et l'assainissement autonome", in *40 ans de politique de l'eau en France*, Paris, Economica, 1987, pp 242-261.

mesure où l'informatisation peut participer efficacement à la diminution des conséquences des antagonismes qui se logent dans le régime normal du fonctionnement de l'objet technique (voir l'analyse sur les ouvrages de régulation - Partie II, p. 275 et sur le bassin de retenue, p. 304), elle mérite que nous nous y attardions. Plus qu'un perfectionnement technique simple, l'informatisation *dessine un seuil qualitatif* dans l'évolution de l'objet réseau, en articulant de manière inédite ses éléments constitutifs dans le fonctionnement total. C'est la mise en évidence de ce déplacement qui nous préoccupera dans la suite de ce texte.

2.2. L'informatisation

Nous procéderons en deux temps. Dans un premier temps, notre approche du (sujet) phénomène restera descriptive ; elle sera opérée à l'aide du vocabulaire et dans les termes employés par les praticiens de l'informatisation et de l'assainissement. Dans un deuxième temps, en faisant appel au concept d'information et au langage des graphes, nous tenterons de mettre en évidence en quoi l'informatisation (dans sa composante "pilotage en temps réel") dessine un seuil qualitatif dans l'histoire de l'objet-réseau.

Commençons par la définition du dictionnaire :

"Informatisation : action d'informatiser, traiter (un problème), organiser par des méthodes de l'informatique" et en continuant "informatique : science de l'information ensemble, des techniques de la collecte, du tri, de la mise en mémoire, de la transmission et de l'utilisation des informations traitées automatiquement à l'aide de programmes mis en œuvre sur ordinateur" Q).

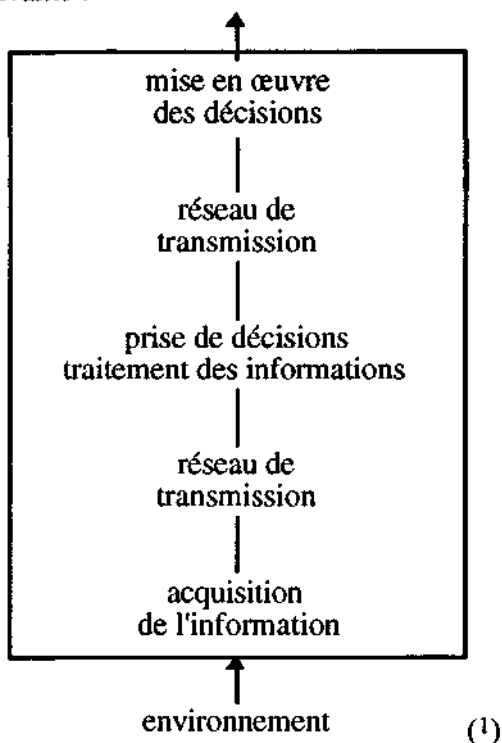
La définition proposée s'organise autour de deux pôles : l'information qui en constitue le cœur ; un ensemble d'opérations qui s'exercent sur l'information. En poussant le raisonnement un peu plus loin, nous pouvons soutenir que ces opérations appartiennent à trois classes qui constituent les fonctions d'un système de gestion automatisée :

1^{ère} classe : opérations relatives à l'acquisition des informations ;

2^{ème} classe : opérations relatives au traitement des informations et à la prise de décision ;

3^{ème} classe : opérations relatives à la mise en œuvre des décisions.

Dans cette perspective, une représentation schématique du système de gestion automatisée peut être la suivante :



Essayons de donner un peu de concret à notre présentation fonctionnelle du système de gestion automatisée, à l'aide des réalités provenant du domaine de l'assainissement.

Ainsi en ce qui concerne la première classe d'opérations, l'acquisition des informations, celles-ci sont réalisées à l'aide de capteurs mesurant la pluie (pluviographes, radar), le débit (la hauteur de l'eau dans les collecteurs et les bassins de retenue), la vitesse de propagation de flux, ou signalant des défauts de

Environnement du système de gestion automatisée : tout ce qui, en l'affectant, échappe à son propre déterminisme (exemples : un orage, une panne d'un ouvrage de régulation...).

fonctionnement des ouvrages installés dans le réseau (pompes, ouvrages de régulation).

La deuxième classe d'opérations (traitement des informations, prise de décisions), met en jeu deux types d'acteurs : les automates locaux et le central.

- *l'automate local*, à partir d'informations provenant des capteurs installés dans une région avoisinante, définit une stratégie locale (exemple : une station de relèvement) ;
- *le central* : contrairement à un automate local ayant une vision étroite du fonctionnement du système puisqu'alimenté par des informations locales, le central dispose d'une vue d'ensemble, en accueillant et en reconstituant sous forme facilement exploitable, en un lieu unique, des informations venant de l'ensemble du territoire du réseau. Les stratégies qu'il développe sont par conséquent beaucoup plus globales, et elles s'appuient sur des processus de traitement de l'information qui peuvent être très sophistiqués. Alors qu'en général un automate est équipé de programmes simples, liant de manière mécanique et univoque entrées (informations) et sorties (consignes), le central met en œuvre des processus de traitement plus complets dont la sortie est, soit la production d'informations nouvelles (simulation, utilisation de modèles de prévision), soit des propositions d'action s'appuyant sur une vision globale du fonctionnement du réseau.

En ce qui concerne la troisième classe d'opérations, (la mise en œuvre de décisions), elle est réalisée par les ouvrages de régulation qui modifient le circuit des eaux transitant dans le réseau (vannes, barrages gonflables, siphons) (cf. Annexe III).

Ajoutons enfin une dernière classe d'éléments qui fait partie d'un système de gestion automatisée : le réseau de télétransmission qui fait circuler informations et ordres d'un point à l'autre, assurant les liaisons nécessaires entre les éléments du système.

Les éléments impliqués dans les opérations évoquées précédemment se combinent pour donner lieu à des configurations spécifiques selon les objectifs assignés au système de gestion automatisée. Dans ce qui suit, nous exposerons brièvement quelques configurations répandues, en liaison avec les objectifs correspondants.

2.3. Objectifs

Aide à l'exploitation classique (= assurer la pérennité du dispositif technique)

Il n'y a pas d'actions sur les flux transitant dans le réseau. Un système d'acquisition d'informations assure une connaissance du fonctionnement et de l'état physique du réseau et des ouvrages de régulation en temps réel. Il en résulte une intervention plus rapide en cas de dysfonctionnements (une pompe qui tombe en panne...) et une meilleure planification des tâches incombant à l'exploitation (remise en état du réseau, curage). Plus précisément, à partir des informations sur l'état du réseau (par exemple des informations relatives à l'ensablement...) et/ou à l'aide de modèles de simulation de son fonctionnement hydraulique, que l'on fait "tourner" en dehors de périodes de crise (un orage), l'exploitation peut définir des priorités (remplacement de tel tronçon, curage de telle chambre à sable), ajourner la réalisation d'une opération, intervenir en urgence..., et cela en connaissance de cause C¹).

Il s'agit des objectifs dont la réalisation peut être assurée par un système de gestion relativement simple et centralisé : elle met en jeu un système d'acquisition d'informations, qui, après être envoyées au central, sont traitées soit en temps réel (intervention d'urgence) soit en temps différé (planification...). Malgré le caractère plutôt simple du système, il n'en opère pas moins un changement important dans le mode de fonctionnement du service-exploitant du réseau. Contrairement à ce qui se passe dans l'industrie, où l'automatisation a comme effet la *désynchronisation* du travail du collectif humain et de celui du dispositif technique ⁽²⁾, ici, le recours aux nouvelles technologies de l'information tend à resouder la fracture instaurée entre les temporalités de fonctionnement des deux ensembles. En effet, le service sort du temps périodique (voir Partie II, p. 281) qui l'éloignait de l'évolution temporelle

Voir Marchand J. et al., "Réflexions sur l'optimisation du curage préventif en réseau d'assainissement par recours à l'informatique", in Actes du colloque organisé par l'ENPC, *Eau et informatique*, Paris, Presses de l'ENPC, 28-30 mai 1986, pp. 246-255.

Naville P., *Vers un automatisme social*, op.cit. On entend par là le fait que le couplage entre l'opérateur et sa machine est de moins en moins direct et local, pour devenir de plus en plus indirect (médiatisé par des systèmes d'information et le collectif du travail) et global.

des phénomènes à gérer, pour affronter ces derniers dans leur temporalité propre (répondre aux pannes au moment où elles se produisent, curer quand il est nécessaire...).

Pilotage en temps réel

Il s'agit ici, d'intervenir *sur le circuit des eaux en temps réel*, par l'intermédiaire des ouvrages de régulation et en fonction de l'événement. Ce type d'intervention est relié à deux classes d'objectifs :

- la lutte contre les débordements du réseau ;
- la protection du milieu récepteur.

Reprenons un par un les deux objectifs et les actions possibles pour les atteindre.

— La lutte contre les débordements du réseau

Ici, il s'agit d'utiliser au mieux dans l'espace et dans le temps les capacités volumiques du réseau existant, capacités qui restent souvent inexploitées lors d'un événement pluvieux concret (à cause de la sollicitation inégale des différentes parties du réseau - voir p. 316). Pour ce faire, plusieurs politiques sont envisageables. Enumérons les plus usitées.

* Gestion du bassin de retenue en temps réel

Il s'agit ici de moduler les débits de sortie en fonction des disponibilités en aval. La stratégie consiste à laisser vider le bassin tant que l'aval n'est pas saturé, de manière à être en mesure d'absorber les pointes de débit qui vont suivre et maximiser ainsi la disponibilité du bassin.

* Contrôle des points de délestage

La politique consiste à dévier les eaux vers des collecteurs vides en utilisant les points de maillage et de délestage (vannes, barrages gonflables).

— La protection du milieu récepteur

Trois politiques d'action sur le réseau sont envisageables à l'aide d'un système de gestion automatisée, en vue de protéger le milieu récepteur.

* Contrôle des déversements

Les politiques ici développées sont différentes selon les caractéristiques du réseau (unitaire ou séparatif). Ainsi, dans le cas d'un réseau unitaire, le contrôle s'exerce grâce à la télécommande de déversoirs d'orage à seuils variables. Ces derniers ne commencent alors à fonctionner que lorsque le collecteur d'apport unitaire risque d'être saturé (figure 28).

Sur les réseaux séparatifs, les stratégies visent à apporter le maximum de pollution à la station d'épuration. Cela peut se faire de la manière suivante :

* Dérivation des eaux usées parasites (mauvais branchements, infiltrations) qui pénètrent dans les collecteurs pluviaux ainsi que des eaux de petites pluies vers le réseau d'eaux usées au niveau de points de connexion précis. Les eaux parasites et les eaux de petites pluies sont ainsi traitées, sans risque de surcharger le réseau d'eaux usées, grâce à un système de télésurveillance et de télécommande, faisant cesser cette dérivation en période d'orage.

* Utilisation du bassin de retenue

Nous avons déjà rencontré le bassin de retenue en tant qu'acteur dans la lutte contre les débordements du réseau. Il se trouve également impliqué dans la lutte contre la pollution, en fonctionnant comme un réceptacle où les eaux pluviales se mettent à décanter, avant de rejoindre le milieu récepteur beaucoup moins polluées. Ici, le système de gestion automatisée peut jouer sur le temps de décantation et par conséquent le taux de dépollution (¹).

* Régulation des apports de charge polluante à la station d'épuration

L'efficacité du fonctionnement d'une station d'épuration dépend fortement de l'amplitude des variations de concentration des matières polluantes amenées par le réseau. Lorsque les polluants sont trop dilués, l'efficacité de la station se trouve compromise. Pour améliorer cette efficacité, le système de gestion automatisée peut intervenir de deux façons :

Des mesures de décantabilité des eaux pluviales en Seine-Saint-Denis ont montré que sur des durées assez courtes (1/2 heure à 2 heures), on pouvait réduire la concentration des M.E.S. de plus de 80%, les demandes en oxygène de 60 à 80%, les teneurs en métaux lourds de plus de 60%.

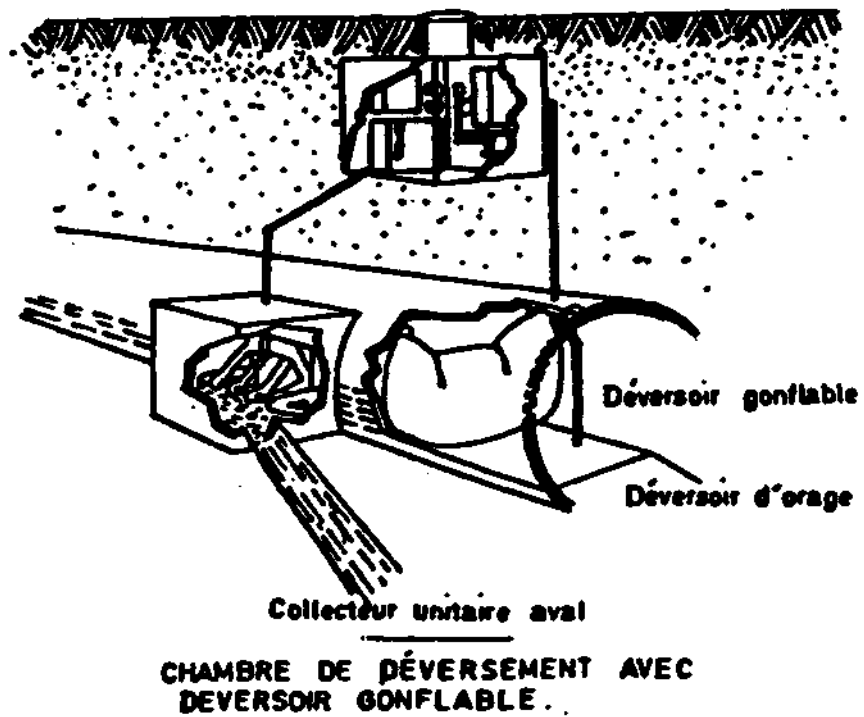


Figure 28 .-Chambre de déversement avec déversoir gonflable

Source : Plan d'adaptation de Seine Saint Denis

- en contrôlant les arrivées d'eaux claires dans le réseau d'eaux usées (eaux parasites) ;
- en délestant et stockant les eaux de manière à faire arriver en premier lieu les eaux les plus chargées à la station pour anticiper sur une saturation ultérieure.

* Récupération de la pollution accidentelle

En cas de pollution accidentelle (introduction d'hydrocarbures dans le réseau suite à un accident...), le système de gestion automatisée après avoir identifié l'accident (grâce à la présence d'un réseau de mesures en temps réel), peut être mobilisé afin de guider les flux pollués (par l'intermédiaire des ouvrages de régulation) vers des sites d'interception (par exemples : bassins de retenue).

Comme nous l'avons déjà noté, un système de gestion automatisée peut être impliqué dans la réalisation de deux types d'activités : celles qui relèvent de l'exploitation classique (voir p. 309) et celles qui ressortent du pilotage en temps réel. Cette dualité quant aux types d'activités se reflète dans les caractéristiques du système de gestion qui doit les réaliser. Alors que pour le premier type d'activité, le système de gestion est développé principalement autour d'un système d'acquisition d'informations aiguillées vers un lieu central et ne met en jeu des programmes informatiques qu'en temps différé (pour des tâches de planification...), le deuxième type d'activités (action sur les flux) nécessite un système de gestion nettement plus sophistiqué, interactif (du système d'acquisition d'informations vers le central et le central vers les ouvrages de régulation) et équipé souvent des outils d'aide à la décision (modèles de simulation de prévision...), susceptibles d'être mobilisés en temps réel et en fonction de l'événement pluvieux. Plus précisément, les configurations les plus répandues pour les systèmes de gestion impliqués dans le pilotage en temps réel sont les suivantes :

- *systèmes automatiques fonctionnant hors ligne.* Toutes les décisions possibles sont déterminées à l'avance en dehors de l'événement en cours. Ce dernier est comparé avec un ensemble d'événements types sélectionnés ou construits artificiellement auparavant. La comparaison donne lieu au déclenchement de la décision correspondant à l'événement-type qui présente le plus grand nombre de similarités avec l'événement en cours. Pour ce type de système, l'événement en cours est pris en compte dans le pilotage, mais après un processus de "filtrage" ; nous voulons dire par là que le système assimile l'événement en cours à une typologie préétablie, en évacuant

certaines de ses spécificités. L'événement opère le passage du potentiel (ensemble de programmes) au réel (programme choisi) ;

- *systèmes automatiques fonctionnant en ligne*. A chaque événement en cours est associé une décision unique ; le système tient compte des spécificités de chaque situation. La stratégie développée est recherchée à partir d'une simulation en temps réel des conséquences de l'événement (ruissellement et écoulement) au moment même où cet événement se déroule. Elle peut être *réactive* : dans ce cas, les consignes sont envoyées à un instant donné sans tenir compte de l'évolution des phénomènes ; elle peut être *adaptative* : les consignes envoyées tiennent compte de l'évolution de l'événement grâce à des méthodes de prévision (images radar).

Compte tenu de la quantité des informations traitées en temps réel, la configuration "optimale" du point de vue de la sécurité et de la vitesse de réaction, est celle du *contrôle hiérarchisé*. Des automatismes locaux prennent en main une partie de la gestion des ouvrages qui leur sont reliés (capteurs, ouvrages de régulation), tout en étant coordonnés par le central qui ne reçoit que l'information utile pour la coordination.

Enfin, il faut ajouter que malgré la sophistication qui va croissant des outils informatiques incorporés dans le système de gestion automatisée (logiciels d'optimisation en temps réel...), la primauté de l'homme-pilote sur la machine, primauté qui devient de l'ordre du monopole quant à la décision finale, ne semble être contestée par aucun gestionnaire aujourd'hui. Entrer dans le débat sur les limites de l'autonomie décisionnelle de l'ordinateur nous éloignerait de notre sujet (!)• Notons que le caractère aléatoire de la pluie, l'hétérogénéité de son évolution dans le temps et l'espace, sont perçus par les gestionnaires comme des contraintes insurmontables à l'heure actuelle pour un pilotage intégralement automatisée.

2.4. *Informatisation et objet technique*

Les approches courantes qui abordent le phénomène à travers le langage tenu par les acteurs impliqués dans le processus d'informatisation (vocabulaire contenant des termes tels que capteurs, actionneurs, système de transmission des informations, Poste Central), donnent une image éclatée des transformations opérées et des enjeux de l'informatisation. Il leur manque une description structurée et détaillée *de son impact sur le mode de fonctionnement de l'objet réseau*.

Jusqu'alors ce dernier, tel une "monade close sur elle-même", était le substrat technique d'un ordre inscrit de toute éternité, à travers la formule de conception qui le programmait. Ordre fragile et souvent interrompu par des coups du hasard, car constitué selon une logique de sommation (chaque collecteur était conçu *séparément* sur la base d'une pluie normalisée) et faisant abstraction des temporalités des phénomènes en question (évolution de la pluie dans le temps, interaction entre les flux transitant dans chaque collecteur). Tant que le régime technologique de l'époque ne permet pas un suivi des interactions pluie-réseau (par l'intermédiaire de mesures en temps réel et/ou des modèles de simulation), le réseau, sujet à la régulation, demeure pour l'essentiel un objet opaque. La présence continue de cette opacité du dispositif technique, sur la ligne diachronique qui constitue son histoire, est un trait important de l'ancien mode de régulation. Les pratiques qui se sont développées en son sein (formules empiriques, méthode rationnelle) peuvent être considérées comme autant de tentatives — condamnées à un échec relatif tant que l'état de la technologie ne donne pas une solution à cette tension — afin de résoudre cette tension structurelle qui réside à l'intérieur du dispositif technique. Cette tension participe alors du régime de crise de l'ancien mode de régulation. L'informatisation modifie sensiblement cette situation. Voyons comment.

La possibilité de réunir en temps réel et sous la même forme (numérique), des informations provenant de lieux disjoints et se référant à des phénomènes multiples (pluie, débit dans le collecteur, hauteur d'eau dans le bassin de retenue...) restitue à l'appréhension du fonctionnement du réseau sa dimension d'ensemble. Interactions singulières, transformations des phénomènes dans le temps, déplacements dans l'espace, sont visibles. Il en résulte la possibilité d'une gestion intégrée, basée sur une synthèse globale du phénomène à gérer et mettant en œuvre des politiques de coordination et d'échanges entre les parties constitutives du réseau.

L'informatisation peut faire entrer en rapport de solidarité des éléments qui ne sauraient communiquer sans une gestion en temps réel, appuyée sur une vision globale des choses.

Processus renforçant, donc, la *connexité de la structure fonctionnelle du réseau* (*), l'informatisation opère également des changements importants sur le registre du temps. La possibilité d'intégrer dans la gestion en temps réel des informations qui portent également sur le futur du système (via des modèles de prévision), fait que la réponse du réseau se soustrait à la dépendance directe du présent (des événements en cours). En anticipant sur ce qui arrivera, le réseau peut envisager des réponses diversifiées, face à un présent qui reste identique (même inputs au moment t, mais des prévisions différentes).

De nos remarques précédentes, il résulte que l'informatisation peut atténuer (²) la tension qui pénètre et accompagne le mode de fonctionnement du réseau dès son origine : celle entre l'individualité et l'accidentalité des phénomènes à gérer (surtout la pluie) et la rigidité structurelle de l'objet technique. Ce dernier est désormais doté d'une certaine plasticité, et la solidarité dans l'espace et dans le temps de ses éléments constitutifs se trouve renforcée. Pour employer le langage de graphes, *l'informatisation, pour la première fois, rend possible une fusion du graphe*

Structure fonctionnelle du réseau : la partie du réseau sollicitée par l'événement pluvieux, et qui ne coïncide que rarement avec la structure topologique du réseau, issue de son graphe (sur la théorie des graphes, voir Dupuy G., *Systèmes et réseaux*, Paris, Presses de l'ENPC, 1985). La structure fonctionnelle du réseau est fonction de chaque événement pluvieux et dépend fortement de la distribution de la pluie dans l'espace et de son évolution dans le temps. Ainsi, deux pluies dont la répartition spatiale est différente ne produisent pas la même réaction, elles n'activent pas de la même façon toutes les parties du réseau. Une pluie dont l'intensité est répartie spatialement d'une manière très hétérogène peut être à l'origine de débordements locaux, bien que des parties (tuyaux) qui se trouvent éloignées de l'épicentre de la pluie ne participent pas du tout, ou très partiellement par rapport à leur capacité individuelle maximale, à l'absorption de l'événement pluvieux. En revanche, une pluie qui se caractérise par une répartition homogène sur l'espace couvert par le réseau active de façon plus ou moins égale toutes ses parties.

On dit "peut atténuer", car les possibilités réelles de l'informatisation sont accompagnées de difficultés également réelles. Difficultés de connaître et suivre avec précision l'état instantané du réseau d'une part, pouvoir anticiper sur l'événement pluvieux et exploiter sous les contraintes du temps réel la masse des informations recueillies d'autre part.

représentant la structure fonctionnelle du réseau et celui qui correspond à sa topologie, (graphe "maximal"). Elle dessine ainsi un saut qualitatif dans l'évolution de l'objet-réseau, en supprimant ces antagonismes résiduels qui, installés au sein de l'objet technique, sapaient de l'intérieur ses capacités de régulation. Pour employer le vocabulaire de Simondon, on se trouve devant le cas d'un perfectionnement discontinu et majeur ⁽¹⁾.

SECTION 2. LE CONTEXTE SOCIAL ET ECONOMIQUE

Dans les paragraphes consacrés aux phases B et C du mode de régulation dominant jusqu'à présent, nous nous sommes déjà référés à quelques facteurs exogènes ayant participé à la crise de ce mode : urbanisation périphérique accrue, problèmes de viabilisation des terrains... Notre stratégie principale au long de ces paragraphes étant de mettre en relief la dynamique interne du mode de régulation — i.e., les effets produits sur son évolution à la suite des pratiques installées en son sein —, ces facteurs sont rapidement passés au second plan. Dans ce qui suit, après avoir passé en revue les nouvelles techniques impliquées dans la régulation, nous exposerons le contexte socio-économique, lequel encadre les pratiques actuellement observées. Ce contexte est composé d'éléments qui forment autant de réseaux d'influence exerçant une pression sur les acteurs (notamment les services gestionnaires) et faisant appel à des politiques adéquates.

1. Montée d'une logique patrimoniale

C'est vers la fin des années 60 que la notion de "patrimoine commun de l'humanité", appliquée notamment aux fonds marins, s'est fait jour. Depuis, elle n'a cessé d'être appliquée à des réalités hétérogènes, matérielles et immatérielles, biologiques et culturelles ⁽²⁾. Ainsi, en 1972 une convention de l'Unesco à vocation universelle est établie pour protéger le "patrimoine mondial, culturel et

Simondon G., *Du mode d'existence des objets techniques*, op.cit., p. 37.

Voir rapidement Godard O., "Environnement, modes de coordination et systèmes de légitimité : analyse de la catégorie de patrimoine naturel", *Revue Economique "Economie de l'environnement et du patrimoine naturel"*, vol. 41, n° 2, mars 1990, pp. 215-240.

naturel". En 1976, la loi française sur la protection de la nature établit, dans son article premier "qu'il est du devoir de chacun de veiller à la sauvegarde du patrimoine naturel dans lequel il vit". Opérateur d'étiquetage, imposant modes d'appréhension et types de comportement à l'égard des objets auxquels elle s'applique, la notion de patrimoine concerne à plusieurs titres les réseaux d'assainissement. Mais, avant de montrer de quelle manière le réseau a partie liée avec la notion, donnons ici quelques repères relatifs à sa signification actuelle.

L'idée forte à laquelle le terme renvoie est celle de la transmission qui établit un lien entre le passé et le présent à travers les biens transmis. Le terme s'inscrit donc dans une dynamique temporelle, mettant en jeu un acteur (= le gestionnaire du patrimoine) et des logiques de gestion spécifiques, car il s'agit de "*transmettre à peu près intégralement un stock d'opportunités et peut-être surtout une faculté de créer de nouvelles opportunités*" (¹).

Le réseau d'assainissement, comme nous l'avons déjà énoncé, a partie liée avec la notion de patrimoine à double titre : 1°) en tant qu'objet transportant des flux susceptibles de porter atteinte à la nature (= le milieu récepteur) ; 2°) en tant qu'"objet en soi", digne d'un intérêt porté sur lui, indépendamment de sa fonctionnalité.

En tant qu'objet transportant des flux. Depuis 1980, plusieurs bilans sur le fonctionnement des équipements d'assainissement dressés par le service de l'Eau du Ministère de l'Environnement, ont mis en évidence une mauvaise performance du système dans son ensemble (²). Des quantités importantes de polluants atteignent en effet, chaque année le milieu naturel. Cette mauvaise performance s'explique par la conjonction de plusieurs phénomènes :

— importante quantité des eaux polluées non collectées par les égouts. Les causes qui entraînent le rejet direct d'une grande quantité de pollution dans le milieu

Barel Y., "Modernité, code, territoire", *Annales de la recherche urbaine*, n° 10/11, avril-juin, 1981, p. 17.

Secrétariat d'Etat à l'environnement et à la qualité de la vie, *L'état de l'équipement des collectivités en matière d'assainissement*, activités 1979 (mars 1983), activités 1980-81, janvier 1984 ; Ministère de l'Environnement, *Etat de l'assainissement de 1981 à 1985*, février 1987. Voir aussi la thèse de doctorat de Triantafillou C, *La dégradation et la réhabilitation...*, op.cit.

naturel sont au nombre de deux : 1°) modification du caractère (composition) des eaux pluviales qui se sont transformées en sources de pollution considérables ; 2°) anomalies sur les réseaux d'assainissement existants (manque d'étanchéité, présence d'eaux parasites compromettant l'efficacité des stations d'épuration, fonctionnement intempestif des déversoirs d'orage...) ; 3°) insuffisance des réseaux de collecte d'eaux usées ;

— des nouvelles zones viabilisées difficilement raccordables aux stations d'épuration existantes (campings, centres de loisirs...).

Les réseaux d'assainissement de par leur état et leur fonctionnement portent alors atteinte à la nature, laquelle, comme nous l'avons déjà dit, est investie d'une logique patrimoniale dès les années 70. De ce fait, leur gestion doit obéir à des critères et à des contraintes bien plus sévères et exigeantes.

En tant qu'"objet en soi", le réseau d'égouts dans sa matérialité est également entré dans la logique d'une gestion patrimoniale. La conception que les services gestionnaires se font de leur mission actuelle atteste ce déplacement. Ainsi, à côté des missions consubstantielles à leur raison d'être (lutter contre les inondations, protéger l'hygiène publique et l'environnement) s'en ajoute une autre qui occupe le même rang que les précédentes, celle de préserver le patrimoine que le réseau représente pour la collectivité (¹).

Ainsi, parmi les missions qui incombent au service gestionnaire, figure, en revendiquant une autonomie affichée, celle de la "conservation du patrimoine que le réseau représente pour la collectivité". Service de la Seine-Saint-Denis. Indice supplémentaire de cette logique patrimoniale qui investit l'objet-réseau, la récurrence de plus en plus fréquente dans le discours de gestionnaires, des phrases telles que "*la valeur de ce patrimoine (...)*", "*une partie de ce patrimoine héritée (...)*", dans des revues techniques. (Pairry A. et Preux D., "Suivi informatisé de l'entretien et de l'exploitation des réseaux d'assainissement", *T.S.M.*, n° 10, 1990, pp. 507-510) ; "*(la télégestion) permettra d'utiliser au mieux les capacités du patrimoine existant*" in Schéma Général d'Assainissement, Courly-Lyon, cité par Scherrer F. dans sa thèse , *L'égout, patrimoine urbain*, Paris XII, 1992, p. 388.

2. La qualité de vie

Les préoccupations en matière de "qualité de vie" en milieu urbain, constituent une thématique qui dans ses multiples ramifications déborde largement notre sujet (¹). Ici, nous aborderons une manifestation particulière de ce mouvement, directement liée aux pratiques de l'assainissement : la redécouverte par les citoyens de l'eau en tant qu'élément du paysage urbain. Grâce aux travaux de A. Guillaume (²), nous savons que depuis la fin du XVIII^{ème} siècle, l'eau est devenue l'objet des actions systématiques visant à l'extirper de la surface et de la vue. Or, cette politique de "chasse à l'eau" semble aujourd'hui être complètement infléchie. L'eau réapparaît comme élément de la ville, elle devient visible et appropriable par les populations urbaines, sa présence élève la qualité du cadre de vie (³).

Cette réinsertion de l'eau dans la ville a des répercussions directes sur l'assainissement, dont les pratiques de régulation doivent s'accommoder du fait que l'eau est devenue un élément valorisant du cadre de vie. L'évolution des bassins de retenue est révélatrice de cette pénétration de la notion de qualité dans les pratiques de régulation. Des bassins secs(⁴), simples réceptacles des eaux pluviales, conçus uniquement comme des moyens dans une perspective instrumentale (lutter contre les inondations), on se dirige vers des solutions multi-fonctionnelles (bassin en eau, paysage, ouvert au public) et multi-objectifs, assurant une protection contre la pluie mais également appropriables par les citoyens. Inutile de souligner que cette

Voir entre autres : *Aménagement urbain et mouvements sociaux*, Colloque de Recherche Urbaine, 4-7 avril 1978, Paris, CRU, 1981 ; Caroux F. et J., *Les associations du cadre de vie : l'émergence de leur projet socio-politique*, Tomes 1 et 2, Paris, Centre d'Ethnologie Sociale et de Psychologie, 1979.

Guillaume A., *Les temps de l'eau : La cité, l'eau et les techniques*, Paris, Champ-Vallon, Collection Milieux, 1983, chapitre VII intitulé "L'enterrement". Sur ce point, on peut consulter rapidement *L'eau dans la ville*, Plan Urbain, 1985, qui regroupe les interventions de deux journées de recherche organisées par le Ministère de l'Équipement, 22-23 octobre 1985 ; *Eurydice* 92. *Réconcilier l'eau et la ville par la maîtrise des eaux pluviales*, Délégation aux Risques Majeurs et Service Technique de l'Urbanisme. Pour deux exemples concrets de cette remise en valeur de l'eau, voir Gauche M., "Une ville «met en scène» d'anciens canaux d'irrigation", *T.S.M.*, n° 2, 1989, pp. 74-76 ; Mauchien J.C., *Exemple d'aménagement urbain de ruisseaux à la Valette (Var)*, *ibid.*, pp. 77-79.

bassin sec : bassin de retenue, lequel en période de temps sec, ne contient pas d'eau ; bassin en eau : même par temps sec, il est rempli d'eau

transformation de l'objet "bassin" — d'un objet-instrument, entré dans des rapports de maîtrise et de contrôle avec un seul acteur, le service gestionnaire, on passe à un objet qui opère des transactions avec plusieurs acteurs — modifie considérablement les logiques de gestion et impose des contraintes supplémentaires au service.

Si les eaux de la pluie, une fois calmées dans le bassin, ne posent pas de problèmes, en revanche, l'eau prise dans son mouvement, l'eau qui déborde est reçue de plus en plus mal par les citoyens. Les réactions des personnes touchées par des inondations dues à des débordements d'égouts sur la chaussée se multiplient, faisant pression sur les élus et les gestionnaires ⁽¹⁾. La loi de 1982 ⁽²⁾, introduisant la notion de catastrophe naturelle et obligeant la collectivité à verser des indemnités aux personnes sinistrées à cause d'insuffisance fonctionnelle des équipements collectifs, ajoute à la pression politique l'acte administratif, et donne à la revendication d'une meilleure qualité de vie une assise institutionnelle.

3. Contexte économique

Aujourd'hui, les capacités d'investissement dans le domaine de l'assainissement ont tendance à diminuer, suivant en cela la crise fiscale qui touche l'ensemble des pouvoirs publics ⁽³⁾. Outre les facteurs structurels qui conditionnent cette crise générale des finances publiques, la situation difficile de l'assainissement s'explique par la conjonction de deux raisons.

La première tient au fait que la performance de la dépollution suppose des efforts importants dans la mise en place de réseaux de collecte. Or, la pose de nouveaux

Pour ce qui concerne la Seine-Saint-Denis, voir Lancelot B., *La gestion automatisée des réseaux d'assainissement. Analyse d'un processus d'innovation technique*, Thèse de Doctorat, Paris XII, 1985.

Loi n° 82-600 du 13 juillet 1982 relative à l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles. Journal officiel de la République française, 14 juillet 1982, pp. 2242-2243.

Voir rapidement Rosanvallon P., *La crise de l'Etat-Providance*, Paris, Seuil, collection Points, 1984, et l'article très bien documenté de Champat P., "Service public et néolibéralisme", *Annales ESC*, n° 3, mai-juin 1990, pp 615-647.

collecteurs (investissements en génie civil) représente plus de 80% du coût total 0. Par ailleurs, les sources de financement des investissements en assainissement deviennent actuellement moins importantes tant sur le plan national que sur le plan local. En effet, les subventions de l'Etat, surtout après la loi sur la décentralisation connaissent un moment de nette diminution ⁽²⁾. De même, le recours à des emprunts avec un taux privilégié, après 1980 connaît également un moment d'infléchissement ⁽³⁾.

Le résultat de cette conjonction de facteurs touchant directement les ressources des collectivités locales transparaît clairement dans le tableau suivant qui montre le mouvement de ralentissement de leurs dépenses et la décroissance de leurs investissements. On comprend donc aisément l'intérêt des services gestionnaires pour des techniques qui diminuent le besoin en investissement en génie civil (techniques alternatives, automatisation de la gestion).

Evolution des dépenses des collectivités locales

	Croissance moyenne annuelle (en volume)		
	1970-76 en%	1977-84 en%	1985 en%
PIB	4,1	2	1
Dépenses totales	6,6	3	1,3
Dépenses de fonctionnement	7,6	4	7,5
Dépenses d'équipement	3,6	0,2	-1

Source : Cotten M., "La menace : les dépenses de fonctionnement vont-elles freiner le financement des équipements publics ? L'exemple de la France", Colloque international, *Comment financer les équipements publics de demain ?*, Université Paris IX-Dauphine, 8-10 janvier 1986.

Lancelot B., "Une innovation en génie urbain. La gestion automatisée des réseaux d'assainissement", *Annales de la Recherche Urbaine*, n° 30, avril 1986, pp.43-51.

Voir Triantafillou C, *La dégradation et la réhabilitation...*, op.cit., pp. 45-54.

Voir Loriferne (sous la direction de), *40 ans de politique de l'eau en France*, Paris, Economica, 1987.

CHAPITRE III

Des mutations aux acteurs

SECTION 1. LE SERVICE

Après avoir présenté brièvement le nouveau contexte technique (techniques alternatives, informatisation) ainsi que les nouvelles exigences en matière de protection de l'environnement et de cadre de vie, c'est vers les acteurs de l'assainissement que nous nous tournerons à présent. A travers une analyse des mutations affectant un service particulier, celui de la Seine-Saint-Denis, qui figure parmi le cercle étroit de ceux qui, au niveau mondial, se sont engagés dans la voie d'une gestion automatisée poussée, nous essayons de mettre en évidence le réaménagement de l'espace d'acteurs qui s'affairent autour du réseau, tant au niveau "macro" (service, Etat, collectivités territoriales, usagers, partenaires industriels) que "micro" (acteurs à l'intérieur du service gestionnaire). Il est bien évident que les conclusions d'une étude régionale et attachée de manière explicite à un cas, ne sont pas généralisables telles quelles. Notre étude ne se veut donc pas une monographie, relatant dans son entier toutes les métamorphoses du service impulsées par le contexte actuel (¹). La question des stratégies concrètes des acteurs locaux (élus, techniciens du service) prises dans un réseau d'alliances, de négociations et d'affrontements, ne sera pas abordée non plus, car trop spécifique au contexte du service. En revanche, ce qui va retenir notre attention, ce sont les *impulsions créées et les problèmes posés* au service par la situation présente. Ses réponses concrètes ne tiennent pas lieu de modèle exemplaire ; elles se présentent néanmoins comme des réactions sélectives à un *appel objectif créé* par le nouveau

Sur l'introduction et le développement du système de gestion automatisée en Seine-Saint-Denis, voir Bachoc A., *Pour commencer à automatiser la gestion du réseau d'assainissement en Seine-Saint-Denis ... disons 12 ans*. Direction de l'Eau et de l'Assainissement, Seine-Saint-Denis, 1984 ; Lancelot B., *La gestion automatisée...*, op.cit. Signalons que les deux documents mentionnés s'appuyant principalement sur des sources "officielles" (documents du service, du Conseil Général), donnent une version assez statique du processus d'innovation, sans insister sur les stratégies des acteurs impliqués.

contexte. C'est cet appel créé par un contexte de valeur transversale, qui nous intéresse à titre principal ici.

Mais avant d'attaquer le corps central de la section consacrée aux mutations du service, nous voudrions, ne serait-ce que brièvement, présenter le site de l'étude. Site qui concentre sur lui pratiquement tous les facteurs qui ont participé à la crise de l'ancien mode de régulation ; sa présentation permettra de voir ces facteurs en acte et dans leur jeu concret

1. Un peu d'histoire...

La Seine-Saint-Denis est un des plus petits départements par sa superficie (235 km²) mais un des plus grands par sa population qui est aujourd'hui de l'ordre de 1 300 000 habitants (densité égale à 125 h/ha). Exclusivement campagnard à l'aube du XIX^{ème} siècle, où il comptait quelques 8 000 personnes, il voit sa population presque décupler en 1900, avec une concentration de la moitié de la population dans quatre communes, Saint-Ouen, Saint-Denis, Aubervilliers et Pantin, situées au Sud-Ouest du département . Depuis le département ne cesse pas de s'urbaniser et de s'industrialiser. 770 000 habitants en 1936, 1 000 000 en 1960 et 1 300 000 au milieu des années 70, niveau auquel la situation se stabilise, l'ensemble du territoire étant désormais gagné par l'urbanisation.

Pour ce qui concerne l'assainissement, les premières réalisations ont commencé avant 1900 avec la canalisation des fossés, des rus et de quelques rivières de la région. C'est dès la fin de la première guerre mondiale que l'on assiste à la genèse d'un véritable réseau. Ce dernier, calqué sur le modèle parisien était conçu sur le mode unitaire. Par temps sec, jusqu'à la construction en 1940 de la station d'épuration située à Achères, les affluents étaient dirigés vers les champs d'épandage, tandis que par temps de fortes pluies, les déversoirs d'orages livraient passage aux eaux mêlées dans la Seine et la Marne. Des années 40 date également le développement d'un réseau séparatif pour le nord et l'est de la future Seine-Saint-Denis, territoires qui faisaient alors partie de la Seine-et-Oise. Eaux usées et eaux pluviales n'y étaient pas mêlées, les premières allaient vers la station d'Achères et les secondes vers la Seine et la Marne.

Jusqu'aux années 1970, les rapports urbanisation-assainissement, suivent en Seine-Saint-Denis, le scénario classique. Pris par le temps, face à une explosion démographique, les décideurs entament une course entre l'urbanisation galopante et l'extension d'un réseau formé de collecteurs de plus en plus grands. Malgré les travaux réalisés, dès le milieu des années 60, des débordements fréquents inondent de nombreux habitants et font périodiquement de certains secteurs de la Seine-Saint-Denis des "zones sinistrées"¹).

Le cas de la Seine-Saint-Denis nous offre l'illustration exemplaire d'un site où l'action croisée de plusieurs facteurs, mentionnés dans le premier chapitre de cette partie, a conduit l'ancien mode de régulation dans un état de crise profonde.

Un relief plat avec une pente moyenne très faible (1/1000) et des exutoires principaux pour les eaux pluviales excentrés (²) font que les conditions d'écoulement sont d'emblée difficiles. Qui plus est, la station d'épuration d'Achères qui traite la majeure partie des eaux usées est construite à une quinzaine de kilomètres à l'ouest du département. Ces seules difficultés obligent, pour obtenir un écoulement gravitaire, à enterrer les collecteurs de plus en plus profondément au fur et à mesure que l'on va vers l'aval, avec tous les incidents sur les coûts que cela entraîne. Parfois les coûts sont tellement importants que l'on se retourne vers la solution "pompage", qui peut les diminuer mais au prix d'une altération de la structure simple du réseau. L'insertion de stations de relèvement et d'autres ouvrages spéciaux dans le réseau modifie la structure linéaire de ce dernier et a comme conséquence non voulue de saper les conditions de validité de formules de conceptions utilisées dont le "rendement" diminue.

Tout en restant dans le cadre physique du département, force est de constater que ce dernier accumule des inconvénients pour l'ancien mode de régulation. Les bassins versants qui composent le département sont très étendus et les faibles

Voir *L'echo* 93, 11 juin 1982. Quelques chiffres 650, 325, 310, 550, et 1400 familles sinistrées lors des orages de 13 mai 71, 31 juillet 72, 2 juin 73, 8 juillet 75 et les orages de l'année 82 respectivement. Devers Florence, *L'assainissement des eaux pluviales dans les documents et les opérations d'urbanisme*, DEA-TGE, ENPC-Paris XII, 1988.

Marne et Seine ne coulent dans le département que sur de faibles distances : la Seine à l'ouest sur 8 km et la Marne au sud sur 6 km.

différences d'altitude rendent aisé le passage des eaux d'un bassin à l'autre. C'est ainsi que ses connexions ont été faites. Cette mise en solidarité des bassins, ayant des caractéristiques particulières qui se traduisent par des volumes de ruissellement et des temps de réponse différents, a également progressivement érodé les conditions de validité des formules usitées (voir p. 300).

Indépendamment des caractéristiques physiques du département, peu propices, et des décisions douteuses du point de vue hydraulique (connexions de bassins versants), l'ancien mode de régulation a subi un processus d'urbanisation particulièrement défavorable pour sa santé. Nous avons vu que les premières communes urbanisées sont des communes limitrophes de Paris, qui sont dotées d'un réseau d'assainissement de type unitaire. Or durant les années 60, le département subit l'afflux d'une population qui commence à couvrir l'ensemble du territoire situé en aval des communes déjà urbanisées (*). L'aval nouvellement urbanisé renvoie ses débits en amont en l'inondant. Les grands collecteurs — solution pratiquée de manière systématique avant l'éclatement de la crise — de par leur capacité d'absorption, suppriment les freins d'écoulement et contribuent aussi à amplifier les points de débit. Du côté pollution, la situation ne cesse de devenir de plus en plus délicate. La décision prise d'équiper les zones nouvellement urbanisées d'un réseau séparatif, s'est avérée être un mauvais calcul. Les eaux pluviales, en lessivant des surfaces imperméables se chargent de matière polluantes. Les déverser telles quelles en Seine et en Marne devenait inacceptable. D'autre part, en ayant choisi dans le passé (1940) un site de traitement éloigné, on s'était résigné à construire de très longs émissaires coûteux et difficiles à gérer. Le fait, enfin, que le réseau du département est hétérogène, unitaire pour les sites d'urbanisation ancienne, séparatif pour les bassins versants du nord et du sud-est nouvellement urbanisés, rend les problèmes de pollution plus aigus. En effet, la saturation du réseau unitaire en aval du département, due aux apports provenant de l'amont nouvellement urbanisé, fait que les déversoirs d'orages installés dans le réseau unitaire, fonctionnent avec une fréquence de plus en plus élevée, en rejetant dans le milieu naturel des effluents nocifs (²).

Pour une étude d'un cas concret d'urbanisation voir : Devers Florence, *L'assainissement des eaux pluviales...*, op. cit.

Le département accueille de nombreuses industries chimiques, métallurgiques, agro-alimentaires.

A ce scénario plutôt classique, il faut ajouter un "acte" administratif propre à la Seine-Saint-Denis. En effet, avant la création du service départemental d'assainissement en 1968 ⁽¹⁾, l'assainissement était pris en charge par deux entités distinctes : les services techniques de la Ville de Paris, pour les réseaux du département de la Seine, les services des Syndicats Intercommunaux du département Seine et Oise, pour le reste, ce qui ne va pas sans favoriser une vision fragmentée des besoins ainsi que le développement de réponses souvent peu cohérentes.

L'action croisée de tous ces facteurs défavorables à l'ancien mode de régulation, n'a pas tardé à déclencher un processus de recherche active des solutions, qui sortaient du cadre de l'ancien mode de régulation ⁽²⁾. Solutions qui modifient de fond en comble le fonctionnement du service et reconfigurent l'espace d'acteurs impliqués dans les questions de l'assainissement. Dans ce qui suit, nous essayerons de mettre en relief les traits les plus marquants du nouveau contexte. Nos lectures des changements advenus seront réalisées à travers la grille d'analyse suivante :

- l'évolution des tâches et du personnel ;
- le découpage fonctionnel du service ;
- les rapports du service avec son environnement (industriels, Etat, communes, aménageurs, usagers).

La loi du 10 juillet 1964, portant sur la réorganisation de la Région Parisienne a défini 6 nouveaux départements à partir de deux départements de la Seine et de la Seine et Oise : La Seine-Saint-Denis, les Hauts de Seine, Le Val de Marne, le Val d'Oise, les Yvelines et l'Essonne. Les Conseils Généraux, élus en octobre 1967, votaient dès la fin de l'année, le premier budget des nouveaux départements et en janvier 1968, ceux-ci étaient dotés de l'essentiel de leurs moyens d'action. Conseil Général, Services administratifs, budget, patrimoine. C'est en 1968 qu'est né le service d'assainissement de la Seine-Saint-Denis. Le service a mobilisé toutes les ressources techniques offertes par le nouveau contexte, et dont une présentation détaillée a été donnée dans le chapitre précédent. Comme nous l'avons indiqué, en matière d'informatisation, le service fait œuvre de pionnier. Pour une présentation de l'architecture du système de gestion automatisée, nous renvoyons le lecteur à l'Annexe IV)

2. L'évolution des tâches et du personnel (')

L'informatisation correspond à une rupture dans la trajectoire technologique du système d'assainissement. Rupture qui fait appel à des professionnalités et des compétences inédites pour un service gestionnaire traditionnel. Professionnalités d'abord entièrement nouvelles, directement liées aux processus d'informatisation, telles que la programmation des logiciels, la pose et l'entretien des ouvrages spéciaux (capteurs, automates programmables...). Professionnalités ensuite beaucoup plus classiques, attachées au fonctionnement hydraulique du réseau mais qui entrent pour la première fois dans le service par le biais des nouvelles technologies d'information. Il s'agit des postes d'hydrauliciens, d'hydrologues..., s'occupant des problèmes qui tournent autour de la connaissance et de la simulation du fonctionnement hydraulique du réseau (utilisation, calage des modèles de simulation, obtention-analyse de mesures...). Cette ouverture sur des savoir-faire nouveaux se trouve élargie avec la montée de sensibilisation aux problèmes de l'environnement. Du personnel qualifié en matière de politiques de dépollution rejoint le service étudié ici, en augmentant ses effectifs. Même la population d'ouvriers connaît une augmentation, suite à l'introduction des techniques modernes d'inspection (caméras...) et d'entretien.

Point de s'étonner donc si les effectifs du service passent dans un espace de vingt ans d'une centaine de personnes au nombre de 250 (²), évolution surtout marquée par l'"entrée en force" des techniciens dont la proportion sur l'ensemble du service a doublé (de 20% à 40%). Cette approche quantitative ne suffit pas, à elle seule, à mesurer l'impact de l'automatisation sur la structure du personnel. En effet, la politique d'augmentation des effectifs est combinée avec une forte diversification du recrutement, à cause de l'introduction de nouvelles compétences dans des domaines variés (hydrologie, environnement, électro-mécanique, informatique, nouvelles techniques d'entretien...). La constitution d'un nouvel espace professionnel prend

Les analyses qui suivent s'appuient sur un travail de terrain. On peut trouver une présentation synthétique d'un certain nombre de résultats de notre enquête dans l'article, Chatzis K., Laterrasse J., "Des infrastructures normalisées à la régulation des flux", *Culture Technique*, n° 26, 1992, pp.291-296.

Pour une présentation détaillée de l'évolution des effectifs, voir Bachoc A., *Pour commencer...*, op.cit.

la forme d'un mouvement d'"intellectualisation" ⁽¹⁾ qui s'exprime tout d'abord par un déplacement de la structure de l'emploi vers une proportion croissante d'ingénieurs (catégorie A) et de techniciens (catégorie B) au détriment des ouvriers (catégorie C) ⁽²⁾ : la proportion des ingénieurs et techniciens, qui est en moyenne de 38% sur l'ensemble du service, atteint 50% dans la division de "Gestion des Eaux" et dans celle des "Etudes Générales", 80% dans la division des "Travaux Neufs". L'"Entretien", qui dans un service traditionnel d'assainissement monopolise l'ensemble des effectifs, reste à la traîne avec 21% d'ingénieurs et techniciens. La différence entre la moyenne égale à 38% et la proportion dans cette dernière division, qui est de 21%, donne une image fidèle de l'ampleur du mouvement d'intellectualisation du service.

Il est clair que ce double mouvement d'augmentation/diversification portant sur les effectifs n'est pas sans rapport avec la volonté du Département de faire en sorte que le service d'assainissement soit capable de gérer le réseau en régie directe : les objectifs affichés par le service, plus sa volonté de maîtriser intégralement le projet — de la phase de conception jusqu'à celle de son fonctionnement opérationnel — ne peuvent que renforcer le personnel en place. Mais au-delà de ce que la régie directe a de spécifique, il n'en reste pas moins vrai que le mode d'intégration d'un projet d'automatisation dans un service d'assainissement traditionnel garde ses spécificités par rapport au monde industriel. A l'opposé de ce qu'on trouve dans l'industrie où l'automatisation est entendue comme substitution

"Intellectualisation". A vrai dire, tout travail, si manuel soit-il, a des composantes intellectuelles. Le terme, au lieu de renvoyer à des distinctions de nature, signale des différences de degré. Ainsi, le mouvement de l'intellectualisation est à entendre ici au sens suivant : déplacement du travail à l'intérieur du couple conception, exécution>, vers le pôle de la conception, une plus grande indétermination de tâches, caractère heuristique et non déterministe des procédures mises en œuvre, responsabilisation accrue, formalisation des argumentaires et des choix techniques Sur ce sujet vaste, voir Adler P.S., "Automation et qualifications, nouvelles orientations", *Sociologie du Travail*, n° 3/87, pp. 289-303 ; Adler P.S., Burys B., "Automatisation et travail : le cas de la machine outil", *Formation et Emploi*, n° 21, janvier-mars 1988, pp. 5-25 ; Veltz P., "Informatisation des industries manufacturières et intellectualisation de la production", *Sociologie du Travail*, n° 1/86, pp. 5-20.

Les catégories A, B, C, sont celles à l'usage aujourd'hui dans la fonction publique selon la nomenclature de 1982. Voir rapidement Desrosières A., Thevenot L., *Les catégories socio-professionnelles*, Paris, La Découverte, collection Repères, 1988.

des machines au travail humain, l'automatisation d'un réseau d'assainissement ne fonctionne pas sur le mode de substitution. Elle constitue "un plus" par rapport aux structures anciennes, qu'elle complète en modifiant leur rôle plutôt qu'elle ne les remplace. Cette différence quant au mode d'insertion de l'automatisation dans les structures déjà existantes (complémentarité plus transformation plutôt que substitution) se reflète d'une façon nette sur l'évolution du personnel.

3. Le découpage fonctionnel

Un axe de recherche privilégié afin d'étudier les mutations organisationnelles affectant un service consiste en l'analyse diachronique de ses organigrammes. Ces derniers — loin d'épuiser la réalité intégrale du service — présentent toutefois l'avantage d'enregistrer sur leur forme même l'évolution de l'organisation, indiquant immédiatement les grands changements survenus. Aussi nous proposons de débiter notre exposé sur la restructuration du service provoquée par le projet d'automatisation, par une mise en regard de deux organigrammes du service, correspondant le premier, au début du projet, le second à son état actuel.

Au début des années 1970, un nouveau service d'assainissement s'est structuré pour prendre en charge le réseau intercommunal dont héritait le département de la Seine-Saint-Denis, récemment créé (voir p. 327). Son organigramme (p. 331) reflète les caractéristiques typiques du mode de régulation, telles qu'elles ont été évoquées dans la Partie II de la thèse. En effet, les deux grands moments d'existence du réseau à savoir la conception et l'exploitation, complétés par la phase intermédiaire de construction (*), se trouvent représentés par des divisions distinctes au sein du service. On trouve : un bureau d'études générales qui assure la tâche de conception en développant les projets d'extension et de renforcement du réseau ; une division "Travaux neufs" — organisée pour des raisons opérationnelles en deux sous-divisions — qui intervient généralement en dehors du réseau en service, pour construire les nouveaux ouvrages conçus par la division "Etudes Générales" ; enfin, la division "Entretien" dont le rôle consiste à assurer la pérennité du patrimoine départemental d'assainissement et préserver les capacités hydrauliques du réseau en le maintenant en bon état. Ces trois divisions techniques

La construction peut être vue comme la "réification" du moment de conception.

Plus précisément, au sein de l'"Entretien", un chef de projet anime un projet de base de données relatives à l'état physique du réseau, dans le but d'une anticipation/optimisation des interventions (à terme on cherche un équilibre "optimal" entre le préventif et le curatif)- Dans sa phase actuelle, le projet se développe dans deux directions. La première concerne l'aspect cartographique et vise à un recensement exhaustif des éléments constitutifs du réseau et de leur emplacements respectifs. L'autre direction se focalise sur l'état de dégradation du réseau. L'objectif recherché est de définir une grille de critères homogènes, permettant au service de se prononcer de manière cohérente sur l'état réel de la dégradation et d'agir en conséquence, en sorte qu'il évite des situations non réversibles (effondrements...) ou très onéreuses (remise en état très coûteuse).

La division "Gestion des Eaux" est dotée de structures analogues. Un chef de projet anime un groupe de conception chargé de développer des nouveaux maillons ou de faire évoluer ceux jugés caduques du système de gestion automatisée ; maillons qui comportent : organes de contrôle hydraulique et automatismes des stations locales, télé-transmission, Central de gestion, systèmes d'aide à la décision.

L'insertion de la division "Gestion des Eaux" dans les structures existantes va au-delà d'une simple juxtaposition des fonctions originales à celles traditionnellement assurées par le service. Le projet d'automatisation, outre l'introduction de nouveaux savoir-faire ponctuels, bouleverse d'une façon substantielle le contexte de travail de toutes les divisions en remodelant l'espace d'intervention de chacune et réaménageant le système de leurs rapports respectifs. En effet, le projet se trouve à l'origine d'une intensification des collaborations entre les divisions et provoque des échanges inédits avant le moment de l'automatisation. Il participe ainsi à un mouvement d'intégration qui touche l'ensemble des divisions du service (*). Mais

Ces évolutions constatées au sein du service illustrent un mouvement d'intégration de nature beaucoup plus transversale et affectant plusieurs réseaux. En effet, une des caractéristiques essentielles des mutations organisationnelles sous-jacente à la diffusion de l'automatisation est la remise en cause des grands cloisonnements fonctionnels, avec une tendance à la réorganisation autour d'un objectif central de régulation des flux. La dynamique d'intégration des différentes fonctions introduite par ce processus se complète d'une redéfinition de la teneur de chaque fonction ainsi que d'un réaménagement de leur importance respective dans le fonctionnement global du réseau. Voir Laterrasse J, Chatzis K., "Evolution des réseaux...", op. cit.

voyons de près le nouveau contexte du travail, tel qu'il se dessine pour chaque division après la création de la division "Gestion des Eaux". Nous procéderons cas par cas.

Les "Travaux neufs" d'abord. Le passage d'une technicité génie civil à une technicité qui comporte également le génie automatique, oblige les "Travaux neufs" à une collaboration avec la nouvelle division compétente en matière d'automatismes, tout au long des phases d'élaboration et d'exécution des projets concernant les stations locales qui abritent les ouvrages de régulation mobilisés en temps réel. Ainsi, pendant la phase de conception du projet, la "Gestion des Eaux" intervient dans la rédaction des cahiers des charges, en prenant en charge intégralement la partie "électro-mécanique" et "automatique" ; elle est présente également durant la phase de réalisation des travaux, en assurant le suivi de la partie du chantier concernant les ouvrages de régulation. Cette double participation de la division "Gestion des Eaux" dans les projets concernant les stations locales est souvent ressentie par le personnel des "Travaux neufs" sous la forme d'un rapport antagonique. La présence physique d'autres personnes dans des lieux considérés comme appartenant aux "sphères de leur juridiction" a été vécue par eux comme une menace contre la maîtrise de leur activité. Il en va de même pour les gens de l'"Entretien" qui ont vu une partie de leur activité se transférer vers la nouvelle division. Il s'agit de l'activité de maintenance des appareils électromécaniques et électroniques utilisés dans la gestion en temps réel, qui est aujourd'hui sous la responsabilité de "Gestion des Eaux".

Outre la récupération par la division "Gestion des Eaux" d'une partie (relativement mineure) des activités propres à l'"Entretien", la constitution de la nouvelle division en a modifié considérablement la vie quotidienne. La division "Entretien" cesse d'être le seul acteur qui intervient d'une façon régulière sur le réseau ; elle partage son ancien monopole avec la nouvelle division qui, elle aussi, agit sur le réseau fréquemment, en modulant les débits y transitant par l'intermédiaire de vannes et de pompes télécommandées. La multiplication des acteurs pouvant agir simultanément sur le réseau risque d'être génératrice de nombreux problèmes, dans le cas où elle ne s'accompagne pas du développement de mécanismes de coordination, visant à réguler et à rendre compatibles entre elles les actions prises par chaque division individuellement. Des modalités de coopération sont donc mises en œuvre par les

deux divisions, dans un effort d'anticipation des problèmes que leurs actions, indépendantes les unes des autres, auraient suscités.

Le problème de sécurité du personnel travaillant dans les égouts a été attaqué en premier lieu. Pour un ensemble de raisons inhérentes à la logique de son fonctionnement (propriété de connexité), les effets d'une opération ponctuelle sur le réseau — par exemple le démarrage d'une pompe — s'étendent au-delà de son point précis d'application, en touchant une grande partie du réseau en aval. Cette propagation en aval des effets résultant d'une opération ponctuelle, est susceptible de mettre en péril la sécurité des égoutiers qui vont subir subitement une augmentation du débit. La recherche de la sécurité se traduira en modalités de coopération entre les divisions, cristallisant des critères de prévention de l'accident, mais aussi de l'imputation des responsabilités. Concrètement, est en vigueur un règlement de sécurité déterminant les procédures à suivre lors d'une intervention sur le réseau tout en répartissant d'une façon précise entre les divisions des responsabilités à la fois circonscrites et exigeantes. Ce besoin d'ouverture de la division "Entretien" vers son extérieur, à l'origine d'une multiplication de transactions communicationnelles et d'actions communes nécessitant préparation et coordination, est vécu comme une collaboration forcée, en introduisant des exigences en rupture avec la culture, jusqu'alors, dominante des ouvriers d'assainissement. Ceux-ci, organisés depuis longtemps en corps fermé (¹), formant des équipes autonomes (même le chef d'équipe est issu des équipes par concours interne), avaient bénéficié depuis l'origine d'une autonomie complète sur la programmation et les modalités de leur travail (²). Leur conception du travail

Voir Reid D., *Paris Sewers and sewer men : Realities and Representations*, Cambridge (Mass.), Harvard University Press, 1991 ; Levy C, *Les conditions de travail des égoutiers parisiens et la grève d'automne 1977*, Laboratoire de sociologie du travail et des relations professionnelles, CNAM, 1978. Privilégiée parmi les services de la ville, la profession de l'égoutier n'a été ouverte qu'à ceux qui avaient auparavant accompli un stage dans un autre service comme celui du nettoyage par exemple. Signalons également l'absence d'émigrés parmi les égoutiers, susceptibles selon les dires de ces derniers de perturber la cohésion de l'équipe, cohésion indispensable vu les conditions du travail dans les égouts. Le recrutement semble se faire de préférence par famille : on embauche plus volontiers un neveu ou un fils d'égoutier. Levy C, *Les conditions...*, op.cit.

En s'exprimant sur leur travail, ils disent : "*There reigns a certain liberty. We are responsible for our own work from A to Z*", Reid D., *Paris Sewers and sewer men* ..., op. cit., p. 171.

imprégnée de la notion d'ordre dans la manière d'appréhender et d'exécuter des tâches dotées d'un "début" et d'une "fin" bien déterminés, leur représentation du temps formée par le travail répétitif qui le rythme et confondue avec le sentiment légitime d'être dépositaire d'un savoir-faire réel, se heurtent à la logique de la gestion automatisée, logique de la mobilisation non prévue, de l'anticipation et du traitement continu des opérations, logique enfin de l'échange et de la coordination. Seuls maîtres des égouts, pendant un siècle, les ouvriers d'assainissement s'insèrent dans les nouvelles structures non sans un certain malaise (¹).

L'intensification des rapports entre les acteurs du service se trouve souvent à l'origine d'une division du travail interne en termes de prestations mutuelles. Ainsi le recours à des ressources communes (un certain nombre de capteurs de mesure du débit) de la part de la division de "Gestion des Eaux" et celle de l'Hydrologie Opérationnelle", a occasionné des relations opérationnelles entre les deux divisions. Précisément, un contrat en matière de dépannage de ces capteurs a été passé entre eux. L'Hydrologie se trouve obligée d'assurer le dépannage de ces derniers dans un laps de temps qui varie selon l'importance de chaque capteur dans la gestion en temps réel. Trois catégories de capteurs sont définies, correspondant à trois types de dépannage (dépannage immédiat, dans 48 heures, dans une semaine). La "Gestion des Eaux" à son tour met à la disposition de l'Hydrologie ses compétences en matière d'automatique et d'électronique (exemple : le développement d'une mémoire sur les organes pluviométriques pour un prélèvement automatique des mesures sur place).

Ce renforcement des échanges et des collaborations entre les divisions, constaté durant le fonctionnement routinier du service, se manifeste également à l'occasion d'un projet d'extension du réseau. A la place d'une démarche séquentielle — lorsque l'un des acteurs, après avoir agi sur les seules variables dont il a la charge et selon l'optique fonctionnelle qui est la sienne, a terminé son action, celui qui est en aval peut intervenir en assurant la phase suivante du projet — une gestion globale du projet sur le mode intégré fait surface. D'un modèle additif, qui fonctionne par juxtaposition, on passe à une démarche qui accorde une place déterminante à l'articulation de différentes étapes du projet. Toutes les divisions

¹ Malaise qui transparait dans leur refus fréquemment observé d'appliquer le règlement de sécurité.

techniques sont impliquées dans les différentes phases du projet, de sorte que la solution retenue essaie d'intégrer dès la phase de la conception les objectifs spécifiques de chaque division et les problèmes qu'ils posent. De même, les modifications apportées à la solution retenue au cours des phases postérieures à la conception, ne sont pas assumées par le seul acteur responsable de cette phase, mais font l'objet des réélaborations collectives. Des outils techniques tels que le DAO (Dessin Assisté par Ordinateur) dont le développement est en cours au sein du service, peuvent constituer des supports matériels efficaces pour cette politique de va et vient successifs, en facilitant la confrontation de plusieurs options et l'intégration facile des modifications importantes dans une proposition avancée.

Cette intégration des perspectives différentes n'est pas toujours aisée à réaliser, du fait que la diversification et la complexification des activités du service font monter également les incompatibilités et les antinomies. Pour donner un exemple, un bassin de retenue se présente comme un fonds dont l'usage peut être dédié à des objectifs faisant intervenir des stratégies ambivalentes. Aussi, la lutte contre l'inondation met-elle en œuvre une politique de temporisation : on essaie de préserver les capacités volumiques du bassin le plus longtemps possible, afin de ne pas se laisser surprendre par une évolution défavorable de l'orage. Cette stratégie, nourrie d'attente et de prudence, s'inscrit en faux contre un usage efficace et intensif du bassin à des fins de dépollution. En effet, les politiques contre la pollution prônent une sollicitation maximale et continue de ce type d'ouvrages lors d'une pluie. Plus le stockage est important plus les mécanismes de décantation sont actifs, et par voie de conséquence, des quantités moindres de polluants attaquent le milieu récepteur. Compte tenu du fait que ces deux objectifs sont confiés (de manière non exclusive, il est vrai) à des acteurs distincts au sein du service (la "Gestion des Eaux" pour la lutte contre les inondations, la cellule "qualité" appartenant à la division "Hydrologie" en ce qui concerne la lutte contre la pollution), on s'aperçoit facilement que cette volonté d'intégrer dans un projet commun des vues provenant d'horizons différents, nécessite un vrai travail de négociations, afin de parvenir à des compromis faisant l'objet d'un consensus large. De même, le fait que l'éventail de choix techniques offerts aux acteurs du service ne cesse de s'élargir (de la solution classique génie civil à la gestion en temps réel) ne facilite pas les choses. En effet, étant donné que chaque option n'offre pas les mêmes avantages et n'impose pas les mêmes contraintes à chaque acteur, la négociation entre les options concurrentes devient de plus en plus lourde.

Ce qui précède ne doit pas laisser, donc, l'image d'un processus totalement maîtrisé et serein sans tensions ni conflits. La persistance des "rationalités partielles" et des stratégies parfois contradictoires dont les divisions sont porteuses (logique "génie civil" versus logique hydraulique, absence de préoccupations environnementalistes...), héritage du fonctionnement traditionnel du service, fait sentir la nécessité d'une gestion efficace des "interfaces" entre les divisions. La définition des structures administratives vouées à cette tâche est significative à cet égard et montre la prise de conscience de la part des responsables de l'importance d'une gestion globale et intégrée du fonctionnement du service. Ainsi, outre la création du poste de la coordination technique (voir organigramme, p. 332) investi exactement de cette fonction de gestion des interfaces et de facilitation des communications horizontales, la mise en place des procédures, telles que des réunions à des intervalles réguliers entre les responsables de différentes divisions, la participation de toutes les divisions lors de l'élaboration d'un projet au long de toutes ses phases, dessinent la volonté de créer de nouveaux espaces de coopération entre des acteurs autrefois ségrégués.

4. Conclusion de la section

Quelles conclusions peut-on tirer de ce rapide examen des évolutions marquant l'organisation du service, étant entendu que, ces évolutions étant encore largement en cours, nos observations, loin d'être définitives, n'indiqueront que les lignes de force qui nous paraissent majeures ?

Les analyses précédentes montrent clairement que, ce qui se cherche au sein du service n'est pas simplement une redistribution des cartes entre des acteurs, un réaménagement de l'espace d'intervention de chaque division. C'est avant tout un nouveau modèle de gestion qui cherche à établir les conditions de cohérence et d'efficacité entre les termes du triptyque <technologie, objectifs, organisations. Risquons nous à spécifier un certain nombre de traits de ce modèle.

Les mutations organisationnelles déjà décrites ainsi que les préoccupations exprimées par les responsables du service révèlent l'émergence (ou au moins le vœu) d'une nouvelle rationalité de gestion qu'on pourrait qualifier de "*rationalité de système*" qui se substitue aux rationalités partielles et juxtaposées de différents acteurs du service. En effet, les mutations que nous avons décrites, tout en

modifiant les rapports des agents du service avec leur outillage individuel (ordinateurs portables pour le recueil des informations, techniques modernes d'auscultation...), concernent surtout l'insertion des acteurs dans un réseau d'actions interconnectées et interdépendantes.

La mise en œuvre de cette "rationalité de système" suppose un développement important d'interfaces entre les divisions, dont la gestion devient un enjeu majeur pour le fonctionnement efficace du service. Question d'une importance cruciale, la gestion d'interfaces semble obéir pour le moment à la logique suivante : chaque division garde une large autonomie pour ce qui concerne la gestion quotidienne et les politiques d'amélioration de son propre savoir-faire. En revanche, elle se charge d'une part d'afficher clairement ses propres objectifs — opération qui facilitera la recherche de compromis raisonnables entre les divisions durant le déroulement des projets collectifs —, d'autre part de développer des indicateurs de performance pour ses propres activités, se mettant dans une logique d'obligation de résultats. La création de structures administratives vouées à une fonction d'animation et de coordination ainsi que l'institutionnalisation des rapports inter-divisions (réunions à des intervalles réguliers...), s'inscrivent, tout en étant une manifestation particulière, dans la logique d'action décrite précédemment.

Une autre tendance qui traverse le service consiste en ce *que nous appelons le passage d'une logique de gestion d'objets à une logique de gestion d'événements*. Qu'est-ce que nous entendons par cette assertion un peu sibylline ? Dans ce qui suit nous tenterons de lui assigner un contenu empirique, en nous appuyant sur un nombre d'exemples relevant du fonctionnement routinier du service.

On peut soutenir que l'exploitation d'un réseau d'assainissement, jusqu'à présent, (c'est-à-dire avant l'informatisation) était une activité orientée vers des objets physiques. Réduite à l'entretien et la maintenance des éléments constitutifs du réseau, l'exploitation ignore le temps des phénomènes ; mieux, elle le soumet à la temporalité de son propre fonctionnement, celle de la périodicité (visites périodiques, curages périodiques, entretien préventif régulier...). Or la gestion automatisée change profondément les habitudes du service qui, outre des objets, doit gérer aussi, en temps réel, des événements pluvieux et toutes sortes d'aléas (pannes, pollutions accidentelles...). Mais celui qui dit événement, dit également singularité et accidentalité, dit discontinuité, dit temps. La dimension temporelle

devient donc une préoccupation majeure de la part du service qui doit se pourvoir d'une organisation capable d'intégrer la notion de temps dans ses pratiques quotidiennes et d'affronter avec succès les nouvelles contraintes qui en découlent.

Une première illustration de cette préoccupation nous vient du domaine de la maintenance des ouvrages utilisés dans la gestion en temps réel. Ces derniers ne doivent pas seulement être "bien entretenus" et dépannés dans un laps de temps "plus ou moins court". Il faut que leur opérationnalité soit à tout moment disponible afin d'être exploitée lorsque la pluie survient. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle la maintenance et le dépannage de ces ouvrages ont été intégrés aux fonctions de la division "Gestion des Eaux" qui suit aujourd'hui en temps réel l'état de ces ouvrages, alors qu'auparavant ils étaient du ressort de FEntretien". La dimension temporelle est également présente dans les relations que la division "gestion des Eaux" entretient avec son homologue "Hydrologie" au sujet de la maintenance des capteurs utilisés en commun. Ici, comme dans le cas précédent, la notion de temps figure explicitement dans le contrat passé entre les deux divisions.

La même culture, imprégnée d'une logique événementielle, transparait également dans les projets concernant les activités classiques de l'entretien — telles que le curage et la lutte contre la dégradation de l'état du réseau. L'objectif recherché est de ne plus réaliser ces activités sur une base périodique et régulière, mais en prenant en considération l'état réel du réseau et les conséquences de l'action du service sur l'évolution du système. Il s'agit d'établir des hiérarchies et des priorités dans une logique d'anticipation/optimisation et dans la recherche d'un nouvel équilibre entre prédiction, prévention et intervention.

Nous ne voudrions pas quitter ce paragraphe sans nous référer à un ensemble d'évolutions qui ont affecté le fonctionnement du service, en lui posant un certain nombre de problèmes, qui demeurent pour le moment sans réponse précise.

La gestion d'un événement pluvieux — phénomène discontinu et aléatoire — dans les limites du temps réel, nécessite une organisation suffisamment souple, capable de mobiliser rapidement son personnel et de mettre en œuvre des actions adéquates, sans passer par des voies hiérarchiques très rigides et consommatrices de temps. En plus, le caractère discontinu du phénomène pose le problème du maintien des "réflexes opérationnels" du service, qui risquent de se trouver dans un état de relâchement au moment où l'événement survient. Pour faire face à ce danger réel, le

service, animé par une logique anticipatrice, a adopté la solution d'apprentissage continu via des tests de simulation. Il faut noter toutefois que cette solution s'avère partielle (fait qui est reconnu d'ailleurs par le service), compte tenu du caractère ludique du test qui introduit une asymétrie entre la psychologie des acteurs durant son déroulement et celle qui prévaut au cours d'une opération réelle.

Gérer un événement en temps réel, c'est tout d'abord l'identifier, le suivre dans ses métamorphoses successives, et autant que faire se peut, l'anticiper en maîtrisant toute la chaîne d'information en amont (importance des données météorologiques précises pour le cas de la pluie). La mise à disposition des informations concernant son évolution devient donc la condition nécessaire d'une gestion efficace. Mais disposer des informations ne suffit pas. Il faut les organiser de sorte qu'elles soient vraiment exploitables, dans les limites du temps réel, par le pilote qui les reçoit, et compatibles avec ses capacités intrinsèques de traitement. La mise en forme exploitable des informations reçues constitue un paramètre-clé conditionnant l'efficacité de la gestion. Tâche qui bute sur des difficultés considérables si on songe, non seulement à la quantité des informations acheminées vers le pilote, mais aussi à la variabilité des domaines qui les produisent (hydraulique, ouvrages électromécaniques, données météorologiques...). Quelle était la réponse du service à cette prolifération et diversification des informations qu'il doit gérer ? Pour se donner les moyens de s'adapter aux exigences d'une telle activité (= gestion des informations), qui par nature ne peut pas se limiter à l'application de prescriptions mais nécessite de la part du personnel un minimum de compréhension et d'interprétation de ce qui se passe, le service avait à choisir entre deux options : soit créer la nouvelle figure polyvalente, solution jugée impossible du fait de la complexité et du nombre de compétences requises, soit développer des systèmes d'aide à la(aux) décision(s) qui permettraient au personnel, d'une part d'organiser et d'interpréter les informations qu'il reçoit, d'autre part d'appliquer les consignes appropriées à la situation à laquelle il doit faire face. C'est dans la deuxième voie que le service s'est engagé, fixant comme objectif final le développement des systèmes experts.

SECTION 2. LES RAPPORTS ENTRE LE SERVICE ET LES AUTRES ACTEURS

1. Service et Partenaires industriels

Le projet de gestion a transformé d'une manière sensible les rapports du service avec son environnement. Transformation qui prend la forme d'une ouverture du service vers l'extérieur, d'une collaboration intensive avec un grand nombre des partenaires intervenant durant les différentes phases du projet. Ainsi, un véritable réseau a été tissé avec différents organismes universitaires et des sociétés d'ingénieurs-conseils qui ont mis à la disposition du service leur compétence scientifique en matière d'Hydrologie, de modélisation... De même, le recours intensif et systématique à l'informatique et l'automatique a amené le service à une collaboration étroite avec des entreprises spécialisées dans ces domaines (¹).

Le service risque donc de tomber vis-à-vis de l'extérieur dans un état de dépendance, mesurée en termes d'augmentation et de diversification du nombre de partenaires nécessaires à la conception et la mise en place du projet d'automatisation. Dépendance susceptible de se prolonger même après l'implantation du système de gestion automatisée et durant la phase de son fonctionnement routinier, si on tient compte des besoins du système en matière de maintenance et de développements futurs.

Quelle était la politique du service face à ces dépendances éventuelles ? L'évolution quantitative et qualitative du personnel, dont une image synthétique a été fournie dans le paragraphe correspondant, nous laisse soupçonner les logiques d'action mises en œuvre par le service.

A la mobilisation nécessaire de ressources externes, à la diversification et la complexification des rapports avec l'extérieur, le service répond en premier lieu par un renforcement de son "potentiel humain". Cette participation active du service dans le projet a été présentée comme indispensable, vu les spécificités du domaine

¹ Pour une liste des entreprises, voir Bachoc A., *Pour commencer à automatiser...*, op.cit.

de l'assainissement faisant appel à une connaissance du terrain et des contextes qu'il est difficile de restituer convenablement à des partenaires extérieurs. Mais analysons de près les modalités de coopération du service avec le réseau de ses collaborateurs externes.

Une logique qui a été écartée était celle de "clé en main". Le service, au lieu de s'adresser à une grande entreprise ayant une vision globale du projet, a opté pour une politique de diversification des sous-traitants en pratiquant la collaboration avec des petits constructeurs qui, selon les responsables du service, disposent d'une plus grande souplesse pour s'adapter aux spécificités de l'assainissement.

Une autre logique qui a conditionné également les rapports du service avec l'extérieur consiste en l'adaptation — dans la mesure du possible — de solutions créées à l'origine pour d'autres domaines d'activités, particulièrement l'industrie. Un raisonnement en termes de modules ou d'éléments standard à l'œuvre a abouti à une cohabitation éclectique des techniques utilisées à l'origine dans des domaines différents. Il est évident que ce travail d'adaptation nécessite des efforts considérables en matière de spécifications, d'essais et de mise en évidence des résultats, montrant encore une fois l'importance de la présence d'un potentiel humain suffisamment qualifié au sein du service.

La volonté de garder la maîtrise intégrale du système de gestion automatisée, se manifeste clairement dans la politique du service à propos de la conception des logiciels utilisés dans la gestion. Ainsi, en ce qui concerne les micro-ordinateurs des stations locales qui gèrent un ensemble d'organes servant à la gestion via des automates programmables (pour l'architecture du système voir Annexe IV), l'écriture de leurs logiciels est assumée entièrement par le service. Quant aux automates programmables eux-mêmes, ce sont les constructeurs qui développent leurs programmes à partir des cahiers de charges détaillés fournis par le service. Néanmoins, ce dernier est en mesure d'assurer tous les développements ultérieurs et d'apporter les modifications souhaitées. La même logique de maîtrise transparait dans la politique de maintenance des ouvrages impliqués dans la gestion automatisée. Le service garantit le dépannage immédiat ainsi que l'entretien courant, en imputant au constructeur la responsabilité des "gros travaux" seulement (par exemple une fois par an).

2. Rédéfinition des rapports entre service, Etat et collectivités territoriales

L'historique des pratiques de régulation (Partie II) a montré que la régulation d'un réseau d'assainissement était assurée par le moment de la conception, activité qui est devenue en France l'objet de politiques de normalisation de la part du pouvoir central (= l'Etat). Il s'agissait bel et bien d'une régulation en temps différé (une autre dénomination serait "régulation anticipée") car indépendante d'un événement pluvieux concret. Le corollaire de cette normalisation en matière des techniques de conception et d'une régulation inscrite dans l'objet technique, est une suprématie du pouvoir central qui met le local (= le service gestionnaire du réseau) en situation d'infériorité et de passivité en lui assignant le rôle d'exécutant des normes.

Temps différé et suprématie du central caractérisaient donc la régulation d'un réseau d'assainissement. Ces deux caractéristiques se trouvent transformées dans le contexte de la gestion automatisée. Deux questions au moins méritent notre attention. La première concerne la rédéfinition du contenu de l'exploitation et de son rôle dans le fonctionnement global du réseau ; la seconde se réfère au changement de polarité entre les deux termes du couple Etat central / service et aux enjeux qui l'accompagnent.

La possibilité d'une intervention en temps réel et en fonction de l'événement pluvieux, grâce au système de gestion automatisée, fait que la performance de la régulation n'est plus une émanation logique de la "justesse" des normes de la conception et de l'entretien systématique des ouvrages de génie civil (collecteurs), mais repose de manière critique sur le fonctionnement coordonné de toutes les composantes du service. En même temps, la gestion automatisée échappe à une normalisation imposée dans la mesure où elle est fonction d'un événement individualisé et non reproductible. En même temps, le contenu de la conception change aussi. A la place d'un dimensionnement au coup par coup, opéré à l'aide d'une formule de valeur universelle, l'informatisation permet une étude détaillée des effets d'insertion d'un nouvel ouvrage dans le réseau existant. Le recours à des modèles de simulation de validité "régionale" (dans la mesure où les valeurs des coefficients empiriques qui y figurent sont fonction des conditions locales), simulent les multiples interactions entre les éléments constitutifs du réseau, en ré-introduisant dans les techniques de conception *la dimension du local et la singularité*

du site concret (*). Le local se libère de la formule universelle, le service peut s'affranchir de la tutelle quelque peu étouffante de l'Etat, tout en étant en mesure de co-assurer la régulation du réseau (²). Cela étant, l'Etat ne disparaît pas de la scène, puisque il reste l'acteur qui définit le cadre réglementaire dans le domaine de l'assainissement, en fixant les objectifs (en matière de lutte contre les risques naturels, en matière de protection de l'environnement), et en répartissant missions et compétences à l'intérieur de l'espace d'acteurs (Communes, Département,...). Sa présence prégnante se manifeste également à travers la législation concernant la fonction publique territoriale. En effet, les règles administratives en vigueur régissant l'évolution des carrières, le recrutement du personnel nouveau et les conditions du travail, se trouvent souvent déphasées avec les exigences de la gestion automatisée, les fonctions et les compétences qu'elle requiert. Ainsi, pour ne citer que deux exemples, le recrutement du personnel de haut niveau se heurte au problème de la rémunération ; l'écart en termes de salaires entre le privé et la fonction publique, trop important, joue en faveur du secteur privé. De même, la possibilité d'une surveillance et d'une action continue sur le réseau (pannes, orages... survenus en dehors des jours ouvrables du service...), se trouve compromise, à cause des difficultés d'ordre juridique à mettre en place un système d'astreinte. En fait, les règles qui régissent les conditions de travail dans la fonction publique ne prévoient pas d'indemnités dans le cas d'astreinte (en dehors des indemnités attribuées à des postes voués explicitement à cette tâche), ce qui fonctionne de manière dissuasive pour les agents du service. Actuellement, la situation se présente comme étant plus que fragile. Des procédures d'astreinte sont mises en place depuis 1988, mais la demande d'un réajustement des indemnités risque de buter sur le refus du Préfet, et d'amener par là au non renouvellement de l'expérience.

retour curieux à la philosophie des méthodes empiriques (voir Partie II).

Une lecture parallèle de deux règlements de l'assainissement départemental pour le service de la Seine-Saint-Denis (l'ancien ratifié par le Conseil Général en 1981, le nouveau qui vient d'être ratifié) est instructif pour les évolutions en cours. Tandis que dans l'ancien règlement la mission qui incombait au service était la réalisation de deux grandes finalités du système de l'assainissement (évacuer sans déborder, protéger l'environnement), codifiées par l'Etat central, dans le nouveau apparaît la nouvelle mission propre au service : "maîtriser les écoulements dans le réseau départemental en période de pluie", *Règlement de l'assainissement*, Service de l'eau et de l'assainissement, 1992, p. 2.

Ce réaménagement des rapports entre l'Etat central et le service, pose en termes nouveaux la question de la responsabilité vis à vis des dommages subis par la population au cours d'un événement pluvieux. En effet, la politique de normalisation des techniques de la conception menée par le pouvoir central allait de pair avec un engagement juridique de la part de la Commune en cas de débordements. Or la régulation en temps réel, étant assurée physiquement par des personnes, peut se trouver à l'origine d'une individualisation des responsabilités, octroyées maintenant au pilote de la gestion automatisée (¹). Même si ce cas de figure a le statut d'une hypothèse, il n'en reste pas moins vrai, que la participation du service dans la gestion s'accompagne par une responsabilisation accrue de sa part vis à vis de la population et des élus, qui pourront canaliser les plaintes des inondés vers les pilotes du système de gestion automatisée. A moins que le transfert de responsabilité que nous venons de mentionner, d'une instance juridique et impersonnelle (= la Commune) vers des personnes physiques, puisse être suivi en trouvant comme destinataire final la machine elle-même. Transfert qui pourrait constituer le premier acte d'une entreprise de "légitimation des dégâts", vu la puissance phantasmatique dont l'ordinateur jouit. Incarnation d'une rationalité rassurante, dotée d'une efficacité extraordinaire, autant d'images façonnées par un travail médiatique, la machine est en mesure de s'autolégitimer, transformant les dommages produits en fatalités insurmontables. Bien évidemment, il s'agit d'hypothèses qui présentent toutefois l'intérêt de mettre en évidence le caractère multidimensionnel et multiforme des transformations induites par l'implantation d'un système de gestion automatisée, ainsi que les enjeux qui l'accompagnent.

Si dans ses rapports avec l'Etat, le service gagne en autonomie, en participant désormais de manière énergique à la régulation du réseau, il n'en va pas de même avec les communes du Département. Ces dernières, dans un contexte de décentralisation, sont investies de pouvoirs et de compétences accrus en matière de gestion d'eau et d'urbanisation sur leur territoire. Le service départemental cesse de se trouver dans la position de supériorité de jadis, et se trouve face à un interlocuteur qui devient désormais partenaire égal dans un processus de

¹ Il ne s'agit pas de science-fiction. Des appels téléphoniques en provenance des services techniques des communes, demandant aux responsables du service de la Seine-Saint-Denis des explications sur des inondations qui leur semblent "anormales", sont fréquents.

négociations et d'actions coordonnées. Privé du pouvoir d'imposer ses vues, le service multiplie les négociations et se tourne vers des politiques d'incitation qui visent à instaurer des régimes de collaboration (intervention en cas d'incident dans les réseaux communaux, entretien des équipements, exonération de taxe locale d'équipement afin que l'aménageur réalise à ses frais les équipements demandés (bassins de retenue, puits d'infiltration ...)).

3. Service et autres partenaires

On ne peut pas clore cette partie consacrée aux acteurs, sans se référer au processus de refonte des rapports noués entre le service et un certain nombre d'autres acteurs qui apparaissent sur la scène de l'assainissement aujourd'hui.

D'abord, la diversification des techniques impliquées dans la réalisation des objectifs assignés au système "assainissement", fait que le service-gestionnaire du réseau ne dispose plus du monopole dans ce domaine. Ainsi, un certain nombre de techniques alternatives se développent au niveau de la parcelle privée ; leur conception, mise en œuvre ainsi que leur entretien incombent à des acteurs (constructeurs, aménageurs, citoyens...) autres que le service. Il en résulte une intensification des contacts avec d'autres partenaires (aménageurs, particuliers...) susceptibles de mettre en œuvre des techniques alternatives. Il en va de même avec plusieurs services du département (Espaces verts, Direction de la voirie et des infrastructures, Services sportifs, ...) dont la collaboration avec le service d'assainissement peut s'avérer très utile. Aussi, plusieurs projets communs, tels que le projet "bassin de retenue-golf inondé", avec le service des sports, celui d'un bocage inondable avec le service des espaces verts, ou le développement de chaussées poreuses avec la Direction de la voirie, ont déjà vu le jour. Aujourd'hui cette logique de partenariat est soutenue par une formalisation des relations entre les services du département. Les directeurs des services se réunissent tous les quinze jours, tandis que pour l'encadrement supérieur la périodicité des rencontres est de trois mois O.

Sur l'intensification des collaborations du service de l'assainissement avec les autres services techniques de la collectivité locale, intensification qui, selon nos interlocuteurs, est à attribuer en grande partie au contexte de la décentralisation, censée avoir entraîné, auprès des élus, une plus grande

Mais l'ouverture du service ne se réduit pas à des "gros" acteurs, tels que les autres services techniques du Département, les communes... Le citoyen-individu entre dans la vie quotidienne du service. Plus exigeant que dans le passé en matière de cadre de vie, moins enclin à tolérer mauvaises performances (inondations, obstructions...) et servitudes (travaux...), l'usager oblige le service à développer des programmes intenses de communication et d'explication de ses plans d'action (affichage des travaux programmés, accueil du public, campagnes d'information...)(!). De même, le recours à des politiques qui ont comme conséquence une "visibilisation" du phénomène de l'évacuation (bassins de retenue ouvert au public, zones inondables...⁽²⁾), oblige le service à s'ouvrir sur son environnement social. Ouverture qui génère des échanges inédits, des interactions dynamiques, souvent sous la contrainte du temps réel (interdiction d'accès à des endroits dangereux, information des usagers sur l'éventualité d'une inondation "provoquée" par le système de gestion automatisée (voir note 2, p. 348 sur les zones inondables).

sensibilité à l'égard du fonctionnement des services techniques, voir Berrebi, "Pour un partenariat entre les différents services d'une collectivité locale", communication au colloque *Les gestions locales de l'eau*, Paris, 4-5 décembre 1991, Service de l'Eau et de l'Assainissement de la Seine-Saint-Denis, pp.1-5. Ces derniers temps les plaintes, quasiment inexistantes dans le passé, sont passées au nombre de 50 par an. Elles sont résolues à l'amiable. Ajoutons que suite à la diminution du "seuil de tolérance" dont les usagers font preuve actuellement, le service a été obligé de supprimer les travaux de génie civil pendant la nuit.

Zones inondables : espace public (terrains de foot...) qui, lors d'un orage, est inondé de manière préférentielle par le service grâce aux programmes de gestion (automatisés). Signalons à cette occasion un changement important, qui participe du contexte social enveloppant les mutations actuelles dans le domaine de l'assainissement : l'attitude de l'ingénieur vis-à-vis du risque d'inondation. Alors que jusqu'à présent, on essayait de garder l'eau invisible le plus longtemps possible, aujourd'hui, on pense à sensibiliser les populations urbaines aux possibilités d'une inondation, ne serait-ce qu'en autorisant l'apparition contrôlée de l'eau en des lieux inhabituels (installations sportives par exemple, on évoque également des passages souterrains, des parkings). Sur cette nouvelle problématique qui émane d'une communauté d'Ingénieurs nourrie des développements récents de l'hydrologie urbaine, voir les interventions lors des journées d'échange organisées par la Section "hydrologie urbaine" de la Société Hydrotechnique de France, 14-15 mars 1990, parues sous le titre *La ville sous l'eau, l'eau sous la ville, la ville, l'eau et les sous* ; voir également Bachoc A., Durand E., *La gestion des risques dans la ville, une démarche globale*, Rencontres Nationales du Génie Urbain, Lyon, 29-30 mars 1990. Sur cette question importante, nous reviendrons dans la Partie IV de la thèse.

Il faut ajouter que cette diversification des techniques alternatives et la multiplication des acteurs qui en découle, posent de sérieux problèmes de coordination, d'autant plus que les règlements juridiques et administratifs en matière d'assainissement se sont calqués sur un modèle mono-acteur. Ainsi, le service donne son avis sur les dossiers de ZAC ⁽¹⁾ et de POS ⁽²⁾, il reçoit des dossiers de permis de construire, mais toutes ces activités s'inscrivent dans un cadre plutôt facultatif que prescriptif. Le service négocie, propose, sans être en mesure d'exercer un véritable contrôle sur des projets finalement adoptés. Qui plus est, même dans le cas où la proposition du service est adoptée sur le plan, il n'y a aucune information sur les travaux réalisés et le fonctionnement effectif des ouvrages. Imposer aux aménageurs un bassin de retenue est en soi une opération délicate, contrôler son fonctionnement effectif en est une autre. Les difficultés s'accroissent du fait du décalage des opérations d'urbanisme dans la durée : des opérations sont annulées, reportées dans le temps. Par conséquent, le service ne dispose pas d'une connaissance des travaux réalisés et du fonctionnement des ouvrages existants. Dans la mesure où le nombre de ces derniers ne cesse de se multiplier, leur synergie fonctionnelle risque de produire des effets sensibles sur le réseau en aval. Le service court le risque d'être exposé aux effets non étudiés de cette multiplication des centres de régulation locale, se situant à l'extérieur de son champ de pouvoir. Danger qui renforce, encore une fois, ses besoins en communication et négociations croisées avec les autres acteurs.

ZAC : Zone d'Aménagement Concerté.

POS : Plans d'Occupation des Sols.

Chapitre iv
Vers un nouveau mode de régulation?

Parvenus à ce point de notre exposé, nous avons désormais toutes les prémisses pour conclure cette troisième partie de la thèse. Les mutations qui affectent le secteur de l'assainissement annoncent-elles l'avènement d'un nouveau mode de régulation, ou assistons-nous simplement à une adaptation et à des modifications à la marge ? Nous optons pour le premier terme du dilemme. Dans ce qui suit, nous défendrons la thèse selon laquelle l'ancien mode de régulation, remis en question dans ses articulations essentielles, est entré dans la figure de son achèvement. Nous croyons que notre époque est bien celle d'une bifurcation dans l'histoire de l'assainissement.

Il faudrait néanmoins nuancer cette thèse :

- alors même que l'ancien mode de régulation se retire de la scène, son successeur est encore à la recherche d'une forme stabilisée. Notamment, le retrait de l'ancien mode de régulation installe un vide en ce qui concerne les outils de gestion nécessaires au service pour que ce dernier réponde au nouveau contexte (notre Partie IV sera consacrée à cette question) ;
- tandis que l'ancien mode était assez unitaire dans ses principes, rien ne nous garantit que, des expérimentations actuelles (techniques, organisationnelles), surgira une réalité aussi lisible et ordonnée que celle du passé. Il est possible qu'à l'unicité succède une pluralité de formes de régulation variables.

C'est dire que l'avenir se refuse à son anticipation complète. Malgré ces réserves délibérément assumées, nous jugeons qu'en tout état de cause, le(s) nouveau(x) modèle(s) de régulation doit(vent) s'accommoder de quelques "réalités" de base, déjà identifiables. Cela étant, encore une fois, ces "réalités" peuvent se projeter de manière variable sur des configurations concrètes. Pour mieux faire pointer les originalités du contexte actuel, notre analyse met en parallèle l'ancien et le nouveau.

SECTION 1. L'ANCIEN

1. Hiérarchie et juxtaposition

L'ancien mode de régulation s'appuie sur une articulation spécifique de deux moments, la conception et l'exploitation. La première, dont le produit final est un objet technique normalisé, devient le moment-clé pour l'efficacité de la régulation, tandis que l'exploitation, réduite à la tâche d'assurer la pérennité du réseau, occupe un rang subalterne. A cette hiérarchie, s'ajoutent le cloisonnement et le repli sur soi. Chaque moment essaie de satisfaire des objectifs propres et indépendants, en rapportant ses réalisations à la résolution d'une série de dilemmes et d'alternatives qui lui sont spécifiques. Ainsi, la conception a dû se confronter aux dilemmes "évacuation immédiate/stockage", réseau unitaire/réseau séparatif..., avant d'arriver à des réponses tranchées. De même, l'exploitation, tout en ne disposant pas de la latitude de la conception, a travaillé sur sa propre série d'options possibles : choix entre les différents modes de curage, dilemme entre dédoublement d'un collecteur insuffisant et réhabilitation de l'existant (/)... Si aux types de rapports et de logiques d'action mentionnés auparavant, on ajoute la logique séquentielle et unidirectionnelle à l'œuvre lors du passage d'un moment à l'autre, on obtient un mode de régulation qui recherche son efficacité sur un mode additif d'"optimums" locaux et indépendants.

2. L'objet technique : le futur anticipé et la périodicité

Le produit de la conception était un objet technique normalisé, à marche automatique et programmé de toute éternité sur la base d'événements choisis et plus ou moins artificiellement construits (pluie de dix ans, débit de pointe pour les eaux usées). Structure durable, destinée à se perpétuer à l'identique dans la durée, le réseau accueille en son sein les acteurs de l'entretien qui lui rendent visite à intervalles réguliers, pour l'inspecter et lui dispenser des travaux. Il en résulte un mode de régulation misant sur un objet technique susceptible de rassembler et

A l'intérieur de chaque dilemme, il y a aussi d'autres micro-dilemmes. Ainsi dans le cas de la réhabilitation, il faut choisir entre plusieurs techniques. Voir Triantafillou C, *La dégradation ...*, op. cit.

retenir en lui, en une seule présence, un certain nombre de réactions efficaces aux événements du futur. La seule chose qui reste à faire une fois le réseau construit, c'est de lutter contre son vieillissement. L'action du service s'installe, donc, dans un temps différé, et sa temporalité est celle de la périodicité.

3. Etat fort, service faible, usager absent

La primauté de la conception sur l'exploitation se traduit directement par un espace hiérarchisé d'acteurs, en nombre limité et pris dans des rapports très lisibles. L'Etat central, édictant ou privilégiant des normes de conception, prime le service qui se borne à se conformer (à) et à exécuter des pratiques provenant en grande partie de son extérieur. En ce qui concerne l'usager, le mode de régulation peut fonctionner — et il est fait pour fonctionner — sans lui. Pour lui, l'évacuation des eaux pluviales doit rester un phénomène invisible ; son comportement vis-à-vis des eaux usées qu'il génère, est surveillé grâce à l'objet technique lui-même : le siphon (voir p. 277).

4. Le service : cloisonnement et repli sur soi

Cantonné à la tâche de remettre à jour les potentialités initiales du réseau telles qu'elles sont issues de sa conception, le service a connu un mouvement de cloisonnement et de repli sur soi. Mouvement de cloisonnement : les différentes divisions représentées en son sein (Bureau d'Etudes (*), Travaux Neufs, Entretien) se concentrent sur leurs objectifs, alors que les échanges entre elles, peu développés au demeurant, suivent des canaux codifiés et s'opèrent à l'aide de langages formalisés (le dessin technique en constitue une illustration exemplaire). Mouvement de repli : la répétitivité des tâches diminue le besoin d'échanger des informations avec l'extérieur, au-delà du strict nécessaire. Informations dont la nature appartient au domaine du prévisible, du répétitif et du programmable (par exemple, tel type d'informations avec l'entreprise qui assure le curage et que le service contacte à des intervalles réguliers...). Le réseau physique, unique objet de

Parfois, le Bureau d'Etudes est extérieur au service, sa fonction étant assurée par un Bureau d'Etudes privé.

préoccupations pour le service, fonctionne à cet égard comme un écran interposé entre le service et son environnement social. De proche en proche, le service se replie sur lui-même, en créant son propre référentiel, pauvre en communications et en échanges.

SECTION 2. LE NOUVEAU

Les mutations, tant sociales que techniques, qui affectent le secteur de l'assainissement, touchent l'ensemble des ingrédients de l'ancien mode de régulation, et modifient son dispositif de références que nous venons de présenter. Voyons comment.

1. De la juxtaposition à l'intégration

L'informatisation réorganise la dichotomie conception/exploitation, tant au niveau du contenu de chaque terme qui y figure qu'au niveau de leur rapports respectifs. Tout d'abord, le recours à des modèles de simulation permet de passer d'une conception menée au coup par coup et sur la base d'un événement artificiel (chaque collecteur est dimensionné séparément sur la base d'une pluie décennale), à une conception globale, basée sur une connaissance de la réaction du réseau *dans son ensemble* à des événements pluvieux concrets. De même, la teneur de l'exploitation se modifie de fond en comble. La possibilité d'intervenir en temps réel en fonction de l'événement fait que l'exploitation élargit le champ de ses missions. A la tâche de l'entretien s'ajoute la mission de conduite des flux, en sorte que l'efficacité de la régulation n'est plus uniquement du ressort de la conception. Cette atténuation (voire annulation) de la distance qui séparait les deux moments quant à leurs importances respectives dans la régulation, s'accompagne d'un mouvement *d'intégration et de coordination*, à la recherche de cohérences temporelles des pratiques croisées et déployées au sein d'un système d'acteurs de plus en plus complexe. Ainsi, les différentes solutions adoptées au cours d'un projet se font de plus en plus dans une perspective d'ensemble, perspective qui se construit grâce à la présence active de tous les acteurs concernés par le projet dès la phase de son élaboration.

2. L'objet technique : malléabilité et temps réel

Sur les rapports objet technique-informatisation, nous nous sommes suffisamment expliqués dans le paragraphe correspondant. On a vu que l'informatisation rend à la structure du dispositif technique, jusqu'alors rigide, une plus grande souplesse, en redéfinissant en fonction de l'événement les interconnexions de ses éléments constitutifs. Elle solidarise les composantes du réseau, en augmente la dépendance, en organisant une coordination plus importante de leurs actions. La dynamique temporelle des rapports entre collectif du travail et objet technique change également. Le temps réel se substitue à la périodicité, la mobilisation non prévue et irrégulière prend le relais des visites régulières. De la gestion statique des objets, on passe à une gestion dynamique des événements. Les temporalités du fonctionnement ordinaire du service et de son environnement se rapprochent et s'interpénètrent. Il en résulte une approche événementielle de l'activité quotidienne d'une organisation qui doit être suffisamment souple et décentralisée sur le plan des responsabilités décisionnelles, pour faire face à des sollicitations imprévues.

3. Etat (coordinateur), service fort, usager présent

La singularité et la non-reproductibilité d'un événement fait que la normalisation de sa gestion est difficilement envisageable. Le service se libère de la tutelle absolue de l'Etat, édicateur de normes, tout en étant en mesure de co-assurer la régulation du réseau. En ce qui concerne l'utilisateur, ce dernier entre en scène autrement que comme producteur (direct ou indirect) de flux qui doivent rester invisibles. La diversification des techniques impliquées dans la lutte contre l'inondation et dans la protection de l'hygiène publique et de l'environnement ainsi que la hausse des exigences en matière d'environnement et de cadre de vie, transforment l'utilisateur en acteur actif du système de régulation.

4. Service : intégration et ouverture

Nouvelles technologies, nouveaux savoir-faire, besoin d'échanger des informations, de coordonner des actions diversifiées et non répétitives, se trouvent à l'origine d'un double mouvement affectant le service. Mouvement d'intégration à

l'intérieur du service mais aussi mouvement d'intensification des échanges avec son extérieur (laboratoire de recherche, industriels, usagers, aménageurs, communes...). Il est sûrement trop tôt pour se prononcer sur les configurations précises que les rapports entre les acteurs (à l'intérieur du service, entre le service et ses partenaires extérieurs) prendront C¹). Mais, au-delà de ces incertitudes renvoyant au problème des formes de division du travail à l'intérieur du nouveau champ d'acteurs, le nouveau référentiel du service se présente comme beaucoup plus riche en échanges et communications tant internes qu'externes, traversé par des interactions et des négociations entre des acteurs multiples.

Pour ce qui concerne les rapports du service avec ses partenaires industriels, on peut envisager par exemple deux options : solution clés en main suite à une stratégie agressive des grands groupes industriels du secteur (Lyonnaise des Eaux, Générale des Eaux) versus une implication énergique du service dans le processus d'innovation. Sur la stratégie des grandes compagnies françaises dans le domaine de l'eau et de l'assainissement, voir rapidement la synthèse que Drouet D. donne de sa thèse de Doctorat, *Distribution d'eau et assainissement urbain : le redéploiement de l'offre de biens et services dans les pays industrialisés*, in *La gestion de l'eau*, op.cit., pp. 68-76. Pour ce qui concerne les mutations organisationnelles, à l'intérieur des services qui ont recouru à la gestion automatisée, les informations contenues dans une étude réalisée par le CERGRENE-ENPC, dépeignent un tableau où on trouve plusieurs cas de figure. De la création d'une nouvelle division à l'instar du service de la Seine-Saint-Denis, qui va assurer la gestion en temps réel (Nancy), jusqu'à "Inadaptation" des anciennes structures organisationnelles aux nouvelles technologies avec l'appropriation-intégration des nouveaux outils informatiques dans la division qui s'occupe des projets hydrauliques (Marseille).

*En guise de conclusion : "l'économie informationnelle" d'un service
d'assainissement*

Après avoir brossé un tableau synthétique des traits empiriques les plus saillants de l'ancien et du nouveau, nous aimerions clore nos analyses sur les mutations actuelles affectant l'assainissement, par une série de réflexions qui, s'appuyant sur les matériaux déjà exposés, essaie de systématiser et thématiser sur un plan plus théorique nombre de nos conclusions principales. En mobilisant dans le cas du service d'assainissement un mode de description générale qui appréhende l'organisation comme une "économie informationnelle" (¹) spécifique, nous aborderons la question de la performance de cette économie dans des contextes variés. La discussion qui suivra, en même temps qu'elle permettra de retrouver nombre de thèmes (et de convergences) déjà rencontrés dans le cas du métro et de l'industrie taylorisée, pourra être vue également comme une introduction "théorique" à la quatrième partie de la thèse où la question de la performance d'un service d'assainissement adapté aux impulsions et exigences émanant du contexte actuel, sera posée en des termes plus précis et opérationnels.

Vu sous le critère de son "*économie informationnelle*", le service classique d'assainissement (i.e., celui qui appartient à l'ancien mode de régulation), présente une unité remarquable, puisque c'est le seul faisceau d'un nombre restreint de principes de base, qui semble commander les différents aspects de son fonctionnement. Faisceau où se trouvent réunis, au sein d'un réseau d'influences réciproques qui les unit et renforce leurs actions, la spécialisation, le cloisonnement fonctionnel et la circulation minimale de l'information. D'une économie informationnelle simple, ce même service n'en a pas moins montré une efficacité, à la fois certaine et suffisamment durable pour ne pas être purement accidentelle. De là, la question autour de laquelle s'organisent les pages qui suivent, et qui consiste à interroger les conditions qui ont rendu possible cette symbiose entre l'efficace et le simple. Notre parcours comporte quatre étapes. Dans un premier temps, nous rappellerons brièvement les traits essentiels de l'économie informationnelle du service durant l'ancien mode de régulation. Ensuite, nous interrogerons les

Voir nos analyses consacrées au concept de mode de régulation dans la partie I de la thèse pp. 145-146.

conditions de réussite de cette économie. Dans un troisième temps, nous examinerons si ces conditions requises étaient effectivement réunies au sein de l'ancien mode de régulation. La dernière étape de notre parcours sera consacrée à une confrontation entre les évolutions actuelles et leurs exigences d'une part, les possibilités de l'ancienne économie d'autre part. Après avoir mis en évidence l'écart qui se crée entre exigences et possibilités, nous poserons la question d'une nouvelle "économie informationnelle" en phase avec les changements advenus. Comme le matériau sur lequel nous appuyons nos affirmations a été déjà longuement exposé, nous nous permettons de pratiquer un certain laconisme.

Sur le plan de son "économie informationnelle" le service classique d'assainissement présente toutes les caractéristiques de ce modèle d'organisation, qualifié communément de hiérarchico-fonctionnel, modèle théorisé par Fayol (0) au début du siècle et déjà rencontré pendant l'étude de deux autres systèmes socio-techniques. Ainsi, la spécialisation fonctionnelle débouche ici sur une structure bipolaire, où la conception occupe le rang élevé et l'exploitation, réduite à la tâche d'assurer la pérennité du dispositif matériel, se présente comme une fonction subalterne. Cette spécialisation fonctionnelle s'accompagne d'un cloisonnement entre les acteurs qui, ancrés dans les objectifs et les programmes d'action qui leur sont propres, communiquent peu et à travers des canaux et des procédures codifiés. Spécialisation et cloisonnement forment une "économie informationnelle" pauvre en communications et échanges, fonctionnant sur la base de programmes de coordination fixés une fois pour toutes et de tâches stables dans la durée.

Pauvre en échanges et transactions communicationnelles, cette "économie informationnelle" n'en présente pas moins plusieurs points forts. En effet, la contre-partie de la spécialisation, du cloisonnement et de la circulation minimale de l'information, prend la forme d'un double avantage. Outre les gains traditionnellement imputés à la spécialisation sous l'appellation "effets d'apprentissage", le modèle hiérarchico-fonctionnel, grâce à la définition précise des tâches et des programmes d'action, la distribution individualisée des rôles et des missions, en raison de la coïncidence qu'il instaure entre l'aire d'exercice de l'autorité et celle de l'activité "productive", permet une *diminution considérable des*

coûts de négociation et de coordination au sein de l'organisation. Or, il est évident que ces deux propriétés du modèle (effets d'apprentissage, économie des coûts de coordination) opèrent avec d'autant plus d'efficacité que l'environnement de l'organisation est stable et son activité routinière (¹). Est-ce que ces deux conditions sont réunies dans le cas d'un service d'assainissement classique ? Notre réponse étant affirmative, les paragraphes qui suivent tentent de l'étayer. Commençons par aborder la question de l'activité du service.

L'activité du service est en effet fortement marquée par le sceau de la routine, cette dernière étant présente, tant dans les activités de conception que dans celles de l'exploitation. Exemple d'une tentative réussie de "taylorisation" des tâches intellectuelles, le service se contente d'appliquer de manière massive des formules et des normes de conception déjà élaborées ailleurs. Même constat pour les activités d'exploitation, consacrées à la lutte contre le vieillissement d'un dispositif technique qui n'évolue guère dans le temps : les activités d'entretien sont réglées par la routine et le temps cyclique (²). La première condition — présence d'une activité routinière — satisfaite, passons à la deuxième condition : le caractère stable de l'environnement du service. Ici, les analyses mettent en évidence des processus de stabilisation. En voici les plus importantes.

La première opération de stabilisation, d'ordre intellectuel, vise l'environnement physique du service, la pluie et le comportement hydraulique du réseau. Elle s'accomplit principalement grâce au concept de pluie décennale et à l'aide d'une démarche deductive qui va des causes originaires (= la pluie) au débit de

Pour une discussion poussée sur les rapports entre modalités de coordination, types d'environnement de l'organisation et caractéristiques du processus productif, voir Aoki, *Economie japonaise...* op.cit.

Précisons que si l'immuabilité des pratiques de conception est assurée par la présence des normes, dans le cas des égoutiers, la stabilisation de leurs tâches dans la durée, à l'opposé de ce qui s'est passé dans l'industrie, n'est pas le produit de l'action rationalisatrice de l'Ingénieur, mais plutôt le résultat de la pesanteur de l'histoire et de la force des coutumes. En effet, avant l'informatisation, peu de changements interviennent dans les activités des égoutiers, assurant la pérennité d'un objet technique dont les caractéristiques n'évoluent guère dans le temps. Seuls maîtres de la vie souterraine du réseau, organisés en équipes autonomes (même le chef de l'équipe sort d'un concours interne), les égoutiers secrètent leurs propres règles d'action qui, compte tenu de la stabilité de l'objet technique et des techniques d'entretien, tendent à se reproduire à l'identique.

dimensionnement (voir nos analyses sur la méthode rationnelle). En effet, avec le concept de pluie décennale, pluie supposée spatialement homogène et d'une intensité constante durant sa durée, la variété infinie du phénomène a été intellectuellement domptée. De même, le recours à une démarche deductive et idéalisante, qui retrace le chemin amenant des causes originaires, déjà schématisées, (la pluie décennale) à ses effets (le débit d'un *collecteur pris individuellement*), a permis aux concepteurs de faire l'économie des interactions singulières des parties constitutives du réseau lors des pluies concrètes (^x).

La même stabilité que l'on observe dans le cas de l'environnement physique du service caractérise également son environnement social, ce dernier étant composé par des acteurs, autres que le service, concernés par l'assainissement. Aussi longtemps que l'ancien mode de régulation suivait sa courbe, ces acteurs (l'Etat central et l'usager), étaient représentés par l'objet technique, en étant incorporés en quelque sorte dans la matérialité de ce dernier. Aussi, l'Etat central se trouvait-il être à l'origine de normes de conception de l'objet, tandis que l'usager était représenté par les objectifs en terme d'hygiène et de lutte contre les inondations, objectifs qui présidaient exactement à la définition de ces normes. Autrement dit, tout au long de l'ancien mode de régulation, c'étaient les normes et les objectifs fixés une fois pour toutes qui tenait lieu d'environnement social pour le service. Ce dernier, tant que la solution de l'évacuation gravitaire pouvait faire face à l'extension de l'urbanisation, responsable unique du développement d'un réseau d'assainissement souterrain et invisible, programmait et exécutait seul et dans l'isolement l'essentiel de ses activités.

Or, cette belle cohérence entre les caractéristiques de l'"économie informationnelle" du service (spécialisation, cloisonnement, circulation minimale d'information) et le cadre de son fonctionnement (activité routinière et environnement stable) a subi ces dernières années plusieurs brisures, suite aux évolutions actuelles. Evolutions qui transforment ce qui a été longtemps l'avantage du modèle hiérarchico-fonctionnel — la spécialisation et l'économie des négociations— en (son) talon d'Achille. En effet, les mutations que l'on a déjà enregistrées dans le domaine de

Sur l'efficacité opérationnelle, sous certaines conditions, de ces gestes intellectuels, nous nous sommes expliqués p. 300.

l'assainissement, multiples et variées quant à leur forme, partagent une homogénéité quant à leurs effets : elles participent toutes à un mouvement d'intégration dont les exigences sont antinomiques des propriétés du modèle hiérarchico-fonctionnel. Trois composantes majeures forment ce mouvement d'intégration :

— *intégration d'abord entre le service et son environnement physique* (i.e., la pluie et les flux circulant dans le réseau). Ce sont les nouvelles technologies d'information qui assurent cette intégration. De multiples informations sur l'évolution temporelle et spatiale de la pluie concrète et des flux transitant dans le réseau ainsi que sur l'état des multiples organes de régulation permettent au service de rendre compte de la variété de l'environnement physique, autrefois schématisé. Cette capacité de représenter l'environnement dans sa complexité, s'accompagne pour le service d'une possibilité de l'intégrer dans ses programmes d'action, désormais nécessairement évolutifs et difficilement normalisables, car fonction d'événements non reproductibles. Le développement des techniques de prévision et des politiques d'anticipation (utilisation des radars pour la prévision de la pluie, recours à des modèles de simulation...) renforce encore plus cette intégration, qui ne concerne plus uniquement deux présents (ceux du service et de son environnement au moment "t") mais aussi un futur anticipé.

— *intégration au sein du service ensuite*. Nous avons déjà insisté sur le mouvement d'intégration qui traverse le service tant durant son fonctionnement de tous les jours que lors des moments forts de son activité (projets d'extension du réseau...). Ce mouvement, en dissociant aires d'autorité et aires du travail, instaure des régimes de coopérations horizontales, multiplie les actes de négociation entre des acteurs qui, tout en appartenant à des divisions distinctes, se trouvent obligés de travailler ensemble dans le but de réaliser des objectifs globaux, transversaux par rapport aux objectifs locaux de leur lieu institutionnel d'appartenance.

— *intégration enfin entre le service pris dans son ensemble et son environnement social*. Parmi les traits les plus marquants du tableau formé des évolutions actuelles, figure la complexification du système d'acteurs formant l'environnement social du service. Outre l'apparition sur scène d'un usager de plus en plus exigeant, l'espace d'acteurs s'ouvre pour envelopper des partenaires

nouveaux, tels que les communes, les aménageurs, d'autres services techniques (voirie, espaces verts...), des partenaires industriels. Ouverture qui rend l'environnement social du service beaucoup plus mouvementé que par le passé. Loin d'être réduit à un ensemble de normes et d'objectifs fixés une fois pour toutes, ce dernier est désormais traversé par des négociations renouvelées, visant la définition des projets communs dont l'issue n'est pas a priori prévisible.

Prolifération des informations et des échanges qui traversent l'espace du service, développement de programmes d'action évolutifs, instauration de coopérations horizontales, multiplication des actes de négociation, mettent en cause de façon radicale le modèle hiérarchico-fonctionnel dont l'avantage principal réside exactement dans l'économie d'information et de négociation qu'il réalise. Il est évident que le nouveau contexte, en lançant des appels d'intégration, incite le service à développer un modèle d'organisation intégré, modèle qui doit s'avérer capable de maîtriser des chaînes d'information multiples, de les distribuer de façon pertinente aux acteurs concernés, et de transformer la négociation, d'un élément marginal et perturbateur qu'elle était dans le passé, en activité routinière dans le fonctionnement du service.

Si la nécessité d'un tel modèle nous paraît certaine, il reste le plus difficile : sa construction. La quatrième partie de la thèse, loin de proposer une construction achevée, essaie de définir un certain nombre d'outils de gestion qui pourraient participer à l'émergence d'un modèle organisationnel, capable de relever le défi du mouvement d'intégration décrit précédemment.

Partie IV

Quelques ingrédients du nouveau mode de régulation

INTRODUCTION

Tout au long du chapitre précédent nous avons essayé de dresser un panorama des évolutions affectant le secteur de l'assainissement. Par un travail principalement analytique visant à mettre en relief les appels créés par les évolutions en cours et adressés aux acteurs de l'assainissement, nous espérons avoir montré que le mode de régulation dominant jusqu'alors est entré dans une phase de remise en cause de son dispositif de références. Cette remise en cause de l'ancien mode de régulation laisse un vide en ce qui concerne les outils de gestion que le service doit mobiliser afin de répondre au nouveau contexte. Dans cette partie, la dernière de la thèse, nous présenterons les premiers résultats de la collaboration que notre laboratoire d'appartenance a noué avec le service de la Seine-Saint-Denis, collaboration dont l'objectif est la constitution d'outils de gestion en phase avec les évolutions en cours.

Bâtir du nouveau après tant d'années de routine, c'est à coup sûr un processus long. Aussi les ambitions de notre contribution dans le cadre de la thèse sont-elles bien limitées. Loin de viser à construire un nouveau savoir-faire directement opérationnel, l'objectif de notre collaboration avec le service de la Seine-Saint-Denis s'est limité d'emblée à deux tâches : mettre au point une méthodologie solide d'une part, tester la faisabilité du projet d'autre part. Néanmoins, nous sommes suffisamment avancés dans le déroulement de ce projet pour être persuadés de son intérêt et de sa faisabilité. En effet, au moment de la rédaction de notre travail, toute la chaîne du projet est déjà parcourue (de la problématique et de la méthodologie générale jusqu'à quelques résultats opérationnels), et bénéficie de l'approbation des acteurs du service. Ces précisions étant données, cette partie comporte trois chapitres.

Dans un premier temps, à travers deux exposés parallèles portant sur les grands traits de l'ancien "modèle de gestion", dominant jusqu'alors, et sur les signes d'épuisement de ses capacités de régulation à la suite des mutations précitées, nous tâcherons de "situer" notre intervention et de circonscrire les objectifs qui lui sont assignés. Le deuxième chapitre sera consacré au développement de la problématique du projet et à l'exposé de la méthodologie qui le sous-tend. Ce chapitre comportera également : une présentation critique des résultats issus d'une étude bibliographique dans des régions connexes à notre sujet ; la discussion serrée

d'un certain nombre de difficultés du projet, dues en partie aux traits spécifiques des services de l'assainissement, ainsi que les remèdes apportés. Enfin, le troisième chapitre expose les premiers résultats de la méthodologie préconisée à la suite d'une collaboration avec le service d'assainissement de la Seine-Saint-Denis.

CHAPITRE I

Position du problème

Portons une fois de plus notre regard en arrière, vers l'ancien mode de régulation pour rappeler brièvement les logiques de gestion à l'œuvre.

On peut soutenir qu'une organisation est *in fine* un assemblage de coopérations en vue de réaliser des objectifs qui s'imposent à ses membres. Les problèmes relatifs à sa gestion peuvent alors se décomposer en deux sous-classes. La première concerne la mesure et le contrôle des performances de l'organisation à l'égard de ses objectifs. La seconde est constituée des problèmes relatifs à l'agencement efficace d'actions locales et éclatées, dont la combinaison doit produire les résultats escomptés (¹). Quelle était la réponse de l'ancien mode de régulation à ces deux classes de problèmes, consubstantiels à toute forme de gestion ?

En ce qui concerne le problème de la performance, la solution a été recherchée dans la voie de la normalisation des techniques de conception appliquées à un objet technique : le réseau d'égouts qui va assurer entièrement les finalités de l'assainissement. Une fois la norme établie, son application mécanique est censée entraîner la performance voulue. Cette dialectique central (= Etat normalisateur) / local (service exécutant), en jetant le service dans la passivité, avait résolu du même coup le problème de mesure et de contrôle de la performance de ce dernier : elle le supprimait tout court.

Venons en maintenant au problème de coordination des actions à l'intérieur du service. La solution qui a prévalu s'était inscrite en quelque sorte dans la lignée de la réponse donnée au problème de contrôle de la performance. De nouveau, il s'agissait de rechercher la solution le plus en amont possible, une fois pour toutes. En effet, on peut parler d'une coordination préprogrammée, qui s'était cristallisée dans une architecture de tâches et de fonctions immuable dans la durée. Coordination qui réalise une économie radicale de communications. Une fois les tâches (exécution des normes de conception, pratiques d'entretien autour du

Ces définitions, simplement annoncées ici, feront l'objet d'explicitations dans ce qui suit.

dispositif technique) et leur enchaînement fixés, le besoin en communications horizontales et ouvertes se trouve diminué de manière drastique.

Regardons de près comment les évolutions actuelles mettent en cause l'efficacité de ces deux solutions.

Le recours intensif aux nouvelles technologies d'information, la possibilité d'intervenir en temps réel et en fonction de l'événement, font que la performance du réseau n'est plus une émanation logique de la "justesse" des normes de la conception et de l'entretien systématiques des ouvrages du génie civil, mais repose de manière critique sur le fonctionnement coordonné de toutes les composantes du service. En même temps, la gestion automatisée échappe à une normalisation imposée, dans la mesure où elle est fonction d'un événement individualisé et non reproductible. Le service se libère de la tutelle "absolue" de l'Etat, tout en étant en mesure de co-assurer la régulation du réseau.

Qui plus est, les évolutions en cours introduisent au sein du service une dynamique d'intégration, qui met en cause les cloisonnements fonctionnels préexistants ⁽¹⁾. La performance globale n'est plus uniquement fonction de chaque acteur du service pris séparément ; des "gisements" d'efficacité se situent aux interfaces, aux articulations entre les segments du service. L'interdépendance croissante des différentes activités exige une transparence et pousse à la création d'un langage commun à tous les acteurs du service impliqués dans des projets collectifs. Il s'agit de résoudre des dilemmes, d'assurer des compatibilités qui deviennent de plus en plus difficiles à gérer au fur et à mesure que le service croît en taille et en complexité. Situation qui transforme la négociation en condition centrale du bon fonctionnement du service.

Afin de compléter le tableau des mutations affectant le domaine de l'assainissement, il faudra évoquer également le phénomène de l'émergence d'un usager (individuel/collectif) de plus en plus exigeant, qui demande au service une qualité de prestation toujours plus élevée ⁽²⁾, ainsi que l'apparition sur scène des nouveaux acteurs disposant des potentialités de régulation en matière d'assainissement

¹ Voir la Partie III de la thèse, pp. 330-338.

² Voir Partie III, p. 348.

(communes pour ce qui est des processus d'urbanisation, des aménageurs-constructeurs et autres services techniques, tels que la voirie..., quant aux technologies alternatives). D'un espace d'acteurs bipolaire, où Etat et service se trouvaient pris dans des rapports hiérarchisés extrêmement lisibles, on passe à une structure multi-acteurs, moins hiérarchisée, avec le service gestionnaire d'occuper le centre et la collectivité locale, l'aménageur et l'utilisateur se positionnant en quelque sorte sur la périphérie. Cet éclatement du système d'acteurs pose sur de nouveaux frais le problème de performance en matière d'assainissement. Voyons comment. Nous commençons par l'entrée en scène de l'utilisateur exigeant.

La création d'associations de riverains ⁽¹⁾, l'intensification des contacts directs entre l'utilisateur et le service (contacts dont la plainte symbolise les aspects souvent tendus et conflictuels), sont autant d'indications convaincantes de la montée d'une pression revendicatrice qui fait accroître le volume des devoirs incombant au service. Ce dernier est alors obligé de développer en matière de gestion des *logiques extraverties* et de se doter d'outils d'évaluation de performance chargés de mettre en cohérence ses objectifs opérationnels avec les exigences du public. En d'autres termes, le service doit faire face au problème de sa légitimation — qui à vrai dire n'est pas spécifique au service d'assainissement mais touche l'ensemble des services publics — vis-à-vis d'un utilisateur qui occupe simultanément le rôle du consommateur des prestations du système administratif et celui du citoyen. Hâtons-nous d'ajouter que la présence plus active des utilisateurs ne s'épuise pas, quant aux effets produits, à la seule pression revendicatrice. L'autre face de la médaille de ce processus consiste de manière un peu paradoxale en l'intégration de l'utilisateur dans le système d'acteurs qui assure la régulation du réseau, et cela à travers ce qu'on appelle la "co-production des biens publics" ⁽²⁾. Il y a de la "co-production" quand la façon dont les utilisateurs se comportent est un élément constitutif de la production du service. La pression peut déjà être considérée comme une modalité de "co-

Sur les associations de riverains, voir rapidement Caroux F. et J., *Les associations du cadre de vie...*, op.cit.

Sur le thème de la co-production, voir le numéro spécial (1987, vol. 16, n° 3) du *Journal of Voluntary Action Research* consacré à l'état actuel de la question au niveau théorique et pratique. En langue française, on peut se reporter à l'ouvrage collectif, *La relation de service dans le secteur public*, Plan urbain-RATP-DRI, 1992, et plus particulièrement au Tome 5 intitulé *Droit des utilisateurs et co-production des services publics*.

production", puisqu'elle force l'administration à agir. Mais il y a plus important encore. L'utilisateur est une source de *données* précieuses pour l'amélioration, voire la production des prestations fournies (qu'on songe aux appels d'urgence, aux alertes transmises au service par le public en cas de pollution accidentelle...). On voit clairement que cette intensification des interactions entre l'institution et l'utilisateur, ne serait-ce que sous forme d'une pression (directe ou médiatisée par la figure de l'élu), aboutit à une connaissance plus fine des problèmes (¹) auxquels le service doit faire face et permet une meilleure adéquation des décisions aux réalités, tout en consolidant la légitimité des orientations adoptées. Gêné dans un premier temps, mais aussi partenaire presque malgré lui, à la fois défi et chance, l'utilisateur constitue en tout état de cause une réalité incontournable pour le nouveau modèle d'organisation. Il passe ainsi d'une position d'extériorité à une position intérieure au cercle qui circonscrit le nouveau mode de régulation.

Si le service doit assurer vis-à-vis de l'utilisateur une performance jugée acceptable, et par là légitimer une action, il ne peut plus le faire tout seul. Le poids de plus en plus important d'autres acteurs dans le système de régulation (communes, autres services techniques, aménageurs), fait que le service doit instaurer un régime de dialogue et de négociation permanent avec des partenaires potentiels.

En résumé, on pourrait soutenir que les problèmes actuels relatifs à la gestion d'un réseau d'assainissement obligent le service à agir sur deux fronts :

- Le premier, qui se déploie au long des frontières du service avec son environnement social, est celui de sa performance vue par l'extérieur, c'est-à-dire par l'utilisateur et l'élu. Le problème semble se poser dans les termes suivants. Jusqu'à présent, cette performance était en grande partie le "résultat logique" de l'application et du respect des normes de conception, édictées par l'Etat central. Etant donné qu'aujourd'hui le rôle du service dans la régulation du réseau va largement au-delà de cette exécution passive des normes, comment s'assurer de l'efficacité des politiques de gestion développées à l'intérieur du service ?

Ainsi le service découvre avec stupéfaction que des quartiers entiers étaient fréquemment inondés dans le passé, sans qu'il ait jamais pris connaissance, à l'époque, de cet état de choses, pourtant directement lié à son activité et à sa mission.

- Le deuxième front s'installe à l'intérieur du service et c'est celui de la "coordination". Rappelons que la coordination des actions menées par les différents acteurs dans l'ancien modèle de gestion était assurée par une répartition de tâches bien circonscrites, stables et répétitives dans le temps. Etant donné que les exigences actuelles (surtout celles liées à une intervention en temps réel) s'accordent mal avec cette philosophie de gestion basée sur une architecture de tâches immuables dans la durée, et qu'en revanche elle demande souplesse, flexibilité et des collaborations intenses de la part des acteurs, le problème de la coordination se pose avec acuité. Comment, en effet, arriver à une coordination des comportements locaux en vue de satisfaire les finalités du service, tout en sachant que ces comportements, contrairement à ce qui se passe dans l'ancien modèle, ne peuvent pas être spécifiés complètement à l'avance ?

CHAPITRE II

Présentation du projet

SECTION 1. PRESENTATION GENERALE

Dans le chapitre précédent, nous avons essayé de dépeindre les traits essentiels du "modèle de gestion", dominant jusqu'alors, dans le domaine de l'assainissement. Basé sur l'existence des normes de conception et sur des pratiques codifiées et régulières, ce modèle est entré dans une phase de déstabilisation à la suite de la conjonction d'une dynamique sociale (émergence d'un usager du service exigeant, multiplication des acteurs impliqués) et d'une dynamique technique (nouvelles technologies d'information, technologies alternatives). Déstabilisation qui appelle des réponses d'ordre normatif : quelles politiques développer ? Deux voies s'ouvrent devant le service. Examinons leurs contenus et leurs chances respectives.

La première s'inscrit dans la lignée de l'ancien modèle et revalorise la norme en tant que ressource principale à partir de laquelle le service peut subvenir à ses besoins de régulation. La solution consisterait alors en une sorte de "fuite en avant", dans le tissage d'un réseau toujours plus dense de normes et de procédures codifiées et destiné à recouvrir l'ensemble des nouvelles activités développées au sein du service (*)• Politique qui selon toute probabilité sera accompagnée d'une certaine centralisation au niveau de la Direction du service des processus de décision. En effet, le maintien des cloisonnements forts impliquerait que les litiges éventuels entre les acteurs du service, ne pouvant se résoudre par voie de négociations directes, "remonteront" jusqu'à la Direction pour trouver une solution imposée d'en

Les tentatives de mise au point de systèmes-experts, intégrant des programmes de conduite prédéfinis en fonction de situations-types, dans le cadre de la gestion en temps réel, sont significatives de cette voie de normalisation des pratiques de régulation ; voie qui peut miser sur les potentialités de l'outil informatique. Ajoutons aussitôt que notre scepticisme à l'égard d'une gestion automatisée intégralement assumée par des moyens informatiques ne vise aucunement l'intérêt et les potentialités tout à fait réelles des systèmes-experts en tant qu'outils d'aide à la décision. Notons, enfin, que les options du service sur ce point sont claires. Pas d'automatisation intégrale, mais co-existence et division de travail entre l'homme-pilote et la machine-outil d'aide à la décision.

haut. Cette voie nous semble interdite, au moins comme stratégie dominante ; peut-être adaptée dans le cas d'une gestion axée sur la conception, la réalisation et la conservation *d'objets* standardisés et durables dans le temps, elle est nettement moins appropriée aux besoins d'une maîtrise des *événements* (*J*) (conduite du réseau en temps réel en fonction d'un événement pluvieux, intervention d'urgence de toute sorte - pollution, panne -, développement d'échanges et de coopérations entre des acteurs multiples au sein des projets ouverts). En effet, le temps réel et la participation à des projets collectifs exigent une élasticité et des capacités d'adaptation de la part de l'organisation et des acteurs, propriétés antinomiques de la notion de norme, laquelle est, le plus souvent, facteur de rigidité et d'immuabilité (²).

La deuxième voie marque un tournant par rapport au modèle existant. L'idée de base est plus de créer des *pôles d'impulsion* à travers la définition d'une série d'objectifs généraux que de construire une machine organisationnelle spécifiée jusqu'à ses niveaux les plus subalternes et dans ses composantes les plus intimes. Notre projet fait sienne cette voie alternative ; en participant à un mouvement de réflexion plus général sur la mise en place de structures organisationnelles flexibles et intégrées, il se concentre sur un ingrédient de cette structure : *les indicateurs de performance et de fonctionnement*. Ces derniers, investis d'un double rôle, fonctionnent comme des outils à la fois de communication et d'action. Ainsi, *les indicateurs de performance*, en mesurant les diverses prestations fournies à l'utilisateur, permettent au service de vérifier si les efforts menés dans les divers domaines de son activité se font tendanciellement dans la bonne direction, tout en constituant la base pour un dialogue entre le service et son extérieur, usagers et élus. En revanche, le périmètre d'action des *indicateurs de fonctionnement* se situe à l'intérieur du service. Outils opérationnels à l'usage des acteurs du service, les indicateurs de fonctionnement évaluent l'efficacité d'action de ces derniers, mettent

Événement : ce qui échappe à une prévision. Voir Prigogine I et al., *La nouvelle alliance : métamorphose de la science*, Paris, Gallimard, 1986 (1ère éd. 1979)

On retrouve, ici, les mêmes problèmes et dilemmes qui travaillent aujourd'hui le monde industriel, lui aussi à la recherche de structures organisationnelles et d'outils de gestion capables de faire face à un environnement changeant et émetteur d'événements. Sur les rapports entre différents types d'environnement (stable ou prévisible/changeant) et différentes formes de coordination (coordination verticale/coordination horizontale), voir le livre déjà cité d'Aoki, *Economie japonaise...*, op.cit.

en place une dynamique continue d'auto-correction, tout en constituant un outil de communication de par leur participation à un mouvement de constitution d'un fonds commun de représentations relatives au fonctionnement du service (*l*).

Mais avant de passer à l'exposé détaillé de notre problématique — laquelle s'organise, comme nous l'avons déjà énoncé, autour des notions d'indicateur de performance et d'indicateur de fonctionnement —, nous voudrions présenter les grands traits du cadre théorique qui inspire et soutient notre démarche.

Pour éviter tout malentendu qui pèserait sur la nature de notre projet, expliquons-nous sur les visées de notre travail. D'après ce que nous venons de dire, le service cesse d'être l'unique acteur de régulation, pour s'insérer dans un système plus vaste qui l'englobe. Une des questions principales qui se pose est celle de la coordination efficace de ce système d'acteurs, dans lequel le service est certes l'agent principal mais non pas le seul. Coordination qui met en jeu des ressources de plusieurs ordres (juridiques, techniques) et qui mobilise des actes de négociations entre plusieurs partenaires. Il est évident que nous nous trouvons dans l'impossibilité de proposer, ici, des outils et des réponses à tous les défis lancés par le nouveau contexte. En revanche, en focalisant notre attention sur l'acteur central, le service gestionnaire, nous sommes en mesure de réfléchir sur un certain nombre d'outils propres à lui, et susceptibles d'être maniés par ses membres. Dans ce qui suit, nous nous plaçons donc dans la perspective du service, en tenant compte du champ de ses compétences actuelles. Qui plus est, nous nous intéressons à titre principal aux questions qui touchent l'organisation. Ainsi, la question importante, portant sur le développement d'outils répondant aux besoins de gestion des interfaces homme/machine (pilotage du réseau en temps réel), outils qui doivent d'une part aider le pilote à trier, parmi la masse d'informations en provenance du réseau, celles qui sont les plus pertinentes pour le pilotage, d'autre part l'assister à la recherche d'une stratégie efficace, ne sera pas abordée dans le cadre de cette thèse. Sur ces questions voir : Laterrasse J., Chatzis K., Coutard O., "La problématique centralisation/décentralisation : architecture des systèmes et choix organisationnels", *Flux*, n° 8, avril-juin 1992, pp. 48-53. ; "Information et gestion dynamique ou quand les réseaux deviennent intelligents", *Flux* n° 2, automne 1990, pp. 33-41. Habermas, *Théorie de l'agir...* op. cit., Tome H, pp. 393-410.

SECTION 2 CADRE THEORIQUE

"Un corps de théorie centrée sur la rationalité procédurale est compatible avec un monde dans lequel les hommes continuent à penser et créer ; une théorie de la rationalité substantielle ne l'est pas"({}). Si nous ouvrons ce paragraphe par une citation de H.A. Simon, c'est parce que ses réflexions sur la rationalité (rationalité substantielle/procédurale/limitée ⁽²⁾) alimentent aujourd'hui une constellation importante de travaux, de visée à la fois théorique et pratique, portant sur le fonctionnement et le pilotage des organisations : travaux qui définissent le cadre général de notre intervention. Sans vouloir passer en revue leur contenu, nous nous en tenons à une mise en forme des principaux éléments qui sont liés directement à nos propres préoccupations.

1. La rationalité procédurale de l'acteur isolé

L'idée de rationalité procédurale est un thème récurrent dans l'œuvre de Simon. Présente de façon plutôt latente dans ses premiers travaux sur les deux types de processus de décision, nommés respectivement *"programmed"* et *"non-programmed"*⁽³⁾, la rationalité procédurale, attachée au second type, trouve sa thématization explicite dans son opposition avec la "rationalité substantielle". Leur point de clivage semble être le suivant. Alors que *"le comportement est rationnel d'un point de vue substantiel quand il répond à la réalisation d'objectifs donnés eu égard aux limites imposées par des conditions et des contraintes également données"*⁽⁴⁾, dans la version procédurale, les choix sont à construire : *"est procédurale la conception qui met l'accent sur l'aspect "délibératif de la décision, c'est à dire qui insiste sur le fait que les conditions de choix, du côté des fins aussi*

¹ Simon H.A., "From Substantive to Procedural Rationality", in Latsis (éd.), *Method and Appraisal in Economics*, Cambridge, Cambridge University Presse, 1976, p. 146.

² Voir Simon H. A., *Models of bounded rationality : behavioral economics and business organisation*, 2 vol., Cambridge Massachussets, The MIT Press, 1982.

³ Simon H.A., "The Role of Expectations in an Adaptive or Behavioristic Model", in Bowman M.J. (éd.), *Expectations, Uncertainty and Business Behavior*, New York, Social Science Council, 1958, pp 49-58.

⁴ Simon H.A., "From Substantive to Procedural Rationality", op. cit., p. 130.

bien que des moyens, ne sont pas données mais font l'objet d'une recherche "i¹". Pour la rationalité substantielle l'ensemble des choix possibles est donné avant la décision et la question pertinente est celle de la sélection (²). En revanche, dans le cas de la rationalité procédurale, l'univers des possibles n'est plus donné (il n'est plus exogène au décideur), mais il est à construire par le décideur lui-même (y compris ses objectifs/priorités/niveaux d'aspiration). Avant de devenir choix, la décision est donc processus d'identification/formulation. *"On s'intéresse à la rationalité procédurale dans les situations de formulation de problèmes, à savoir des situations où le sujet se doit de collecter, puis de traiter de l'information dans le but de parvenir à une séquence d'action raisonnable, à une solution pour le problème"*³). La rationalité procédurale caractérise par conséquent la formation/construction de décisions "qui conviennent" à des problèmes formulés. Qui dit construction de choix et de solutions, dit également processus d'apprentissage, ce dernier conditionnant l'efficacité des actions futures. Pour Simon, *"la rationalité se laisse voir prioritairement dans le phénomène d'apprentissage"*⁴). L'apprentissage a partie liée avec la notion de rationalité procédurale, capable d'intégrer dans les choix futurs les leçons du passé. Constitution simultanée du couple problème/solution, importance de l'apprentissage : qu'en est-il des organisations ?

2. De l'acteur isolé à l'organisation

Commençons par un constat. Alors que le concept de rationalité limitée dans sa version substantialiste a été abondamment développé dans les approches des

1. *Ibid.*, pp. 131-132. Sur ces questions, voir Favereau O., "Vers un calcul économique organisationnel ?", *Revue d'Economie Politique*, n° 2, 1989, pp. 322-354 ; Mongin Ph., "Modèle rationnel ou modèle économique de la rationalité ?", *Revue Economique*, n° 1, janvier 1984, pp. 9-63 ; Giordano Y., "Décision et organisations : quelles rationalités ?", *Economies et Sociétés (série "sciences de Gestion" n° 17)*, n° 4/1991, pp.161-194.

² Notons qu'à rencontre d'une interprétation rapide de l'œuvre simonienne qui procède aux assimilations «[^]rationalité substantielle égale rationalité optimalo et <rationalité procédurale égale rationalité limitéo, la rationalité substantielle est compatible avec la rationalité limitée due à l'incomplétude de l'information et aux limites des capacités cognitives du décideur.

³ Simon H. A., "From Substantive to Procedural Rationality", *op. cit.*, p. 132.

⁴ Simon H. A., "Rationality as a Process and a product of Thought", *American Economic Review*, vol. 68, n° 2, 1978, p. 8.

organisations, par Simon lui-même entre autres¹), la notion de rationalité procédurale n'a pas connu pour le moment des développements analogues. Les difficultés qui accompagnent l'extension du champ d'application de cette notion ne sont pas minces. Passer du registre de l'individu à celui du collectif nécessite des développements et des déplacements importants.

D'abord, dans le cas de l'organisation, la construction des problèmes/solutions s'opère au sein d'un espace interindividuel, composé d'acteurs porteurs de perspectives et ayant des objectifs qui ne sont pas *a priori* convergents. De là, la nécessité de la mise en congruence des comportements locaux, congruence qui, compte tenu de l'impossibilité de définir de manière exhaustive des programmes de coordination valables une fois pour toutes, ne peut être (au moins en grande partie) que le produit émergent de l'interaction des acteurs concernés. De là, la nécessité d'établir une *réciprocité minimale des perspectives* dont les différents acteurs sont porteurs. Notons que "réciprocité des perspectives" ne signifie aucunement "fusion" et absence de conflits entre les "points de vue" des participants à la recherche d'une solution collective. Par "réciprocité minimale des perspectives", nous voulons désigner un socle de représentations communément partagées par les acteurs et sur lequel ils pourront bâtir des accords, discuter des désaccords, tisser des compromis (tout désaccord et compromis présupposent par ailleurs un accord préalable minimal sur l'objet du différend).

La passage de l'individu isolé au collectif affecte également la notion d'apprentissage. *"Il est clair que l'apprentissage organisationnel n'est pas la même chose que l'apprentissage individuel, même lorsque les individus qui apprennent sont les membres de l'organisation. Il y a trop de cas où les organisations savent moins que leurs membres. Il y a même des cas où des organisations ne semblent pas pouvoir apprendre ce que tous membres de l'organisation savent"*⁽²⁾. A l'opposé de ce qui se passe dans le cas de la décision de l'acteur isolé, ce qui est en jeu dans l'apprentissage au sein d'une organisation, ce ne sont pas les

1. March et Simon, "Les organisations", op. cit. ; March, "Bounded rationality, ambiguity and the engineering of choice", op. cit., voir notre introduction pp. 15-16.
2. Arguris C, Schön D.A., *Organizational Learning : A Theory of Action Perspective*, Reding, Mass, Addison-Wesley, 1978, p.9, cité par Midler C, "Evolution des règles de gestion et processus d'apprentissage", communication au colloque *L'Economie des Conventions*, 27 et 28 mars 1991).

connaissances détenues par l'individu, mais les connaissances "coUectivisées", propres à l'organisation (}). Le contenu et l'ampleur de ces connaissances coUectivisées dépendent des caractéristiques de l'organisation, de ses capacités de produire et de rendre "partageables" ces connaissances pour ses membres.

De ce que nous venons de dire, une conclusion peut d'ores et déjà être tirée. Une fois l'idéal d'une spécification complète de la machine organisationnelle renoncée, les outils de gestion doivent répondre au défi suivant : créer un contexte propice à l'apprentissage collectif, constituer un milieu où les acteurs peuvent construire des objectifs et des solutions pertinentes eu égard aux finalités de l'organisation⁽²⁾. Autrement dit, passer du statut d'instrument de contrôle à celui de "*Dispositifs Cognitifs et Normatifs Collectifs*"⁽³⁾, qui, appropriés par les acteurs, vont fonctionner comme des ressources communes dans le processus de construction de plans d'action évolutifs. Le cadre théorique de notre démarche étant exposé, nous passons maintenant à la présentation détaillée de notre problématique qui s'articule, comme nous l'avons déjà annoncé, autour de la notion d'indicateur.

Les connaissances coUectivisées se situent en quelque sorte entre le savoir privé de l'individu et le "common knowledge" totalement public. Sur la notion de "common knowledge" voir J.P. Dupuy, "Conventions et Common Knowledge", *Revue Economique*, n° 2, mars 1989, pp. 361-400.

La présence des finalités qui s'imposent de "l'extérieur" aux acteurs, fait que l'organisation ne se réduit pas à un espace d'accords intersubjectifs.

Nous empruntons cette expression à Favereau O., "Marchés internes, marchés externes", *Revue Economique*, n° 2, mars 1989 (b), pp. 273-328. O. Favereau parle de "Dispositifs Cognitifs Collectifs" (DCC). Nous ajouterons l'adjectif "Normatifs" car, à notre sens, les éléments normatifs constituent un aspect déterminant de la coordination collective (voir p. 381). La parenté de cette notion avec celle de "*référentiel*" est patente. Il existe néanmoins une différence qui nous a incité à ne pas recourir au concept de *référentiel*. Ce dernier est en fait proposé comme instrument herméneutique qui rend intelligibles les pratiques historiques d'une époque. Il est donc d'une portée beaucoup plus globale par rapport aux "Dispositifs Cognitifs et Normatifs Collectifs", marqués par les spécificités d'une organisation singulière.

SECTION 3. LA PROBLEMATIQUE "INDICATEUR"

1. Indicateurs de performance

Tout d'abord, l'ouverture du service sur son environnement social demande une évaluation de sa performance, telle qu'elle est perçue par l'utilisateur et l'élu. Revenons à la solution donnée par l'ancien mode de régulation, tout en insistant sur des aspects que nous n'avons qu'effleurés jusqu'alors. On a vu que l'efficacité du mode de régulation, dominant jusqu'alors, reposait sur la présence d'un édifice normatif dont l'application plus ou moins mécanique était censée produire la performance recherchée. Or, l'existence de cet édifice, outre la garantie d'efficacité qu'elle devrait apporter, constituait en même temps un dispositif *de traitement du risque*, encouru par la population urbaine face aux inondations. Rappelons que le réseau était dimensionné en général sur la base d'un événement pluvieux de fréquence décennale, choix qui résultait de la jurisprudence, qui considère les événements pluvieux de fréquence décennale comme des cas de force majeure dégageant la responsabilité de la collectivité territoriale. On est en face d'une solution qui transforme une question politique — *i.e.*, les rapports qu'une communauté composée d'individus-citoyens, ayant éventuellement des conceptions et des sensibilités différentes, entretient avec leurs conditions d'existence, ici le risque — en une question technico-juridique. Transformation qui se trouve à l'origine d'un double mouvement. Mouvement de stabilisation d'abord. D'une attitude face au risque, *a priori* fluide, susceptible d'être modifiée au gré des évaluations locales, on passe à une attitude fixe, décontextualisée puisque indépendante des caractéristiques du site local. Mouvement de légalisation ensuite. En effet, adopter de manière systématique une protection décennale équivaut à substituer au problème de la *légitimité* de l'action publique, une logique de *légalité*, le bien-fondé d'une décision étant réduit à l'application d'une norme et par conséquent à la justesse d'un calcul. Cette institutionnalisation du risque — qui constitue une illustration de plus de cette extension presque ininterrompue du droit qui a marqué l'histoire de l'Occident ⁽¹⁾ — représente certes un progrès historique en assurant sous forme d'indemnisations une protection à la population, protection garantie par la positivité de l'acte légal. Il n'en reste pas moins vrai que cette fusion

Habermas, *Théorie de l'agir...* op. cit., Tome II, pp. 393-410.

du politique et du juridique encourt toujours le risque de se trouver à l'origine d'un processus d'atrophisation de l'espace public, en participant à la réduction du rôle du citoyen à celui du client d'une administration bienveillante. Phénomène qui semble s'être effectivement produit, sous la forme d'un partage total de rôles tenus par l'ingénieur et l'élu, jusqu'alors, en matière d'assainissement. A l'ingénieur la technique, à l'élu le financement ⁽¹⁾.

Or, la situation est en train de changer de manière plus que sensible. Les anciennes techniques de conception, basées sur la notion de pluie décennale, s'avèrent de plus en plus inadéquates à la suite d'une urbanisation accrue⁽²⁾. La montée de la sensibilisation des citoyens aux problèmes de l'environnement, leurs aspirations en matière de cadre de vie, se présentent comme un défi supplémentaire à une pratique de régulation dépassée par les évolutions actuelles. Les rapports entre l'élu et le technicien se complexifient, le premier ayant tendance à transférer la pression émanant de l'espace social sur l'activité du second. Or ce dernier, privé de l'objectivité de la formule normalisée ⁽³⁾, se trouve bien souvent dans une situation délicate pour ce qui concerne l'évaluation de son activité. Ces évolutions convergent vers un état de choses traversé par une tension : celle entre la nécessité de parvenir à un consensus autour des actions et des politiques en matière d'assainissement d'un côté et les moyens disponibles à cette fin de l'autre, les outils mobilisés jusqu'alors (pluie décennale, techniques de conception normalisées) étant aujourd'hui inopérants. Autrement dit, le problème de légitimité de l'action du service (vis-à-vis de l'élu et de l'usager-citoyen) refait surface. Nous pensons que notre époque est marquée par la réactualisation de la tension co-originale qui existe entre les deux termes du couple légalité/légitimité, le second terme étant plus large, puisqu'il met en jeu ce que Habermas appelle "*la formation discursive de la volonté générale*" ⁽⁴⁾, opération irréductible à la réalisation d'une

Voir les témoignages contenus dans *La ville sous l'eau, l'eau sous la ville...*, op.cit.

Voir Partie III, chapitre 1.

Ainsi, la gestion en temps réel met directement en jeu des facultés d'appréciation subjectives du pilote. Egalement, les pratiques de conception actuellement usitées, font appel à des modèles de simulation, à des techniques de calage, qui ne disposent pas, surtout vis-à-vis du non-technicien, des possibilités d'argumentation et de la force persuasive de la formule normalisée. Habermas, *Raison et légitimité*, op. cit., p. 94.

norme légale. Or, qui dit formation discursive, dit communication donc langage commun entre les interlocuteurs (usagers, élus, techniciens) engagés dans un débat portant sur la définition des actions validées et légitimes.

Ici interviennent ce qu'on appelle les *indicateurs de performance*. Ces derniers reflètent dans leur choix et leur construction les finalités du service et mesurent les diverses prestations fournies à l'utilisateur (individuel/collectif). Les indicateurs de performance sont investis d'une double fonction. D'une part, ils peuvent établir un "pont" entre le fonctionnement quotidien du service et son extérieur, l'élu et l'utilisateur, en traduisant en des termes perceptibles par ces derniers une réalité qui leur échappe du fait de son caractère technique. La réduction de l'arbitraire et du secret par l'introduction de l'impératif de justification et du souci d'objectivité peut fournir la base pour un dialogue "non déformé" entre les diverses parties ¹). D'autre part, les indicateurs de performance permettent au service de vérifier si les efforts menés dans les divers domaines de son activité se font tendanciellement dans la bonne direction. Ajoutons enfin que ces "indicateurs de performance", faisant office de langage commun lors des échanges entre les divers acteurs, ne veulent pas une substitution complète à une approche qui mobilise les ressources du droit. Au lieu de penser les deux termes du couple légalité/légitimité sur le mode d'une opposition irréductible, il s'agit ici de créer à côté des normes et des procédures légales, les conditions d'un espace de discussion à l'intérieur duquel des projets sont discutés, débattus, validés sur le mode d'argumentation ²).

Outre le dialogue entre le service et les élus, le dialogue direct entre le service et les usagers s'est déjà engagé. Ainsi, des échanges entre le service et des associations d'usagers sont régulièrement observés. Signalons la maîtrise d'un certain langage technique de la part des membres des associations, maîtrise qui transparait dans l'utilisation des termes, tels que réseau unitaire/séparatif, bassin de retenue. Voir les comptes rendus des réunions organisées par les associations, réunions auxquelles le service de la Seine-Saint-Denis a participé.

Ainsi, le recours à des normes reste toujours nécessaire. Écoutons un partisan des techniques alternatives. *"En 1990, un produit, s'il veut se développer et faire école, doit faire ses preuves et pouvoir bénéficier de normes (...) faute de quoi ceux qui aujourd'hui veulent promouvoir le fait de faire autrement sont aussi en train de tuer les embryons qu'ils cherchent à développer"*. Vignoles C, "Places et limites des techniques alternatives", in *L'eau dans la ville*, Actes du colloque de Nancy (novembre 1990), Plan Urbain, 1991, p. 99.

2. Indicateurs de fonctionnement

Après nous être intéressés aux articulations service-environnement social, déplaçons nous à l'intérieur du service. Comme cela a été déjà noté, le passage d'une gestion statique des équipements à une gestion dynamique des événements, soutenu par les développements récents des technologies d'information, rend obsolète une philosophie de la régulation basée sur l'existence de pratiques et de processus fortement codifiés et répétitifs. Eriger un édifice normatif et s'y cantonner n'est plus possible. La restriction de la zone d'influence des tâches fixes, orientées vers les objets physiques (structure matérielle du réseau) dans le nouveau modèle de gestion pose sur de nouvelles bases le problème de la coordination et de la coopération au sein du collectif de travail. En effet, coordination et coopération étaient assurées jusqu'à présent, grâce à l'agencement ordonné et programmé C¹) de tâches prescrites et fixées dans leur déroulement. Or, sous l'impulsion du temps réel, à la tâche se substitue progressivement l'objectif à atteindre ou la fonction à remplir, laissant aux acteurs une latitude importante quant au chemin emprunté. Le mouvement d'intégration substitue aux objectifs isolés et imputés de manière précise à des acteurs séparés, maniant leurs propres variables d'action, la nécessité d'actions croisées (participation à des projets communs qui touchent plusieurs acteurs : extension du réseau, lutte contre la pollution...). Il en résulte que la coordination ne peut plus être statique et ouverte une fois pour toutes. Elle devient nécessairement dynamique et procédurale, en reposant de manière critique sur l'activation et la densification des communications non formalisées entre les acteurs du service. Communications qui, à rencontre des échanges informationnels qui ont lieu entre un système technique et l'acteur isolé (c'est le cas du système homme/machine), mettent en jeu "deux mondes" dont il est nécessaire d'individualiser les caractéristiques ⁽²⁾. Le premier, celui qu'on trouve aussi dans le

Nous avons vu que l'organisation fonctionnelle avec ses cloisonnements forts et la codification des tâches était une solution pragmatique au problème de coordination aussi longtemps que la temporalité forte du fonctionnement du service était celle de la périodicité régulière. Voir pp. 357-358.

La distinction est évidemment analytique. Nous nous inspirons ici de Habermas J., *Théorie de l'agir communicationnel*, op.cit., qui semble néanmoins s'arrêter à mi-chemin, en ne tirant pas toutes les conséquences pour le fonctionnement des organisations bureaucratiques de ses analyses sur les éléments normatifs qui accompagnent l'acte communicationnel. Ainsi, en épousant sur ce point le

dialogue homme/machine, est un "monde objectif, avec lequel les acteurs engagent également deux types de relation : ils essaient à la fois d'identifier des états de choses existants et de réaliser des états de choses souhaités. Ce qui guide et oriente leurs actions communes, c'est le succès opérationnel de leur entreprise, et la pertinence de leurs échanges communicationnels est d'ordre cognitif et instrumental. A ce "monde objectif s'ajoute un "monde normatif, dont les objets sont des prétentions à la validité, portant sur les objectifs à poursuivre, les modes d'évaluation, la répartition exacte des rôles et des hiérarchies, les compromis acceptables... Ces deux mondes, évidemment, ne sont pas immédiatement disponibles. Ils sont à construire en commençant par le monde normatif (chercher l'efficacité au sein d'un projet collectif qui n'a pas été approuvé par les acteurs impliqués est une opération plus que fragile). Or, l'ouverture et la perpétuation d'un espace communicationnel commun à des acteurs dont l'activité et la place dans l'organisation sont différentes, de plus en plus souvent éloignées les unes des autres (appartenance à des fonctions distinctes), exigent un référentiel et un langage partagés par tous, une sorte de média sur lequel ils pourront composer des accords, des compromis et des plans d'action. C'est dans ce contexte, caractérisé par l'impossibilité (difficulté) de définir des pratiques et des tâches spécifiées dans le détail, et de ce fait marqué par la nécessité d'avoir recours à des négociations au sein de projets communs, qu'interviennent *les indicateurs de fonctionnement*. Ces derniers ont comme objectif d'évaluer la satisfaction de sous-objectifs opérationnels locaux fixés par les différents acteurs du service pendant leur activité quotidienne et censés concourir à la réalisation des finalités du service. En offrant à chaque acteur concerné une auto-évaluation de l'efficacité de ses actions, les indicateurs de fonctionnement mettent en place une dynamique continue d'auto-correction et déclenchent des procédures d'identification et de résolution des problèmes rencontrés. Outre leur appropriation par des acteurs isolés, ces indicateurs peuvent devenir un outil de communications ; et cela en participant activement au mouvement de la constitution d'un fonds de représentations relatif au fonctionnement du service, qui, étant à la fois commun et explicite pour tous les acteurs, permettrait à ces derniers de développer des stratégies cohérentes et de

scepticisme de Weber à l'égard du monde du travail, il a tendance à assimiler l'espace organisationnel (espace de travail) à l'espace instrumental.

réguler leurs différends éventuels de manière concertée, par des processus de confrontation et d'argumentation.

Le présent projet se présente donc comme une tentative méthodologique de *mise au point d'un système d'indicateurs de performance et d'indicateurs de fonctionnement*, pris dans leurs articulations hiérarchiques et fonctionnelles. Ces derniers ont l'ambition de fonctionner pour des acteurs du service comme des "*Dispositifs Cognitifs et Normatifs Collectifs*" intervenant dans l'élaboration des plans d'action pertinents face à un environnement changeant. Mais avant de passer à la présentation de la méthodologie ainsi qu'à l'exposé des premiers résultats de l'application du projet à un site concret expérimental, celui du réseau d'assainissement de la Seine-Saint-Denis, nous proposons un deuxième détour, cette fois-ci par l'"état de l'art" en la matière. En examinant successivement dans deux lieux, les services publics et l'industrie, où le thème "indicateur" a déjà suscité l'intérêt et a donné lieu à des résultats concrets, nous essayerons de dresser un bilan succinct de la réflexion sur le sujet.

SECTION 4. ETAT DE L'ART

Le mot indicateur n'est pas étranger à l'univers du discours portant sur la gestion des services. En effet, dès la fin des années soixante, époque où "le mouvement du management public" implante ses racines dans les développements alors contemporains de la recherche opérationnelle et des méthodes quantitatives de type coût-efficacité, des indicateurs, mesurant l'activité du service ainsi que le degré de satisfaction des objectifs fixés, prennent place dans la panoplie d'outils qui, sous le nom de RCB (*1*), visent à rationaliser la gestion publique, notamment les choix budgétaires. Il n'est pas utile de livrer ici les résultats concrets dans les différents domaines de l'administration (Santé, Postes, Equipement, Education...), issus de la mise en œuvre de la doctrine RCB (*2*). En revanche, un commentaire sur l'allure

RCB : Rationalisation des Choix Budgétaires ; traduction française de PPBS (Planning Programming Budgeting System).

Sans entrer dans la bibliographie spécialisée, nous pouvons citer l'ouvrage de synthèse de Hussenot P., *La gestion publique par objectifs*, paru aux Editions d'Organisation en 1983 pour une présentation de plusieurs classes d'indicateurs développés depuis le début des années soixante-dix dans l'administration française.

d'ensemble de ce mouvement, les intentions qui l'animaient ainsi que la philosophie qui le sous-tendait nous permettrait de mieux juger ses apports et ses limites. La première observation qui s'impose est que c'est d'en haut, du sommet de la hiérarchie, qu'est parti ce processus de rationalisation de la gestion des services. Qui plus est, le sommet ne se trouve pas seulement à l'origine du processus mais il en assume intégralement l'orientation, puisque, promoteur des méthodes, le sommet en est également l'unique destinataire final. En s'insérant dans une problématique qui demeure essentiellement au service des décideurs placés à des niveaux hiérarchiques élevés, les indicateurs sont investis d'une fonction de mesure et de surveillance plutôt que de pilotage (¹). Confinés dans le contrôle de gestion, enfermés dans le circuit fermé des hautes instances décisionnelles, les indicateurs restent à la surface de l'organisation sans pénétrer le cœur de son fonctionnement quotidien. Ce n'est pas un hasard, donc, si les indicateurs imposés d'en haut, au lieu de devenir les instruments d'une gestion intégrée et dynamique, tournée vers l'avenir, arrivent de proche en proche à se substituer à la complexité de l'organisation : manifestation condensée de son fonctionnement, l'indicateur de contrôle est en même temps vecteur de simplification de la réalité qu'il représente, en instaurant des comportements et des réflexes locaux qui, rationnels du point de vue de l'acteur concerné par l'indicateur, peuvent s'avérer irrationnels du point de vue de l'efficacité globale de l'organisation.

Deux exemples provenant d'un système socio-technique qui nous est déjà familier, le métropolitain, illustreront ce qui précède. C'est ainsi que l'indicateur de la qualité du service, développé par la RATP, pousse le Chef de départ à se désintéresser de l'expédition des rames défectueuses vers *l'Entretien* ainsi que de leur réception une fois ces dernières réparées, ce qui entraîne des conséquences graves tant sur le plan de la disponibilité opérationnelle du matériel que sur celui des coûts de fonctionnement du service. Il n'a pas lieu de s'étonner : l'indicateur en vigueur désigne la Maintenance comme responsable de l'indisponibilité constatée (voir p. 116). Autre exemple mettant en jeu à nouveau l'indicateur de la qualité du service mais qui concerne cette fois-ci les rapports entre la RATP et le voyageur. Compte tenu du fait que l'indicateur pénalise dans l'évaluation de la performance plus les

Le Moigne J.L., *Les systèmes de décision dans les organisations*, PUF, 1974, p. 43.

retards que les tours perdus, le chef de départ est indirectement incité à supprimer des tours afin de retrouver le tableau de marche. Politique qui, rationnelle de son point de vue, ne l'est aucunement du point de vue du voyageur qui attend sur les quais. Au lieu de fonctionner comme outil de pilotage, en informant les acteurs de leur performance eu égard aux finalités de l'organisation (ici, le service offert au voyageur), l'indicateur est devenu "enjeu en soi", en modelant le comportement des acteurs de l'organisation ⁽¹⁾.

Les multiples fils qui nouent marché et Etat font que les difficultés économiques qui affectent le monde occidental s'installent aussi au sein de l'administration, se manifestant à travers des indices qui lui sont propres, tels que le déficit budgétaire... Ce n'est pas un hasard, donc, si l'évaluation des politiques publiques connaît un essor particulier depuis le milieu des années 80 ⁽²⁾. Après s'être imposée dans les discours et réflexions des hommes politiques et responsables administratifs, elle commence à prendre racine parmi les opérationnels. La problématique "indicateur" apparaît de nouveau, mais dans un contexte différent ⁽³⁾. L'approche purement managériale qui avait prévalu durant les années soixante-dix est difficilement de mise aujourd'hui, compte tenu des évolutions sociétales qui sont survenues depuis ; l'implication des acteurs concernés dans la constitution d'un système d'indicateurs, conçu plutôt comme un outil d'auto-évaluation et de conduite au service d'une gestion intégrée, que comme un instrument de mesure des écarts et de sanction, est presque unanimement revendiquée aujourd'hui ⁽⁴⁾.

Pour de plus amples détails, on peut consulter la thèse de Lozade-Islas, *Les rapports Exploitation-Maintenance....*, op. cit.

Voir entre autres les recueils : *Performances des services publics locaux*, Paris, Litec, 1990 ; Nioche J. P. et al. (sous la direction de), *L'évaluation des Politiques Publiques*, Paris, Economica, 1984 ; Monnier E., *Evaluation de l'action des pouvoirs publics*, Economica, 1987. En 1990, un Conseil Scientifique de l'Evaluation a été créé par décret (décret du président de la République de 22 janvier 1990).

Voir Conan M., *Gestion dynamique de la productivité des services urbains*, Documentation Française, 1988. En ce qui concerne des tentatives concrètes voir : *Rendements des réseaux d'eaux potables. Définition des termes utilisés*, TSM volume spécial 4 bis, 1990 ; *Indicateurs de performance pour les exploitations de télécommunications publiques*, OCDE, 1990 ; Derycke et al., *Concentration urbaine et effets de congestion*, rapport de recherche CEREVER - DATAR, Paris X-Nanterre, janv.1989-août 1990.

"L'évaluation a trois dimensions : une dimension cognitive, une dimension instrumentale supposant l'insertion de l'évaluation dans une séquence d'actions visant à rendre possible l'amendement, la modification ou la

Plusieurs expérimentations sont alors entreprises au sein de l'administration et des collectivités locales, visant à développer des outils d'évaluation dans une optique autre que celui de contrôle. Expérimentations qui embrassent une multitude de sujets (de la lutte contre la drogue à l'entretien des routes) et mettent en œuvre un arsenal diversifié de méthodes (des méthodes statistiques ou d'évaluation économique pour les évaluations budgétaires, aux méthodes d'inspiration ethnométhodologiques pour ce qui concerne la qualité des services rendus aux usagers) (1)- Après avoir mentionné les nouvelles problématiques en matière d'évaluation des politiques publiques, nous nous tournerons à présent vers le monde industriel, dont les pratiques actuelles en matière de gestion ont alimenté de façon plus directe notre projet "indicateur".

Le passage du paradigme de la production de masse, caractérisé par la croissance régulière et stable de la demande, à celui de la production flexible déplace complètement les critères classiques de la performance industrielle. La quasi-impossibilité de mettre en place des décisions routinières et automatiques, du fait de l'instabilité de l'environnement économique, transforme la rapidité de réponse de l'entreprise à un changement du marché en critère central de sa performance (2). De là, tous les efforts que l'on peut constater ces derniers temps visant à diminuer de manière drastique le "délai de réponse" aux signaux du marché. Or, dans un contexte marqué par une variété accrue de produits et par une instabilité forte de la demande, les procédés classiques de diminution de délais tels que les stocks de produits finis ne sont plus de mise. Les stocks seraient en effet à la fois énormes (compte tenu de la variété) et risqueraient de rester invendus. De là, le développement de politiques visant à diminuer de manière drastique les "cycles de fabrication" et les "cycles de conception" de nouveaux produits, véritable politique

suppression des mesures évaluées, une dimension normative supposant la prise en compte des valeurs de référence affichées par les acteurs ou les auteurs de la politique", Conseil Scientifique de l'Evaluation, *De l'expertise à la responsabilité*, La Documentation française, 1992, p. 11.

Sur les expériences en cours dans le domaine de l'administration et des collectivités locales, voir *Revue Française de Gestion*, Dossier "management public : le chantier de la modernisation", n° 85, septembre-octobre 1991 ; *Politiques et Management public*, n° 3, septembre 1992, surtout l'article de Trosa S., "Le rôle de la méthode dans l'évaluation à travers l'expérience du Conseil scientifique de l'évaluation en France", pp. 83-103.

Voir surtout Cohendet et al., "Propriétés et principes d'évaluation des processus de production dans un régime de variété permanente", op. cit.

de flexibilité et de "réduction du risque". Pour éviter le spectre des produits invendus, les entreprises doivent être en mesure de réduire au maximum les cycles de fabrication, de sorte qu'elles puissent déclencher la production une fois la demande cernée avec suffisamment de certitude (l'idéal consiste à pouvoir produire une fois le produit déjà vendu). Or, la réduction des cycles de fabrication nécessite une diminution drastique des stocks en cours de production. Facteurs d'opacité, en cachant les dysfonctionnements du système productif, ces derniers représentent non seulement du capital immobilisé mais également un facteur d'allongement du temps de fabrication.

Diminution des cycles de livraison, des cycles de fabrication, des cycles de conception enfin : voici la traduction de l'impératif de la flexibilité. Plusieurs innovations, tant techniques qu'organisationnelles, sont expérimentées par les entreprises ces derniers temps dans le but de réaliser les diminutions souhaitées. Sans chercher l'exhaustivité⁽¹⁾, énumérons celles qui sont liées à notre problématique "indicateur".

Modularité des produits et différenciation retardée : il s'agit de réduire le nombre de sous-ensembles qui entrent dans la composition d'un produit fini. La variété exigée par le marché est alors obtenue grâce à une combinaison singulière de composantes standardisées produites en série. Comme c'est souvent le cas dans la production industrielle, la diversification est l'autre face d'une uniformisation : la différenciation recherchée est obtenue dans les étapes ultimes de la production, d'où son appellation "retardée"⁽²⁾.

Lignes flexibles et îlots de production : il s'agit de diminuer les cycles de fabrication par intégration des différentes étapes et la diminution des temps morts (temps de circulation,...) tout en répondant au défi de la variété grâce à la polyvalence des installations (réglages rapides, temps de reconversion limité,...) et des opérateurs

1 On peut consulter Terssac G. (de) et Dubois P. (sous la direction de), *Les nouvelles rationalisations de la production*, Paris, Cépadués-Éditions, 1992 ; Zarifian P., *Vers une sociologie de l'organisation industrielle : un itinéraire de recherche*, thèse d'habilitation, Paris X Nanterre, 1992.; Coriat B., *L'atelier et le robot*, op. cit. ; Zarifian P., *La nouvelle productivité*, op. cit. ; Paraponaris C, "Quelles pratiques organisationnelles pour la gestion de production en flux tendus ?", *Economies et Sociétés (série "sciences de gestion")*, n° 4/1991, pp. 137-158.

2 Voir Tarondeau J.C., *Produits et technologies*, Paris, Dalloz, 1982.

(qualifications). La plasticité requise du système de production peut emprunter deux voies, l'une technique, l'autre plus organisationnelle. Ainsi, des "lignes flexibles" assurent grâce à l'intégration des différentes opérations une diminution des cycles de fabrication, tout en étant capables de fabriquer plusieurs types de produits via des reconfigurations rapides (les ateliers flexibles constituent l'emblème de cette voie). Du côté des solutions organisationnelles, on peut mentionner les îlots de production : une équipe d'opérateurs gère un ensemble de moyens regroupés de manière de produire une gamme de pièces mettant en jeu des procédures techniques similaires (}).

Méthode Kanban : Lignes flexibles et îlots de production concernent des segments du processus de production. De là, le besoin de leur articulation et de leur solidarisation. C'est ici qu'intervient un nouveau concept d'organisation de la production, la méthode japonaise du kanban. Innovation "conceptuelle" et organisationnelle, la méthode kanban inverse les règles traditionnelles de gestion de la production. Au lieu que la mise en fabrication se fasse "en chaîne" de l'amont vers l'aval, elle doit se faire de l'aval vers l'amont. Le principe consiste, à partir des commandes adressées à l'usine et donc des produits effectivement vendus, à programmer les besoins en pièces et en matières, en décomposant les produits finis vendus en pièces élémentaires depuis l'aval, en passant des commandes de poste en poste, vers l'aval. Plus précisément, la clé de la nouveauté consiste à établir, parallèlement au déroulement des flux réels de la production qui vont des postes amont vers les postes aval, un flux d'information de direction opposée (de l'aval vers l'amont). Chaque poste émet une instruction destinée à son poste amont en lui communiquant ses besoins exacts en pièces, en fonction des commandes qu'il a reçues par son poste aval. Depuis l'aval (le marché), la série des commandes de poste à poste remonte vers l'amont (fournitures), de telle manière qu'à un moment donné, il n'y a, en production, que la quantité de pièces exactement nécessaire pour satisfaire les commandes des produits finaux. C'est ainsi qu'est réalisé le principe "zéro stock", caractéristique de la méthode kanban

voir Hatchuel A., Sardas J.C., "Les grandes transitions contemporaines des systèmes de production, une démarche typologique", in *Les nouvelles rationalisations de la production*, op. cit., pp. 1-23.

Les innovations techniques et organisationnelles dont nous avons donné un aperçu ci-avant, participent de la même logique : celle de la fluidité maximale de la production. La notion de flux devient centrale dans le nouveau paysage de la gestion. Il s'agit de coordonner flux d'information et flux de matières, de sorte que l'on arrive à produire "ce qu'il faut juste à temps". La fluidité devient donc l'objectif commun de l'ensemble des acteurs de l'organisation, obligés désormais d'organiser leurs activités de sorte qu'elles satisfassent cet objectif commun. De là, le développement des *indicateurs mesurant la fluidité* (en termes de rotation des stocks, de temps moyen de séjour d'une pièce au sein du système productif,...) qui occupent le premier rang dans l'arsenal des critères d'évaluation de la performance de l'organisation dans son ensemble (pour reprendre notre vocabulaire, ces indicateurs sont des indicateurs de performance). Or la fluidité voulue ne peut être assurée que si un certain nombre de conditions sont réunies. Ainsi, les pièces commandées d'un poste à un autre doivent être livrées sans défaut, sous peine de voir, pour cause de rupture en un point, toute la production s'interrompre. Il en va de même pour les pannes. Aucun goulot d'étranglement lié à une déficience ou à un arrêt de machine n'est tolérable. La disponibilité des opérateurs, leur capacité d'adaptation sous la contrainte du temps réel à des situations aléatoires, sont également des préalables de la fluidité⁽¹⁾— De proche en proche, l'objectif global de la fluidité est décomposé en objectifs partiels dont la réalisation sera évaluée à l'aide d'autres indicateurs (indicateurs de fonctionnement selon notre terminologie, par exemple : taux de rebuts, taux de pannes, absentéisme,...). En même temps que les lieux de production s'équipent de tableaux de bord⁽²⁾ composés des indicateurs spécifiques à leurs activités et à leurs missions, des réflexions systématiques sur la

Sur la façon dont cette disponibilité est vécue par les concernés, c'est à dire les opérateurs, voir : Clot Y. et al., *Les caprices du flux. Les mutations technologiques du point de vue de ceux qui les vivent*, Paris, Matrice-MIRE, 1990.

Voir rapidement Ancelin B, *Quels critères de performance pour les nouveaux ateliers ?*, Communication à la journée Systèmes de production. Vers l'âge adulte, AFCET-ENSMP, 21 mai 1986 ; Chabanas C. *L'usine SNECMA du Creusot : une approche globale*, Actes du SITEF, Toulouse, 1^{er}-2 octobre 1987 ; Greif M., *L'usine s'affiche*, Paris, Les Editions d'Organisation, 1989 ; Shingo, *Maîtrise de la production et méthode Kanban*, Paris, Les éditions d'Organisation, 1984. ; Béranger P., *Les nouvelles règles de la production*, Paris, Dunod, 1987 ; Schaal F., "Evolution des indicateurs, indicateur de l'évolution", *Revue Française de Gestion Industrielle*, vol. 9, n°4, 1990, pp. 27-36 ; Lorino P., *L'économiste et le manager*, Paris, La Découverte, 1989.

construction d'un système d'indicateurs qui articule de façon cohérente les différents horizons temporels de décisions (long, moyen, court terme) et les objectifs de différents centres de décision se développent[^]).

C'est dans ce corps, en partie déjà constitué, que nous puiserons des éléments pour bâtir notre propre méthodologie relative à la mise au point d'un système d'indicateurs appliqué à la gestion des réseaux d'assainissement (et des réseaux urbains, de manière plus générale). Compte tenu des spécificités fortes que les réseaux urbains conservent par rapport aux systèmes industriels (²), aucun transfert mécanique de techniques et de connaissances propres au monde industriel n'est envisageable tel quel. Aussi accompagnons-nous l'exposition de nos propositions méthodologiques d'une discussion serrée sur les difficultés de l'entreprise dues à ces spécificités, pour présenter ensuite quelques solutions possibles aux problèmes rencontrés.

SECTION 5. METHODOLOGIE

Dans la présentation générale du projet nous avons déjà procédé à une première classification des indicateurs susceptibles d'être développés au sein d'un service d'assainissement (et plus généralement au sein des services urbains). Nous en avons distingué deux grandes classes : *les indicateurs de performance* reflétant dans leur choix et leur construction les grands objectifs (finalités) du service et mesurant les diverses prestations fournies à l'utilisateur (individuel et/ou collectif) et *les indicateurs de fonctionnement* évaluant à leur tour la satisfaction des sous-objectifs opérationnels locaux fixés par les différents acteurs du service dans leur activité quotidienne. Après cette première classification, plusieurs questions restent en

Pour une mise au point des réflexions les plus récentes voir *ECOSIP. Gestion industrielle et mesure économique*, Paris, Economica, 1990, qui contient également une très riche bibliographie.

Pour une discussion de ces spécificités, voir Laterrasse J. et al., *La problématique centralisation/ décentralisation : architecture des systèmes et choix organisationnels*, op. cit. Sur les différences qui existent entre les objectifs suivis par un service public d'une part et une entreprise privée d'autre part, voir l'article synthétique de Danziger R., "Gestion des services publics locaux et gestion des entreprises : portée et limites d'une comparaison des objectifs des méthodes et des résultats", *Politiques et Management public*, n° 3, septembre 1988, pp. 181-197.

suspens. En premier lieu, celle de l'articulation entre les indicateurs de performance et de fonctionnement, leur insertion au sein d'une architecture cohérente ; en second lieu, la question relative à la spécification de chaque indicateur, la définition de son "mode d'emploi". Dans ce qui suit, nous tenterons de traiter de manière systématique les questions que nous venons d'évoquer, en proposant une méthodologie qui assistera la démarche de définition et de mise en œuvre de ce système d'indicateurs.

La méthodologie de la recherche s'articule autour de deux étapes.

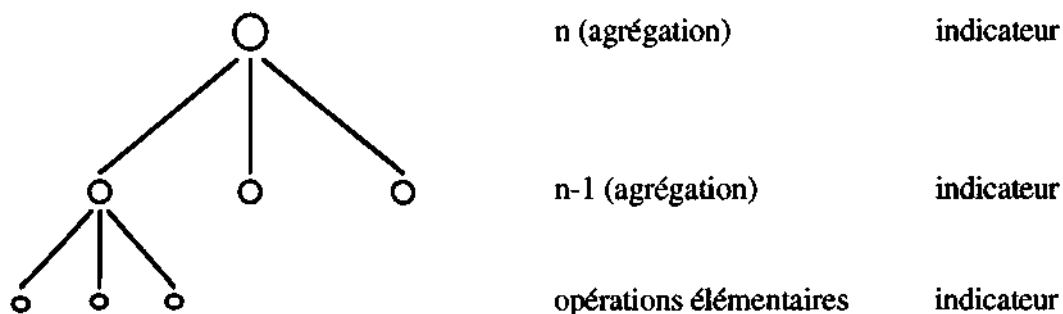
1. Les grandes étapes du projet

1.1. Première étape

Notre démarche s'inspire des travaux de Mesarovic ⁰ sur le contrôle hiérarchique des systèmes. Le service est appréhendé comme un système stratifié qui comporte plusieurs sous-systèmes d'activités interdépendants, liés entre eux par des rapports de hiérarchie fonctionnelle. Dans cette optique, chaque activité qui appartient au niveau fonctionnel n est décomposée en un ensemble d'activités de niveau $n-1$, avec lesquelles elle entretient des rapports d'inclusion : le résultat de l'activité (niveau n) dépend directement du résultat conjoint des activités de niveau $n-1$.

1 Mesarovic M.D. et al., *Théorie des systèmes hiérarchiques à niveaux multiples*, Paris, Economica, 1980. Pour une application-développement des réflexions contenues dans le livre de Mesarovic dans le cas du pilotage des systèmes industriels, voir Bitton M et al., "Conception de systèmes de mesures de performances : la méthode Ecograi", in *ECOCIP*, op. cit., travail auquel nous devons beaucoup.

Activités



La première étape commence, donc, par formaliser les grands objectifs (*finalités*) du service qui constituent en quelque sorte sa "raison d'être". A l'aide d'une démarche analytique, nous cherchons à identifier les *grandes catégories d'action* qui concourent à la réalisation de ces finalités. Il faut insister sur le fait qu'une "grande catégorie d'action" ne s'identifie pas (bien qu'il y ait des recouvrements possibles) à une fonction figurant dans l'organigramme. Ainsi, on peut trouver impliquées au sein de la même "catégorie d'action" plusieurs fonctions distinctes. Pour donner un exemple : la "catégorie d'action" *lutter contre la pollution accidentelle* concerne deux fonctions au moins : la fonction Hydrologie qui à travers sa cellule Qualité des Eaux s'occupe officiellement au sein du service des problèmes de pollution ; la fonction Gestion des Eaux qui pourrait utiliser le système de gestion automatisée afin de contrôler la diffusion de la pollution en la guidant vers des sites d'interception (bassin de décantation) prédéfinis. On voit dans ce cas l'apport d'une modélisation du fonctionnement du service en termes de "catégories d'action" pour le développement d'un système de gestion intégrée. En effet, cette modélisation du fonctionnement du service, cette tentative de "mettre ensemble" toutes les activités du service en les distribuant au sein d'un tableau englobant selon leur position et contribution à la réalisation de grandes finalités du service, peuvent participer à la construction de ce "fonds de représentation commun" dont nous avons parlé (p. 381). Grâce à cette vue d'ensemble, les acteurs se positionnent les uns par rapport aux autres, se rendent compte de leur place et de leur rôle dans le fonctionnement du service, deviennent enfin conscients des dépendances qui lient leurs actions, très souvent opérées à l'intérieur d'espaces institutionnels cloisonnés et éloignés.

Bien que paraissant triviale, cette phase est décisive pour la suite de l'étude puisqu'elle fournit au système d'indicateurs son ossature. Une fois les grandes

catégories d'action définies et après s'être assuré que les découpages proposés rendent compte de la majorité des activités du service, nous continuons le travail de ramification dans le but de parvenir à une spécification des "*opérations*" élémentaires (activités de base) qui composent les grandes catégories d'actions du service déjà identifiées. Le pas suivant consiste à développer un certain nombre d'indicateurs (de performance et de fonctionnement) susceptibles d'être associés aux finalités du service ainsi qu'à des objectifs opérationnels attachés aux "*opérations élémentaires*".

Jusqu'à présent, nous avons suivi un mouvement descendant qui part de la finalité pour s'acheminer aux composantes élémentaires du fonctionnement du service. Dans un second temps, nous empruntons une voie ascendante, en envisageant un *travail d'agrégation* dans le but d'obtenir des indicateurs évaluant les résultats conjoints d'une constellation d'activités. Les efforts voués à l'agrégation doivent déboucher sur un édifice stratifié dont chaque strate, représentée par un (des) indicateur(s), correspond à un niveau hiérarchique de pilotage. Plus on monte dans la hiérarchie plus les indicateurs de fonctionnement deviennent "globaux" et plus leurs unités de mesure "s'approchent" de celle de l'indicateur de performance. Le but ultime de cette phase serait d'associer à chaque finalité du service, un ensemble hiérarchisé d'indicateurs de fonctionnement, d'établir des "*schémas relationnels*" composés des triplets < activité, indicateur, niveau hiérarchique correspondante>.

Ces schémas relationnels revêtent selon nous d'une grande importance, parce qu'ils constituent une nouvelle représentation de l'organisation, *par couches superposées*, qui se substitue à la représentation par l'organigramme du modèle hiérarchico-fonctionnel de jadis. En offrant à l'ensemble des acteurs du service une vue panoramique du fonctionnement du service, les schémas matérialisent en quelque sorte la volonté d'intégration, en devenant un de ses supports opérationnels les plus privilégiés. En découpant l'espace global des activités du service en strates, qui vont des "*opérations élémentaires*" aux "*grandes catégories d'action*", les "*schémas relationnels*" réalisent une double performance. Ils (ont comme but de) assurent la cohérence voulue, puisque chaque niveau "intègre" le niveau inférieur à un degré plus élevé de coordination, tout en accordant à chaque niveau une autonomie relative d'action. Les schémas admettent la présence des centres d'action relativement autonomes, représentés par des indicateurs qui leur sont idoines, tout en évitant les risques d'un éclatement, dans la mesure où ils établissent en même

temps des connexions entre ces centres. Ils rendent ainsi possible une articulation entre l'apprentissage individuel, via des indicateurs qui sont propres à chaque acteur, et l'apprentissage collectif (organisationnel) qui s'appuie sur un fonds de représentations partagées par l'ensemble des acteurs.

1.2. Deuxième étape

La deuxième phase est consacrée à un travail d'affinement sur chaque indicateur. Ce dernier n'est pas uniquement une mesure mais bien plutôt un objet "complexe", associant une mesure d'efficacité, un objectif et des variables d'action[^]). Son utilisation opérationnelle nécessite alors un travail de spécification portant sur ses composantes. Qui plus est, des actions sur un indicateur de par l'insertion de ce dernier dans un système, peuvent se trouver à l'origine des "effets pervers", en infléchissant l'évolution d'autres indicateurs dans des sens qui ne sont pas souhaitables. Le problème se complique quand on prend en considération la dimension temporelle : les effets immédiats et différés d'une action peuvent suivre des voies divergentes dans la durée. La recherche de cette double cohérence — dans l'espace et dans le temps — est alors un point de passage obligé.

Mesure d'efficacité

La mesure d'efficacité d'un indicateur s'élabore à partir de mesures élémentaires réalisées au niveau de processus physique (par exemple pour ce qui concerne l'indicateur de fiabilité ⁽²⁾, on mesure le nombre d'arrêts et le temps de fonctionnement). Pour chaque indicateur, donc, il faudra identifier *les informations brutes* requises pour sa mise en forme et définir les procédures nécessaires, à partir des informations de base, pour construire ces indicateurs. Suivant la nature de ces procédures, on parlera :

- d'indicateurs mono-critères : il s'agit d'opérations mathématiques simples (mono-critères) ne mettant pas en jeu des jugements subjectifs (par exemple les indicateurs relatifs à la fiabilité) ;

Nous nous inspirons (tout en procédant à des modifications importantes) de la typologie établie par AFGI. Voir Gallois P-M., "Evaluation et pilotage de la performance industrielle", *in ECOICIP*, op. cit., pp. 275-293.

Indicateur de fiabilité : temps de fonctionnement/nombre d'arrêts

- d'indicateurs multi-critères : ils résultent d'opérations faisant appel à des combinaisons multi-critères 0) (par exemple, un indicateur évaluant l'état du réseau durant l'exécution de travaux qui doit prendre en compte la perte des capacités hydrauliques *et* l'impact sur l'environnement à cause des travaux). Il est évident que les indicateurs "multi-critères" figureront à des niveaux élevés dans l'ensemble hiérarchisé des indicateurs.

Variables d'action

Au-delà de son aspect informationnel, un indicateur constitue un moyen d'action pour l'acteur qui l'utilise en vue de satisfaire ses objectifs opérationnels. Cela présuppose que le service dispose des moyens d'actions dont la mise en œuvre est susceptible d'infléchir l'évolution de l'indicateur. On pourrait par conséquent définir deux classes d'indicateurs de fonctionnement. La première comporte les indicateurs à fort contenu informationnel mais à faible potentiel d'action : des indicateurs qui informent le service de l'évolution des phénomènes directement liés à l'activité du service, mais sur lesquels ce dernier n'a qu'une prise relativement limitée et indirecte (par exemple : indicateurs relatifs à l'évolution de l'urbanisation...). On peut appeler cette classe *indicateurs de suivi*. La seconde classe est composée des *indicateurs de pilotage* ; nous entendons par là des indicateurs relatifs à ces phénomènes qui se trouvent sous l'"empire du service" et à propos desquels des objectifs précis peuvent être fixés (par exemple : diminuer annuellement de 10% la pollution due aux déversements occasionnels vers le milieu naturel).

Aspects temporels

Un indicateur s'inscrit dans le temps, il est caractérisé par une durée de vie. Ses aspects temporels sont représentés par le couple <horizon, période>.

Horizon : durée sur laquelle l'indicateur est actif. Cette durée est celle d'un programme d'action dont l'indicateur mesure les effets.

Période : temps écoulé entre deux remises à jour de l'indicateur. Par exemple, sur un programme de dépollution dont *l'horizon* est d'une *année*, tous les trois mois (période), on examine l'état de l'indicateur pour adopter le programme d'action en conséquence. La période est l'unité de temps jugée significative pour qu'une action entreprise fasse sentir ses effets sur l'évolution de l'indicateur.

Effets transversaux

Compte tenu du fait que la mise en œuvre d'une action est susceptible de favoriser un indicateur et d'en dégrader un autre, l'adoption ultime d'un système d'indicateurs doit être accompagnée d'une étude visant à anticiper (dans la mesure du possible) les effets possibles de l'évolution d'un indicateur sur l'ensemble du système (Pour donner un exemple : une politique de réhabilitation visant à améliorer la capacité hydraulique de chaque collecteur pris individuellement, risque de favoriser l'apparition des débits de pointe, en compromettant ainsi l'efficacité de la gestion en temps réel).

Récapitulons. La deuxième phase consiste en un travail de spécification qui détermine pour chaque indicateur :

- les informations brutes nécessaires et les traitements associés pour sa mise en forme ;
- les variables d'action ;
- l'horizon et la période ;
- les effets transversaux que l'on a pu identifier a priori sur l'évolution des autres indicateurs ainsi que les effets secondaires perceptibles sur la longue durée.

2. La place et le rôle de l'équipe de recherche

Enfin, il faut signaler quelques principes de notre démarche qui seront présents tout au long des deux phases du projet. De ce qui vient d'être exposé, il s'ensuit que la démarche décrite ne se veut pas un "outil résolutoire", en ce sens qu'elle n'offre pas des "algorithmes" susceptibles de nous amener directement aux résultats souhaités (le système d'indicateurs). Sa contribution est de nature méthodologique : façonner un vocabulaire et identifier une suite ordonnée d'étapes distinctes, proposer une infrastructure syntaxique de valeur transversale sur laquelle vient se surimposer un contenu "sémantique" propre aux activités à l'œuvre. Contenu propre aux activités concrètes et besoin d'appropriation par chaque acteur concerné font que la construction des indicateurs est une opération qui s'appuie constamment sur le savoir-faire des acteurs du service, en prenant la forme d'un processus itératif qui s'inscrit nécessairement dans la durée. Produit d'échanges et de confrontation de plusieurs "points de vues", l'indicateur a besoin d'une double validation. Validation "théorique" (*ex ante*) d'abord : l'indicateur choisi doit accueillir l'approbation des acteurs du service. Validation opérationnelle (*ex post*) ensuite : compte tenu du fait que les conséquences d'un choix (ici le choix de l'indicateur) ne peuvent pas faire l'objet d'une anticipation complète, la pertinence de l'indicateur sera jugée définitivement à l'aune de ses résultats opérationnels, ce qui présuppose une période d'utilisation effective de l'indicateur par les acteurs du service. Processus itératif donc mettant en jeu des étapes de définition et de validation, la démarche fait intervenir deux catégories d'acteurs :

- le groupe d'analyse, formé par l'équipe de recherche et un (des) responsable(s) du service ayant une vision large de l'ensemble des activités et du fonctionnement de l'organisation. C'est ce groupe qui réunit les informations, met en forme finale les résultats et propose des solutions aux différents problèmes qui se posent au cours de l'étude ;
- le(s) groupe(s) utilisateur(s) constitué(s) par le(s) responsable(s) de ce que nous avons appelé "une grande catégorie d'actions" et des acteurs qui y sont subordonnés. Au cours de réunions de travail avec l'équipe de recherche, ce groupe participe à l'analyse fine du domaine de sa compétence et à la définition-validation des indicateurs qui lui seront attribués.

De ce que nous venons de dire résulte que l'équipe de recherche en tant qu'acteur apparaît en quelque sorte comme intervenant au second degré. Loin d'apporter des

recettes toutes faites, de se cantonner dans le rôle de l'expert, son rôle consiste à fournir des outils méthodologiques, d'explicitier et de mettre en forme cohérente les impulsions émanant des acteurs du service, de proposer des solutions, de réajuster enfin ces dernières à la lumière des réactions de ses interlocuteurs jusqu'à ce que ces aller-retour aboutissent à un consensus. Ajoutons, enfin, pour clore cette présentation de la méthodologie, que la démarche itérative mise en œuvre au long de la constitution du système d'indicateurs ne disparaît pas de la scène, une fois ce système défini. Ce dernier est soumis à une évolution constante à la lumière des résultats des actions qu'il a induites, ainsi qu'en fonction des mutations affectant l'activité du service et son environnement.

3. Difficultés inhérentes au projet et à la démarche proposée

Une fois la méthodologie énoncée, il reste à mesurer sa portée opérationnelle. Mais avant de se pencher sur quelques résultats exploratoires issus de la confrontation du projet avec la réalité d'un service opérationnel, il faut rester encore un peu dans la problématique et la démarche du projet afin de discuter un certain nombre de difficultés.

La première classe de difficultés est celle qui accompagne inévitablement toute recherche-action (*{}).* Acteur pris dans une démarche à visées opérationnelles, sans partager néanmoins avec ses interlocuteurs appartenant à l'organisation, ni les mêmes enjeux, ni les mêmes contraintes, le chercheur se trouve obligé à des voyages continus de part et d'autre des frontières de l'organisation. Soumis à un processus d'acculturation forte — condition nécessaire pour qu'une action commune avec les opérationnels se développe —, qui vise à le familiariser avec le fonctionnement du service, le chercheur doit également savoir se soustraire périodiquement à la pression quotidienne du service, afin d'essayer d'apporter des ouvertures qui n'apparaissent pas au premier abord, à cause de cette pression. De là, un processus interactif et itératif qui, en mettant en jeu des croisements de perspectives, des brassages de points de vue, parfois conflictuels, doit parvenir à

recherche-action : l'ensemble de recherches ayant un double objectif : transformer la réalité et produire des connaissances concernant ces transformations. Voir la thèse d'Etat de M. Liu, *La recherche-action dans les sciences de l'homme*, Paris, Ecole Centrale de Paris, 1986

un consensus large. En demandant au chercheur de s'installer au sein d'une tension (être à la fois à l'extérieur et à l'intérieur, légitime tout en restant étranger), de s'engager dans un processus d'échanges longs avec les acteurs de l'organisation, le projet, de par son aspect procédural, est avide de temps. A cela s'ajoute le caractère innovant (pour le chercheur et le service) du projet. Essayer de construire et de thématiser un nouveau savoir-faire pratique, après des années de routine, est une opération qui nécessite du temps. Compte tenu de ces remarques, il faut noter à nouveau les ambitions circonscrites de cette première collaboration avec le service de la Seine-Saint-Denis, qui, loin de viser la construction d'un nouveau savoir-faire directement opérationnel, se limite à la mise au point de la méthodologie du projet et à la réalisation d'un test de faisabilité. Ces difficultés, inhérentes à notre entreprise, exposées, nous voudrions enfin ajouter quelques précisions méthodologiques, remèdes éventuels aux problèmes que nous avons rencontrés au cours de cette entreprise. Ces problèmes sont de trois sortes. La première est celle de la comparabilité des résultats dans le temps. Le deuxième problème tient au caractère souvent "insaisissable" des effets d'une activité, ce qui complique sérieusement la tâche d'évaluer sa performance. Le troisième problème enfin concerne la recherche des informations nécessaires pour la mise en forme des indicateurs, surtout ceux de performance.

Une des finalités du service d'assainissement consiste à évacuer les eaux pluviales tout en évitant (limitant) les inondations. On peut soutenir que la performance du service peut être jugée sur des résultats relatifs à sa capacité d'éviter les débordements. Un indicateur qui vient immédiatement à l'esprit est le nombre des inondés. Le suivi de cet indicateur pouvait nous renseigner sur la performance du service dans ce domaine (¹). Mais les choses s'avèrent plus complexes. En effet, la comparaison des résultats dans le temps suppose comme condition première une relative standardisation des phénomènes pris en compte. Or, cette condition est loin d'être remplie dans le cas de la pluie, phénomène d'une variété presque infinie. Ainsi, une tendance positive dans l'évolution de l'indicateur peut s'infléchir brusquement par la survenue d'un orage qui va provoquer des inondations à cause de son caractère exceptionnel, sans que le service soit moins efficace pour autant.

¹ Pour les besoins de notre argumentation, nous laissons en suspens le problème "technique" de l'évaluation du nombre des inondés.

L'extrême individualité des phénomènes auxquels le service doit faire face pèse lourd sur la recherche d'indicateurs pertinents. Ce problème pourrait peut-être être résolu grâce à la constitution d'une "nomenclature" de pluies. Les événements pluvieux pourraient ainsi être mis dans les "cases" regroupant des situations semblables entre elles et qualitativement différentes de celles des autres cases. Une évaluation de la performance du Service face à des événements pluvieux appartenant à la même "case" devient ainsi théoriquement possible (1).

L'autre difficulté que nous voudrions soulever concerne l'hétérogénéité des sous-objectifs opérationnels susceptibles d'être fixés par le service, due au fait que les éléments mobilisés en vue de les satisfaire relèvent de natures multiples. Cette hétérogénéité se reflète sur la recherche d'indicateurs adéquats. Ainsi, alors que pour certaines activités la définition d'indicateurs ne pose pas de problèmes particuliers (du moins des problèmes théoriques), il y a des activités auxquelles on ne peut associer d'indicateurs. Prenons le cas de l'activité de la télé-surveillance qui occupe aujourd'hui une place plus que centrale dans l'architecture des tâches du service. Dans ce cas là, l'inexistence d'un effet "matériel", associé de manière "univoque" à l'activité, complique sérieusement la tâche d'évaluer sa performance. En revanche, là où le point d'application de l'activité est un objet physique (cas de l'entretien du réseau), la présence tangible de résultats "matériels" crée les conditions pour des évaluations quantitatives. Une solution à cette carence de résultats "matériels" serait le développement *d'indicateurs de principe*. Au lieu de s'intéresser aux résultats de l'activité, on porte l'attention sur l'activité elle-même. (Par exemple, en ce qui concerne la surveillance, vérifier qu'il y a toujours un superviseur, veiller à la mise en œuvre effective des procédures d'astreinte...).

Venons enfin au troisième type de difficultés : trouver (produire) les informations nécessaires à la mise en forme des indicateurs. Outre le fait qu'élaborer des informations qui seront ensuite utilisées à des fins d'évaluation (ne serait-ce que dans une optique "pilotage" et aucunement dans une perspective de contrôle et de sanction) ne s'inscrit pas dans les réflexes naturels d'une organisation, dans la mesure où l'opacité est pour les acteurs qui l'habitent très souvent synonyme

En suggérant cette possibilité théorique, nous ne sous-estimons nullement les difficultés de la tâche dues à l'extrême hétérogénéité, dans l'espace et dans le temps, du phénomène de la pluie.

d'autonomie et de pouvoir (¹), la recherche d'informations dans le cas de l'assainissement (et plus généralement des services urbains) bute sur un écueil supplémentaire. L'obtention d'un certain type d'informations nécessaires à l'évaluation de la performance du service nécessite des campagnes auprès des usagers (²). Or, ces campagnes sont susceptibles de modifier le comportement des usagers et, par là, de biaiser les résultats de l'enquête qui deviennent ainsi inexploitable. Prenons le cas des plaintes des inondés, ces dernières pouvant être raisonnablement considérées comme exprimant de manière indirecte l'attitude-évaluation de l'utilisateur à l'égard du service. Il est évident que l'évolution des plaintes peut fonctionner comme un indicateur de performance significatif seulement dans le cas où les inondés s'adressent au service de façon régulière. Or, plus le service mène campagne auprès de la population pour recueillir des informations, plus il se fait connaître et plus il risque de recevoir des plaintes de gens qui, en l'absence d'une campagne, ne feraient pas connaître au service leur mécontentement. Le service donc peut observer une augmentation de plaintes due en grande partie à sa campagne d'information auprès de usagers, sans que son activité dans le temps soit moins performante pour autant. Dans la conclusion de cette quatrième partie, nous essayerons de proposer quelques remèdes à ce problème.

¹ Voir les analyses classiques de Crozier et de son école.

² Sur ces questions, voir J.C. Delaunay et al., *Les enjeux de la société de service*, op cit ; Gadrey J., "Le service n'est pas un produit : quelques implications pour l'analyse économique et pour la gestion", *Politiques et Management public*, volume 9, n° 1, mars 1991, pp. 1-24.

CHAPITRE III

Déroulement du projet - Résultats

SECTION 1. DEROULEMENT DU PROJET

Dans cette partie, nous énoncerons brièvement les premiers résultats d'application de la méthodologie préconisée, dans le cadre d'une collaboration avec le service d'assainissement de la Seine-Saint-Denis. Issus d'une série d'interviews étalées sur une période d'un an environ avec les chefs des divisions du service ainsi qu'avec un certain nombre d'ingénieurs, nos premiers résultats sont validés par les acteurs du service. Malgré leur caractère incomplet et non définitif, ces résultats, dans leur statut provisoire, ont néanmoins montré l'intérêt et la faisabilité opérationnels du projet.

Etant donné l'envergure du projet et faute de précédents auxquels il soit possible de se référer, nous avons opté, dans le cadre de la thèse, pour une démarche globale, en laissant pour plus tard la question des approfondissements locaux. En voulant obtenir rapidement une vision d'ensemble du projet et de ses difficultés, nous avons travaillé sur un mode parallèle plutôt que séquentiel. Au lieu d'essayer d'entamer et d'épuiser chaque phase du projet, prise séparément et selon un ordre logique (identifier d'abord les finalités du service et les "grandes catégories d'action", construire ensuite entièrement les "schémas relationnels", accomplir enfin le travail de spécification sur chaque indicateur, voir pp. 390-395), nous avons agi sur plusieurs fronts. Retraçons notre cheminement.

Conformément à notre méthodologie, nous avons commencé par formaliser les grandes finalités du service qui constituent en quelque sorte sa raison d'être. Une fois les finalités formulées, nous avons procédé à un travail de recensement portant sur les "grandes catégories d'action" concourant à la réalisation de ces finalités. En continuant le travail de ramification, nous avons spécifié ensuite un certain nombre "d'opérations élémentaires" composant les grandes "catégories d'action" déjà identifiées et auxquelles nous avons associées un certain nombre d'indicateurs à titre d'exemple. Il en résulte un certain nombre de "schémas relationnels" (un pour chaque finalité) qui synthétisent les aboutissements de l'application de la première étape de la méthodologie du projet. Application partielle : les "schémas relationnels"

ainsi construits restent à dessein incomplets. Parvenus à ce stade du déroulement du projet, nous avons pris la décision de laisser provisoirement en suspens le problème de définition et de composition détaillée de nos schémas. En effet, recenser l'intégralité des activités du service afin d'obtenir une composition détaillée des "schémas relationnels" correspondant à chaque finalité du service, exige des contacts et un travail en commun avec l'ensemble des acteurs du service (ou au moins avec des représentants de chaque catégorie d'acteur). De plus, s'engager dans une telle entreprise avant de s'être assuré de l'intérêt opérationnel et de la faisabilité du projet, serait une attitude qui irait à rencontre du caractère procédural de notre démarche. Cette dernière, comme nous l'avons déjà exposé, exige constamment des tests de validation à la fois "théoriques"— *i.e.*, consensus des acteurs sur l'intérêt *a priori* de l'indicateur— et "opérationnels" — *i.e.*, utilisation effective de l'indicateur par les acteurs pendant un certain temps. Nous avons donc décidé de poursuivre la constitution de "schémas relationnels" aussi loin que l'on pourrait le faire avec nos interlocuteurs actuels, (chefs de divisions et responsables hiérarchiques), pour attaquer le plus tôt possible d'autres questions relatives à la faisabilité du projet, notamment celles relatives à la spécification de l'indicateur (deuxième étape de la méthodologie). Pour ce faire, nous avons concentré nos efforts sur un nombre limité de domaines d'activité du service, choisis de concert avec les acteurs du service. Les motifs qui ont présidé au choix de ces domaines sont de plusieurs ordres. Aux raisons pragmatiques (domaines à l'égard desquels le service montre un intérêt particulier et/ou susceptibles de fournir plus facilement les informations nécessaires à la spécification des indicateurs), s'en ajoute une autre de nature méthodologique. Les domaines retenus sont choisis de sorte qu'ils couvrent un spectre large du fonctionnement du service, dans le but de se protéger contre des conclusions qui, valables localement, seraient trop entachées des spécificités locales pour être généralisées au niveau du service. En concentrant notre travail sur quelques domaines d'activité du service, nous avons ainsi pu amener l'expérience du projet jusqu'à son terme, c'est à dire la quantification et l'évolution (sur une durée limitée) d'un certain nombre d'indicateurs. Les domaines sur lesquels nous avons choisi de travailler, au nombre de cinq, sont les suivants :

—*Des indicateurs relatifs au fonctionnement des stations de relèvement.* Les stations de relèvement se présentent comme des équipements ayant acquis ces derniers temps une importance accrue dans la lutte contre la pollution, dans la mesure où toute panne se traduit directement en déversement d'eaux polluées dans

le milieu naturel. Parmi les ouvrages de régulation qui sont les plus surveillés, les stations de relèvement constituent un enjeu important en termes de disponibilité. Les indicateurs relatifs à ce domaine d'action mettent en jeu plusieurs composantes de l'organisation et peuvent refléter les réflexes opérationnels du service vis-à-vis des exigences du "temps réel". Dépendant en premier lieu de l'efficacité de la fonction "supervision" assurée par le Central, l'évolution de ces indicateurs fait également intervenir la rapidité de mobilisation du personnel concerné, ses capacités en matière de dépannage ainsi que le rendement des politiques de maintenance préventive.

—*Des indicateurs relatifs à l'utilisation (intensité et rendement) des bassins de retenue.* Nous avons longuement étudié l'entrée en scène des bassins de retenue, supports matériels des nouvelles politiques de stockage, et voués à jouer un rôle de plus en plus important dans les stratégies du service. Cela étant, il faut avouer que les indicateurs relatifs à l'utilisation des bassins de retenue sont difficiles à cerner à cause de la multifonctionnalité de ce type d'ouvrages, susceptibles d'être enrôlés au service des objectifs parfois contradictoires (lutter contre l'inondation tout en protégeant le milieu naturel). Le caractère accidentel de la pluie, avec tous les problèmes de comparabilité des résultats dans le temps, rend la tâche encore plus hardie. En dépit de ces difficultés, l'importance des bassins de retenue dans la gestion qui va croissante nous a incité à investir dans ce domaine.

—*Des indicateurs relatifs à l'activité de diagnostic de l'état du réseau et à celle de réhabilitation.* Pour l'instant, la réflexion sur le sujet se trouve à un stade initial et les données sont presque inexistantes. Les nouvelles démarches d'investigation sur la pathologie des ouvrages (techniques d'auscultation des parois du réseau selon des méthodes non destructives : radar par réflexion, thermographie infrarouge et échographie ultrasonore), les développements récents en informatique (par exemple, la cartographie informatisée), ainsi que l'importance accrue de l'activité de réhabilitation dans les pratiques de gestion, poussent le Service à investir dans ce domaine. En proposant un certain nombre d'indicateurs, qui à ce stade actuel de l'étude sont obligés de rester qualitatifs, on a voulu participer aux réflexions développées par les acteurs du Service.

—*Des indicateurs relatifs à la maîtrise des nouveaux apports au réseau (urbanisation).* Le choix de ce thème exprime le souhait et l'importance d'une

politique d'anticipation : prévoir et quantifier les nouveaux apports afin que le service se donne les moyens d'agir à temps, sans se laisser surprendre par les évolutions de son environnement. Le choix d'un indicateur relatif à l'urbanisation obéit à deux motifs. D'abord, ces indicateurs matérialisent l'ouverture du service sur son environnement (rapports avec des partenaires extérieurs). En reprenant notre typologie à propos des indicateurs de fonctionnement, il s'agit ici d'un indicateur dont l'évolution dépend de facteurs externes, hors de la compétence directe du service. En deuxième lieu, la maîtrise des nouveaux apports au réseau constitue un enjeu majeur pour le service, compte tenu des sommes que représentent les investissements liés aux évolutions de l'urbanisation.

—*Des indicateurs relatifs à la lutte contre la pollution (industrielle et accidentelle).* Activité qui occupe une place de plus en plus importante au sein des finalités du service, la lutte contre la pollution constitue un terrain propice à la recherche d'un indicateur offrant des données immédiatement disponibles ainsi qu'un état de réflexion avancé. En même temps, à l'instar de leurs homologues concernant le fonctionnement des stations de relèvement, lesdits indicateurs testent les réflexes opérationnels du service ainsi que les rapports avec les partenaires extérieurs (par exemple : les pompiers).

SECTION 2. RESULTATS

Comme nous l'avons déjà dit, la première phase opérationnelle du projet a débuté par une série d'interviews avec les chefs des divisions opérationnelles ainsi qu'avec plusieurs responsables du service (voir liste des personnes contactées). L'objectif principal de ces entretiens était de familiariser l'équipe de recherche avec le fonctionnement du service et les préoccupations opérationnelles de ses acteurs. Un compte rendu, restituant le contenu de chaque rencontre, est envoyé aux participants et soumis à leur approbation. Une fois cette dernière acquise, nous avons entamé la première étape de la méthodologie (constitution des schémas relationnels).

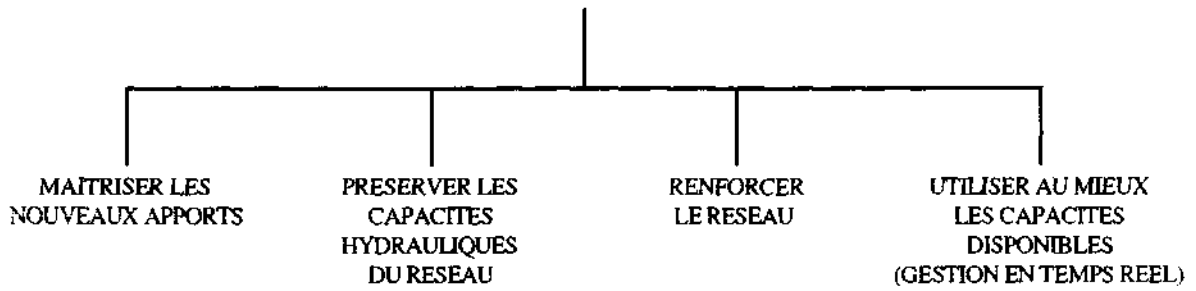
A partir de l'identification de trois grandes finalités : *éviter les inondations ; lutter contre la pollution par temps sec ; lutter contre la pollution par temps de pluie i*}), nous avons défini les "grandes catégories d'action" qui concourent à leurs réalisations. Le résultat de cette opération a consisté en l'esquisse de trois "schémas relationnels", associant finalités et "grandes catégories d'action" (figure 29).

Une fois ces "schémas relationnels" ébauchés et après s'être assuré lors d'une discussion avec les acteurs du service, que les découpages proposés rendent compte de l'essentiel des activités du service, nous avons continué le travail de ramification dans le but de parvenir à un certain nombre "d'opérations élémentaires" faisant partie des "grandes catégories d'actions" du service déjà identifiées. Le pas suivant a consisté à développer pour chaque "schéma" un certain nombre d'indicateurs, susceptibles d'être associés aux finalités du service ainsi qu'à des opérations élémentaires (figures 30, 31 et 32).

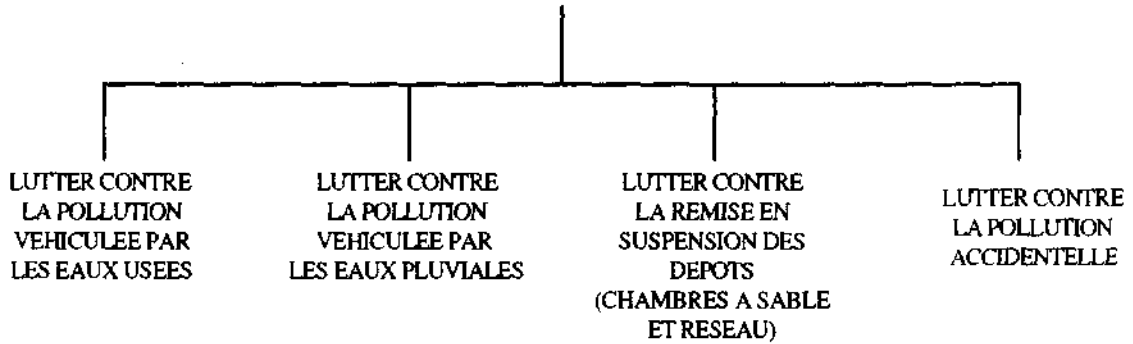
Etant parvenus à ce point de notre analyse, pour les raisons déjà exposées (p.402), nous avons laissé en suspens le problème de composition détaillée de nos trois schémas. En concentrant l'attention sur les cinq domaines d'activités que nous avons choisi de concert avec les acteurs du service (p. 402), nous sommes passés à la deuxième étape du projet — *i.e.*, la mise en forme et la quantification des indicateurs. Or, très vite, nous nous sommes heurtés à un obstacle qui s'est avéré infranchissable dans l'état actuel des choses : le manque d'informations nécessaires à la mise en forme de l'indicateur, le plus souvent inexistantes, fréquemment lacunaires. Dans ces conditions, nous n'avons pu quantifier et suivre dans le temps qu'un nombre limité d'indicateurs. Ces derniers sont présentés sous la forme d'une fiche (voir p. 418) où figurent les différentes composantes de l'indicateur : la finalité et la "grande catégorie d'action" auxquelles il appartient, les informations brutes nécessaires à sa mise en forme et leur provenance, l'acteur concerné, l'évolution souhaitable de l'indicateur, le couple horizon/période, les

Le service doit satisfaire les trois finalités tout en respectant des règles de sécurité pour son personnel et les usagers, et en éliminant dans la mesure du possible toutes les nuisances et servitudes, que les actions destinées à réaliser ces finalités sont susceptibles de provoquer à rencontre des usagers (bruits dus aux travaux, perturbation de la circulation, odeurs exhalées par les bassins de retenue).

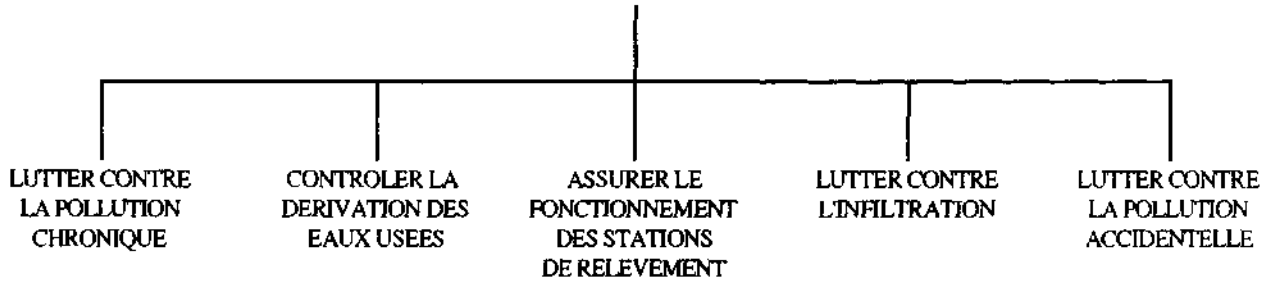
FINALITE : LUTTER CONTRE L'INONDATION



FINALITE : LUTTER CONTRE LA POLLUTION (PAR TEMPS DE PLUIE)

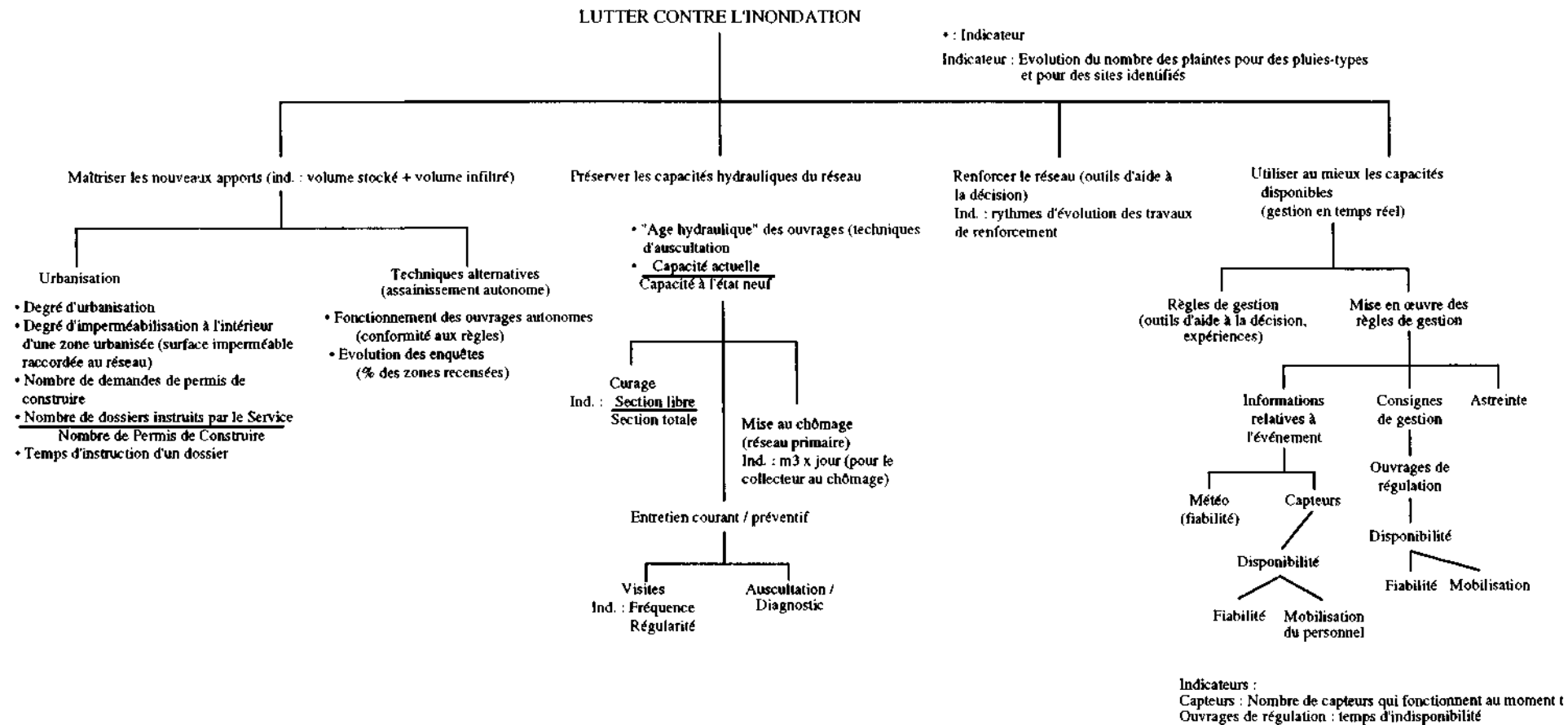


FINALITE : LUTTER CONTRE LA POLLUTION (PAR TEMPS SEC)



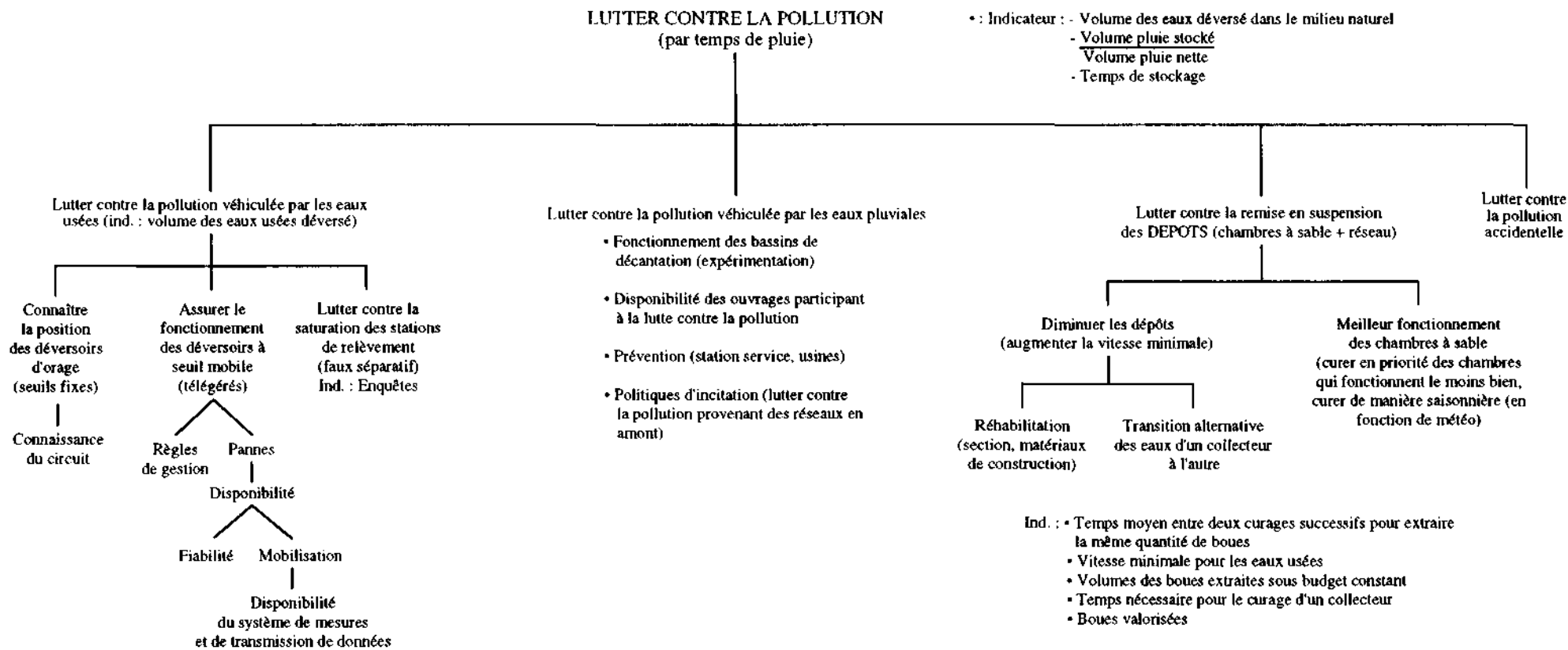
SCHEMAS RELATIONNELS

Figure 29



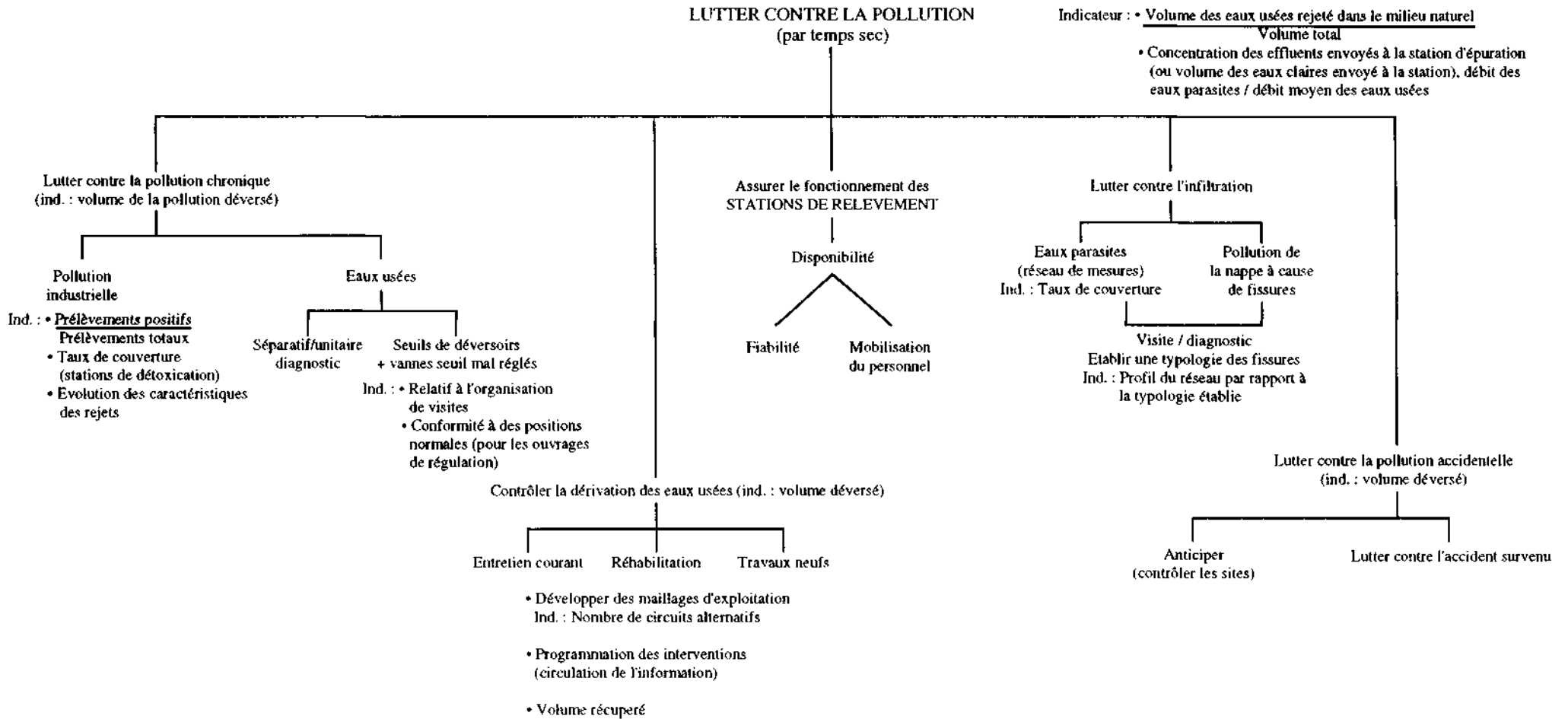
SCHEMA RELATIONNEL : lutter contre l'inondation

Figure 30



SCHEMA RELATIONNEL : lutter contre la pollution (par temps de pluie)

Figure 31



SCHEMA RELATIONNEL : lutter contre la pollution (par temps sec)

Figure 32

variables d'action, et enfin son mode d'exploitation et mise en forme. Quant aux indicateurs au sujet desquels les informations nécessaires nous font actuellement défaut, nous nous contentons d'une présentation qualitative (non chiffrée).

SECTION 3. INDICATEURS RETENUS

Les indicateurs relatifs à chaque domaine d'activité sont présentés de la manière suivante. Dans un premier temps, en appliquant dans le cas de chaque domaine la même démarche analytique qui se trouve à la base de la constitution des "schémas relationnels", nous avons créé des arbres d'indicateurs qui restituent les différents types de connexion (ou leur absence) que les indicateurs entretiennent entre eux à l'intérieur de chaque domaine. Dans un deuxième temps, nous accompagnons chaque indicateur proposé d'un commentaire qui vise à l'expliquer. Ajoutons enfin que, pour des raisons d'organisation et de lisibilité de la présentation, nous avons décidé d'introduire une taxinomie (non exclusive) des indicateurs qui comporte trois classes, à savoir :

- indicateur "physique" : appliqué à un objet, un cas... (par exemple, l'indicateur de fiabilité appliqué à une Station de Relèvement) ;
- indicateur "économique" : il met en rapport résultat (évalué à l'aide d'un indicateur physique) et moyens mis à l'œuvre pour l'obtenir ;
- indicateur comparatif (soit physique, soit économique) : il est utilisé pour établir des comparaisons entre des performances relatives à des objets appartenant au même domaine (par exemple, comparaisons des coûts de fonctionnement de deux Stations de Relèvement).

Pour ne pas surcharger l'exposé, nous donnons ici à titre d'exemple quelques résultats ne concernant qu'un domaine d'activité, celui de la pollution industrielle et accidentelle, en renvoyant les résultats relatifs aux autres domaines en Annexe (Annexe V).

Exemple 1: la pollution industrielle (chronique)

La Seine-Saint-Denis est un Département qui accueille sur son territoire un nombre important d'industries dont le fonctionnement génère des masses importantes de flux polluants. Ces derniers, outre le risque qu'ils comportent pour le milieu naturel, participent à la dégradation de la structure matérielle du réseau, tout en représentant un risque considérable pour les égoutiers qui y travaillent. De là, la nécessité pour le service de procéder à un suivi et contrôle systématiques des rejets industriels arrivant au réseau, afin de faire respecter l'application des normes en vigueur. Les actions du service participant à la lutte contre la pollution industrielle, peuvent se distribuer au sein de deux classes. La première classe comporte les *actions visant à faire l'état des lieux* : suivre l'évolution des rejets dans le réseau, et en se déplaçant vers l'amont, suivre le fonctionnement des stations de détoxification dont certaines industries sont équipées. L'autre classe groupe toutes les *actions - recommandations* entreprises par le service qui, une fois le diagnostic établi, s'adresse aux industriels responsables de la pollution, en exigeant des mesures appropriées. De ces recommandations, on souhaite évidemment mesurer "le taux" d'application effective. Le schéma suivant donne une présentation synthétique des différents types d'actions ainsi qu'un certain nombre d'indicateurs y correspondant. Une fois la vision globale du domaine et de ses indicateurs acquise, nous explorerons les divers arbres du schéma.

POLLUTION INDUSTRIELLE

-Volume déversé

- : Indicateur

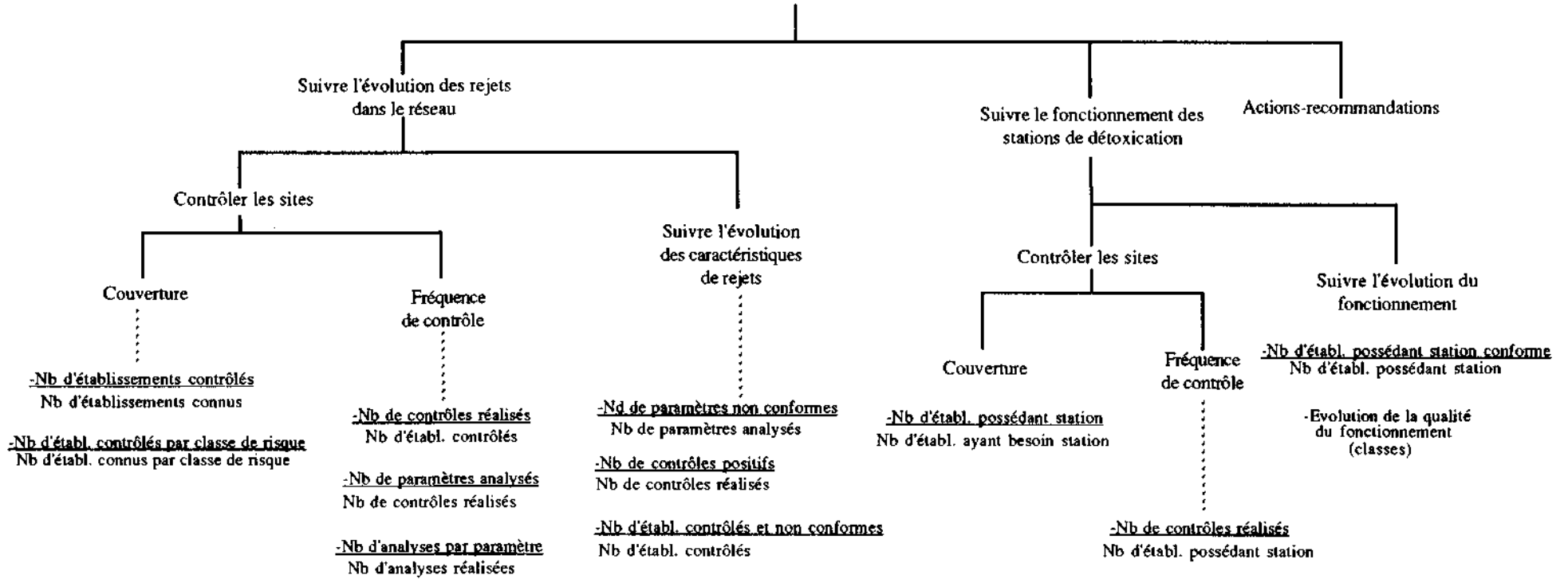


Schéma 1

1. Suivre l'évolution des rejets dans le réseau

1.1 Contrôler les sites

a. Couverture

Le taux de couverture peut être représenté par l'indicateur suivant :

$$\text{nombre d'établissements contrôlés} / \text{nombre d'établissements connus et devant être contrôlés}^{\wedge}.$$

Un affinement de cet indicateur pourrait être envisagé sur la base d'un classement des activités industrielles en fonction des risques que les déversements représentent pour le personnel travaillant en égout. On a huit types d'activités industrielles (agro-alimentaire, commerce et service, chimie, matériaux de construction, sidérurgie métallurgie, traitement de surface, énergie, divers) partagées en quatre classes de risques, à savoir :

- *risque 1* : déversement ne devant pas induire des risques majeurs ;
- *risque 2* : déversement pouvant entraîner une gêne au travail et ne devant pas induire des risques majeurs ;
- *risque 3* : déversement pouvant entraîner une gêne au travail et induire des risques majeurs ;
- *risque 4* : déversement pouvant induire des risques majeurs.

Un indicateur exprimant, d'une certaine manière, le souci de sécurité est représenté par:

$$\text{nombre d'établissements contrôlés par classe de risque} / \text{nombre d'établissements connus par classe de risque}$$

Le dénominateur ne prend pas en compte les établissements non contrôlés à faible risque, dans la mesure où dans ce cas, le risque de pollution est de nature accidentelle et l'activité n'induit aucun rejet continu du type industriel. Les stations-services, les chaufferies, les garages, les transporteurs sont pris en compte dans le cas de la "Pollution Accidentelle". Il faut également préciser que, à ce jour, le service n'a pas les moyens de connaître le nombre total d'établissements industriels.

b. Fréquence de contrôle

La fréquence de contrôle peut être exprimée par l'indicateur ci-dessous.

$$\frac{\text{nombre de contrôles réalisés}}{\text{nombre d'établissements contrôlés}}$$

(pour une période donnée)

(Cet indicateur est global puisque il concerne l'ensemble du tissu industriel. Il pourrait être individualisé au niveau de chaque établissement ou classe d'établissements).

L'indicateur précédent reste assez qualitatif dans la mesure où il ne prend pas en compte le "contenu" de l'acte de contrôle. Pour l'affiner, on peut développer des indicateurs relatifs au nombre moyen de paramètres analysés lors du contrôle. Le deux indicateurs suivant expriment la "qualité" du contrôle :

$$\frac{\text{nombre de paramètres analysés}}{\text{nombre de contrôles réalisés}} ;$$

$$\frac{\text{nombre d'analyses par paramètre}}{\text{nombre d'analyses réalisées}}.$$

Le premier indicateur exprime la richesse du contrôle mesurée par le nombre des paramètres analysés. Le second exprime la fréquence d'analyse de chaque paramètre. Les deux indicateurs s'appliquent au niveau d'un établissement, d'une classe d'établissements ou au niveau de l'ensemble du tissu industriel. Evidemment, l'objectif est une hausse de l'indicateur.

1.2. Suivre l'évolution des caractéristiques de rejets

Les caractéristiques du rejet peuvent être représentées par un certain nombre de paramètres significatifs. L'idéal serait évidemment de suivre dans le temps l'évolution quantitative (concentration) de ces paramètres. Compte tenu de la "lourdeur" d'une telle opération, on peut envisager dans un premier temps un certain nombre d'indicateurs plus qualitatifs, tels que :

$$\frac{\text{nombre d'établissements contrôlés et non conformes}}{\text{nombre d'établissements contrôlés}}$$

(voir fiche de spécification, p. 418);

$$\frac{\text{nombre de paramètres non conformes}}{\text{nombre de paramètres analysés}} ;$$

$$\frac{\text{nombre de contrôles positifs}}{\text{nombre de contrôles réalisés}}$$

Pour que les indicateurs soient plus représentatifs, dans un deuxième temps on pourrait procéder à des pondérations prenant en compte les volumes et les concentrations des flux polluants, le pourcentage des dépassements des seuils...

2. Suivre le fonctionnement des stations de détoxification

2.1. Contrôler les sites

a. Couverture

Le taux de couverture est le suivant :

$$\frac{\text{nombre d'établissements possédant une station}}{\text{nombre d'établissements ayant besoin d'une station}}$$

b. Fréquence de contrôle

La fréquence de contrôle est représentée par :

$$\frac{\text{nombre de contrôles réalisés}}{\text{nombre d'établissements possédant une station (pour une période donnée)}}$$

2.2. Evolution du fonctionnement des stations

L'indicateur suivant représente la conformité des stations de détoxification par rapport à la qualité finale requise des effluents :

$$\frac{\text{nombre d'établissements possédant une station conforme}}{\text{nombre d'établissements possédant une station}}$$

Pour caractériser le fonctionnement des stations d'épuration, le service utilise aujourd'hui le classement suivant :

- *classe 1.1* : les stations fonctionnent bien et les rejets sont de bonne qualité ;
- *classe 1.2* : les stations ont des capacités d'épuration limitées et les rejets ne sont pas toujours conformes malgré un fonctionnement et un entretien corrects ;

- *classe 2* : l'entretien des dispositifs n'est toujours pas rigoureux pour figurer dans la catégorie précédente et la qualité des rejets s'en ressent ;
- *classe 3* : les stations ne fonctionnent pas par manque ou fréquence trop faible d'entretien.

A partir de cette classification, un indicateur possible pour suivre l'évolution du fonctionnement des stations serait *l'évolution de chaque classe*, en termes du pourcentage, sur l'ensemble des stations. L'évolution souhaitable est une augmentation de la classe 1.1 et une diminution du pourcentage de la classe 3 (voir fiche de spécification, p. 419).

Un indicateur relatif la qualité du fonctionnement des stations est :

évolution du tonnage annuel de boues enlevées et/ou valorisées.

3. Actions - recommandations

Après le diagnostic, l'action. Outre la surveillance et le contrôle, un autre aspect de la lutte contre la pollution industrielle renvoie à l'application effective des mesures souhaités après le diagnostic : l'industriel a-t-il pris des mesures conformes aux souhaits du Service ? L'indicateur mesurant l'efficacité des actions sur une longue période est le suivant :

nombre d'établissements en conformité après une action / nombre d'établissements faisant objet d'une action-recommandation du Service

Fiches de spécification des indicateurs

Après avoir présenté quelques indicateurs, nous donnons ici à titre d'exemple deux fiches de spécification que nous avons pu construire vu les données disponibles. Rappelons que chaque fiche comporte : la finalité et la "grande catégorie d'action" auxquelles il appartient, les informations brutes nécessaires à sa mise en forme et leur provenance, l'acteur concerné, l'évolution souhaitable de l'indicateur, le couple

horizon/période, les variables d'action, et enfin son mode d'exploitation et de mise en forme.

Objectif : Lutter contre la pollution (par temps sec)

Catégorie d'action : Lutter contre la pollution industrielle

Domaine d'action : Rejets dans le réseau

Indicateur :

Nombre d'établissements contrôlés et non conformes/nombre d'établissements contrôlés

Horizon/Période :

1 année/1 année *

Centre d'action :

Service-Cellule Qualité des Eaux

Informations élémentaires :

Enquêtes sur le terrain

Provenance :

Service-Cellule Qualité des Eaux

Evolution souhaitable : ^

Variables d'action :

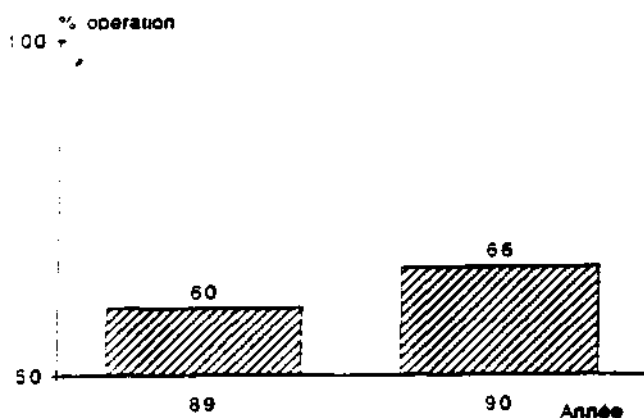
Assurer la fréquence de contrôle et augmenter le taux de couverture des ouvrages d'épuration

Mettre en place des protocoles de suivi des rejets industriels

Renforcer les effectifs du service

Sensibiliser les industriels

Mode d'exploitation et mise en forme :



* à titre d'exemple

Objectif : Lutter contre la pollution (par temps sec)

Catégorie d'action : Lutter contre la pollution industrielle

Domaine d'action : Stations de détoxication

Indicateur :

Evolution de la qualité du fonctionnement des stations de détoxication

Horizon/Période :

1 année/1 année *

Centre d'action :

Service-Cellule Qualité des Eaux

Informations élémentaires :

Enquêtes sur le terrain

Provenance :

Service-Cellule Qualité des Eaux

Evolution souhaitable :

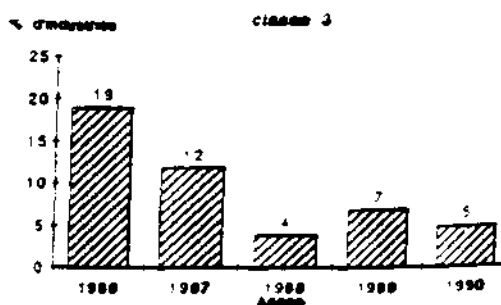
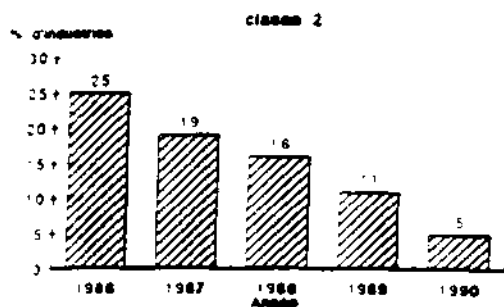
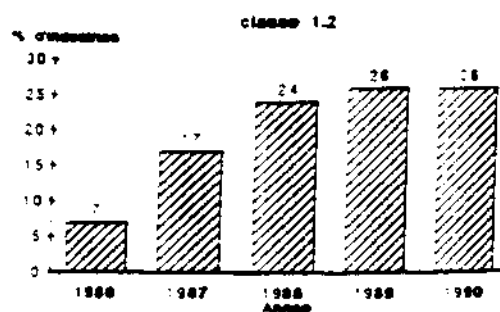
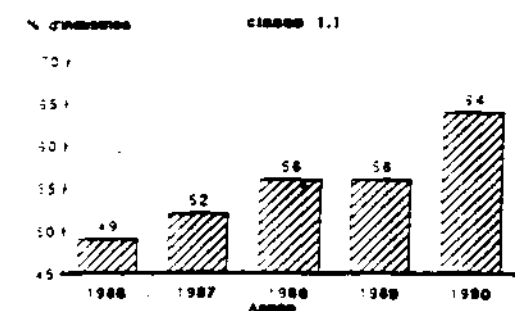
vers classe 1.1

Variables d'action :

Améliorer la performance du traitement

Promouvoir des technologies propres

Mode d'exploitation et mise en forme :



* à titre d'exemple

Exemple 2 : la pollution accidentelle

L'activité de lutte contre les pollutions accidentelles en Seine-Saint-Denis est en constante augmentation depuis 1986, augmentation qui d'après nos interlocuteurs est due à une meilleure organisation du Service (alerte plus systématique) plutôt qu'à l'évolution du nombre de pollutions.

Selon le "schéma relationnel" relatif à *la lutte contre la pollution* (figure 32), les activités participant à la lutte contre la pollution accidentelle sont groupées en deux catégories : *anticiper l'accident* et *lutter contre l'accident survenu*.

1. Anticiper l'accident

Les "opérations élémentaires" qui composent cette classe d'action sont les suivantes :

1.1. *Contrôler les sites à haut risque*

Deux indicateurs possibles peuvent évaluer les politiques de contrôle :

nombre de sites contrôlés / nombre de sites connus

nombre de sites conformes / nombre de sites connus

Le dénominateur représente les sites susceptibles de provoquer des pollutions accidentelles (stations-services, chaufferies, garages, etc.). Les établissements industriels ne sont pas pris en compte puisqu'on suit leur fonctionnement dans le cadre de la lutte contre la Pollution industrielle (voir p. 411). En outre, le plus grand nombre d'accidents est dû aux hydrocarbures des stations-services et des chaufferies.

Un autre indicateur qui peut nous informer au sujet des risques encourus est le suivant :

nombre de sites possédant un équipement de sécurité / nombre de sites susceptibles d'être équipés

POLLUTION ACCIDENTELLE

- : Indicateur

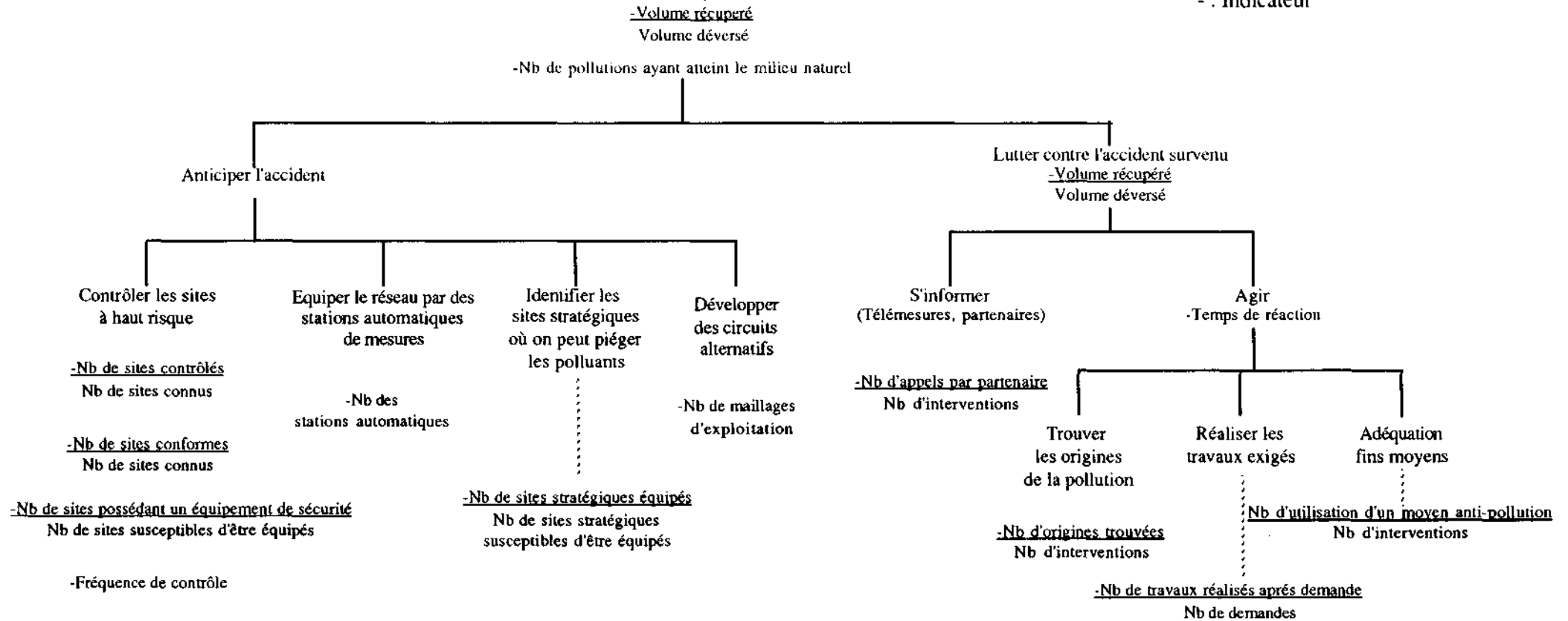


Schéma 2

Pour ce qui concerne *la fréquence de contrôle* des sites à risque, les indicateurs proposés pour la pollution industrielle sont ici également utilisables.

1.2. Equiper le réseau de stations automatiques de mesure

L'indicateur proposé est:

nombre des stations automatiques de mesure installées sur le réseau

Cet indicateur mesure les potentialités de détection en temps réel de la pollution accidentelle dont dispose le service grâce à l'installation de stations automatiques de mesure en continu de la qualité des eaux transitant dans le réseau.

1.3. Identifier les sites stratégiques où on peut piéger les polluants

L'identification des sites stratégiques du réseau permettant de piéger efficacement les flux polluants (à travers l'implantation de chambres de rétention de flottants, par exemple) constitue une des actions importantes dans la lutte contre la pollution accidentelle. Une fois les sites identifiés, on peut développer l'indicateur suivant :

nombre de sites stratégiques équipés / nombre de sites stratégiques susceptibles d'être équipés

1.4. Développer des circuits alternatifs

Une des voies prometteuses dans la lutte contre la pollution accidentelle et qui s'appuie sur les potentialités du système de gestion automatisée, est le développement des maillages permettant de solidariser les différentes parties du réseau. La présence de ces maillages donne la possibilité au service d'acheminer, moyennant des ouvrages télécommandés, les flux polluants vers des sites d'interception. L'indicateur proposé est :

nombre de maillages d'exploitation

2. Lutter contre l'accident survenu

L'indicateur le plus intéressant pour évaluer l'efficacité de la lutte contre la pollution est évidemment le suivant :

volume récupéré / volume déversé (des flux polluants)

Cela étant, la quantification de cet indicateur n'est pas toujours aisée à réaliser. De l'autre côté, un indicateur plus facile à suivre, tel que

nombre de pollutions ayant atteint le milieu naturel,

reste très qualitatif, dans la mesure où il est indifférent à l'égard des caractéristiques des flux polluants. Une solution intermédiaire consisterait à pondérer l'indicateur précédent par l'impact estimé de la pollution dans le milieu naturel.

Selon le schéma correspondant (schéma 2), la lutte contre l'accident survenu met en jeu deux classes d'actions : "s'informer" et "agir" respectivement.

2.1. *S'informer*

Outre la présence d'un réseau de mesures en temps réel qui peut informer le service de la survenue d'une pollution accidentelle, l'action du service dans ce domaine est tributaire de ses rapports avec des partenaires extérieurs (population, pompiers, etc) qui jouent le rôle d'informateur. L'indicateur suivant peut donner une image de ses rapports :

nombre d'appels par partenaire / nombre d'interventions

2.2. *Agir*

La rapidité de la réaction, une fois la pollution signalée, est un des facteurs déterminants qui conditionnent l'efficacité du service dans sa lutte contre la

pollution accidentelle. L'indicateur le plus naturel qui mesure cette rapidité est le temps de réaction

$$\text{temps de réaction } TR = TA + TM + TI,$$

décomposé en trois temps élémentaires :

a) TA : temps d'alerte pollution, qui est le temps écoulé entre l'accident et l'alerte donnée au Service (parfois il est inconnu) ; b) TM : le temps de mobilisation, représenté par le temps de déplacement, plus le temps pendant lequel on a stoppé la pollution ; c) TI : le temps d'identification de l'origine de la pollution.

a. Origines trouvées

Une intervention peut être considérée complète, si l'origine de la pollution est identifiée et les causes qui se trouvent à son origine sont éliminées. L'indicateur suivant évalue les performances du service dans la recherche des origines de la pollution.

$$\text{Nombre d'origines trouvées / nombre d'interventions (voir fiche de spécification, p. 425)}$$

b. Réalisation des travaux exigés

La lutte contre la pollution s'achève avec une demande formulée par le service et adressée au pollueur, indiquant à ce dernier les travaux jugés nécessaires pour que l'accident ne se reproduise pas dans l'avenir. Le service souhaite évidemment connaître le taux de réalisation de ces travaux. Ce dernier peut être mesuré par l'indicateur suivant :

$$\text{nombre de travaux réalisés après demande / nombre de demandes}$$

c. Adéquation fins -moyens

$$\text{nombre d'utilisations d'un moyen anti-pollution / nombre d'interventions}$$

Sur une longue durée, cet indicateur renseigne le service sur l'adéquation entre la pollution et les moyens utilisés (produits anti-pollution, tube-tests de produits toxiques, etc.) pour la combattre.

Objectif : Lutter contre la pollution (par temps sec)

Catégorie d'action : Lutter contre la pollution accidentelle

Domaine d'action : Agir contre l'accident survenu

Indicateur :

Nombre d'origines trouvées/nombre d'interventions

Horizon/Période :

1 année/1 année *

Centre d'action :

Service-Cellule Qualité des Eaux/Division Gestion des Eaux

Informations élémentaires :

Nombre d'opérations d'interventions et d'identification de l'origine

Provenance :

Appels par les partenaires extérieurs et les agents du Service

Evolution souhaitable : f

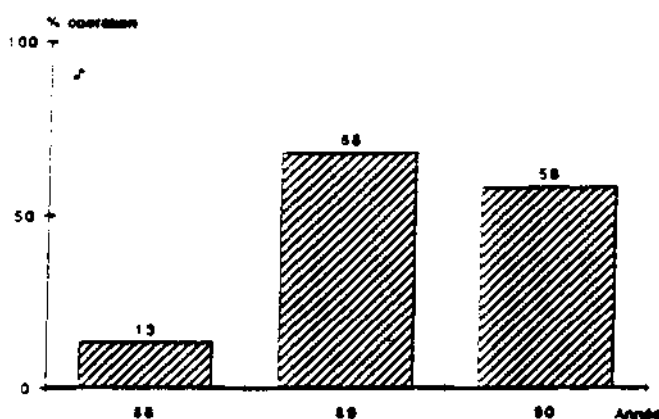
Variables d'action :

Installer des stations automatiques de mesure en continu (détection en temps réel)

Renforcer les rapports avec les partenaires

Renforcer les effectifs du service

Mode d'exploitation et mise en forme :



CONCLUSION DE LA QUATRIEME PARTIE

Après nous être appesantis tout au long de la partie précédente sur les mutations qui ont affecté le domaine de l'assainissement ces derniers temps (1970 -), nous avons voulu, dans cette dernière partie de la thèse, contribuer à une réflexion sur les nouveaux outils de gestion susceptibles d'aider le service gestionnaire à faire face aux défis lancés par le contexte actuel. En effet, une des conclusions principales auxquelles nous sommes parvenus consiste à soutenir que les mutations observées vont à rencontre d'une gestion basée sur des pratiques et des rapports hautement normalisés et codifiés. Le développement de coopérations horizontales au sein du service, l'ouverture sur son environnement social, l'introduction du temps réel dans son fonctionnement quotidien — pour ne citer que quelques uns des aspects les plus marquants du contexte actuel —, réclament de la part des acteurs du service des programmes d'action évolutifs, transforment la négociation en activité routinière de la vie de tous les jours, poussent enfin la norme à se retirer de la scène de régulation, au moins en tant qu'agent principal.

Face au vide qui accompagne ce retrait, nous nous sommes engagés avec les acteurs du service de la Saint-Seine-Denis dans une démarche volontariste visant à penser la période "après-norme". La voie que nous avons choisie d'explorer en premier lieu comme solution de rechange, a été celle d'un ensemble *d'indicateurs de performance et de fonctionnement*. Outil d'évaluation, les indicateurs de performance, en mesurant les diverses prestations fournies à l'utilisateur, permettent au service de vérifier si ses efforts se font tendanciellement dans la bonne direction, tout en constituant la base pour un dialogue entre le service, l'utilisateur et l' élu. Il en va de même pour les indicateurs de fonctionnement. Outil opérationnel à l'usage de l'acteur concerné, l'indicateur évalue d'abord l'efficacité de son action, met en branle ensuite un mouvement continu d'auto-correction et d'amélioration. Outil de communication ensuite, il participe à la constitution d'un fonds de représentations communes relatif aux objectifs et au fonctionnement du service, préalable nécessaire au développement de projets communs. En effet, sous leur double aspect — comme langage commun et comme moyen d'auto-correction — les indicateurs sont susceptibles de créer et d'entretenir une tension entre la réalité actuelle et la réalité escomptée, à l'intérieur de laquelle peut s'installer et se déployer une logique

innovatrice. Manière de dire que l'indicateur dans notre optique ne constitue pas la fin (logique de contrôle) mais le point de départ d'un processus d'apprentissage et d'amélioration. En informant les acteurs des résultats de leur activité et de l'évolution de leur contexte d'action, en mesurant l'écart entre l'actuel et le voulu, l'indicateur peut participer à l'émergence d'une organisation qui ne tombera pas, après une période courte d'effervescence, correspondant à l'introduction d'une nouveauté, dans un régime de fonctionnement marqué par la répétition (¹).

La volonté et la présentation théorique d'un projet est une chose, sa mise en oeuvre en est une autre. Que peut-on conclure de cette première confrontation du projet avec la réalité exigeante d'un service opérationnel ? Commençons par un aveu "d'impuissance" objective. Etant donné l'ampleur d'un projet dont la philosophie s'inscrit en faux contre des pratiques et des réflexes qui portent en eux la pesanteur d'une histoire longue, compte tenu de caractéristiques d'une démarche interactive et procédurale, et faute de référence, notre intervention dans le cadre de cette thèse ne pouvait qu'être investie d'ambitions limitées et viser à des objectifs bien circonscrits. Aussi, loin de vouloir bâtir un système d'indicateurs de performance et de fonctionnement directement opérationnels, notre entreprise a pris d'emblée la forme plus modeste (et réaliste) d'un essai de mise au point de la méthodologie du projet, accompagné d'un test de faisabilité. La nature des objectifs que nous nous sommes assignés a conditionné évidemment le déroulement du travail. Une fois, la problématique et la méthodologie construites, nous avons choisi de parcourir rapidement l'ensemble du projet, sans en épuiser chaque phase. Ainsi, après avoir abordé et montré le caractère opérationnel de sa première étape (constitution des "schémas relationnels" correspondant aux finalités du service), nous avons laissé "en suspens" le problème de la composition détaillée du système d'indicateurs, afin de nous concentrer sur un nombre limité d'activités du service, dans le but de mettre en relief tous les problèmes concrets que la mise en forme d'un indicateur occasionne (deuxième étape du projet).

Si le projet dans sa phase actuelle a déjà reçu l'acquiescement des acteurs du service, quant à sa consistance théorique, son intérêt opérationnel et sa faisabilité,

Nous disons bien, "*peut participer*", car évidemment les indicateurs ne disposent pas à eux seuls de ces propriétés vertueuses. Le risque de les voir se transformer en outils de contrôle est toujours présent.

force est de constater que l'expérience de ce premier essai a mis en évidence la présence d'un noeud serré de difficultés. Difficultés d'abord pratiques, que l'on pourrait aussi qualifier de "conjoncturelles", dans la mesure où elles affectent principalement l'accomplissement opérationnel du projet, sans atteindre sa philosophie. Difficultés ensuite "théoriques", car consubstantielles à son identité fondamentale. C'est à la discussion de ces difficultés que nous voudrions consacrer l'essentiel de cette conclusion. Nous commençons par les difficultés pratiques.

Problème prévisible, qui ne surprend guère, tellement le projet va à rencontre des habitudes du passé, une carence d'informations nécessaires à la mise en œuvre des indicateurs. Si cette carence ne représente pas *a priori* un obstacle insurmontable, elle risque de se perpétuer dans l'avenir pour deux raisons. La première, déjà évoquée, est la réticence naturelle que montre toute organisation à produire des informations à des fins d'(auto)-évaluation. Nous croyons que la nécessité de développer de nouveaux outils est suffisamment ressentie par les acteurs eux-mêmes, qu'elle est capable de vaincre ces réticences. En revanche, il y a une autre raison dont l'action risque d'être pénalisante pour l'avenir du projet. Le manque d'information risque de se perpétuer, non pas à cause d'une absence de volonté, mais en raison d'un sentiment d'impuissance que les acteurs peuvent éprouver face au volume d'informations nécessaires à la mise en forme d'un système d'indicateurs à tendance inflationniste. Cette dernière proposition nous conduit aux difficultés d'ordre théorique.

En effet, une autre constatation qui ressort de façon nette du déroulement du projet, porte sur la distribution des indicateurs au sein d'un espace hiérarchisé. Le problème le plus insistant qui se pose dans sa phase actuelle semble être celui de la définition des indicateurs les plus pertinents pour les différents acteurs eu égard aux objectifs et responsabilités de ces derniers, faute de quoi on peut craindre *une dérive inflationniste du système*. Il s'agit de dépasser le stade de juxtaposition, afin de parvenir à un système hiérarchisé d'indicateurs, qui articule de manière cohérente et pertinente, objectifs opérationnels, internes aux services, et grandes finalités, objet d'évaluations externes (usagers, élus). Pour ce faire, il faut définir des niveaux pertinents d'agrégation, qui, occupés par des indicateurs évaluant les résultats conjoints de plusieurs activités, sont adaptés aux objectifs différenciés de différents acteurs. Ce travail d'agrégation, outre l'intérêt évident qu'il représente

pour chaque acteur, désormais préoccupé à titre principal du suivi des indicateurs les plus pertinents eu égard aux objectifs qui lui sont propres, obéit à deux motifs supplémentaires.

Le premier est d'assurer la cohérence dans un espace qui comporte plusieurs acteurs selon une multitude d'activités et des objectifs parfois "contradictaires" (par exemple : évacuer les eaux pluviales et protéger le milieu récepteur). En effet, ces indicateurs, se situant au point de jonction de plusieurs activités, pourraient exercer de manière systématique un contrôle de cohérence et d'efficacité, tout en rendant explicite les pondérations entre les objectifs "contradictaires" mis en œuvre dans le cadre de stratégies concrètes.

L'autre motif est lié aux difficultés d'évaluer de manière directe les prestations fournies par le Service aux usagers (¹). Difficultés dues en grande partie à la nature même de ces prestations, ces dernières étant dépendantes des phénomènes aléatoires, difficilement individualisables (qui profite d'une politique de dépollution ?...) et hétérogènes quant à leurs conséquences, donc difficilement mesurables à l'aide d'une unité de mesure unique. Difficultés d'ordre technique ensuite : ainsi, obtenir les informations sur le nombre des personnes concernées par une inondation est une opération délicate (²). Les indicateurs intermédiaires, issus d'un travail d'agrégation peuvent fournir une solution aux difficultés évoquées auparavant, mettant en œuvre une idée qui, en quelque sorte, relève du bon sens : la réussite finale et globale est le résultat logique des réussites intermédiaires et partielles. La mise au point de ces indicateurs intermédiaires exige un travail d'agrégation et le maniement d'outils délicats, tels que l'analyse multi-critère. Malgré sa "lourdeur" relative, ce travail d'agrégation nous paraît néanmoins indispensable pour les raisons que nous venons d'énoncer.

Un autre axe de recherche qui, tout en ayant partie liée avec les difficultés de mesurer de manière directe les prestations fournies aux usagers, ne se distingue pas

C'est la raison pour laquelle d'ailleurs, nous ne sommes pas en mesure aujourd'hui de proposer des indicateurs de performance.

Notons ici, que malgré ces difficultés, des marges de manœuvre en matière de politique de recherche d'informations encore inexploitées, résident peut-être dans une collaboration plus étroite entre le Service et les communes, et entre le Service et le public (recensement des zones à "risque", campagnes d'information, voire enquêtes après des événements pluvieux importants).

moins de la problématique "indicateurs intermédiaires" de par le contenu des indicateurs qui y correspondent, est celui qui vise à développer *la notion de maîtrise du réseau*. Le contenu opérationnel de la notion reste à préciser mais l'idée de base qui le sous-tend peut être déjà énoncée : rappelons que l'une des caractéristiques de la situation actuelle consiste en l'éclatement des compétences et pouvoirs d'action en matière d'assainissement, à l'intérieur d'un espace multi-acteurs au sein duquel le Service, tout en occupant la place centrale, figure à côté d'autres acteurs (communes, autres services techniques, aménageurs...). La notion de maîtrise du réseau a comme objectif de tracer en quelque sorte des grandes lignes de partage entre les possibilités d'action de chaque acteur du système. Comme son nom l'indique, elle vise à définir la place qu'occupe le service dans le système d'acteurs, sa maîtrise du processus de production de la performance globale (celle qui est perçue par l'utilisateur); performance qui est, rappelons-le encore une fois, le résultat synthétique de l'action de plusieurs acteurs parfois étrangers au service. Quelques exemples pourraient donner à la notion de maîtrise un contour plus concret. On sait que l'évolution de l'urbanisation est un facteur qui conditionne fortement la performance du service. Or, l'urbanisation est un phénomène qui implique des acteurs autres que le service (communes, par exemple). On peut imaginer un indicateur de maîtrise, évaluant en termes de surface totale instruite par le service, le degré de l'implication et la place du service dans l'évolution et la maîtrise du phénomène. De même, un autre indicateur, mesuré en termes d'accords ou de conventions entre le service et les acteurs qui participent à la gestion des réseaux en amont, pourrait renseigner le service sur sa maîtrise du processus de production de la performance globale de son réseau, fortement dépendante des apports provenant de l'amont. En outre, cette démarche permettrait de se rapprocher de la notion évoquée d'indicateurs de performance : si en effet cette notion est difficile à appréhender directement, on peut néanmoins présumer qu'une évolution favorable des indicateurs de maîtrise du réseau va dans le sens d'une meilleure efficacité des investissements et de meilleures performances globales, et constitue donc une mesure intéressante de l'évolution des capacités du service à remplir ses missions.

Les réflexions qui précèdent, tout en invitant à des tâches futures, ne s'en inscrivent pas moins à l'intérieur de l'espace ouvert par la problématique "indicateur". Nous voudrions clore la conclusion de cette quatrième partie par une dernière remarque d'ordre plus général sur le nouveau mode de régulation qui cherche encore sa voie dans le domaine de l'assainissement. En effet, travailler sur la problématique

"indicateur" c'est lire les évolutions actuelles selon la "perspective" et sous l'angle des besoins sentis par le service gestionnaire. Or, parmi les acquis de nos analyses figure la mise en évidence de l'émergence d'un système d'acteurs multiples, impliqués désormais activement dans la régulation (autres services techniques, communes, aménageurs, usagers-citoyens, sans oublier un acteur déjà présent sur la scène de la régulation, l'Etat central, qui continue à jouer un rôle important en définissant le cadre réglementaire dans le domaine et en fixant les objectifs généraux en matière de lutte contre les risques naturels et de protection de l'environnement (voir pp. 344-349). L'existence de cet espace d'acteurs crée une situation totalement inédite pour la régulation en matière d'assainissement. D'une régulation assurée par la norme, mise en œuvre par un acteur unique, le service, nous passons à une régulation "conjointe" qui *doit* résulter de la synergie d'actions disparates. La problématique "indicateur" trouve ici ses limites. Outil de gestion pour le service, l'indicateur ne peut pas assurer ni l'efficacité ni la cohérence des actions déployées au sein d'un espace d'acteurs multipolaire. Imaginer des moyens (réglementaires, organisationnels...) capables de favoriser la cohérence souhaitée, voilà le défi majeur auquel le nouveau mode de régulation doit répondre.

Conclusion générale

Il y a déjà trois quarts de siècle, en 1921, l'édition allemande livrait à la postérité "*Economie et Société*" C¹)- Cet ouvrage posthume, qui a aussitôt fait figure de classique, commence par poser "*les concepts fondamentaux de la sociologie*" (2), laquelle est définie comme la "*science qui se propose de comprendre par interprétation l'activité sociale et par là d'expliquer causalement son déroulement et ses effets*" (3). Moment méthodologique dans la composition du livre, ce déploiement des concepts fondamentaux de la sociologie, occupant la première partie de l'ouvrage, se veut au service de la tâche peut-être la plus ambitieuse qui eut jamais été entreprise : écrire une histoire non philosophique (4) du monde occidental, projet connu sous le nom de "*rationalisation de la société*". Nom qui désigne un mouvement vaste, qui, dans ses ramifications multiples, soumet tout processus au règne de la prévision et de la maîtrise instrumentale et organisationnelle, en réduisant la réalité à la simple condition du donné manipulable.

Nous nous sommes permis d'évoquer l'œuvre weberienne, dans la mesure où notre travail, tant par sa méthodologie que par sa thématique s'y rattache explicitement.

— Par sa thématique d'abord. Rappelons que, pour Weber, la bureaucratiation — *i.e.* le développement d'organisations (entreprises, administrations), fonctionnant sur la base de calculs normalisés —, est un phénomène essentiel pour la compréhension de la société moderne, elle est l'incarnation/ institutionnalisation de la raison instrumentale. Il est évident que les trois systèmes socio-techniques étudiés ici présentent toutes les caractéristiques des organisations bureaucratiques au sens weberien du terme.

— Par sa méthodologie ensuite. Weber prône une analyse qui, tout en insistant sur la nécessité de saisir l'action des acteurs de l'intérieur — *i.e.* de leur point de vue —, ne renonce pas pour autant à l'ambition de parvenir à une explication

¹ Weber M., *Economie et Société*, Paris, Pion, 1971.

² *Ibid.*, p. 3

³ *Ibid.*, p. 4

⁴ Histoire qui ne présuppose ni Raison, ni Dessein.

causale des phénomènes historiques (¹). Notre démarche profite du legs méthodologique de son oeuvre. Ainsi, pour l'étude de la phase de constitution du mode de régulation, notre effort visait à rendre intelligible les actions des protagonistes grâce à une reconstitution de l'horizon dans l'ouverture duquel ils se meuvent et agissent (concept de *référentiel*) ; tandis que l'évolution et la crise sont abordées à l'aide d'une analyse causale qui vise à mettre en relief le processus selon lequel l'engrenage des différents rouages du système produit les phénomènes observés. Tout en se plaçant donc à l'intérieur de l'espace ouvert par Weber, notre entreprise s'est proposée de l'explorer suivant deux directions.

La première prend la forme d'une explicitation analytique. Weber voit en la bureaucratisation l'incarnation exemplaire de la rationalité instrumentale. Or, force est de constater que ce concept reste formel et trop global pour étudier les chemins empiriques que le mouvement de la bureaucratisation a emprunté ainsi que les formes concrètes qu'il a revêtues. Autrement dit, il faut donner au mode d'être et au mode de fonctionnement de cette rationalité instrumentale son visage empirique en acte. La tâche est évidemment énorme, et elle ne peut être menée à bien qu'en analysant le processus de rationalisation dans plusieurs domaines au lieu de l'envisager globalement et de manière indifférenciée. Pour notre part, nous avons concentré notre effort sur un domaine particulier, celui des bureaucraties marquées par une composante technique forte et dont le vecteur principal de rationalisation était la figure de l'ingénieur. Dès lors, nos efforts ont à nouveau bifurqués, empruntant deux voies relativement distinctes quoique solidaires. La première : mettre en évidence les traits spécifiques dont la rationalité de l'ingénieur était porteuse ainsi que les caractéristiques de son objectivation dans des objets techniques et des structures organisationnelles. La seconde : élaborer un arsenal conceptuel susceptible d'orienter de manière systématique des recherches empiriques portant sur la constitution et le fonctionnement de systèmes bureaucratiques fortement structurés par la technique. Appliqués à trois systèmes

Il faut préciser que la conception que Weber se fait de la causalité est assez personnelle, puisqu'il refuse d'étudier l'histoire sur le mode d'un savoir nomologique, selon lequel les séquences historiques tombent sous des lois générales. Les rapports de causalité s'appliquent à des liaisons entre des événements singuliers. Aujourd'hui cette conception de causalité est défendue de manière rigoureuse par Davidson D., *Essays on Actions and Events*, Oxford, Clarendon Press, 1980 (traduction française à paraître aux PUF).

socio-techniques éloignés à première vue les uns des autres, cet arsenal a pu réunir ce qui *a priori* était séparé. Les pratiques développées par nos systèmes se sont avérées opérer au sein des modes de régulation unis par un réseau intense de ressemblances et d'identités, tant au niveau du contenu que celui de la trajectoire temporelle. Les connivences que nous avons mises en évidence ne suffisent pas à soutenir des généralisations, encore prématurées. Elles incitent cependant à des recherches futures. Recherches qui ne peuvent à leur tour qu'être enrichies par une ouverture du champ d'analyse à des bureaucraties modernes, entrées dans l'époque des nouvelles technologies d'information. Il serait intéressant de scruter ainsi le "*référentiel*" de l'ingénieur correspondant à l'ère informatique. L'ordinateur et la programmation comme dispositifs d'intellection de la réalité et comme instruments d'action sur le monde, semblent marquer un tournant par rapport au "*référentiel*" de l'ingénieur classique, fondé sur l'analyse et l'appareil statistique.

La deuxième direction est directement liée à une expérience du présent : l'apparition du terme "communication", d'usage de plus en plus fréquent dans les discours aussi bien des acteurs que des observateurs du monde industriel et des services. Terme dont la carrière, loin de pouvoir être réduite à un effet de mode intellectuel, reflète à notre sens des mutations réelles et profondes. Mutations susceptibles de renouveler jusqu'à mettre en cause notre conception classique des systèmes bureaucratiques. Et cela en mettant au premier plan les questions axiologiques, considérées jusqu'alors comme extérieures à la sphère de l'activité instrumentale, sphère où règne une rationalité fins/moyens sous le contrôle de procédures relevant du domaine du droit. Cette irruption de la communication reste encore, il est vrai, plutôt du domaine soit d'une volonté sincère, mais embarrassée, de la nouveauté des tâches que l'on exige d'elle, soit d'un discours qui, en ne voyant en la communication qu'un instrument de légitimation, la dépouille, par là-même, de ses composantes normatives. Mais notre conviction que la communication, en tant qu'opérateur de régulation au sein des systèmes socio-techniques, pourra jouer un rôle de plus en plus important dans l'avenir, se trouve paradoxalement renforcée par notre approche génétique de la constitution des systèmes bureaucratiques. Expliquons nous. En ne nous intéressant pas uniquement au mode de fonctionnement des trois systèmes socio-techniques, aux normes et aux rapports codifiés qui les irriguent, mais en ayant également parcouru le chemin de leur formation, nous sommes en mesure de soutenir que la communication et les questions axiologiques n'étaient pas en réalité si étrangères aux bureaucraties

d'hier, ces "*machines sans vie*", qui sont "*de l'esprit coagulé*", selon les propres termes de Weber. En effet, nous avons vu que la production des pratiques codifiées s'est déroulée à l'intérieur d'un espace public dont le fonctionnement est soumis aux contraintes normatives. Et cela, de deux manières. En premier lieu, des considérations directement normatives interviennent dans l'évaluation et le jugement portés sur des options opérationnelles envisagées ; elles en favorisent certaines, en discréditent d'autres ⁽¹⁾. En second lieu, des éléments normatifs, sous la forme de prétentions à la validité étaient inhérents aux débats qui ont débouché sur l'édification des pratiques normalisées. Nous avons vu que les pratiques de régulation érigées en système de normes, en partie objectivées dans des dispositifs techniques par la suite, ne sont pas le produit gratuit de l'imagination des ingénieurs solitaires : tout au contraire, elles prennent progressivement forme, elles se fortifient en pliant les lignes argumentatives déployées par des adversaires, qui campent soit à l'intérieur de la communauté des ingénieurs, soit à son extérieur ⁽²⁾. Eclairé par les lumières de son passé, la deuxième phase du mode de régulation (celle du fonctionnement routinier), se présente comme la *négation* de ce qui lui a donné naissance, dans la mesure où la communication ouverte et imprégnée des éléments normatifs s'est muée en information codifiée, en ordre figé et en norme appliquée uniquement dans les limites de la légalité. Codification qui, éclairée par les expériences d'aujourd'hui, peut être considérée définitivement comme une opération à double tranchant. Si elle a su assurer des performances satisfaisantes pendant une longue période, elle l'a fait au prix d'une rigidification des réflexes du système à réguler, devenu entre-temps particulièrement vulnérable aux sollicitations d'une réalité changeante.

Nous avons avancé tout au long de la 3^{ème} et de la 4^{ème} parties les raisons pour lesquelles nous pensons qu'avec les mutations actuelles, affectant industrie et services urbains, la communication ouverte visant à l'inter-compréhension est en train de conquérir un rang autrement plus important que celui occupé par le passé.

Voir nos analyses portant sur le concept de *référentiel* (classe "valeurs", p. 142).

La question n'est pas de savoir si les acteurs sont sincères ou pas quand ils émettent des prétentions à la validité au cours d'un débat (souvent ils ne le sont pas). En avançant que les prétentions à la validité sont inhérentes au débat, nous voulons souligner le fait que nous ne pouvons pas (quitte à être discrédités d'emblée) récuser publiquement un argument dont nous n'avons pas préalablement établi la réfutation.

Pour la première fois peut-être, ce qui était réservé uniquement à la période de la constitution des pratiques — *Le* l'ouverture d'un espace communicationnel structuré par la confrontation et l'échange d'arguments — s'installera durablement au sein de nos bureaucraties modernes. Pour la première fois peut-être, deux phases radicalement disjointes jusqu'à présent : l'exécution et l'innovation, seront simultanément présentes sur les lieux de la production.

Aucune certitude toutefois, parce que pour l'essentiel tout ou presque reste à faire. Et si nous croyons fermement à l'efficacité opérationnelle de la communication et à la fiabilité des modèles organisationnels qui s'en inspirent, il ne faut pas se méprendre sur les difficultés de la tâche, en transformant l'éventualité en certitude. Si un autre rapport entre, d'une part, le domaine d'action régulé par l'inter-compréhension et, d'autre part, le domaine d'action régulé par la norme est concevable, il ne peut pourtant faire abstraction ni de l'efficacité des pratiques codifiées, ni de la nécessité de langages spécialisés et formalisés (par exemple : ratios, formulaires...). Dans la mesure où la régulation de tout système socio-technique implique la coordination dans l'espace et le temps d'une multitude d'activités et d'acteurs et met en jeu une coordination relevant de plusieurs natures (connaissances scientifiques, savoir-faire pratique...), il est évident qu'elle doit être assurée en grande partie à l'aide de routines, des programmes préétablis et de procédures standardisées. Une réduction de la complexité inhérente à toute entreprise collective, opérée à l'aide des mécanismes qui restent soustraits, au moment où ils sont activés, à la contestation des acteurs impliqués, est une condition *sine qua non* du fonctionnement de n'importe quel système socio-technique. Ce dernier est sûrement trop *complexe* pour être régulé en s'appuyant uniquement sur les ressources du langage ordinaire et en mobilisant des situations de face à face. La définition des routines et des pratiques normalisées sera toujours nécessaire à une coordination qui doit se réaliser le plus souvent sous des contraintes temporelles extrêmement fortes. Mais, au lieu de devenir l'unique source où les acteurs puisent afin de subvenir aux besoins de régulation, les pratiques normalisées peuvent être conçues et mises en oeuvre dans une optique autre. De par leur automaticité, elles peuvent libérer les acteurs de la pression de la gestion quotidienne, en constituant le substrat matériel des actions tournées vers l'innovation technique et organisationnelle, cette dernière étant soutenue par une communication visant à l'inter-compréhension. Encore une fois, ce projet doit affronter tous les problèmes inhérents à la communication. Se mettre d'accord était

et sera toujours une opération onéreuse. La fusion des horizons des acteurs occupant des places distinctes au sein de l'organisation, présuppose un travail difficile de convergence de conceptions d'abord empreintes de perspectives subjectives. Le processus qui vise à l'inter-compréhension et à la définition d'un projet commun frôlera toujours le risque d'un non aboutissement compte tenu des exigences qu'il impose aux acteurs impliqués.

Trouver un autre équilibre entre domaine d'action régulé par des pratiques codifiées et domaine d'action structuré par l'inter-compréhension : c'est là une tâche inédite et largement inexplorée. Il s'agit d'un objectif dont l'accomplissement requiert des efforts considérables, objectif qu'on doit examiner avec soin et rigueur afin d'éviter dans la mesure du possible des conséquences indésirables (frustration, immobilisme, moindre efficacité). Mais d'un autre côté, on pourrait tout aussi bien le présenter comme un minimum réaliste exigible pour le fonctionnement efficace et démocratiquement contrôlé de nos bureaucraties modernes, étant donné que la normalisation à outrance des pratiques, de par le raidissement qu'elles introduisent au sein de l'organisation et de par la démotivation qu'elles produisent, est devenue aujourd'hui incapable de faire face à une réalité trop versatile pour être domptée par des ordres fixés pour un laps de temps important et émanant d'un seul cerveau, celui de l'ingénieur. Résoudre les questions que ne cesse de poser avec de plus en plus d'insistance la dynamique contemporaine, en s'appuyant sur une intelligence sociale, largement ignorée jusqu'alors, déployée au sein de projets ayant acquis après discussion l'approbation des acteurs impliqués, constitue un défi suffisamment important pour la préservation d'une communauté démocratique.

Ecole Nationale des Ponts et Chaussées

Spécialité : Economie et sciences sociales

**La régulation des systèmes socio-techniques sur la
longue durée**

le cas du système d'assainissement urbain

Volume II

Thèse présentée par

Konstantinos Chatzis

en vue de l'obtention du titre de
Docteur de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées

Date de soutenance : 4 février 1993

Jury :

C. COGEZ	Examineur
P. DUBOIS	Président
A. HATCHUEL	Rapporteur
J. LATERRASSE	Directeur de thèse
A. PICON	Examineur
Y. SCHWARTZ	Rapporteur

Laboratoire Techniques Territoires et Sociétés

développé durant le siècle dernier (¹), bien avant l'avènement du Taylorisme. Qui plus est, ce dernier en réalité se situe à plusieurs égards aux antipodes du machinisme. Historiquement développé dans les ateliers de mécanique (²), équipés des machines universelles et soumis aux exigences d'une production variée (³), le Taylorisme a besoin de la *non-spécialisation* pour justifier sa supériorité vis-à-vis des connaissances "empiriques" des ouvriers du métier. Il est évident qu'un programme de production effectué à l'aide d'une machine spécialisée n'a besoin d'aucune préparation et d'aucune transmission d'aides précises à l'attention du conducteur par le Bureau de répartition, le programme étant inscrit de manière rigide et permanente dans la machine elle-même. C'est l'argument que les Tayloriens ont promu sur ce point face aux critiques émises par leurs détracteurs (⁴).

peut accomplir, et la division du travail, en réduisant la tâche de chaque homme à quelque opération très simple et en faisant de cette opération la seule occupation de sa vie, lui fait acquérir nécessairement une très grande dextérité (...). En second lieu, l'avantage qu'on gagne à épargner le temps qui se perd communément en passant d'une sorte d'ouvrages à une autre (...)". En troisième lieu, "je ferai remarquer seulement qu'il semble que c'est à la division du travail qu'est originairement due l'invention de toutes ces machines propres à abrégé et à faciliter le travail". Smith A., *Recherches sur la nature et les causes de la richesse des nations*, Paris, Gallimard, 1976 (édition originale 1776), pp. 42-44.

⁴ Avec Charles Babbage, on passe de l'espace physique de la productivité à l'espace économique des coûts : "Le dirigeant de la manufacture en divisant le travail en différentes parties selon les différents niveaux d'adresse ou de force que chacune requiert, peut acheter les quantités exactes d'adresse et de force indispensables à chaque partie ; alors que, si l'ensemble du travail était exécuté par un seul ouvrier, cette personne devrait posséder une adresse suffisante pour mener à bien la plus complexe et une force suffisante pour mener à bien la plus pénible des opérations qui composent ce travail". Babbage C, *On the economy of machinery and manufactures*, New York, Augustus M. Kelley, 1971 (édition originale 1832), pp. 175-176.

¹ Voir Marx K., *Oeuvres - Economie I*, Paris, Gallimard (Bibliothèque de la Pléiade), 1965, Chapitre XIV, pp. 875-892.

² "(...) l'organisation scientifique a pris naissance dans les usines de petite et de moyenne importance fabriquant des pièces de formes variables ou des pièces standards, mais différentes par des détails caractéristiques, avec des machines à tout faire qui exigent que l'homme intervienne pour les régler lorsque le travail à exécuter change", Société Taylor, *L'organisation scientifique...*, op.cit., p. 19. Voir aussi Hatchuel A., "Frederic Taylor : une lecture épistémologique. L'expert, le théoricien, le doctrinaire", communication aux journées *d'Histoire et épistémologie des Sciences de gestion*, mai 1992.

³ *Ibid.*

⁴ *Ibid.*

Si spécialisation revendiquée il y a, elle concerne les tâches de surveillance ainsi que l'imputation de responsabilités, avec l'éclatement de l'ancien contre-maître (foreman) en huit chefs investis de tâches bien circonscrites. "(...) *les nouveaux devoirs ou fonctions doivent être définis de telle sorte que l'autorité et la responsabilité puissent être exactement distribuées et localisées*" (¹).

Inspiré également d'une veine critique, une autre lecture voit dans le Taylorisme une *vaste et systématique entreprise d'appropriation par le patronat* du savoir-faire ouvrier. Cette interprétation fait violence aux propos et à l'esprit des protagonistes du mouvement. Faisons donc remarquer que s'il est vrai que le Bureau de répartition doit devenir dans l'esprit des Tayloriens le dépositaire des gestes les plus efficaces qu'on ait pu rencontrer dans la pratique, il fonctionne également comme le centre de leur diffusion. A un mouvement ascendant (de l'ouvrier habile au Bureau de répartition), s'ajoute un mouvement descendant qui part du Bureau à destination de chaque ouvrier. Le Bureau n'est pas destiné, donc, à accumuler uniquement mais également à confronter et à communiquer le savoir-faire légué par la tradition. Opération d'aller-retours perpétuels dans la mesure où des nouvelles pratiques inventées par des ouvriers et communiquées au Bureau par la voie des "boîtes à idées" (suggestion box), sont toujours susceptibles de voir le jour (²).

Une autre interprétation courante du Taylorisme, contemporaine à la période de sa constitution et réactivée aujourd'hui dans le contexte de la crise, ne voit en lui qu'une "comptabilité du geste". Ainsi Belot et Chapry, ingénieurs contemporains de Taylor, après avoir critiqué ce dernier de ne s'être intéressé qu'à la seule intensification du travail humain, préconisent une logique de continuité et de flux et une amélioration du débit productif, qui dépendent au moins autant des machines et d'autres dispositifs techniques (convoyeurs...). "*Taylor a pu remplacer 50*

Thompson C.B., *Le système Taylor...*, op.cit., p. 30.

"La nouvelle méthode ainsi constituée par la série de mouvement, les plus rapides, est substituée aux dix ou quinze méthodes inférieures antérieurement en usage, elle devient et reste la méthode type qui est enseignée ; d'abord aux instructeurs et, par eux, à tous les ouvriers de l'usine, jusqu'à ce qu'elle soit supplantée par une série de mouvements plus avantageuse ; (...) mais il faut encourager, cependant, tout homme qui suggère quelque perfectionnement et toutes les fois qu'une proposition de ce genre a lieu, il est du devoir de la direction d'analyser avec soin la nouvelle méthode (...). Si la nouvelle méthode présente une supériorité marquée sur l'ancienne, elle doit être adoptée officiellement", Taylor F.W., Principes d'organisation..., op.cit., p. 128 et 136.

*manœuvres quelconques par 13 ouvriers sélectionnés qu'il compare lui-même avec des bœufs. Mais on a pu faire remarquer qu'avec un pont roulant convenablement équipé d'électro-aimants de levage, un seul ouvrier (...) ferait le même travail sans aucun effort" (1). De même, l'intérêt exclusif que les Taylonens sont censés avoir porté sur le geste est jugé aujourd'hui responsable d'une détérioration de l'efficacité industrielle : coûts de stocks-tampons nécessaires à chaque étape de la production, coûts de sous-utilisation du système mécanique, autant d'opérations de gaspillage imputées à une obsession du mouvement à l'égard d'une analytique du geste. Nous croyons que cette interprétation du Taylorisme est trop tributaire de la mise en scène de "l'essence" du mouvement par Taylor lui-même dans son ouvrage de vulgarisation *Principes d'organisation scientifique des usines*, livre dominé par la figure de l'ouvrier Schmidt et celle du chronomètre (2). Notre présentation du Taylorisme a mis en évidence, nous l'espérons, un mouvement qui a eu le goût de détail, avide d'embrasser la totalité des éléments constitutifs de l'espace productif, pris dans le jeu de leurs relations et de leurs dépendances. De là le recours à un langage organiciste (3) qui assimile l'usine à un corps et un organisme : "Une usine est un organisme complexe, proche, dans une certaine mesure, du corps humain. Chaque partie est nécessaire à une autre partie, même quand elles sont très éloignées l'une de l'autre. (...) Dans l'usine comme dans le corps, il doit y avoir une coordination intelligente, une harmonie, un équilibre et une proportion entre*

Charpy G., "Essai d'organisation méthodique dans une usine métallurgique", *Bulletin de la Société d'Encouragement à l'Industrie Nationale*, mai-juin 1921, p. 574. Sur Belot, voir Vatin F., *La fluidité industrielle*, Paris, Méridiens Klincksieck, 1987.

Thompson, dans son compte rendu des expériences menées par les Tayloriens aux Etats-Unis, souligne (et déplore) le rôle de ce livre dans l'assimilation du Taylorisme au chronométrage. "Chaque élève connaît "Schmidt, le forgeron" dont la production passa de douze à quarante-sept tonnes par jour. Notre dirigeant, étant un progressiste, a lu le "Shop Management" de Taylor et en a conclu que ce résultat délectable est dû à l'étude du temps avec un chronomètre". Thompson C.B., *The Taylor system...*, op.cit., p. 29. Qui plus est, aujourd'hui grâce aux travaux de Nelson, nous savons que la présentation de l'expérience par Taylor, dans son effort d'impressionner le lecteur de l'efficacité de ses méthodes, ne correspond pas aux faits. Ainsi, par exemple, la fameuse étude scientifique de la fatigue n'était que le simple calcul d'une moyenne statistique. Nelson, F.W. *Taylor and the Rise...*, op.cit., p. 172.

Sur la métaphore de l'organisme comme support privilégié afin de penser la totalité, l'interdépendance et la collaboration des parties, voir Schlanger J.E., *Les métaphores de l'organisme*, Paris, Vrin, 1971.

tous les éléments qui composent l'ensemble" (1). Il serait étonnant qu'une pensée si méticuleuse aurait eût manifesté une telle négligence sur des points si importants. En effet, en ce qui concerne la sous-utilisation des machines, nous avons déjà vu (pp. ...) que le problème avait retenu l'attention de l'ingénieur et qu'il a reçu un traitement à l'aide des "machines record card", véritable centre de documentation pour l'activité de chaque machine. De même, la continuité du débit productif est recherché constamment, car elle est considérée comme source de productivité. "Dans beaucoup de cas —peut-être dans la majorité — l'augmentation de la vitesse est uniquement le résultat mathématique de la division de la production totale par le temps total (...), permettant d'obtenir une diminution du temps moyen nécessaire par pièce, car si on améliore les conditions en supprimant les attentes et autres temps morts, le temps moyen nécessaire à chaque pièce, peut être réduit sans aucune augmentation de la vitesse réelle" (2). Charpy évoque les convoyeurs mécaniques. Thompson est apparemment d'accord : "l'attention nécessaire doit être accordée aux moyens de transport les plus pratiques. La force de la pesanteur doit être exploitée au maximum, et des convoyeurs mécaniques doivent être utilisés là où c'est possible" (3). Enfin, en ce qui concerne les effets indésirables des stocks, les Tayloriens sont aussi très modernes dans leurs propos. "Pièces et matières premières se détériorent avec l'âge et, dans beaucoup de secteurs d'activités, sont très rapidement frappées d'obsolescence. C'est une des premières raisons qui justifie de maintenir les stocks au niveau le plus bas possible (...). Le fait que le capital soit immobilisé pour l'acquisition des matières premières et qu'il demeure improductif tant que les produits ne sont pas vendus constitue une autre bonne raison" (4). C'est la tâche du responsable de l'ordonnancement d'organiser à l'aide de "route charts" les flux de pièces, de sorte que "toutes les pièces seront prêtes en temps voulu, et non pas avant, et les lots seront terminés au moment précis où ils sont nécessaires (...). En fabriquant une pièce ou un lot bien avant qu'ils ne soient utiles, on gaspille de manière abusive un espace précieux ce qui risque d'entraver la production; de plus, de cette manière, on immobilise le capital" (5). Ces citations

¹ Thompson C.B., *The Taylor system...*, op.cit., pp.35-36.

² Société Taylor, *L'organisation scientifique...*, op.cit., p. 27. Précisons que vitesse réelle signifie ici vitesse de transformation.

³ Thompson C.B., *The Taylor system...*, op.cit., p. 64.

⁴ *Ibid.*, p. 40.

⁵ *Ibid.*, pp. 81-82.

suffisent pour montrer que loin de se concentrer sur le geste de l'ouvrier, l'ingénieur est hanté par l'idée du système, mû par la volonté de saisir chaque champ de la réalité de l'usine, de cerner la logique des relations qu'entretiennent ces divers champs, afin de les situer les uns par rapport aux autres en une totalité parfaitement achevée.

Une autre famille de lectures envisage le Taylorisme sous l'angle de ses rapports (réels ou imaginaires) avec la communauté ouvrière. Le Taylorisme et l'ouvrier. La littérature est riche mais également pleine de stéréotypes. C'est sur ce point qu'une interprétation ne voyant dans le Taylorisme qu'un moment dans l'histoire de la lutte de classe, a commis à notre sens plusieurs bévues. En subissant un processus d'assimilations hâtives, le Taylorisme est réduit au rôle d'instrument au service du patronat. "(...) *le Taylorisme est bien le produit, au niveau des stratégies patronales, des résistances et des offensives ouvrières*" ⁽¹⁾. En refusant toute autonomie au mouvement taylorien par rapport aux exigences du capital, cette lecture s'est efforcée d'une part de traquer dans les textes du mouvement la moindre trace du mépris dont les ouvriers sont censés être les victimes, d'autre part de mettre à nu la conception purement militariste que les Tayloriens se faisaient des motifs qui détermineraient l'attitude de l'ouvrier envers son travail. "(...) *cependant, la différence entre l'excellent ouvrier et l'ouvrier médiocre est aussi grande qu'entre les bons chevaux de gros trait et des ânes (...)*" ⁽²⁾ ou "(...) *il appartient simplement au type du bœuf (...)*" ⁽³⁾. Toute métaphore, tout parallélisme de l'homme et de l'animal, de l'homme et de la machine sont mis au clair, pour être vigoureusement dénoncés dans un style qui confine parfois à la diabolisation. L'ennui avec une analyse du Taylorisme qui s'appuie de manière exclusive sur un certain nombre de phrases dispersées dans le texte, c'est que ce dernier est très hétérogène quant au vocabulaire employé. Ainsi, on peut lire également qu'"*wn porte-faix en haillons travaillant dans la rue, un ouvrier conduisant un tour, sont nés leur égal [aux ingénieurs] au point de vue intellectuel*" ⁽⁴⁾, et que "*l'énergie, la persévérance, le jugement (...)* se rencontrent au même

De Gaudemar J.P., *L'ordre de la production*, Paris, Dunod, 1982, p. 56.

Taylor F.W., *La Direction...*, op.cit., p. 126.

Taylor F.W., *Principes d'organisation...*, op.cit., p. 73.

Taylor F.W., *La Direction...*, op.cit., p. 182.

degré chez l'ouvrier et chez le diplômé" (1). Ou encore, à propos de la "flânerie" "une chose est certaine, cependant ; c'est que, quoi qu'on puisse penser d'eux, ils ne sont pas des imbéciles. Il n'est pas douteux qu'un ouvrier, qui a vu réduire le prix de ses pièces comme récompense d'avoir doublé sa production, ne soit un homme extraordinaire, s'il n'adopte pas immédiatement la restriction comme une méthode permanente" (2).

C'est vrai que Taylor dépeint souvent le portrait d'un ouvrier qui se laisse mener par l'appât du gain supplémentaire. Mais nous avons vu que dans sa description de la vie de l'atelier, l'ouvrier se présente également comme membre d'une communauté, capable de montrer des sentiments de solidarité et un sens de la justice.

Les dénonciateurs du Taylorisme oublient avec une légèreté également impressionnante les attaques réitérées de Taylor et de ses disciples contre les abus du patronat, entièrement responsable du phénomène de la flânerie (pp. ...), et très souvent à l'origine des grèves (3). *"La puissance du capital peut être, et en fait, a souvent été employée à empêcher la juste distribution des produits parmi tous les producteurs" (4). Loin d'être la "béquille du capital", les Tayloriens (au moins quelques-uns d'entre eux), se veulent une force qui, faisant irruption de l'extérieur dans les rapports travail-capital, s'impose aux deux parties. "Ceci peut contribuer à situer les rapports entre l'ouvrier et l'employeur sur de nouvelles bases. Ils \$£_doivent [c'est l'auteur qui souligne] de coopérer, faute de quoi, l'un et l'autre en paieront le prix. Ces nouvelles méthodes ont fait la preuve que le coût d'apprentissage est tel que l'employeur ne peut se permettre d'embaucher et de licencier en fonction de son carnet de commandes. Il doit être en mesure de maintenir une embauche stable. Il ne peut s'offrir le luxe de laisser partir ses ouvriers les plus qualifiés" (5).*

Ibid., p. 183.

Taylor F.W., *Ce que Taylor dit de sa méthode*, op.cit., p. 5.

"(...) fréquemment la seule réponse possible aux abus commis par les patrons est la grève". Taylor F.W., La Direction..., op.cit., p. 124.

Thompson C.B., *Le système Taylor...*, op.cit., p. 15.

Gilbreth, *Applied motion study...*, op.cit., p. 209.

Qu'en conclure ? Tout d'abord, méfions-nous des propos généraux sur l'essence de leur système que Taylor et ses disciples ont tenu de-ci de-là. Très souvent, leur rhétorique obéit à des stratégies d'"intéressement" et de séduction (¹). Mieux vaut interroger directement les pratiques mises en œuvre ou simplement projetées ainsi que les discours qui les accompagnent. C'était la règle que nous nous sommes fixés dans notre exploration du Taylorisme. Mais la question est intéressante. Est-ce qu'on est en mesure de se prononcer sur les rapports noués entre l'ingénieur et l'ouvrier ?

Plusieurs lignes des textes du mouvement taylorien décrivant le monde du travail, malgré leur caractère souvent elliptique, dégagent une tonalité de "froideur" et de réserve quant au potentiel de "jouissance" et de satisfaction que le travail industriel peut procurer à ses serviteurs. Pour eux, c'est plutôt la répétition et la monotonie qui scandent la vie de tous les jours dans l'atelier. Si Taylor invite les jeunes gens qui préparent leur diplôme d'ingénieur à connaître, grâce à des longs séjours, la réalité de l'usine, c'est pour "*apprendre la grande leçon de la vie*" (²), pour "*comprendre la monotonie inévitable du travail de chaque jour*" (³). Ainsi, "*ils acquièrent peu à peu le caractère nécessaire pour faire sans irritation des choses désagréables et fatigantes, c'est là l'éducation essentielle du séjour à l'usine*" (⁴). Et Gilbreth, le plus sensible au facteur humain, parmi les proches disciples de Taylor, en réponse à l'objection que la standardisation des méthodes du travail va conduire à une monotonie inhumaine, développe le raisonnement suivant, dont la structure paradoxale surprend au premier abord. Après avoir fait remarquer que, de toute façon une standardisation quelconque, fruit du temps et de l'habitude, était déjà présente dans les lieux de production bien avant que l'ingénieur ne fasse du travail

¹ Taylor, dans son ouvrage de vulgarisation *Principes d'organisation...*, ne cesse de se réclamer du caractère scientifique de son travail. Dans sa pratique, il est sûrement moins obsédé par la science, en se comportant en bon pragmatiste. Tandis que la définition exacte du temps nécessaire pour l'exécution d'une tâche théoriquement est une affaire de la science, dans la pratique elle dépend des ressources locales en main-d'œuvre. "*Si les ateliers se trouvent dans un pays où la main-d'œuvre abonde (...) il est indiscutable qu'on doit adopter le régime le plus élevé. Si, d'autre part, les ateliers ont besoin d'un assez grand nombre d'ouvriers habiles et se trouvent dans une petite ville, il pourra être sage de se montrer moins exigeant (...)*". *La Direction...*, op.cit., p. 116.

² Taylor F.W., *La Direction...*, op.cit., p. 182.

³ *Ibid.*

⁴ *Ibid.*

l'objet d'une réflexion systématique, Gilbreth propose comme antidote contre la monotonie immanente au travail répétitif de l'usine, la simplification et la standardisation extrême des gestes. Simplification censée réaliser la séparation radicale du corps et de l'âme, et libérer "*le pouvoir le plus élevé de l'esprit*" (1) de toute concentration sur les détails futiles des gestes manuels. "*La méthode mise en œuvre est aussi "routinière" que possible, c'est à dire que le corps produit une même activité avec une méthode aussi similaire que possible à chaque fois, de manière à faire appel à l'attention la plus réduite possible sur le travail en cours (...). Par ce moyen, l'attention active et les plus hautes puissances spirituelles sont libérées. L'esprit peut, ainsi, à sa guise, s'attacher à l'organisation des détails, penser un nouveau travail. Il est libre, enfin, de vagabonder vers ce qui lui plaît*" (2). Comme si seulement la simplification et la régularité absolue, portées à leur paroxysme, pouvaient arracher la monotonie aux lieux du travail. Paroles qui ne peuvent que nous étonner par les connivences qui les lient à ces phrases prononcées quelques 80 ans plus tôt, d'un autre lieu et dans un ton autrement plus dramatique. Phrases qui déclaraient que la vie, la vraie, se situe dans un ailleurs coupé de l'atelier par des murs étanches et infranchissables. "*Vous n'avez point connu la douleur des douleurs, la douleur vulgaire (...), celle du plébéien en proie aux horribles séances de l'atelier, cette ressource pénitentiaire qui ronge l'esprit et le corps par l'ennui et par la folie de son long travail*" (3).

Nous avons parfaitement le droit de ne pas partager ces conceptions des Tayloriens sur l'inévitable monotonie du travail industriel (d'autant plus que, ingénieurs qu'ils étaient, la question de la subjectivité de l'ouvrier n'était pas leur point fort, c'est le moins qu'on puisse dire (4)). Mais leur pessimisme à l'égard des "joies du travail"

Gilbreth, *Applied motion...*, op.cit., p. 182.

Ibid.. Gilbreth anticipe ici des résultats issus d'un travail entrepris quelques 40 ans plus tard par des chercheurs allemands en Sociologie Industrielle, selon lesquels les ouvriers déclarent qu'ils préfèrent le travail répétitif parce qu'il est mécanique et n'exige pas d'attention, de sorte qu'en l'exécutant ils peuvent penser à autre chose. Pour la référence à ces travaux, voir Arendt H., *Condition de l'homme moderne*, Paris, Calmann-Lévy, 1961 (édition originale 1958), p. 198.

Gauny, *Opinions*, La Ruche populaire, avril 1841. Cité par Rancière J., *La nuit des prolétaires*, Paris, Fayard, 1981, p. 29.

Il suffit de lire l'article de Fish E.H., "Human Engineering", *Journal of applied Psychology*, 1917, pp. 161-174.

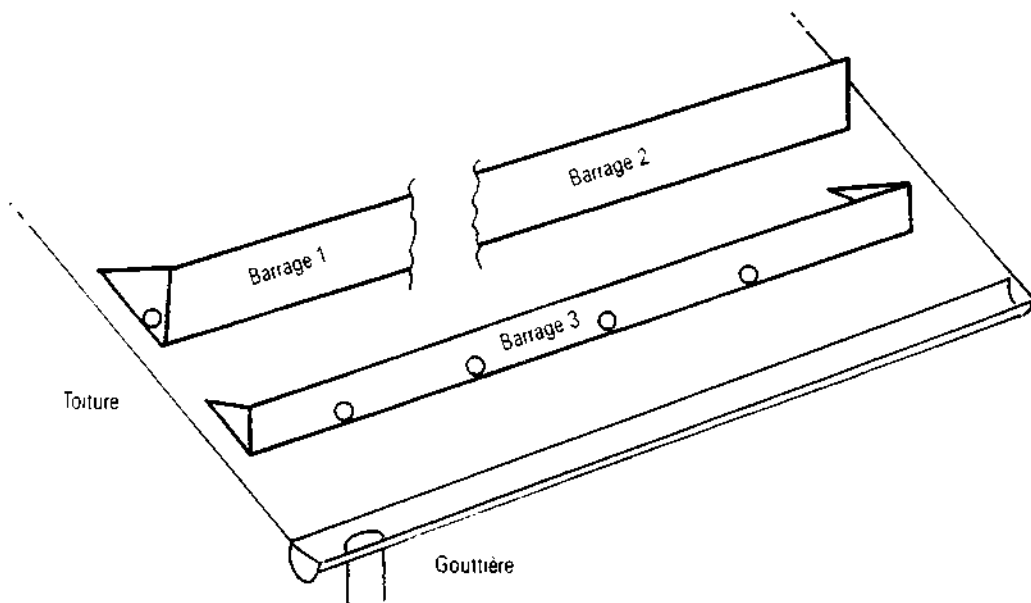
peut soumettre cette phrase de Taylor, trouvée à la fin de son livre, à une lecture neuve. *"L'adoption générale de l'organisation scientifique pourrait doubler la productivité moyenne de l'ouvrier. Cela signifie pour tout le pays une augmentation des choses nécessaires à la vie et des objets de luxe et la possibilité de raccourcir les heures du travail et d'augmenter le temps utilisable à l'éducation, la culture de l'esprit et les loisirs de la vie"* (¹). La vie, la vraie, est peut être ailleurs, loin de lieux de production. C'est l'image de phalanstère qui se ternit, l'utopie spécifique selon laquelle la réunion de l'activité autonome et de la vie matérielle est possible, qui est contestée. Les Principes d'organisation scientifique, ici, annoncent *"Les chemins de Paradis"* (²). Taylor, un Gorz technocrate ?

Principes d'organisation..., op.cit., p. 148.

Gorz A., *Les chemins de Paradis*, Paris, Galilée, 1983.

ANNEXE II

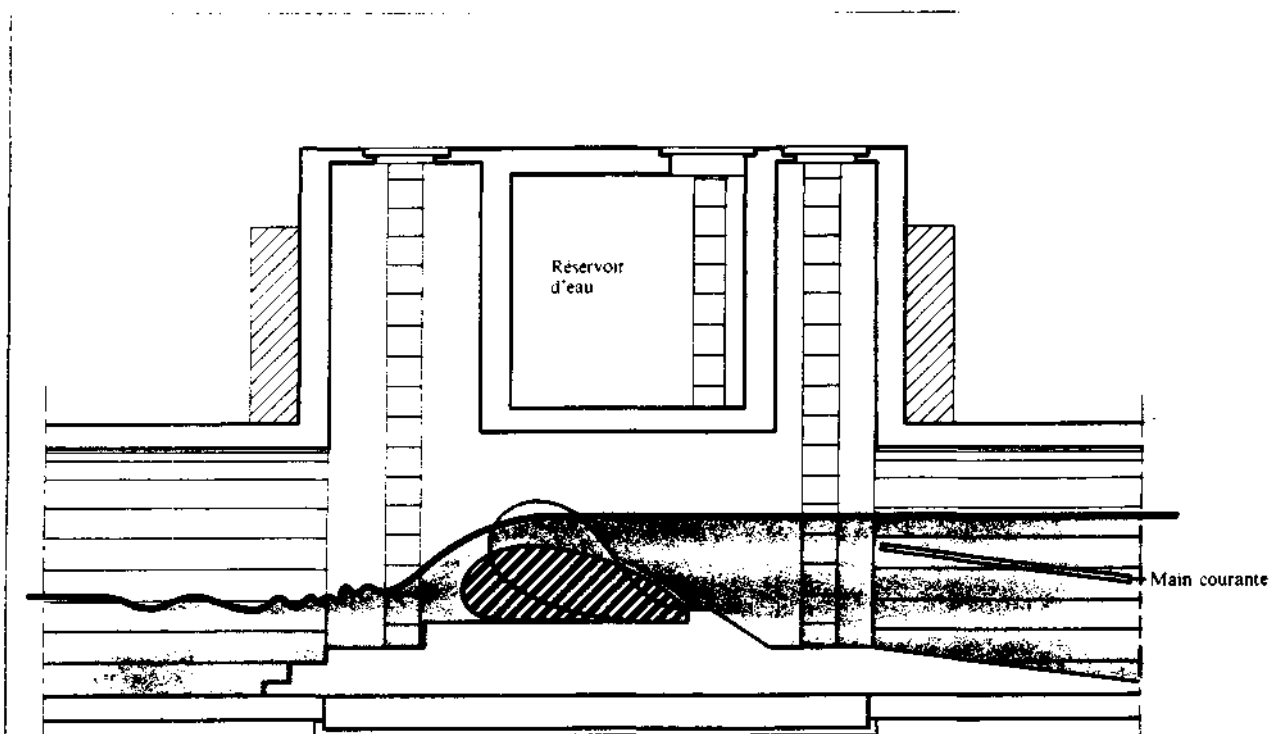
Quelques exemples de techniques alternatives



Stockage sur toitures pentues

ANNEXE III

Quelques exemples d'ouvrages de régulation télégrés



Barrage gonflable en cours de dégonflage

ANNEXE IV

Système de gestion automatisée: objectifs-architecture

1. Objectifs.

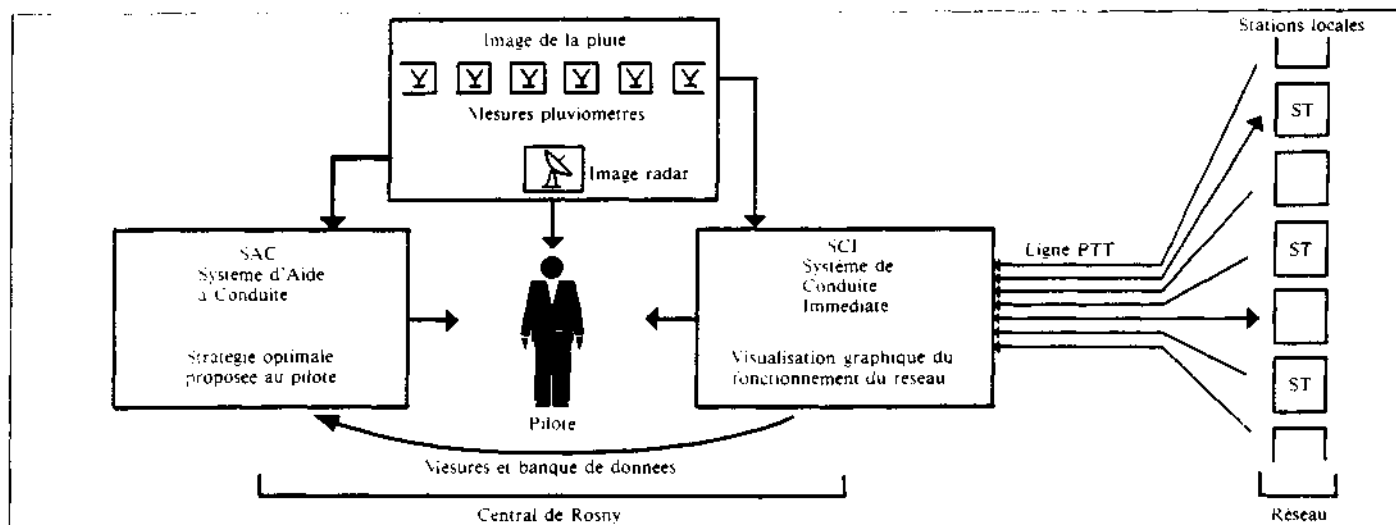
Quatre objectifs ont été retenus :

- la lutte contre les inondations, qui a donné naissance au projet et en reste l'objectif prioritaire ;
- la maîtrise du fonctionnement du circuit des eaux par temps sec en agissant prioritairement sur la limitation des déversements au milieu naturel et le confort des interventions ;
- la réduction en fréquence et en volume de la pollution déversée par temps de pluie, tant vers le milieu naturel que vers les bassins en eau ;
- l'amélioration de la sécurité du personnel travaillant en égout

2. Architecture du système (figure n° 1).

Le système comprend un central et à terme plus de 160 stations, dont 80% auront un rôle de surveillance-alarme ou de mesure et 20% un rôle de régulation, recevant des consignes du central et adaptant la position des ouvrages en conséquence, à l'aide de micro-processeurs. Actuellement 90 stations sont opérationnelles.

Figure n° 1



Principe de la Gestion Automatisée

1. Objectifs.

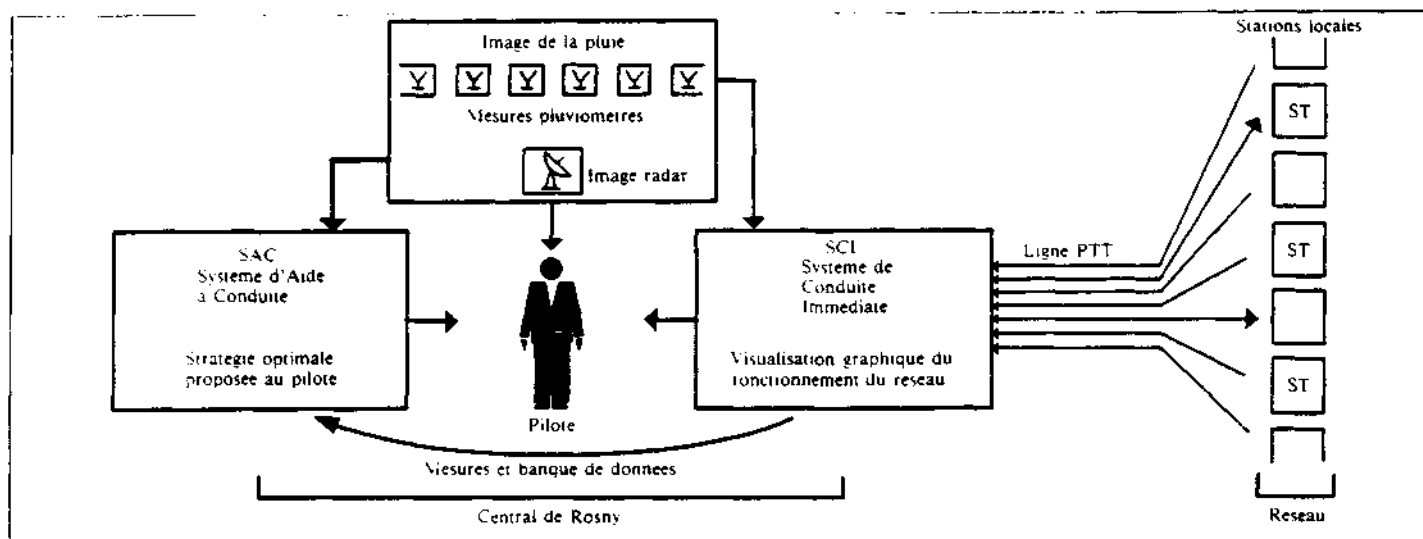
Quatre objectifs ont été retenus :

- la lutte contre les inondations, qui a donné naissance au projet et en reste l'objectif prioritaire ;
- la maîtrise du fonctionnement du circuit des eaux par temps sec en agissant prioritairement sur la limitation des déversements au milieu naturel et le confort des interventions ;
- la réduction en fréquence et en volume de la pollution déversée par temps de pluie, tant vers le milieu naturel que vers les bassins en eau ;
- l'amélioration de la sécurité du personnel travaillant en égout

2. Architecture du système (figure n° 1).

Le système comprend un central et à terme plus de 160 stations, dont 80% auront un rôle de surveillance-alarme ou de mesure et 20% un rôle de régulation, recevant des consignes du central et adaptant la position des ouvrages en conséquence, à l'aide de micro-processeurs. Actuellement 90 stations sont opérationnelles.

Figure n° 1



Principe de la Gestion Automatisée

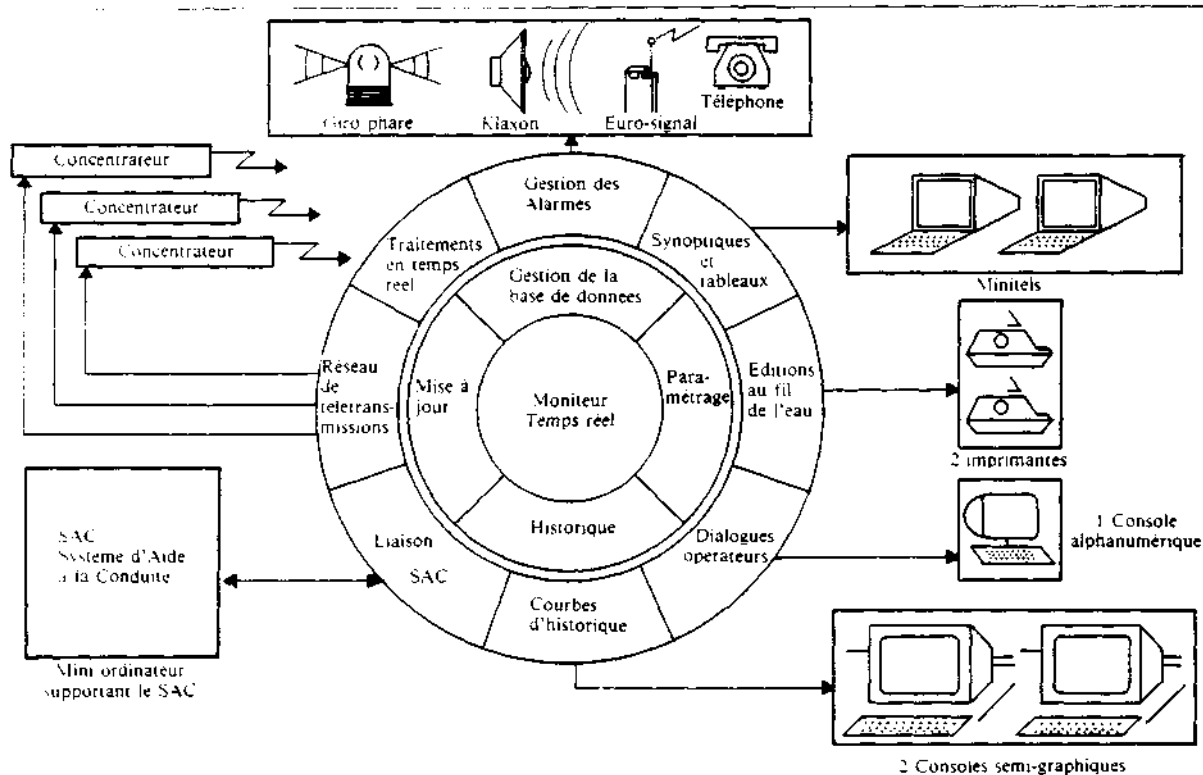
2.1.Le central.

Le central intègre :

- un système de conduite immédiate (S.C.I.) à travers lequel transitent les informations des stations locales, le changement d'état et les alarmes, et à partir duquel s'effectuent les interrogations, les télé-commandes et les modifications de consignes sur les automates locaux ;
- un système de mesure et de prévision de la pluie basé sur l'utilisation des images-radar ;
- un système d'aide à la conduite (S. A.C.) qui doit aider le pilote (être humain) à prendre des décisions de gestion durant le télépilotage du réseau par temps de pluie.

Le système de conduite immédiate (S.C.I.) : le S.C.I. est organisé autour d'une base de données temps réel. Tous les équipements relatifs à la surveillance et à la conduite du réseau d'assainissement y sont représentés et toutes les informations rapatriées concernant ces équipements qu'il agisse de télé-signalisations ou des télé-mesures s'y trouvent. La réception d'alarmes, l'envoi de télé-commandes ou des paramètres concernant les télé-réglages sont gérés par le S.C.I. (figure n° 2). Outre les informations provenant du réseau pluviométrique, la connaissance de la pluie repose sur une image de l'état des précipitations, acquise par un radar de la Météorologie Nationale et télétransmise vers le central. La synthèse de deux sources d'information (pluviomètres + images-radar) permet une détection de la pluie, surtout de son arrivée, puis la prévision de son évolution.

Figure n° 2



Le système d'aide à la conduite (S.A.C.) : afin de permettre au pilote de prendre des décisions de gestion, un ensemble de logiciels a été développé. Ces logiciels ont pour but de quantifier l'événement à gérer, de proposer automatiquement des stratégies de gestion et d'évaluer les conséquences de ces stratégies.

Ils sont au nombre de 4 :

- un logiciel qui permet le calcul des lames d'eau sur chacun des sous-bassins versants contribuant à l'écoulement à gérer ;
- un logiciel qui transforme la pluie en hydrogramme de ruissellement à l'exutoire de sous-bassins versants ;
- un logiciel d'optimisation ;
- un logiciel de simulation-test permettant d'évaluer précisément les conséquences des différentes stratégies proposées par le modèle d'optimisation et le pilote.

2.2.Stations locales.

Les stations locales sont les unités de base du système de supervision. Elles sont gérées par des micro-systèmes industriels et elles disposent de la panoplie des fonctions suivantes :

- surveillance des alarmes, défauts, état ;
- calcul de débit, valeurs moyennes ;
- algorithme :
 - de régulation des actionneurs ;
 - d'optimisation du fonctionnement de pompes.

Les outils qu'on trouve dans les stations locales sont :

- les automates locaux pour le pilotage des équipements ;
- les équipements de télémessure (hauteur d'eau, vitesse, débit, dépression siphon, position vanne) ;
- les organes de régulation (vannes, siphons, barrages gonflables, pompes).

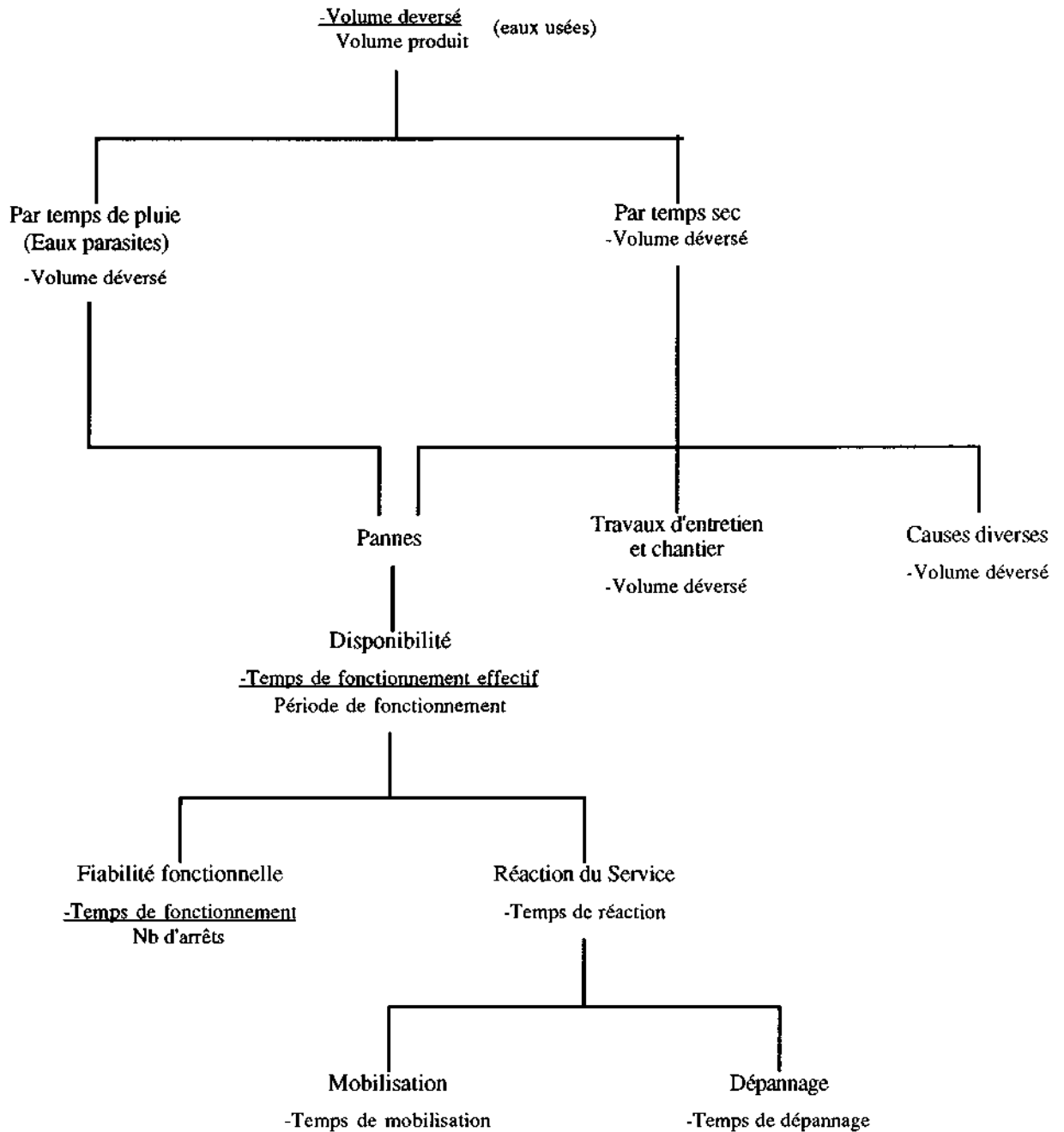
2.3. Réseau de télétransmission.

Le réseau de télétransmission utilise trois types d'acquisition d'information qui diffèrent suivant les vitesses et les fréquences de scrutation des stations :

- pour les mesures de pluie, les liaisons se font en point à point via modems et lignes spécialisées (scrutation toutes les 5 minutes, en moins de 30 secondes)
- pour les stations utiles à la conduite du réseau, les liaisons se font par concentration au central, postes satellites et lignes spécialisées (scrutation toutes les 5 minutes) ;
- pour les stations uniquement surveillées, les liaisons se font par concentrateur au central, postes satellites et lignes de réseau commuté.

ANNEXE V
Indicateurs retenus

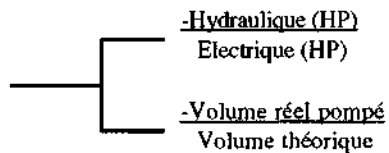
STATIONS DE RELEVEMENT



INDICATEURS COMPARATIFS :

$\frac{-\text{Coût de fonctionnement et/ou de maintenance}}{\text{Volume réel pompé x HMT}}$

-Rendement des groupes moteur-pompes



Disponibilité des stations

La disponibilité évalue à la fois la fiabilité des dispositifs techniques, donc la maintenance préventive, et l'action curative du Service lui-même. Un indicateur qui évalue la disponibilité peut être le suivant :

$$\textit{temps de fonctionnement effectif / période de fonctionnement}$$

La disponibilité, à son tour, dépend de la fiabilité fonctionnelle de la station et de la réaction du service une fois la panne produite.

a. Fiabilité fonctionnelle

La fiabilité fonctionnelle concerne la station prise dans son ensemble, elle est calculée en prenant en compte les pannes des équipements qui mettent la station de relèvement hors d'usage ou réduisent ses capacités de pompage. Dans un premier temps, on ne suit pas de près le fonctionnement de chaque élément de la station, étant donné que la présence d'une "redondance" (pompes de réserve), fait qu'il y a des pannes n'entraînant pas des conséquences (autres qu'économiques) quant à la capacité de la station d'assurer ses fonctions. On peut mesurer la fiabilité fonctionnelle au travers du ratio suivant :

$$\textit{temps de fonctionnement / nombre d'arrêts}$$

Cet indicateur peut être décomposé en deux sous-indicateurs mesurant, respectivement, la fiabilité par temps de pluie et par temps sec.

h. Réaction du service

Un indicateur qui évalue l'action du Service en ce qui concerne les pannes précédemment citées peut être le suivant :

$$\textit{temps de réaction} = \textit{temps de mobilisation} + \textit{temps de dépannage}$$

Le temps de mobilisation est le temps écoulé entre la signalisation des défauts au Central et le début de l'intervention sur place. Afin d'intégrer les enjeux liés aux pannes, cet indicateur pourrait être pondéré par les risques que les différents types de pannes représentent pour le milieu naturel.

Indicateurs de nature économique et/ou comparative

Outre les indicateurs relatifs à la disponibilité des stations de relèvement, une autre famille importante d'indicateurs est celle portant sur les coûts de fonctionnement et de maintenance

$$\text{Coût de fonctionnement et/ou coût de maintenance} / \text{volume pompé} \times \text{HMT (hauteur manométrique totale)}$$

Le coût de fonctionnement correspond à tous les coûts liés à la mise en service et à l'exploitation de l'ouvrage (consommation d'énergie, consommation d'eau, suivi opérationnel, etc.). Le coût de maintenance concerne les coûts de réhabilitation et d'entretien des ouvrages et des équipements annexes. Le dénominateur correspond au volume réel pompé multiplié par la hauteur manométrique totale (hauteur géométrique plus les pertes de charge), c'est-à-dire l'énergie utile. Cet indicateur permet d'établir une comparaison entre les performances des stations.

A partir de tests de pompage non destructifs, on mesure la puissance hydraulique utile acquise et la puissance totale électrique requise, et on exprime le résultat en efficacité :

$$\text{puissance hydraulique(HP)} / \text{puissance électrique(HP)}$$

Une procédure similaire peut être utilisée en ce qui concerne les volumes, réel et théorique. Le volume réel est donné par des mesures in situ et le volume théorique relevé correspond à toute l'énergie électrique consommée. Le rendement théorique global est exprimé par :

$$\text{volume réel} / \text{volume théorique}$$

Cet indicateur peut être utilisé à des fins de comparaison des rendements des différents groupes moteur-pompes.

2. Utilisation des bassins de retenue

Les bassins de retenue, ouvrages multi-fonctionnels, peuvent être mobilisés dans la lutte contre l'inondation ainsi que dans la lutte contre la pollution par temps de pluie. A ces objectifs, on peut associer les indicateurs subséquents.

1. *Lutte contre l'inondation*

Volume annuel stocké / capacité de stockage du bassin

Volume annuel stocké/pluie nette annuelle tombée

Ces indicateurs, en prenant en compte le taux d'utilisation de chaque bassin ainsi que sa fréquence d'usage, renseignent, sur la longue durée, le Service sur le bon choix de dimensionnement et sur l'efficacité des règles de gestion.

Débit max. en aval du bassin /débit max. en amont du bassin

Volume de stockage /volume d'apport

Ces deux indicateurs évaluent l'incidence du bassin sur le réseau situé à son aval (capacités d'écrêtement des crues)

Dans un deuxième temps, il serait souhaitable de définir des critères de gestion et des indicateurs correspondants, propres aux différentes classes de bassin de retenue, à leurs fonctions et modes de gestion. Les critères de gestion et d'évaluation d'un bassin dont le flux d'entrée et de sortie ne sont pas contrôlés par des automatismes ne seraient pas identiques à ceux d'un bassin télégeré.

2. Lutte contre la pollution par temps de pluie

Volume annuel de boue extrait / volume annuel d'eau stocké

Le bassin est d'autant plus efficace que le volume de boue extrait est important. Cet indicateur peut aussi être employé pour les événements pluvieux les plus importants. Cela étant, l'indicateur doit être utilisé avec précaution, dans la mesure

BASSINS DE RETENUE

Lutter contre l'inondation

-Volume annuel stocké
Capacité de stockage

-Volume annuel stocké
Pluie nette annuelle tombée

-Débit max en aval du bassin
Débit max en amont du bassin

-Volume des bassins de retenue dans un bassin versant
Surface imperméabilisée du bassin versant

Lutter contre la pollution
par temps sec
(Lutter contre la
pollution accidentelle)

Lutter contre la pollution
par temps de pluie

-Volume annuel de boue extrait → -Volume annuel de boue valorisé
Volume annuel d'eau stocké Volume annuel de boue extrait

-Rendement d'épuration

-Fréquence d'utilisation → Période de retour d'utilisation

-Volume des bassins dans un bassin versant
Surface imperméabilisée du bassin versant

Disponibilité
(Bassins télégrés)

-Temps de fonctionnement effectif
Période de fonctionnement

INDICATEURS COMPARATIFS

-Coût de fonctionnement et/ou coût de maintenance
Volume annuel stocké

-Coût d'investissement
Volume moyen stocké

-Coût d'investissement (à partir de
Volume moyen débordé simulations)

Fiabilité fonctionnelle

-Temps de fonctionnement
Nb d'arrêts

Réaction du Service

-Temps de réaction

Mobilisation

-Temps de mobilisation

Dépannage

-Temps de dépannage

où l'efficacité du bassin est en partie conditionnée par le fonctionnement du réseau en amont (transport de sédiments dans le réseau). Dans le but de répondre à des exigences relatives à la protection de l'environnement, on peut développer l'indicateur suivant :

volume annuel de boue valorisé / volume annuel de boue extrait

*Volume total des bassins de retenue dans un bassin versant /
surface imperméabilisée du bassin versant*

Il s'agit d'un indicateur qui mesure de manière globale et indirecte les capacités dont dispose un bassin versant en matière de lutte contre l'inondation ainsi que contre la pollution. Plus le volume est important, mieux le bassin versant est équipé.

Un des objectifs principaux des études entreprises sur la pollution des eaux de ruissellement est la définition des capacités de stockage que l'on doit installer sur un bassin versant. Des récentes études (non définitives) sur 4 bassins versants équipés de réseaux séparatifs, suggèrent qu'on peut supprimer l'impact "par accumulation" et intercepter 70 ou 80% de la masse rejetée, grâce à des volumes de stockage de l'ordre de 50 à 100 m³ par hectare imperméabilisé. En revanche, pour supprimer l'impact par "effet de choc", il faudrait des volumes de l'ordre de 150 à 200 m³ par hectare imperméabilisé (¹). L'indicateur proposé peut, par conséquent, informer le Service sur l'écart entre les capacités actuelles de dépollution de chaque bassin versant et les états souhaitables, tels qu'ils ressortent des analyses mentionnées ci-dessus.

Saget A., *Traitements de données sur la pollution des eaux de ruissellement pluvial urbain*, IMFT-Ecole Nationale Supérieure d'Electrotechnique, d'Electronique, d'Informatique et d'Hydraulique de Toulouse, Rapport de stage de DEA Physique et Chimie de l'Environnement, Toulouse, 1990.

Indicateurs de nature économique et/ou comparative

Coût de fonctionnement et/ou coût de maintenance / volume annuel stocké (pour chaque bassin)

Participant à une logique économique, cet indicateur peut éclairer le Service sur l'efficacité des pratiques de maintenance et d'exploitation. Le service peut l'utiliser afin d'établir des comparaisons entre différents types de bassins de retenue.

Coût d'investissement / volume moyen stocké

Le coût d'investissement correspond à la création de l'ouvrage et des équipements annexes ainsi qu'au coût des tests préalables à la mise en service. Sur plusieurs années, cet indicateur renseigne le service sur le "bien fondé économique" de ses choix dans le domaine des bassins de retenue

Coût d'investissement / volume moyen débordé

Pour un coût d'investissement constant, on veut évidemment minimiser le volume des débordements survenus sur le territoire protégé par le bassin. Il faut noter que pour l'instant on n'arrive pas à connaître le dénominateur, autrement qu'à travers des modèles de simulation.

3. Diagnostic de l'état du réseau et politiques de réhabilitation

Les contraintes financières et spatiales qui pèsent sur la construction des nouveaux collecteurs d'une part, les risques de pollution et d'inondation liés à la présence d'un réseau vétusté d'autre part, font que la réhabilitation est appelée à jouer un rôle de plus en plus important dans les stratégies futures du Service. Il est évident que l'efficacité de l'opération est fortement conditionnée par la pertinence du diagnostic qu'on est capable de porter sur l'état du réseau. De là, la nécessité de développer des outils susceptibles d'assister la démarche du diagnostic. Les indicateurs présentés ci-dessous, encore "livresques", en suggérant quelques pistes de réflexion, se veulent une contribution à la discussion plus large portant sur les politiques de réhabilitation.

capacité d'évacuation actuelle/capacité d'évacuation à l'état neuf

Cet indicateur, donne à chaque instant, les capacités hydrauliques de chaque collecteur. Il peut aider le Service à définir des priorités, l'objectif étant de ne pas tomber au-dessous d'une capacité minimale.

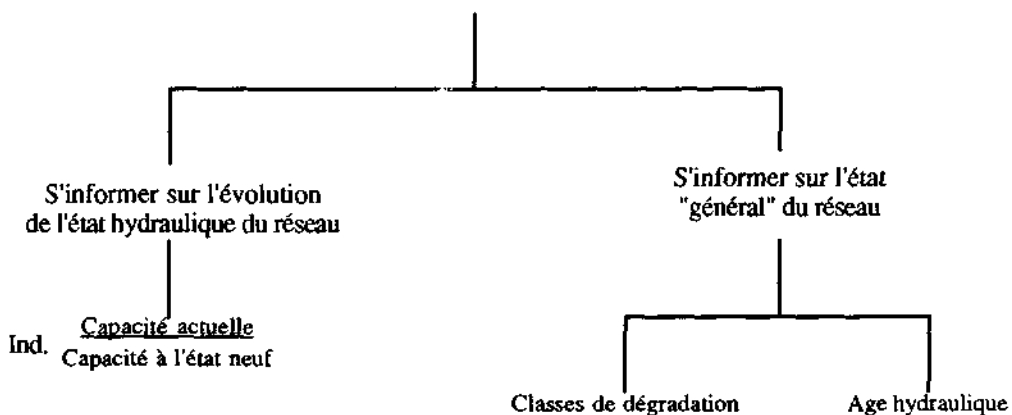
évolution de l'état du réseau

A partir de la définition de *classes de dégradation*, cet indicateur permet au Service d'évaluer, sur une longue période, l'état physique du réseau, et sur la base de cette évaluation, de définir des priorités dans les politiques de réhabilitation.

âge hydraulique

Le but est d'arriver à caractériser l'état du réseau en termes "d'âge hydraulique", ce dernier étant représenté par l'âge réel par rapport à un taux de dégradation. Comme les indicateurs précédents, cet indicateur sert d'instrument de planification des travaux, l'objectif étant de préserver pour l'ensemble du réseau un "âge hydraulique" minimal. Pour y arriver, on doit combiner des facteurs de vieillissement de l'ouvrage et les pondérer.

DIAGNOSTIC-REHABILITATION



3. Diagnostic de l'état du réseau et politiques de réhabilitation

Les contraintes financières et spatiales qui pèsent sur la construction des nouveaux collecteurs d'une part, les risques de pollution et d'inondation liés à la présence d'un réseau vétusté d'autre part, font que la réhabilitation est appelée à jouer un rôle de plus en plus important dans les stratégies futures du Service. Il est évident que l'efficacité de l'opération est fortement conditionnée par la pertinence du diagnostic qu'on est capable de porter sur l'état du réseau. De là, la nécessité de développer des outils susceptibles d'assister la démarche du diagnostic. Les indicateurs présentés ci-dessous, encore "livresques", en suggérant quelques pistes de réflexion, se veulent une contribution à la discussion plus large portant sur les politiques de réhabilitation.

capacité d'évacuation actuelle / capacité d'évacuation à l'état neuf

Cet indicateur, donne à chaque instant, les capacités hydrauliques de chaque collecteur. Il peut aider le Service à définir des priorités, l'objectif étant de ne pas tomber au-dessous d'une capacité minimale.

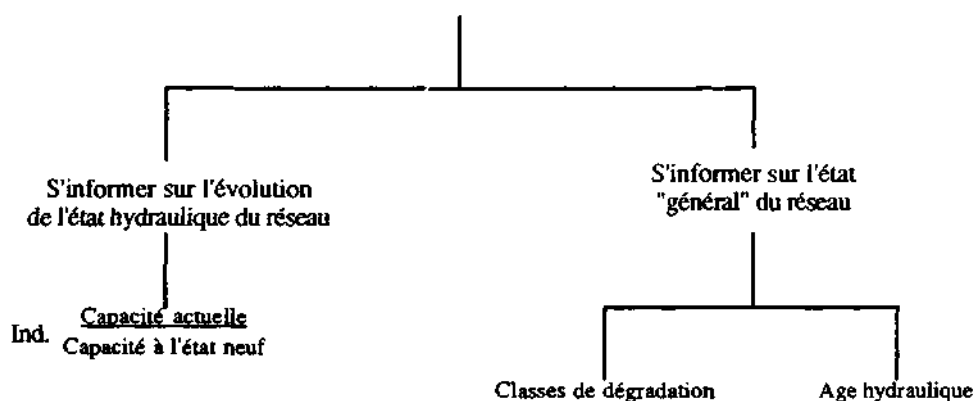
évolution de l'état du réseau

A partir de la définition de *classes de dégradation*, cet indicateur permet au Service d'évaluer, sur une longue période, l'état physique du réseau, et sur la base de cette évaluation, de définir des priorités dans les politiques de réhabilitation.

âge hydraulique

Le but est d'arriver à caractériser l'état du réseau en termes "d'âge hydraulique", ce dernier étant représenté par l'âge réel par rapport à un taux de dégradation. Comme les indicateurs précédents, cet indicateur sert d'instrument de planification des travaux, l'objectif étant de préserver pour l'ensemble du réseau un "âge hydraulique" minimal. Pour y arriver, on doit combiner des facteurs de vieillissement de l'ouvrage et les pondérer.

DIAGNOSTIC-REHABILITATION



4. Maîtriser les nouveaux apports (Urbanisation et techniques alternatives)

Pour être en mesure d'anticiper sur l'évolution urbaine et d'atténuer l'effet des nouvelles imperméabilisations grâce au développement des techniques alternatives, la gestion des rapports entre l'urbanisme et l'assainissement est un passage obligatoire. Les actions que le service peut entreprendre dans ce domaine sont groupées en deux catégories : s'informer sur l'évolution de l'urbanisation ; recourir aux techniques alternatives.

1. S'informer sur l'urbanisation

Le Service donne son avis sur les dossiers de ZAC (Zone d'Aménagement Concerté) et sur les dossiers de POS (Plan d'Occupation du Sol), en ce qui concerne les problèmes d'assainissement. Le problème réside dans le fait que le Service a un rôle plutôt facultatif. Il négocie, il propose, mais il n'est pas en mesure d'exercer un véritable contrôle sur les solutions prises (les communes peuvent se passer de l'avis du Service si elles le souhaitent). Qui plus est, même dans le cas où la proposition est adoptée sur le plan, il n'y a pas toujours d'information sur les travaux réalisés et le fonctionnement effectif des ouvrages. Ainsi, imposer aux aménageurs un bassin de retenue devient une opération délicate. Les difficultés s'accroissent du fait du décalage dans le temps des opérations d'urbanisme : des opérations prévues s'annulent ou elles se reportent dans le temps. Par conséquent, le Service n'a pas une connaissance des travaux réalisés et du fonctionnement des ouvrages existants. Les indicateurs qui pourraient aider le Service à faire face à ces difficultés sont :

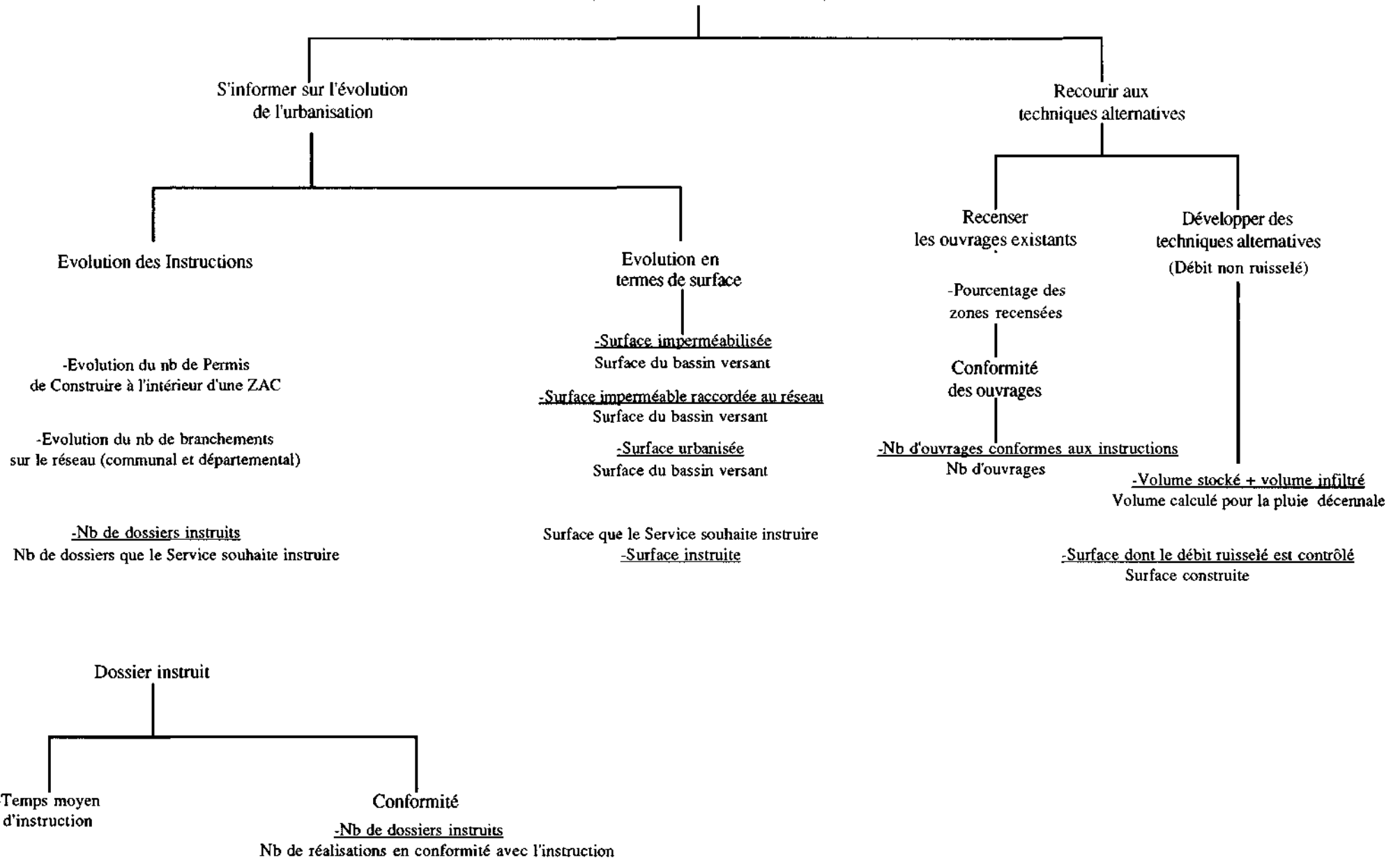
Evolution du nombre de Permis de Construire à l'intérieur d'une ZAC

Cet indicateur informe le service sur l'évolution de l'imperméabilisation à l'intérieur d'une ZAC.

MAITRISER LES NOUVEAUX APPORTS

- : Indicateur

(Volume stocké + volume infiltré)



Evolution du nombre de branchements sur le réseau

Cet indicateur informe le service de l'accroissement des branchements sur le réseau communal et départemental. Il peut être traduit en termes de débit

Nombre de dossiers instruits / nombre de dossiers que le Service souhaite instruire

Le dénominateur se réfère aux équipements que le service souhaite instruire lui-même (à la place des communes) du fait de leur impact sur le ruissellement des eaux de pluie (commerce, parkings, écoles, industries, bureaux, etc.).

Temps moyen d'instruction d'un dossier

Cet indicateur est utilisable surtout au niveau des ZAC et des grandes opérations, en sachant que la durée moyenne d'instruction des ZAC dépend de sa surface. Il est défini comme le temps écoulé entre la date de consultation et la date d'approbation du dossier.

Nombre de dossiers instruits / nombre de réalisations en conformité avec l'instruction

Il est applicable aux POS, ZAC et Permis de Construire, Il informe le service de l'écart qui existe entre recommandations et réalisations.

Remarquons que les indicateurs précédents peuvent être exprimés aussi en termes de surface, par exemple :

*Surface imperméabilisée / surface du bassin versant**Surface imperméable raccordée au réseau / surface du bassin versant**surface instruite / surface que le service souhaite instruire*

2. Recourir à des techniques alternatives

2.1. Recenser les ouvrages existants

Pourcentage de zones recensées/surface totale du bassin versant

Cet indicateur mesure l'évolution des enquêtes faites par le Service sur les ouvrages alternatifs installés sur un bassin versant. A terme tout le bassin doit être couvert par les enquêtes.

Nombre d'ouvrages en bon état de fonctionnement / nombre total d'ouvrages

Il informe le service du bon fonctionnement des ouvrages alternatifs de gestion communale et privée recensés.

2.2. Développer des techniques alternatives

Le rôle des techniques alternatives consiste à diminuer le volume des eaux pluviales qui entrent dans le réseau. Etant donné que c'est la pluie décennale qui se trouve à la base du dimensionnement du réseau, un indicateur mesurant l'impact (bénéfique) des techniques alternatives serait :

Volume stocké + volume infiltré / volume produit par la pluie décennale

Le service pourrait utiliser cet indicateur pour mesurer l'écart entre les capacités installées de techniques alternatives et les besoins définis en matière de ces techniques pour une surface donnée.

Surface dont le débit ruisselé est contrôlé / surface construite

Cet indicateur, plus qualitatif, indique la présence et l'importance (en termes de surfaces équipées) des techniques alternatives sur un bassin versant, l'objectif étant une généralisation des techniques sur l'ensemble du bassin.

Objectif : Lutter contre l'inondation

Catégorie d'action : Maîtriser les nouveaux apports

Domaine d'action : Urbanisation

Indicateur :

Nombre de dossiers Permis de Construire instruits par le service/nombre de dossiers Permis de Construire que le Service souhaite instruire

Horizon/Période :

1 année/1 année *

Centre d'action :

Service-Cellule Etudes et Cartographie

Informations élémentaires :

Listage détaillé de Permis de Construire accordés sur les communes

Provenance :

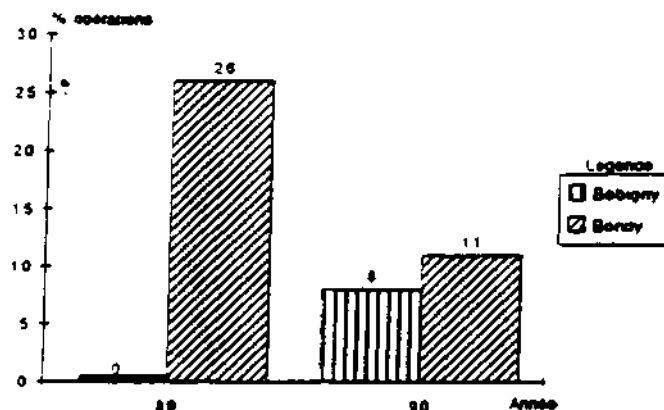
Direction Départementale de l'Équipement (Arrondissements Territoriaux) et Services Techniques de Communes

Evolution souhaitable :

Variables d'action :

Déclencher des actions auprès de la Direction Départementale de l'Équipement
Sensibiliser les aménageurs et les communes

Mode d'exploitation et mise en forme :



* à titre d'exemple

Bibliographie

Classement:*1. ouvrages et articles cités*

Epistémologie - histoire des sciences et des techniques
 Théories sur les organisations
 Assainissement
 Industrie
 Métropolitain
 Gestion - pilotage des organisations

2. Revues dépouillées

Annales des Ponts et Chaussées (APC) : 1831-
 Transactions of the American Society of Civil Engineers (ASCE) : 1867-
 Proceedings of the Institution of Civil Engineers : 1837-
 Engineering News : 1890-
 Génie civil: 1880-
 Revue Générale de l'Electricité : 1917-
 Revue Générale des Chemins de Fer : 1924-
 RATP.Bulletin de Documentation et d'Information : 1945-
 RATP.Etudes et Projets : 1983-

Epistémologie - histoire des sciences et des techniques

ABRAMS P., *Historical Sociology*, Ithaca, New York, Cornell University Press, 1982.

ADORNO T.W., *Dialectique négative*, Paris, Payot, 1978 (édition originale 1973).

AKRICH M., "Comment décrire les objets techniques", *Technique et Culture*, n° 5, 1987, pp. 43-69.

ALTHUSSER L., BALIBAR E., ESTABLET R., RANCIERE J., MACHEREY P., *Lire le capital*, Tomes I et II, Paris, François Maspero, 1967 (1^{ère} édition 1965).

APEL K.O., *L'éthique à l'âge de la Science*, Lille, Presses Universitaires de Lille, 1987(édition originale 1973).

ASHBY R., *An introduction to cybernetics*, London, Methuen & Co Ltd, 1964 (1^{ère} édition 1956).

- BACHELARD G., *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, Vrin, 1966 (1^{ère} édition 1938).
- *Le rationalisme appliqué*, Paris, PUF, 1966 (1^{ère} édition 1949).
- *Les intuitions atomistiques*, Paris, Ed. Boivin, 1933.
- BEAUNE J.C., *La technologie introuvable*, Paris, Vrin, 1980.
- BERNARD C., *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, Paris, Flammarion, 1984 (1^{ère} édition 1865).
- BIJKER W.E., HUGHES T., PINCH T., *The Social construction of Technological systems*, Cambridge Massachussets, London, The MIT Press, 1987.
- BIRNBAUM P., LECA J. (sous la direction de), *Sur l'individualisme*, Paris, Presses de la Fondation Nationale des Sciences Politiques, 1986.
- BOLTANSKI L., THEVENOT L., *De la justification : les économies de la grandeur*, Paris, Gallimard, 1991.
- BOLTANSKI L., *Les cadres : la formation d'un groupe social*, Paris, Minuit, 1982.
- BONNELL V., "The uses of Theory, Concepts and Comparison in Historical Sociology", *Comparative Studies in Society and History*, n° 22, 1980, pp. 158-193.
- BOUDON R., *Effets pervers et ordre social*, Paris, PUF, 1977.
- *La place du désordre*, Paris, PUF, 1984.
- BOURDIEU P., "Le champ scientifique", *Actes de la Recherche en Sciences Sociales*, n° 2-3, juin 1976, pp. 88-104.
- "Habitus, code et codification", *Actes de la Recherche en Sciences Sociales*, n° 64, septembre 1986, pp. 40-44.
- BUFFON, *Histoire naturelle*, (textes choisis 1736-1788), Paris, Gallimard (Collection Folio), 1984.
- BUNGE M., "Technology as applied science", *Technology and Culture*, vol. 7, n° 3, été 1966, pp. 329-347.
- CALLON M., "Eléments pour une sociologie de la traduction : la domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc", *L'année sociologique*, n° 36, 1986, pp. 169-208.
- CALLON M. (sous le direction de), *La science et ses réseaux*, Paris, La Découverte, 1989.

- CALLON M., LATOUR B.(sous la direction de), *La science telle qu'elle se fait*, Paris, La Découverte, 1991.
- CANGUILHEM G., *La connaissance de la vie*, Paris, Vrin, 1965 (2^{ème} édition).
- *Etudes d'histoire et de philosophie des sciences*, Paris, Vrin, 1968.
- *La formation du concept de réflexe aux XVII^{ème} et XVIII^{ème} siècles*, Paris, Vrin, 1977 (1^{ère} édition 1955).
- *Idéologie et rationalité dans l'histoire des sciences de la vie*, Paris, Vrin, 1977.
- "La formation du concept de régulation biologique aux XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècles", in LICHNEROWITZ A., PERROUX F., GADOFFRE G. (sous la direction de), *L'idée de régulation dans les sciences*, Paris, Maloine-Doin Editeurs, 1977, pp. 25-39.
- "Régulation (épistémologie)", *Encyclopaedia Universalis*, vol. 15, 1985, pp. 797-799.
- Le normal et le pathologique*, Paris, PUF, 1966.
- CASSIRER E., *La philosophie des Lumières*, Paris, Fayard, 1990 (édition originale 1932).
- *Essai sur l'homme*, Paris, Minuit, 1975 (édition originale 1944).
- CASTORIADIS C., *L'institution imaginaire de la société*, Paris, Seuil, 1975.
- COMTE A., *Cours de philosophie positive*, Paris, Anthropos, 1968 (1^{ère} édition 1830).
- CONDILLAC de E.B., *Essai sur l'origine des connaissances humaines*, Paris, éditions Galilée, 1973 (1^{ère} édition 1746).
- DANTO A.C., *Analytical Philosophy of History*, Cambridge, 1965.
- DASTON L., "L'interprétation classique du calcul des probabilités", *Annales Economies, Sociétés, Civilisations*, n° 3, mai-juin 1989, pp. 715-731.
- DAVIDSON D., "De la véritable idée de schème conceptuel", in *La pensée américaine contemporaine*, Paris, PUF, 1991, pp. 221-240 (édition originale 1973).
- *Essays on Actions and Events*, Oxford, Oxford University Press, 1980.
- DELEDALLE G., *Lire Peirce aujourd'hui*, Bruxelles, Editions Universitaires De Bœck Université, 1990.
- DHOMBRES J. et N., *Naissance d'un nouveau pouvoir: sciences et savants en France (1798-1824)*, Paris, Payot, 1989.

- DREYFUS H.L., *Intelligence artificielle, mythes et limites*, Paris, Flammarion, 1984 (édition originale 1979).
- "De la mise en ordre des choses : l'Être et le Pouvoir chez Heidegger et Foucault", in *Michel Foucault philosophe*, Paris, Seuil (Collection Des Travaux), 1989, pp. 101-121.
- DREYFUS H.L., RABINOW P., *Michel Foucault : un parcours philosophique*, Paris, Gallimard, 1984 (édition originale 1982).
- DURKHEIM E., *Les règles de la méthode sociologique*, Paris, PUF, 1987 (1^{ère} édition 1895).
- ELLUL J., *Le système technicien*, Paris, Calman-Lévy, 1977.
- ELSTER J., *Explaining Technical Change*, Cambridge, Cambridge University Press, 1983.
- *Karl Marx, une interprétation analytique*, Paris, PUF, 1989 (édition originale 1985).
- FEYERABEND P., *Contre la méthode; esquisse d'une théorie anarchiste de la connaissance*, Paris, Seuil, 1979 (édition originale 1975).
- "Comment être un bon empiriste. Plaidoyer en faveur de la tolérance en matière épistémologique", in *De Vienne à Cambridge* (recueil de textes traduits et présentés par JACOB P.), Paris, Gallimard, 1980, pp. 245-276 (édition originale 1963).
- FOUCAULT M., *Les mots et les choses*, Paris, Gallimard, 1966.
- *L'Archéologie du savoir*, Paris, Gallimard, 1969.
- *Surveiller et punir. Naissance de la prison*, Paris, Gallimard, 1975.
- *Naissance de la clinique*, Paris, PUF, 1963.
- FOURCY A., *Histoire de l'Ecole Polytechnique*, Paris, Belin, 1987 (1^{ère} édition 1828).
- FURET F., *L'atelier de l'histoire*, Paris, Flammarion, 1982.
- GAD AMER H.G., *Vérité et Méthode*, Paris, Seuil, 1976 (édition originale 1960).
- GIDDENS A., *La constitution de la société*, Paris, PUF, 1987 (édition originale 1984).
- GOLINSKI J., "The Theory of Practice and the Practice of Theory : Sociological Approach in the History of Science", *Isis*, vol. 81, n° 308, septembre 1990, pp. 492-505.
- GREIMAS A.J., *Séméiotique et sciences sociales*, Paris, Seuil, 1976.

- GUILLERME J., SEBESTIK J., "Les commencements de la technologie", *Thaïes*, vol. 12, PUF, 1968, pp. 1-72.
- HABERMAS J., *La technique et la science comme idéologie*, Paris, Gallimard, 1973 (édition originale 1968).
- *Raison et légitimité*, Paris, Payot, 1978 (édition originale 1973).
- "Histoire et évolution", in *Après Marx*, Paris, Fayard, 1985, pp. 165-248 (édition originale 1976).
- *Théorie de l'agir communicationnel*, Tomes 1 et 2, Paris, Fayard, 1987 (édition originale 1981).
- *Le discours philosophique de la modernité*, Paris, Gallimard, 1988 (édition originale 1985).
- "Médias de communication et espaces publics", *Réseaux (autour de Habermas)*, n° 34, mars 1989, pp. 81-96 (texte datant de 1986).
- H ACHING I., *The emergence of Probability*, Cambridge, Cambridge University Press, 1975.
- *Concevoir et expérimenter*, Paris, Christian Bourgeois Editeur, 1989 (édition originale 1983).
- HANSON N.R., *Patterns of Discovery*, Cambridge, 1958.
- HEIDEGGER M., "La question de la technique", in *Essais et conférences*, Paris, Gallimard, 1958, pp. 9-48 (texte datant de 1953).
- "L'époque des «conceptions du monde»", in *Chemins qui ne mènent nulle part*, Paris, Gallimard, 1962, pp. 99-146 (texte datant de 1938).
- HEWLETT R.G., "Beginnings of development in nuclear technology", *Technology and Culture*, vol. 17, n° 3, juillet 1976, pp. 465-478.
- HOLTON G., *L'invention scientifique*, Paris, PUF, 1982.
- HUGHES T.P., "The evolution of Large Technological Systems", in BIJKER W.E., HUGHES T., PINCH T., *The Social construction of Technological systems*, Cambridge Massachussets, London (England), The MIT Press, 1987, pp. 51-82.
- JOHNSON J. (LATOUB B.), "Mixing Humans and nonhumans Together. The Sociology of a Door-Closer", *Social Problems*, vol. 35, n° 3, juin 1988, pp. 298-309.
- KING G., "What is information", in *Automatic control*, New York, Editors of Scientific America, 1955, pp. 83-96.

- KNORR-CETINA K.D., *The Manufacture of Knowledge*, Oxford, Pergamon Press, 1981.
- KUHN T., *La structure des révolutions scientifiques*, Paris, Flammarion, 1983 (édition originale 1970).
- La traversée de l'Atlantique, *Critique*, n° 456, mai 1985.
- LACOUÉ-LABARTHE P., *La fiction du politique*, Paris, Christian Bourgeois Editeur, 1987.
- LAKATOS I., "Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes", in LAKATOS I., MUSGRAVE A.E. (Eds), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge, Cambridge University Press, 1970, pp. 91-196.
- LATOURE B., *La science en action*, Paris, La Découverte, 1989 (édition originale 1987).
- "Les vues de l'esprit", *Culture Technique*, n° 14, 1985, pp. 14-29.
- LATOURE B., WOOLGAR S., *La vie de laboratoire*, Paris, La Découverte, 1988 (édition originale 1979).
- LAUDAN L., *La dynamique de la science*, Bruxelles, Pierre Mardaga Editeur, 1987 (édition originale 1977).
- LAUDAN R. (Ed.), *The Nature of Technological Knowledge. Are models of scientific change relevant ?*, Dordrecht (Holland), D. Reidel Publishing Company, 1984.
- LAYTON E., *The Revolt of the Engineers. Social Responsibility and the American Engineering Profession*, Cleveland, Case Western Reserve University Press, 1971.
- "Mirror-image twins : The communities of science and technology in 19th Century America", *Technology and Culture*, vol. 12, n° 4, octobre 1971, pp. 562-580.
- LECLERC G., *L'observation de l'homme*, Paris, Seuil, 1979.
- Les Ingénieurs*, n° spécial de la Culture technique, n° 12, mars 1984.
- LUHMANN N., "Remarques préliminaires en vue d'une théorie des systèmes sociaux", *Critique*, n° 413, octobre 1981, pp. 995-1014.
- "Le droit comme système social", *Droit et Société*, n° 11-12, 1989, pp. 53-66.
- *Amour comme passion : de la codification de l'intimité*, Paris, Aubier, 1990 (édition originale 1982).

- LYOTARD J.F., *La condition post-moderne*, Paris, Minuit, 1979.
- MACHEREY P., "Pour une histoire naturelle des normes", in *Michel Foucault philosophe*, Paris, Seuil, (Collection Des Travaux), 1989, pp. 203-221.
- MARCUSE H., *L'homme unidimensionnel*, Paris, Minuit, 1968 (édition originale 1964).
- GILLE B. (sous la direction de), *Histoire des techniques*, Paris, Gallimard ("La Pléiade"), 1978.
- Me CARTHY T., "Complexité et démocratie : les séductions de la théorie des systèmes", *Réseaux (autour de Habermas)*, n° 34, mars 1989, pp. 51-77.
- MERTON R., *Science, Technology and Society in 17th Century England*, New York, 1970 (1^{ère} édition 1938).
- NELSON R.R., WINTER S.G., *An evolutionary theory of economic change*, Cambridge, The Belknap Press of Harvard University Press, 1982.
- NOBLE D.F., *Forces of production. A social history of industrial automation*, New York, Alfred A. Knopf, 1984.
- NOIRIEL G., "Pour une approche subjectiviste du social", *Annales Economies, Sociétés, Civilisations*, n° 6, novembre-décembre, 1989, pp. 1435-1459.
- PIAGET J., *Le structuralisme*, Paris, PUF, 1968.
- PICON A., *L'invention de l'ingénieur moderne. L'Ecole des Ponts et Chaussées, 1747-1851*, Paris, Presses de l'ENPC, 1992.
- "Gestes ouvriers, opérations et processus techniques. La vision du travail des encyclopédistes", in *Recherches sur Diderot et sur l'Encyclopédie*, à paraître (1992).
- PICON A., CHATZIS K., "La formation des ingénieurs français au siècle dernier : débats, polémiques et conflits", *L'orientation scolaire et professionnelle*, 21, n° 3, 1992, pp. 227-243.
- POPPER K., *La logique de la découverte scientifique*, Paris, Payot, 1984 (édition originale 1934).
- "La démarcation entre la science et la métaphysique" in *De Vienne à Cambridge* (recueil de textes traduits et présentés par JACOB P.), Paris, Gallimard, 1980, pp. 121-176, (édition originale 1956).
- PORTER M.T., *The Rise of statistical thinking 1820-1900*, Princeton, Princeton University Press, 1986.
- PRIGOGINE I., STENGERS I., *La nouvelle alliance-métamorphose de la science*, Paris, Gallimard, 1986.

- PROPP, *Morphologie du conte*, Paris, Seuil (collection Points), 1976.
- PUTMAN H., "Ce que les théories ne sont pas", in *De Vienne à Cambridge*, (recueil de textes traduits et présentés par JACOB P.), Paris, Gallimard, 1980, pp. 221-237 (édition originale 1962).
- *Raison, vérité et histoire*, Paris, Minuit, 1984 (édition originale 1981).
- QUERE L., "Communication sociale : les effets d'un changement de paradigme", *Réseaux (autour de Habermas)*, n° 34, mars 1989, pp. 21-48.
- QUETELET A., *Anthropométrie ou mesure des différentes facultés de l'homme*, Bruxelles Muquarat, 1871.
- QUINE W.V.O., "Les deux dogmes de l'empirisme", in *De Vienne à Cambridge*, (recueil de textes traduits et présentés par JACOB P.), Paris, Gallimard, 1980, pp. 87-112 (édition originale 1953).
- RAPP F., *Analytical Philosophy of Technology*, Dordrecht (Holland), D. Reidel Publishing Company, 1981.
- RAWLS J., *Théorie de la justice*, Paris, Seuil, 1987 (édition originale 1971).
- RAYNAUD P., *Max Weber et les dilemmes de la raison moderne*, Paris, PUF, 1987.
- Revue de Synthèse*, "Du fait statistique au fait social", 4^{ème} série, avril-juin 1991.
- RICHTA R., *La civilisation au carrefour*, Paris, Seuil, 1974 (édition originale 1967).
- RICŒUR P., *Du texte à l'action. Essais d'herméneutique II*, Paris, Esprit/Seuil, 1986.
- RORTY R., *L'Homme spéculaire*, Paris, Seuil, 1990 (édition originale 1979).
- *Science et solidarité : la vérité sans le pouvoir*, Paris, Editions de l'Eclat, 1990.
- SALOMON J. J., *Le destin technologique*, Paris, Balland, 1992.
- SCHLANGER J.E., *Les métaphores de l'organisme*, Paris, Vrin, 1971.
- SEARLE J., *Du cerveau au savoir*, Paris, Editeurs des Sciences et des Arts (Collection Savoir Hermann), 1985.
- SHINN T., *Savoir scientifique et Pouvoir social. L'école Polytechnique, 1794-1914*, Paris, Presses de la Fondation Nationale des Sciences Politiques, 1980.
- SIMONDON G., *Du mode d'existence des objets techniques*, Paris, Aubier, 1989 (1^{ère} édition 1958).

- SINCLAIR B., *A centennial History of the American Society of Mechanical Engineers 1880-1980*, Toronto, University of Toronto Press, 1980.
- SKOCPOL T.(Ed.), *Theory and Method in Historical Sociology*, Cambridge, Cambridge University Press, 1984
- "Emerging Agendas and Recurrent Strategies in Historical Sociology", in SKOCPOL T.(Ed.), *Theory and Method in Historical Sociology*, Cambridge, Cambridge University Press, 1984, pp. 356-391.
- SMELSER N.J., *Essays in Sociological Explanation*, Englewood Cliffs (New Jersey), Prentice-Hall, 1968.
- STAUDENMAIER J.M., *Technology's Storytellers*, Cambridge Massachusetts, The MIT Press, 1985.
- THEVENOT L., "Les investissements de forme", *Conventions économiques*, Cahiers du Centre d'Etudes de l'Emploi (CEE), Paris, PUF, 1985, pp. 21-71.
- THÉNING J.C., *L'ère des technocrates : le cas des Ponts et Chaussées*, Paris, Harmattan, 1987 (1^{ère} édition 1973).
- TODHUNTER I., *A History of the Mathematical Theory of Probability from the Time of Pascal to That of Laplace*, New York, 1949 (1^{ère} édition 1865).
- VATTIMO G., *Introduction à Heidegger*, Paris, Cerf, 1985 (édition originale 1971).
- VEYNE P., *L'inventaire des différences*, Paris, Seuil, 1976.
- VEYNE P., *Comment on écrit l'histoire ; suivi de Foucault révolutionne l'histoire*, Paris, Seuil (Collection Points), 1979 (1^{ère} édition 1971).
- WEBER M., *Economie et société*, Tome 1, Paris, Pion, 1971 (édition originale 1921).

Théories sur les organisations

- ADLER P.S., "Automation et qualification, nouvelles orientations", *Sociologie du Travail*, n° 3/87, pp. 289-303.
- ADLER P.S., BORYS B., "Automatisation et travail : le cas de la machine-outil", *Formation et Emploi*, n° 21, janvier-mars 1988, pp. 5-25.
- AOKI M., *Les sociétés japonaises, structures et mécanismes internes*, Paris, Economica, 1991 (édition originale 1988).
- BERNOUX P., *Un travail à soi*, Toulouse, Privât, 1981.
- La sociologie des organisations, Paris, Seuil (Collection Points), 1985.

- BERRY M., *L'impact des outils de gestion sur l'évolution des systèmes techniques*, Centre de Recherche en Gestion, Ecole Polytechnique, juin 1983.
- BLAW P.M., SCHONHER P.A., *The structure of organisations*, New York, Basic Books, 1971.
- BOULDING K.E., *The image*, Ann Arbor, University of Michigan Press, 1959.
- BURNS T., STALKER G.M., *The management of innovation*, London, Tavistock, 1961.
- CHANLAT J.F., SEGUIN F., *L'analyse des organisations, une anthologie sociologique*, Tome I, 1983, Tome II, 1987, Montréal, Gaétan Morin Editeur.
- CROZIER M., FRIEDBERG E., *L'acteur et le système*, Paris, Seuil, 1977.
- CYERT R.M., MARCH J.G., *Processus de décision dans l'entreprise*, Paris, Dunod, 1970 (édition originale 1963).
- Division du travail*, Colloque de Dourdan, Paris, Editions Galilée, 1978.
- EDWARDS R., *Contested Terrain : the Transformation of the Workplace in The Twentieth Century*, New York, Basic Books, 1979.
- EMERY F.E., TRIST E.L., "La trame causale de l'environnement des organisations", in PALMADE G., *L'économique et les sciences humaines*, Tome 2, Paris, Dunod, 1967, pp. 287-301.
- FAYOL H., *Administration industrielle et générale*, Paris, Dunod, 1979 (1^{ère} édition 1908).
- FRIEDMANN G., *Où va le travail humain ?*, Paris, Gallimard, 1963 (1^{ère} édition 1950).
- FRIEDMANN G., N A VILLE P., *Traité de sociologie du travail*, Tome 1, 1970, Tome 2, 1972, Paris, Armand Colin.
- LAWRENCE P.R., LORSCH J.W., *Adapter les structures de l'entreprise. Intégration et différenciation*, Paris, Editions de l'Organisation, 1973.
- MENARD Cl., *L'économie des organisations*, Paris, La Découverte (Collection Repères), 1990.
- MARCH J.G., "Bounded rationality, ambiguity and the engineering of choice", *The Bell Journal of Economics*, vol. 9, n° 2, automne 1978, pp. 587-608.
- MARCH J.G., SIMON H.A., *Les organisations*, Paris, Dunod, 1979 (édition originale 1958).
- MOTTEZ B., *La sociologie industrielle*, Paris, PUF, 1971.

- NAVILLE P., *Vers l'automatisme social*, Paris, Gallimard, 1963.
- PUGH D.S., HICKSON D.J., HININGS C.R., "An Empirical Taxonomy of structures of work organisations", *Administrative Science Quarterly*, n° 14 (1), septembre 1969, pp. 115-126.
- ROLLE P., *Travail et salariat. Bilan de la sociologie du travail*, Grenoble, PUG, 1988.
- SAINSAULIEU R., *L'identité au travail*, Paris, Presses de la Fondation Nationale des Sciences Politiques, 1985.
- SCHOTTER A., *The economic theory of social institutions*, Cambridge, Cambridge University Press, 1981.
- SIMON AM., *Administrative Behavior*, New York, Mac Millan, 1961 (1^{ère} édition 1945).
- Sociologie du Travail, *Retour sur l'entreprise*, n° spécial XXVIII, n° 3/86.
- Sociologie du Travail, *Sociologie du Travail a vingt ans*, n° spécial 1/80.
- VELTZ P., "Informatisation des industries manufacturières et intellectualisation de la production", *Sociologie du Travail*, n° 1/86, pp. 5-20.
- WOODWARD J., *Industrial organisation : theory and practice*, London, Oxford University Press, 1970.

Assainissement

- Aménagement urbain et mouvements sociaux*, Colloque de Recherche urbaine, (4-7 avril 1978), Paris, CRU, 1981.
- Approche rationnelle des décisions concernant la lutte contre les nuisances dues aux inondations*, Service central de l'Hydrologie et de l'Environnement, Ministère de l'Équipement, novembre 1977.
- ADAMS J.W., *Sewers and drains for populous districts*, New York, 1880.
- ALLEN K., "The Prediction of Probable Rainfall Intensities", *Engineering News-Record*, vol. 86, n° 14, avril 1921, pp. 588-590.
- Analyse de la traitabilité des matières en suspension en vue de faciliter la sélection de filières appropriées*, Rapport CSTB, Cellule Eaux et Déchets, 1989.
- BACHOC A., DURAND E., *La gestion des risques dans la ville, une démarche globale*, Rencontre Nationale du Génie Urbain, Lyon, 29-30 mars 1990.
- BACHOC A., *Pour commencer à automatiser la gestion du réseau d'assainissement en Seine-Saint-Denis ... disons 12 ans*, Direction de l'Eau et de l'Assainissement de Seine-Saint-Denis, 1984.

- BAREL Y., "La modernité, code, territoire", *Annales de la recherche urbaine*, n° 10/11, avril-juin, 1981, pp. 3-21.
- B AZALGETTE J.W., "On the Main Drainage of London and the Interception of the Sewage from the River Thames (with discussion)", *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, vol. XXIV, mars 1865, pp. 280-358.
- BECHMANN G., *Notice sur le service des eaux et de l'assainissement de Paris*, Paris, Librairie Polytechnique, 1900.
- *Eaux de Paris, Salubrité urbaine, Distribution d'eau et assainissement*, 2 vol., Paris, Béranger, 1898-1899.
- BAUMEISTER R., *Städtisches Strassenwesen und Städtereinigung*, Berlin, 1890
- BELGRAND E., "Etudes hydrologiques dans le bassin de la Seine entre la limite des terrains jurassiques et Paris", *Annales des Ponts et Chaussées*, vol. III, 1^{er} semestre 1852, pp. 1-228.
- "Etudes hydrologiques dans les granites et les terrains jurassiques formant la terre supérieure du bassin de la Seine", *Annales des Ponts et Chaussées*, vol. XII, 2^{ème} semestre 1846, pp. 129-183.
- *Les travaux souterrains de Paris 2ème partie : les égouts*, Paris, Dunod, 1887.
- BELGRAND E., LEMOINE G., "Etude sur le régime des eaux du bassin de la Seine pendant les crues du mois de septembre 1866", *Annales des Ponts et Chaussées*, vol. XVI, 2^{ème} semestre 1868, pp. 235-312.
- BERREBI, "Pour un partenariat entre les différents services d'une collectivité locale", Communication au colloque *Les gestions locales de l'Eau*, Paris, 4-5 décembre 1991, Service de l'Eau et de l'Assainissement de la Seine-Saint-Denis.
- BIENAYME I., *Communication sur un principe que M. Poisson avait cru découvrir et qu'il avait appelé Loi des Grands Nombres*, Orléans, Colas-Gardin, 1855.
- BINNIE A.R., "On Mean or Average Annual Rainfall, and the fluctuations to which it is subject", *Proceeding of the Institution of Civil Engineers*, vol. XXXIX, 1892, pp. 89-172.
- BOUTIN P., "Points de repère pour une histoire de l'assainissement", CEMAGREF-BI, n° 314-315, mars-avril 1984, pp. 41-49.
- BRAUDEL F. et LABROUSSE E. (sous la direction de), *Histoire économique et sociale de la France. Tome IV. Volume 1: L'ère industrielle et la société d'aujourd'hui (1880-1914)*, Paris, PUF, 1979.

- BÛRKLII-ZIEGLER A., "Grösste Abflussmengen bei städtischen Abzugkanälen", *Technische Mittheilungen des Schweizerischen Ingenieur & Architekten-Vereins*, 14, Heft, Zurich, 1880.
- CAQUOT A., "Sur la quantité des eaux pluviales à écouler dans les agglomérations urbaines modernes", *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 2^{ème} semestre 1941, T. 213, n° 16, pp. 509-515.
- "Sur la puissance d'entraînement d'un flot liquide à débit variable", *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Tome 213, n° 17, 2^{ème} semestre 1941, pp. 545-548.
- *L'Ecole Polytechnique et la Nation*, (discours prononcé à l'occasion du senquicentenaire de l'Ecole Polytechnique), 17 mai 1946, *Mémoires de la Société des Ingénieurs Civils*, 1946, pp. 138-143.
- "Le rôle de l'Ingénieur et la conception actuelle de l'habitation humaine", *Mémoires de la Société des Ingénieurs Civils*, 1941, pp. 199-210.
- CAROUX F. et J., *Les associations du cadre de vie : l'émergence de leur projet socio-politique*, Tomes 1 et 2, Paris, Centre d'Ethnologie sociale et de psychologie, 1979.
- CEBRON de LISLE P., *L'eau à Paris au XIXème siècle*, Paris, Association Générale des Hygiénistes et Techniciens Municipaux, 1991.
- CHAMBAT P., "Service public et néolibéralisme", *Annales Economies, Sociétés, Civilisations*, n° 3, mai-juin 1990, pp. 615-647.
- CHATZIS K., LATERRASSE J., "Des infrastructures normalisées à la régulation des flux", *Culture Technique*, à paraître (1992).
- CHOW V.T., *Hydrologie determination of waterways areas for the design of drainage structures in small drainage basin*, Engineering experimental station, Bulletin n° 462, University of Illinois, USA, 1963.
- CLAUDE V., *Strasbourg, 1850-1914. Assainissement et politiques urbaines*, Thèse de 3^{ème} cycle, Paris, EHESS, 1985.
- *Le projet HADES*, publication du Conseil Général du Département de la Seine-Saint Denis.
- CORBIN A., *Le miasme et la jonquille*, Paris, Aubier-Montaigne, 1982.
- COTTE Le P., *Traité de Météorologie*, Paris, Imprimerie Royale, 1774.
- *Mémoires sur la Météorologie, pour servir de suite au Traité de Météorologie de 1774*, Paris, Imprimerie royale, 1788.
- COTTEN M., "La menace : les dépenses de fonctionnement vont-elles freiner le financement des équipements publics ? L'exemple de la France", Actes du

- colloque international *Comment financer les équipements publics de demain ?*, Paris, Université de Paris IX-Dauphine, 8-10 janvier 1986.
- DEISS P., "De l'exploitation traditionnelle à la gestion optimisée des réseaux d'assainissement : l'exemple de l'agglomération rouennaise", *Techniques, Sciences, Méthodes*, n° 7-8, 1991, pp. 381-384.
- DESBORDES M., "Risques de défaillance des ouvrages d'assainissement pluvial urbain. Un concept révisable ?", in *Economie de l'Hydrologie Urbaine ; La ville sous l'eau, l'eau sous la ville, l'eau, la ville et les sous*, Société Hydrotechnique de France, pp. 15-23, 1990.
- *Contribution à l'analyse et à la modélisation des mécanismes hydrologiques en milieu urbain*, Thèse d'Etat, Université des sciences et techniques du Languedoc, 1987.
- DESBORDES M., DEUTSCH J.C., FREROT A., "Les eaux pluviales dans les villes", *La Recherche*, n° 221, mai 1990, pp. 582-589.
- DEUTSCH J.C., "Les problèmes de l'assainissement. Les réseaux d'assainissement et l'assainissement autonome", in LORIFERNE (sous la direction de), *40 ans de Politique de l'Eau en France*, Paris, Economica, 1987, pp 242-261.
- DEVERS F., *L'assainissement des eaux pluviales dans les documents et les opérations d'urbanisme*, Mémoire de DEA-TGE, ENPC-Paris XII, 1988.
- DROUET D., "Distribution d'eau et d'assainissement urbain : le redéploiement de l'offre de biens et services dans les pays industrialisés", in *La gestion de l'eau*, Paris, Presses de l'ENPC, pp. 68-76, 1990.
- DUPUIT J., *Programme pour la rédaction du projet de distribution d'eau et d'assainissement de Paris*, Paris, Thunot, 1855.
- DUPUY G., *L'assainissement dans l'agglomération bordelaise*, OCDE, 1972.
- *Systèmes, réseaux et territoires*, Paris, Presses de l'ENPC, 1985.
- DUPUY G., KNAEBEL G., *Choix techniques et Assainissement urbain en France de 1800 à 1977*, Institut d'Urbanisme de Paris, Université Paris-Val-de-Marne, janvier 1979.
- *Assainir la ville hier et aujourd'hui*, Paris, Dunod, 1982.
- DURAND-CLAYE A., PETSCHÉ A., "Mémoire sur l'Assainissement de Berlin", *Annales des Ponts et Chaussées*, vol. XI, 6ème série, 1^{er} semestre 1886, pp. 543-614.
- Eau et informatique*, (Actes du colloque organisé par l'ENPC, mai 1986), Paris, Presses de l'ENPC, 1986.
- "Economie de l'environnement et du patrimoine naturel", *Revue Economique*, numéro spécial, vol. 41, n° 2, mars 1990.

- EDWARDS G., *The renewal of urban water and sewerage systems. Planning and civil Engineering*, London, Thomas Telford Ltd., 1982, pp. 39-45.
- EMERY H.C., "Egouts et bornes-fontaines ; entrées d'eau sous galerie ; relief favorable à la circulation ; lavage des ruisseaux en eaux vives", *Annales des Ponts et Chaussées*, vol. VII, 1^{er} semestre 1834, pp. 241-286.
- FAUDRY D., "Les techniques des eaux urbaines", *Les Annales de la recherche urbaine*, n° 30, avril 1986, pp. 64-71.
- FITZGERALD D., "Maximum Rates of Rainfall", *Engineering News and Records*, 31 mai, 1884, pp. 268-270.
- FRANCIS J.B., "Distribution of rainfall during the great storm of October 3 and 4, 1869", *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, vol. VII, 1878, pp. 224-235.
- GARANCHER J., "Les réseaux d'assainissement. Evolution de la conception et de l'exploitation", *Le Moniteur des Travaux publics et du bâtiment*, n° 47, 19 novembre 1966, pp. 17-21.
- GAUCHE M., "Une ville «met en scène» d'anciens canaux d'irrigation", *Techniques, Sciences, Méthodes*, n° 2, 1989, pp. 74-76.
- GODARD O., "Environnement, modes de coordination et systèmes de légitimité : analyse de la catégorie de patrimoine naturel", *Revue Economique*, vol. 41, n° 2, mars 1990, pp. 215-240.
- GOUBERT J.P., "L'eau : la crise et le remède (1840-1900)", *Annales Economies, Sociétés, Civilisations*, n° 5, septembre-octobre 1989, pp. 1075-1089.
- "La France s'équipe. Les réseaux d'eau et d'assainissement 1850-1950", *Les Annales de la recherche urbaine*, n° 23-24, juillet-décembre 1984, pp. 47-53.
- GREGORY E.C., "Rainfall and run-off in storm-water sewers" (with discussion), *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, vol. LVIII, 1907, pp. 458-510.
- GREGORY R.L., ARNOLD CE., "Run-off rational run-off formulas" (with discussion), *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, vol. 96, 1932, pp. 1038-1177.
- GRUNSKY C.E., "The sewer system of San Francisco and a solution of the storm-water Flow Problem" (with discussion), *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, vol. LXV, 1909, pp. 294-422.
- "Rainfall and run-off studies", in *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, vol. 88, 1922, pp. 66-136.
- GUILLERME A., *Les temps de l'eau, la cité, l'eau et les techniques*, Paris, Champ Vallon (Collection Milieux), 1983.

- HEDERSTEDT B., "An account of the Drainage of Paris", *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, vol. XXIV, 1865, pp. 257-279.
- HERING R., "Report of the results of an examination made in 1880 of several sewerage works in Europe", *National Board of Health Bulletin*, supplément n° 16, Washington D.C., 1881.
- HERING R., "Sewerage systems", *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, vol. X, novembre 1881, pp. 361-386.
- HORNER W.W., "Modern Procedure in District Sewer Design", *Engineering News*, vol. 64, n° 13, 1910, pp. 326-331.
- HOXIE R.L., "Excessive rainfalls considered with especial reference to the occurrence in populous districts" (with discussion), *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, vol. XXV, juillet 1891, pp. 70-118.
- IMHOFF K., *Evacuation et traitement des eaux d'égout*, Paris, Dunod, 1935 (édition originale 1932).
- KERISEL J., *Albert Caquot*, Paris, Eyrolles, 1978.
- KNAEBEL G., "Bielefeld. Genèse d'un réseau d'égouts 1850-1904", *Les Annales de la recherche urbaine*, n° 23-24, juillet-décembre 1984, pp. 90-102.
- *L'égout et la propriété*, Université Paris-Val-de-Marne, Institut d'Urbanisme de Paris, Ministère de l'Urbanisme et du Logement, Ministère de la Justice, janvier 1985.
- KOCH P., "Etude sur le calcul des ouvrages d'évacuation en fonction du ruissellement dans l'assainissement urbain", *Annales des Ponts et Chaussées*, Tome II, 1930, pp. 5-41.
- "Les données de l'assainissement urbain en relation avec celles de l'aménagement", *Mémoires de la Société des Ingénieurs Civils*, 1941, pp. 268-273.
- *Les réseaux d'égouts*, Paris, Dunod, 1967.
- KUICHLING E., "The relation between the rainfall and the discharge of sewers in populous districts" (with discussion), *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, vol. XX, janvier 1889, pp. 1-66.
- La gestion de l'eau*, (Actes du colloque organisé par le Ministère de l'Environnement et les agences de l'Eau de la France, 4-6 décembre 1990), Paris, Presses de l'ENPC, 1990.
- LANCELOT B., *La gestion automatisée des réseaux d'assainissement : analyse d'un processus d'innovation technique*, Thèse de 3^{ème} cycle, ENPC-CERTES, Université Paris-Val-de-Marne, 1985.

- LANCELOT B., "Une innovation en génie urbain. La gestion automatisée des réseaux d'assainissement", *Les Annales de la recherche urbaine*, n° 30, avril 1986, pp. 43-51.
- LEFEVRE Ch., BADY-GENDRAUT S., *Les villes des Etats-Unis*, Paris, Masson, 1988.
- LEVY C., *Les conditions de travail des égoutiers parisiens et la grève d'automne 1977*, Laboratoire de sociologie du travail et des relations professionnelles, CNAM, 1978.
- LLOYD-DAVIES D.E., "The elimination of storm-water from sewerage systems", *Proceedings of Institution of Civil Engineers*, vol. 164, 1904, pp. 41-55.
- Loi n° 82-600 du 13 juillet 1982 relative à l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles, *Journal Officiel de la République Française*, 14 juillet 1982, pp. 2242-2243.
- LORIFERNE H. (sous la direction de), *40 ans de Politique de l'Eau en France*, Paris, Economica, 1987.
- MARCHAND J., RENARD D., "Réflexions sur l'optimisation du curage préventif en réseau d'assainissement par recours à l'informatique", in *Eau et informatique*, Paris, Presses de l'ENPC, 1986, pp. 246-255.
- MAUCHIEN J.C., "Exemple d'aménagement urbain de ruisseaux à la Valette (Var)", *Techniques, Sciences, Méthodes*, n° 2, 1989, pp. 77-79.
- MAUGUEN P.Y., *Innovation et réseaux d'assainissement (1870-1885), communautés d'ingénieurs et d'hygiénistes parisiens face à l'émergence de la microbiologie*, Mémoire de DEA, Conservatoire National des Arts et Métiers, Centre Science, Technologie, Société, décembre 1988.
- "Les galeries souterraines d'Hausmann : Le système des égouts parisiens. Prototype ou exception ?", *Les Annales de la recherche urbaine*, n° 44-45, décembre 1989, pp. 163-175.
- MAYER E.D., "Note sur les égouts des villes", *Annales des Ponts et Chaussées*, 6^{ème} série, Tome XV, 1^{er} semestre 1888, pp. 294-330.
- Me MATH E., "Determination of the size of sewers", *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, vol. XVI, n° 358, avril 1887, pp. 179-190.
- Mémento sur l'évacuation des eaux pluviales*, Paris, La Documentation Française, 1989.
- METCALF L., EDDY H.P., *American Sewerage Practice*, Tome I, 1914, Tome II, 1915, New York, Me Graw-Hill Book Company.
- MILLE A., *Rapport sur le mode d'assainissement des villes en Angleterre et en Ecosse*, Paris, Vinchon, 1854.

- *Assainissement des villes par l'eau, les égouts, les irrigations*, Paris, Dunod, 1886.
- Ministère de l'Intérieur, *Instruction technique relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations*, Circulaire 77284 INT, Paris, Imprimerie Nationale, 1977.
- Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme, *Instruction technique relative à l'assainissement des agglomérations*, GC 1933, Paris, Imprimerie Nationale, 1949.
- MUSQUERE P., GUICHARD T., "Maîtrise des eaux pluviales", in *La gestion de l'eau*, Paris, Presses de l'ENPC, 1990, pp. 124-142.
- OFFE C., VOLKER R., "Theses on the theory of the state", *New German Critique*, vol. 6, 1975.
- PAITRY A., MAURIN J.M., "Les chambres de dessablement : un patrimoine, une gestion", *Techniques, Sciences, Méthodes*, n° 11, 1989, pp. 585-590.
- PAITRY A., PREUX D., "Suivi informatisé de l'entretien et de l'exploitation des réseaux d'assainissement. Le projet du département de la Seine-Saint-Denis", *Techniques, Sciences, Méthodes*, n° 10, 1990, pp. 507-510.
- PARMLEY W.C., "The Walworth Sewer. Cleveland Ohio" (with discussion), *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, vol. LV, 1905, pp. 341-412.
- L'eau dans la ville*, Journées de recherche SITE 85, Paris, Plan Urbain, 22-23 octobre 1985.
- L'eau dans la ville*, (Actes du colloque organisé par le Plan Urbain 15 et 16 novembre 1990 à Nancy), Paris, Plan Urbain, 1991.
- POUJOL T., *Le développement de l'assainissement par dépression : un réseau urbain retrouvé*, Thèse nouveau régime, ENPC, 1990.
- Premier mémoire sur les Eaux de Paris, présenté par le Préfet de la Seine au Conseil Municipal du 4 août 1854*, Paris, Imprimerie Administrative de Paul Dupont, 1861.
- RAOUS P., *Les techniques de contrôle de ruissellement pluvial urbain en amont des réseaux d'assainissement*, Service Technique de l'Urbanisme, Paris, 1988.
- RATCLIFFE B.M., "Cities and environmental decline : élites and the sewage problem in Paris from the mid-eighteenth to the mid-nineteenth century", *Planning Perspectives*, vol. 5, n° 2, mai 1990, pp. 189-222.
- RAWLINSON R., "Drainage of towns" (with discussion), *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, vol. XII, 1852, pp. 25-109.

- Règlements de l'assainissement (1981 et 1992)*, Service de l'Eau et de l'Assainissement de la Seine-Saint-Denis.
- REID D., *Paris Sewers and sewer men : Realities and Representations*, Cambridge Massachusetts, London (England), Harvard University Press, 1991.
- REMONT J.E., *Rapport au collège des Bourgmestres et Echevins de la ville de Liège*, Liège, D. Avanzo et Cie Editeurs, 1855 (2ème édition).
- Report relating to the main drainage of the métropoles*, 3 vol., Londres, 1857-1858.
- RONCAYOLO M., "Logiques urbaines", in *Histoire de la France urbaine - La ville de l'âge industriel*, Tome 4, Paris, Seuil, 1983.
- ROSANVALLON P., *La crise de l'Etat-providence*, Paris, Seuil, (Collection Points), 1984.
- SCHERRER F., *L'égout, patrimoine urbain*, Thèse nouveau régime, Université de Paris XII, 1992.
- SCHULTZ S.K., *Constructing Urban Culture : American Cities and City Planning : 1800-1920*, Philadelphia, Temple University Press, 1989.
- SHERMAN C.W., "Maximum rates of rainfall at Boston" (with discussion), *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, vol. LIV, n° 173, 1905, pp. 173-212.
- "Frequency and intensity of excessive rainfalls of Boston, Massachusetts" (with discussion), *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, vol. 95, 1931, pp. 951-968.
- SUPINO G., "Sul calcolo dei canali di fognatura", *L'Ingenere*, février 1929, pp. 91-95.
- TA THU THUY, "L'alternatif en assainissement urbain", *Les Annales de la recherche urbaine*, n° 30, avril, 1986, pp. 53-63.
- TALBOT A.N., "Rates of maximum rainfall", *Engineering News*, 21 juillet 1892, pp. 67-68.
- TARR A.J., "The separate vs combined sewer problem. A case study in Urban Technology Design Choise", *Journal of Urban History*, vol. 5, n° 3, mai 1979, pp. 308-339.
- "Perspectives souterraines. Les égouts et l'environnement humain dans les villes américaines, 1850-1933", *Les Annales de la Recherche Urbaine*, n° 23-24, juillet-décembre 1984, pp. 65-89.
- TARR A.J., Mc MICHAEL F.C., "The evolution of wastewater technology and the development of state regulation : A retrospective analysis", in TARR A.J.

(Ed.), *Retrospective Technology assessment*, San Francisco, San Francisco Press, 1977, pp. 165-190.

TRIANTAFILLOU C, *La dégradation et la réhabilitation des réseaux d'assainissement : France-Angleterre-Etats-Unis*, Thèse nouveau régime, ENPC-CERTES, 1987.

VALIRON F. (sous la direction de), *Gestion des eaux. Automatisation, informatisation, télégestion*, Paris, Presses de l'ENPC, 1988.

VALLES F., *Projet de dessèchement et d'irrigation du lac de Grand-Lieu*, vol. XVI, 2^{ème} semestre 1848, pp. 158-251.

VELTZ P., *Les plans d'occupation des sols*, Paris, Copedith, 1975.

VIGNOLES C, "Places et limites des techniques alternatives", in *L'eau dans la ville*, Plan urbain, 1991, pp. 97-102.

WATERMATION, *Enquête sur les gestions automatisées opérationnelles des réseaux d'assainissement unitaires dans sept villes des États-Unis*, Service Technique de l'Urbanisme, 1981.

WERY P., *Assainissement des villes et égouts de Paris*, Paris, Dunod, 1898.

Industrie

AGLIETTA M., BRENDER A., *Les métamorphoses de la société salariale*, Paris, Calman-Lévy, 1984.

AMENDOLA M., GAFFARD J.L., *La dynamique économique de l'innovation*, Paris, Economica, 1988.

ARENDRT H., *Condition de l'homme moderne*, Paris, Calmann-Levy, 1961 (édition originale 1958).

BABBAGE C, *On the economy of machinery and manufactures*, New York, Augustus M. Kelley, 1971 (édition originale 1832).

BARNES R.M., *Etude des mouvements et des temps*, Paris, Les Editions d'Organisation, 1960 (édition originale 1949).

BAYLE F., *Les salaires ouvriers et la richesse nationale*, Paris, Dunod, 1919.

BERRY M., "Introduction à l'analyse des mécanismes de gestion : la logique de l'étrange gestion d'un atelier de production", *Annales des Mines*, juillet-août 1981, pp. 31-42.

BERRY M., "Des robots au concret. Les réalités cachées derrière les mythes", *Gérer et Comprendre*, n° 1, 1985, pp. 7-18.

- BESSION P., *L'atelier de demain, perspectives de l'automatisation flexible*, Lyon, PUL, 1983.
- BESSION P., SAVY M., VALEYRE A., VELTZ P., *Gestion de production et transports : vers une nouvelle économie de la circulation*, Paris, Paradigme, 1988.
- BRAVERMAN H., *Labor and monopoly capital. The degradation of work in the twentieth century*, New York, Monthly Review Press, 1974.
- BRIGHT J., "The Development of Automation", in Kranzberg M. et Pursell C. (Eds), *Technology in Western civilization*, vol. II, New York, Oxford University Press, 1967, pp 635-655.
- BOYER R., *La théorie de la régulation : un bilan critique*, Paris, La Découverte, 1986.
- CHANDLER A.D., *The visible hand. The Managerial Revolution in American Business*, Cambridge, Harvard University Press, 1977.
- CHURCH A.H., *Science and Practice of Management*, New York, Engineering Magazine Co, 1914.
- CLOT Y., ROCHEX J.Y., SCHWARTZ Y., *Les caprices du flux. Les mutations technologiques du point de vue de ceux qui les vivent*, Paris, Matrice-MIRE, 1990
- COHENDET P., KRASA A., LLERENA P., "Propriétés et principes d'évaluation des processus de production dans un régime de variété permanente", in COHENDET P., HOLLARD M., MALSCH T., VELTZ P. (Eds), *L'après-Taylorisme*, Paris, Economica, 1988, pp. 55-73.
- COHENDET P., HOLLARD M., MALSCH T., VELTZ P. (Eds), *L'après-Taylorisme*, Paris, Economica, 1988.
- CORIAT B., *L'atelier et le chronomètre*, Paris, Christian Bourgeois Editeur, 1979.
- CORIAT B., *L'atelier et le robot*, Paris, Christian Bourgeois Editeur, 1990.
- COTTEREAU A., "Justice et injustice ordinaire sur les lieux de travail d'après les audiences prud'homales (1806-1866)", *Le Mouvement Social*, n° 141, octobre-décembre 1987, pp. 25-59.
- COULOMB Ch. A.(de), "Mémoire sur la force des hommes, Académie royale des Sciences (février 1798), repris dans *Théorie des machines*, Paris, Bachelier, 1821.
- CROZIER M., *Le phénomène bureaucratique*, Paris, Seuil, 1963.
- DAUMAS M. (sous la direction de), *Les techniques de la civilisation industrielle*, Tome V, Transformation, communication, facteur humain, Paris, PUF, 1979.

- DESROSIERES A., THEVENOT L., *Les catégories socio-professionnelles*, Paris, La Découverte (Collection Repères), 1988.
- DØRINGER P.B., PIORE M. J., *Internal Labor Markets and Manpower Analysis*, Sharpe, New York, 1971.
- DORAY B., *Le taylorisme, une folie rationnelle ?*, Paris, Dunod, 1981.
- EPSTEIN M.J., *The effect of scientific management on the development of the standard cost system*, New York, Arno Press, 1978.
- FISH E.H., "Human Engineering", *Journal of Applied Psychology*, 1917, pp. 161-174.
- FRANÇOIS A.R., *Manuel d'organisation*, Tomes I, 1982, Tome II, 1983, Paris, Les Editions d'Organisation.
- FRIDENSON P., "Un tournant taylorien de la société française (1904-1918)", *Annales Economies, Sociétés, Civilisation*, n° 5, septembre-octobre 1987, pp. 1031-1060.
- GANTT H.L., *Travail, Salaire et Bénéfices*, Paris, Payot, 1921 (édition originale 1910).
- *Organizing for Work*, London, G. Allen and Unwin, 1919.
- GAUDEMAR (de) J.P., *L'ordre et la production*, Paris, Dunod, 1982.
- GILBRETH F., GILBRETH L.M., *Applied Motion study*, Easton, Hive Publishing Company, 1973 (1^{ère} édition 1917).
- GORDON M., EDWARDS R., REICH M., *Segmented Work, divided workers : The historical transformation of labor in the United States*, Cambridge, Cambridge University Press, 1982.
- GORZ A., *Les chemins de paradis*, Paris, Editions Galilée, 1983.
- HARRIS F.W., *Operations and cost (Factory Management Series)*, Chicago, A.W. Shaw Co., 1915.
- HATCHUEL A., "Frederic Taylor : une lecture épistémologique : L'expert, le théoricien, le doctrinaire", communication aux journées *d'Histoire et épistémologie des Sciences de gestion*, mai 1992.
- HIRSCHHORN L., *Beyond Mechanization : Work and Technology in a Postindustrial Age*, Cambridge Massachusetts, The MIT Press, 1984.
- HOUNSCHELL D.A., *From the American system to mass production 1800-1932*, London and Baltimore, The John Hopkins University Press, 1984.
- KAPLAN R.S., "The evolution of management accounting", *The Accounting Review*, vol. LIX, n° 3, 1984, pp. 398-418.

- LAMBERT P., *La fonction ordonnancement*, Paris, Les Editions d'Organisation, 1974.
- LANDES D., *L'Europe Technicienne*, Paris, Gallimard, 1975 (édition originale 1969).
- LINHART R., *L'Etabli*, Paris, Minuit, 1978.
- LITTERER J., "Systematic Management. The Search for Order and Integration", *Business History Review*, XXXV, hiver 1961, pp. 461-476.
- "Systematic Management Design for organisational Recoupling in American Manufacturing Firms", *Business History Review*, XXXVII, hiver 1963, pp. 369-391.
- MAREY E.J., *Le mouvement*, Paris, Masson, 1894.
- MARGLIN S.A., "Origines et fonctions de la parcellisation des tâches", in GORZ A. (Ed.), *Critique de la division du travail*, Paris, Seuil (Collection Points), 1973.
- MARX K., *Oeuvres - Economie I*, Paris, Gallimard (Bibliothèque de la Pléiade), 1965.
- MERRICK D., *Time studies as a Basis for Rate setting*, New York, 1920.
- MIDLER C., "Choix technologiques et systèmes de gestion : le travail à la chaîne, mythes et réalités", *Annales des Mines*, juillet-août 1981, pp. 56-68.
- "Les concepts au concret, réflexions sur les liens entre systèmes techniques et systèmes de gestion dans l'industrie automobile", in SALAIS R., THEVENOT L. (Eds), *Le Travail : Marchés, règles, conventions*, Paris, Economica, 1986, pp. 29-50.
- MONTMOLLIN M. de, PASTRE O., *Le taylorisme*, Paris, La Découverte, 1984.
- MOTTEZ B., *Système de salaires et politiques patronales : essai sur l'évolution des pratiques et des idéologies patronales*, Paris, CNRS, 1966.
- MOUTET A., "Les origines du système de Taylor en France. Le point de vue patronal (1907-1914)", *Le Mouvement Social*, n° 93, octobre-décembre 1975, pp. 15-49.
- NADWORNÝ M.J., *Scientific Management and the Unions, 1900-1932*, Cambridge, 1955.
- "Frederick Taylor and Frank Gilbreth : competition in Scientific Management", *Business History Review*, XXXI, printemps 1957, pp 23-34.
- NELSON D., *Frederic W. Taylor and the rise of scientific management*, Madison, University of Wisconsin Press, 1980.

- *Managers and workers : origins of the New Factory System in the United States, 1880-1920*, Madison, University of Wisconsin Press, 1980.
- NOBLE D.F., *America by design*, Oxford, Oxford University Press, 1984 (1^{ère} édition 1977).
- PERROT M., "Travailler et produire : Claude-Lucien Bergery et les débuts du management en France", in *Mélanges d'histoire sociale offerts à Jean Maitron*, Paris, Les Editions Ouvrières, 1976, pp. 177-190.
- PHELPS E.S., *Economie politique*, Paris, Fayard, 1990 (édition originale 1985).
- PIORE J.M., S ABEL F.C., *The second industrial divide*, New-York, Basic Books, 1984.
- POLLARD S., *The genesis of modern management*, Oxford, Harvard University Press, 1965.
- PORTER M.E., *L'avantage concurrentiel. Comment devancer ses concurrents et maintenir son avance ?*, Paris, Inter Editions, 1986.
- RABINBACH A., "The European Science of Work. The Economy of the Body at the End of the Nineteenth Century", in KAPLAN S.L., KOEPP C.J. (sous la direction de), *Work in France*, Ithaca, Cornell University Press, 1986, pp. 475-513.
- RADFORD G.S., *The control of quality in Manufacturing*, New York, Roland, 1922.
- RANCIERE J., *La nuit des prolétaires*, Paris, Fayard, 1981
- ROUSSEAU J., VATIN F., "Charles-Augustin Coulomb et le concept de travail", *Economie et Humanisme*, n° 319, octobre-décembre 1991, pp. 71-80.
- SERIS J.P., *Machine et communication*, Paris, Vrin, 1987.
- SHEWHART W.A., *Les fondements de la Maîtrise de la Qualité*, Paris, Economica, 1989 (édition originale 1939).
- SMITH A., *Recherches sur la nature et les causes de la richesse des nations*, Paris, Gallimard, 1976 (édition originale 1776).
- Société Taylor, *L'organisation scientifique dans l'industrie américaine*, Paris, Dunod, 1930.
- STARK D., "Class struggle and the transformation of the labor process : a relational approach", *Theory and Society*, vol. 9, n° 1, pp. 89-128.
- TAYLOR F.W., *La Direction des Ateliers, étude suivie d'un mémoire sur l'emploi des courroies et avec une note sur l'utilisation des Ingénieurs Diplômés*, Paris, Dunod, 1930 (édition originale 1911).

- " La taille des métaux", *Revue de la Metalurgie*, de janvier à avril 1907, pp. 59-65, 108-184, 233-336,401-466 (édition originale 1906).
 - *Ce que Taylor dit de sa méthode*, (exposé fait par Frédéric W. TAYLOR devant une commission d'enquête), Clermont-Ferrand, Michelin et C^{ie}, 1927 (édition originale 1912).
 - *Principes d'organisation scientifique des usines*, Paris, Dunod, 1927 (édition originale 1911).
- THENARD J.C., "De l'entretien à la maintenance. Problèmes et enjeux", *GIP, Mutations Industrielles*, n° 43,1990.
- THOMPSON C.B., *The Taylor system of scientific management*, Easton Hive Publishing Company, 1974 (1^{ère} édition 1917).
- *Le système Taylor*, Paris, Payot, 1919.
 - *Scientific management. A collection of the more significant articles describing the Taylor System of Management*, Cambridge, Harvard University Press, 1914.
- TOURAINÉ A., *L'évolution du travail ouvrier aux usines Renault*, Paris, CNRS, 1955.
- *La conscience ouvrière*, Paris, Fayard, 1966.
- VATIN F., *La fluidité industrielle*, Paris, Méridiens Klincksieck, 1987.
- VELTZ P., "Faut-il parler d'après taylorisme ?", *Revue internationale d'action communautaire*, n° 25/65, Montréal (Québec), 1991, pp. 21-27.
- "Rationalisation, organisation et modèles d'organisation dans l'industrie. Orientations de recherche", COHENDET P., HOLLARD M., MALSCH T., VELTZ P.(Eds), *L'après-Taylorisme*, Paris, Economica, 1988, pp. 32-46.
- WEIL S., *La condition ouvrière*, Paris, Idées/Gallimard, 1951
- WILSON R.H., "A scientific routine for stock control", *Harvard Business Review*, vol. 13, n° 1, 1934, pp.116-128.
- ZARIFIAN P., *La société Post-Economique*, Paris, L'Harmattan, 1988.
- ZARIFIAN P., *La nouvelle productivité*, Paris, L'Harmattan, 1990.

Métropolitain

- AMAR G., *Lieu-Mouvement : Les enjeux de l'évolution des stations de métro*, RATP Réseau 2000, 1989.

- BANCELIN J., "Truc : transmission de renseignements utiles au conducteur", *RATP. Etudes et Projets*, 4^{ème} trimestre 1985, pp. 5-10.
- BESACIER G, STABLO J., "L'espacement des trains. Evolution des dispositifs utilisées au Métro de Paris", *Revue Générale des Chemins de Fer*, septembre 1972, pp. 576-582.
- BEUCHARD P., "Conception et évolution des PCC de la RATP", *Revue Générale des Chemins de Fer*, décembre 1983, pp. 739-748.
- BOUDIFFIER Y., "Les ateliers du matériel roulant du RER", *RATP. Etudes et Projets*, 1^{er} trimestre 1984, pp. 25-40.
- BOUVIER P., *Technologie, Travail, Transports : les transports parisiens de masse (1900-1985)*, Paris, Méridiens Klincksieck, 1985.
- BRETON P., "La cybernétique et les ingénieurs", *Culture Technique*, n° 12, mars 1984, pp. 155-161.
- CELINE, *Entretien avec le professeur Y*, Paris, Gallimard, 1955.
- COTTEREAU A., "Les débuts de la planification urbaine à Paris", *Sociologie du Travail*, n° 4, octobre-décembre 1968, pp. 342-365.
- CHARRON E., FREYSSINET M., IMBERT F., "Conception des équipements et travail de maintenance", *GIP, Mutations Industrielles*, n° 30, 1989.
- CRONIER R., "Les réalisations et les méthodes d'exploitation qui ont donné au métro son visage d'aujourd'hui", in *Les 75 ans du métro*, supplément au Bulletin de Documentation et d'Information RATP, avril-mai-juin 1975, pp. 49-59.
- DAUMAS M., FONTANON C, LARROQUE D., JIGAUDON G., *Analyse historique de l'évolution des transports en commun dans la région parisienne de 1855 à 1939*, Paris, Centre de documentation d'Histoire des Techniques, CNAM, 1977.
- DEKINDT J., "Remarques sur les usages et l'appropriation du réseau", *RATP Etudes et Projets*, 3^{ème} trimestre 1987, pp. 50-55.
- DEROU G., *Le réseau ferré de la RATP, problèmes généraux d'exploitation*, RATP, 1950.
- DUMAS A., *Le chemin de fer métropolitain de Paris*, Paris, Béranger, 1901.
- FAUCONNIER M., "Les nouveaux ateliers du métropolitain de Paris à la Porte de Choisy", *Génie Civil*, n° 3, 1931.
- FOOT R., *L'introduction de nouvelles techniques productives au sein des réseaux ferrés urbain et routier de la RATP de 1945 à 1986*, Paris, Centre de Recherche sur les Mutations des Sociétés Industrielles (CRMSI), 1987.

- FOOT R., *Paroles prises, rêves emmurés. Autonomie et contrôle social dans le processus d'évolution technologique : le cas de la RATP*, Mémoire de DEA, Université de Paris VIII, 1985.
- GAUDIN J.P., *Technopolis. Crises urbaines et innovations municipales*, Paris, PUF, (Collection Économie en liberté), 1989.
- GUERRAND R.H., *L'aventure du métropolitain*, Paris, La Découverte, 1986.
- GUIEYSSE L., "L'automatisation du métropolitain de Paris : buts et perspectives d'avenir", *Revue Générale de l'Electricité*, Tome 78, n° 2, février 1969, pp. 146-148.
- HANEN J., *Régulation des lignes du réseau ferré urbain de la RATP*, rapport de stage à la RATP, Ecole nationale Supérieure de Mécanique de Nantes, 1973.
- HERRADA L., *Nouveau service en station*, Mémoire du DEA Transports, ENPC 1991.
- LACOSTE X., LATERRASSE J., VELTZ P., *Les projets d'automatisation intégrale du mouvement des trains à la RATP. Pre-étude, diagnostics*, LATTs-ENPC, 1988.
- LAGARRIQUE L., *Cent ans de transports en commun dans la région parisienne*, RATP, 1956.
- LAGRANGE S., *Le chef de Départ*, Rapport de stage, RATP, 1978.
- LE BON G., *La psychologie des foules*, Paris, Alcan, 1895.
- LEROY J., "Télécommandes et automatismes sur les rames du métropolitain de Paris", *Revue Générale de l'Electricité*, Tome 78, n° 2, février 1969, pp. 128-134.
- "Le matériel roulant sur pneumatiques du Métropolitain de Paris", *Société Française d'Electriciens*, avril 1965, pp. 337-347.
- LEVY C., "Le matériel roulant du métro : son évolution de 1900 à 1938", in *Les 75 ans du métro*, supplément au Bulletin de Documentation et d'Information RATP, avril-mai-juin 1975, pp. 37-47.
- Le chemin de fer métropolitain (Le métropolitain et l'exposition coloniale internationale de 1931)*, Paris, 1931.
- Le Métropolitain : Encyclopédie par image*, Paris, Librairie Hachette, 1955.
- Les travailleurs du métro sous la férule des Compagnies*, in *Humanité*, 20 décembre 1922.
- LOZADA-ISLAS F., *Les rapports exploitation-maintenance et la gestion de l'innovation technologique à la RATP*, Thèse nouveau régime, LATTs-ENPC, 1991.

Masses et politique, Hermès, Ed. CNRS, 1988.

MAJOU J., GIRY P., RAPHANEL A., "Les commandes centralisées du métro urbain de Paris", *Revue Générale des Chemins de Fer*, n° 92, mai 1973, pp. 305-320.

MATHIO J.C, RIBEILL G., *La RATP de 1949 à nos jours. Aspects qualitatifs et quantitatifs de l'évolution d'une entreprise publique de transports*", RATP, Réseau 2000, février 1986.

NICOLAS E., *Les accès aux stations du chemin de fer métropolitain de Paris*, RATP, 1951.

PENY A., "Dix ans de recherche sur la "station" ou peut-on sortir du modèle "TAME", *RATP. Etudes et Projets*, 3ème Trimestre 1987, pp. 20-29.

PIANA C, *Le conducteur*, rapport de stage , RATP, 1978.

PORNIN R., *La signalisation du chemin de fer métropolitain de Paris*, Paris, Eyrolles, 1944.

Préfecture de la Seine, Rapport présenté par DELIGNY M.M.E., CERNESSON L. au nom de la Commission Spéciale du Métropolitain, Rapports et documents, 1883, doc. 30.

RATP, *L'aménagement des stations du réseau métropolitain de Paris*, supplément au Bulletin de Documentation et d'Information.RATP, 2^{ème} édition 1966.

RATP, *Les 75 ans du métro*, supplément au Bulletin de Documentation et d'Information, avril-mai-juin 1975.

RATP, "L'automatisation de l'exploitatin de lignes du métro urbain : commande centralisée et départs programmés", *Bulletin de Documentation et d'Information.RATP* , novembre-décembre 1973, pp. 15-20.

Réseau 2000, "Action prospective", *RATP. Etudes et Projets*, 3^{ème} trimestre 1987, pp. 13-66.

REVERARD P., *Des conditions d'exploitation du chemin de fer métropolitain de Paris*, Paris, Rousseau, 1904.

RIBEILL G., "Les débuts de l'ergonomie en France à la veille de la Première Guerre Mondiale", *Le Mouvement Social*, n° 113, octobre-décembre, 1980, pp. 3-36.

— "Gestion et organisation du travail dans les compagnies de chemin de Fer, des origines à 1860", *Annales Economies, Sociétés, Civilisations*, n° 5, septembre-octobre 1987, pp. 999-1029.

ROBERT J., *Notre métro*, Paris, 1983 (2ème édition).

- "La naissance du métropolitain", supplément au Bulletin de Documentation et d'Information RATP, avril-mai-juin 1975, pp. 7-14.
- ROGNON E., "L'organisation du travail à la société des transports en commun de la région parisienne", *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, mars 1929, pp. 205-231.
- ROSNIN A., "L'exploitation et les installations fixes. Evolution du metro de 1900 à 1930", *Les 75 ans du métro*, supplément au Bulletin de Documentation et d'Information. RATP, avril-mai-juin 1975, pp. 25-36.
- ROUSSEL F., *L'Accident du chemin de fer métropolitain du 10 août 1903*, rapport présenté au nom de la commission du métropolitain, Paris, imprimerie municipale, 1903.
- STABLO J., LEROY J., "Les dernières réalisations de la RATP en matière de pilotage automatique", *Revue Générale des Chemins de Fer*, septembre 1972, pp. 558-570.
- SUTTON D., "Développement et perspectives de l'expérience de Pilotage Automatique des rames du Métropolitain de Paris", *Revue Générale de l'Electricité*, février 1969, t. 78, n° 2, pp. 135-140.
- TEILHOUT G., *Note A2-402-RATP sur le conducteur seul à bord d'un train en pilotage automatique*, présentée par la RATP au 4ème symposium du Comité permanent des Métros sur pneumatiques, avril 1979, Santiago.
- THIERRY J.B., *Etude sur le métropolitain de Paris*, Paris, Beranger, 1907.
- TRANCART B., *Développements technologiques et effets socio-professionnels : les relations exploitation-maintenance à la RATP*, Projet de Fin d'Etudes, ENPC-CERTES, 1986.
- VIRGITT J., *Les installations du chemin de fer métropolitain de Paris*, Paris, Eyrolles, 1933.

Gestion - pilotage des organisations

- AFGI (Association Française de Gestion Industrielle), *Indicateurs de performance*, Paris, 1988.
- AGHTM (Association Générale des Hygiénistes et Techniciens Municipaux), "Rendement des réseaux d'eau potable : définition des termes utilisés", *Techniques, Sciences, Méthodes*, n° 4 bis, 1990.
- ANCELIN B., "CIBLE : une nouvelle approche de la gestion industrielle", in AFCET-Congrès automatique 1988 *Quelle automatique dans les industries manufacturières*, Grenoble, 10-12 octobre 1988.

- ANCELIN B., "Quels critères de performance pour les nouveaux ateliers?", Communication à la journée *Systèmes de production. Vers l'âge adulte*, AFCET-ENSMP, 21 mai 1986.
- ARGURIS C, SCHÔN D.A., *Organizational Learning : A Theory of Action Perspective*, Reding, Mass, Addison-Wesley, 1978.
- BERANGER P., *Gestion de la production*, Paris, Vuibert, 1987.
- *Les nouvelles règles de la production, vers l'excellence industrielle*, Paris, Dunod, 1987.
- BESSON P., *Les opérations de contrôle : contribution à la théorie et à l'ingénierie du contrôle d'organisation*, thèse nouveau régime, Université Lumière Lyon II, 1989.
- BOB RICK B., "Le style Métro" in *labyrinths of iron. A history of the world's subways*, New York, Newsweek Books, 1981, pp. 133-168.
- BODIGUEL J.L., ROUBAN L., "Vers une redéfinition du rôle des fonctionnaires", *Revue Française de Gestion*, Dossier management public : le chantier de la modernisation, n° 85, septembre-octobre 1991, pp. 89-98.
- BRADY J., GOODMAN S., KERRI K., REED R., "Performance indicators for wastewater collection systems", *Journal WPCF*, vol. 51, n° 4, avril 1979, pp. 695-708.
- CHABANAS C, *L'usine SNECMA du Creusot : une approche globale*, Actes du SITEF, Toulouse, 1^{er}-2 octobre 1987.
- CONAN M., *Gestion dynamique de la productivité des services urbains*, Paris, Plan Urbain, 1988.
- DANZIGER R., "Gestion des services publics locaux et gestion des entreprises : portée et limites d'une comparaison des objectifs des méthodes et des résultats", *Politiques et Management public*, n° 3, septembre 1988, pp. 181-197.
- DELAUNY J.C., GADREY J., *Les enjeux de la société de service*, Paris, Presses de la Fondation Nationale des Sciences Politiques, 1987.
- DOURLENS C, GALLAND J. P., THEYS J., VIDAL-NAQUET P. A., *Conquête de la Sécurité, gestion des risques*, Paris, L'Harmattan, 1991.
- DUPUY J.P., "Conventions et Common Knowledge", *Revue Economique*, n° 2, mars 1989, pp. 361-400.
- ECOSIP, *Gestion industrielle et mesure économique*, Paris, Economica, 1990.
- GADREY J., "Le service n'est pas un produit : quelques implications pour l'analyse économique et pour la gestion", *Politiques et Management public*, vol. 9, n° 1, mars 1991, pp. 1-24.

- GALLOIS P-M., *Evaluation et pilotage de la performance industrielle*, in ECOSIP, *Gestion industrielle et mesure économique*, Paris, Economica, 1990, pp. 275-293.
- GIORDANO Y., "Décision et organisations : quelles rationalités ?", *Economies et Sociétés (série "sciences de Gestion" n°17)*, n° 4/1991, pp.161-194.
- GREIF M., *L'usine s'affiche*, Paris, Les Editions d'Organisation, 1989.
- HUSSENOT P., *La gestion publique par objectifs*, Paris, Les Editions d'Organisation, 1983.
- HATCHUEL A., SARDAS J.C., "Les grandes transitions contemporaines des systèmes de production, une démarche typologique", *Les nouvelles rationalisations de la production*, Paris, Cépadués-Editions, 1992, pp. 1-23
- Journal of Voluntary Action Research, vol 16., n° 3, 1987.
- La relation de service dans le secteur public*, Plan urbain-RATP-DRI, 1992.
- LATERRASSE J, CHATZIS K., "Evolution des réseaux et nouvelles technologies de l'information", in DUHEM B., LATERRASSE J (Eds), *Génie urbain, acteur, territoires technologies. Eléments pour une réflexion problématique*, Paris, Plan Urbain, 1987, pp. 223-240.
- LATERRASSE J., CHATZIS K., COUTARD O., "La problématique centralisation / décentralisation : architecture des systèmes et choix organisationnels", *Flux*, n°8, avril-juin 1992, pp. 48-53.
- "Information et gestion dynamique ou quand les réseaux deviennent intelligents", *Flux* n°2, automne 1990, pp. 33-41.
- LATERRASSE J., CHATZIS K., COUTARD O., LOZADA-ISLAS F., *L'informatisation des réseaux urbains : choix technologiques et enjeux sociaux*, Rapport pour le Plan Urbain, LATTIS-ENPC, 1992.
- LE MOIGNE J.L., *Les systèmes de décision dans les organisations*, Paris, PUF, 1974.
- *La théorie du système général, théorie de la modélisation*, Paris, PUF, 1977.
- LIU M., *La recherche-action dans les sciences de l'homme*, thèse d'Etat, Ecole Centrale de Paris, 1986.
- LORINO P., *L'économiste et le manager*, Paris, La Découverte, 1989.
- MAYER A., "Contrôle et gestion des réseaux urbains : évolution des techniques et des acteurs", in DUHEM B. ET LATERRASSE J. (Eds), *Génie urbain, acteurs, territoires, technologies. Eléments pour une réflexion problématique*, Paris, Plan Urbain, 1987, pp. 241-276.

- MESAROVIC M.D., MACKO D., TAKAHARA Y., *Théorie des systèmes hiérarchiques à niveaux multiples*, Paris, Economica, 1980.
- MEYSSONNIER F., "Contrôle de gestion communal : les conditions de l'efficacité", *Revue Française de Gestion*, Dossier management public : le chantier de la modernisation, n° 85, septembre-octobre 1991, pp. 54-62.
- MONNIER E., *Evaluation de l'action des pouvoirs publics*, Paris, Economica, 1987.
- NIOCHE J.P., "Management public : à la recherche de nouvelles régulations", *Revue Française de Gestion*, Dossier management public : le chantier de la modernisation, n° 85, septembre-octobre 1991, pp. 51-53.
- NIOCHE J.P., POINSARD R. (Eds), *L'évaluation des politiques publiques*, Paris, Economica, 1984.
- OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Economiques), *Performance indicators for public telecommunications operators*, Paris, 1990.
- *Environmental indicators*, Paris, 1991.
- PARAPONARIS C, "Quelles pratiques organisationnelles pour la gestion de production en flux tendus ?", *Economies et Sociétés* (série "sciences de gestion"), n° 4/1991, pp. 137-158.
- Performances des services publics locaux*, Paris, Litec, 1990.
- Pour une automatisation raisonnable de l'industrie*, Annales des Mines, n° spécial, janvier 1988.
- ROY B., *Méthodologie multicritère d'aide à la décision*, Paris, Economica, 1985.
- SCHAAL F., "Evolution des indicateurs, indicateur de l'évolution", *Revue Française de Gestion Industrielle*, vol. 9, n° 4, 1990, pp. 27-36.
- SHINGO, *Maîtrise de la production et méthode Kanban*, Paris, Les Editions d'Organisation, 1984.
- SIMON H. A., "The Role of Expectations in an Adaptive or Behavioristic Model", in BOWMAN M.J. (éd.), *Expectations, Uncertainty and Business Behavior*, New York, Social Science Council, 1958, pp. 49-58.
- "Rationality as a Process and a product of Thought", *American Economic Review*, vol. 68, n° 2, 1978, pp. 1-16.
- FAVEREAU O., "Vers un calcul économique organisationnel ?", *Revue d'Economie Politique*, n° 2, 1989, pp. 322-354 .
- "Marchés internes, marchés externes", *Revue Economique*, n° 2, mars 1989 , pp. 273-328.

- MONGIN Ph., "Modèle rationnel ou modèle économique de la rationalité ?", *Revue Economique*, n° 1, janvier 1984, pp. 9-63.
- SIMON A.H., "From substantive to procedural rationality", in LATSIS S. (Ed.), *Method and Appraisal in Economics*, Cambridge, Cambridge University Press, 1976, pp. 129-148.
- SIMON A.H., *Models of bounded rationality : behavioral economics and business organisation*, 2 vol., Cambridge Massachusetts, The MIT Press, 1982.
- TARONDEAU J.C., *Produits et technologies*, Paris, Dalloz, 1982.
- TROSA S., "Le rôle de la méthode dans l'évaluation à travers l'expérience du Conseil scientifique de l'évaluation en France", *Politiques et Management public*, n° 3, septembre 1992, pp. 83-103.
- TERSSAC G. (de), DUBOIS P. (sous la direction de), *Les nouvelles rationalisations de la production*, Paris, Cepadues-Editions, 1992.
- ZARIFIAN Ph., *Vers une sociologie de l'organisation industrielle : un itinéraire de recherche*, Thèse d'habilitation, Paris X Nanterre, 1992.

- Figure 16** : Premières courbes intensité moyenne-durée-fréquence d'occurrence (1913) Premières courbes intensité maximale moyenne-durée-fréquence de dépassement (1920), p. 182
- Figure 17** : Méthode graphique pour déterminer la capacité exigée d'un collecteur en fonction de la surface drainée (1887), p. 201
- Figure 18** : Diagrammes d'évolution dans le temps de deux pluies et des débits correspondants, p. 203
- Figure 19** : Variation journalière du débit des eaux usées, p. 215
- Figures 20, 21, 22** : Modèles d'égouts, pp. 265, 266, 267
- Figure 23** : Dispositifs de nettoyage des égouts, p. 268
- Figure 24** : Exemple de régulateur, p. 271
- Figure 25** : Deux types de déversoir d'orage, p. 273
- Figure 26** : Le siphon, p. 278
- Figure 27** : Schéma de fonctionnement d'un bassin de retenue, p. 303
- Figure 28** : Chambre de déversement avec déversoir gonflable, p. 312
- Figure 29** : Schémas relationnels, p. 406
- Figure 30** : Schéma relationnel : lutter contre l'inondation, p. 407
- Figure 31** : Schéma relationnel : lutter contre la pollution par temps de pluie, p. 408
- Figure 32** : Schéma relationnel : lutter contre la pollution par temps sec, p. 409

Tableaux

- Tableau 1** : Tables de Roe (1840-45), fournissant le diamètre de la canalisation en fonction de la superficie assainie et de la pente de la conduite, p. 189
- Tableau 2** : Evolution des dépenses des collectivités locales (1970-1985), p. 322

Schémas

Schéma 1 : Pollution industrielle, p. 412

Schéma 2 : Pollution accidentelle, p. 421

Fiches de spécification des indicateurs

Fiche 1 : Nombre d'établissements contrôlés et non conformes/nombre d'établissements contrôlés, p. 418

Fiche 2 : Evolution de la qualité du fonctionnement des stations de détoxification, p. 419

Fiche 3 : Nombre d'origines trouvées/nombre d'interventions, p. 425

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE	1
Introduction	2
Section 1. Présentation du sujet de la thèse	3
Section 2. Tour bibliographique	9
1. Approches qui focalisent leur attention sur la technique	9
1.1. Approche "essentialiste" (archétype Heidegger)	9
1.2. Approches centrées sur le procès de production	12
2. Approches qui étudient l'organisation à travers un modèle d'acteur	15
3. Bilan	17
Section 3. Méthodologie générale et portée de la thèse	18
1. Choix méthodologiques	18
2. Portée et limites	22
Section 4. Plan général de la thèse	24
Section 5. Sources et choix de présentation	30
PARTIE I : DES EXEMPLES AU CONCEPT	32
Introduction	33
Chapitre I : La régulation à travers deux exemples sur la longue durée. Taylorisme	
(1880-1980) et métro (1900-1990)	36
Section 1. Le Taylorisme	36
1. Introduction	36
2. La naissance	37
3. Les années de formation (1880-1930)	43
3.1. D'une organisation militaire à l'organisation fonctionnelle	44
3.2. Le plan et la mise en place d'une grille d'ordre	49
4. Les années de routine (1930-1970)	69
4.1. Méthodes	71
4.2. Ordonnancement	73
4.3. Qualité	76
4.4. Entretien	78
4.5. Fabrication	78
4.6. Fonctionnement routinier du système	79

5. Les années de crise (1970-)	81
Section 2. Le Métropolitain	87
1. La naissance	87
2. Les années de formation (1900-1925)	89
2.1. Le voyageur	94
2.2. Le conducteur	97
2.3. Les hommes et les organisations	98
3. Les années de routine (1925-1965)	99
3.1. L'Exploitation	100
3.2. Les rapports entre l'Exploitation et l'Entretien	104
4. Une crise prolongée (1965-)	105
4.1. Le pilotage automatique	108
4.2. Objectivation de la chaîne de communication	110
4.3. Les brisures de cohérences	113
4.4. Le retour de l'usager	118
Conclusion du chapitre I	122
Chapitre II : Le concept de mode de régulation	125
Section 1. De la régulation au mode de régulation	125
1. De la régulation...	125
2. ... au mode de régulation	129
Section 2. Phase A : La naissance et la constitution d'un mode de régulation	132
1. La naissance	132
2. La constitution	136
2.1. Le concept de référentiel	136
2.1.1. Référentiel et communauté d'ingénieurs	137
2.1.2. Les composantes du référentiel	138
Section 3. Phase B : La phase routinière d'un mode de régulation	142
1. De l'ingénieur à l'organisation	144
2. La norme	146
Section 4. Phase C : La crise du mode de régulation	149
Conclusion de la partie I : Mode de régulation : concept ou réalité ?	151

**PARTIE II : LA CONSTITUTION D'UN MODE DE REGULATION DANS
LE DOMAINE DE L'ASSAINISSEMENT (1850-1930) 157**

Introduction	158
Chapitre I : Vers une histoire des pratiques de conception	162
Section 1. L'histoire à travers les concepts impliqués	162
1. Naissance des pratiques	162
2. La pluie	167
2.1. L'évolution du concept (1780-1920)	167
2.2. Une problématique du risque	184
3. De la pluie au débit de dimensionnement	187
3.1. L'Angleterre (1845-1865) : l'observation et l'induction	188
3.2. La France (1850-1860) : l'observation et la déduction	191
3.3. Une formule Suisse (1880)	195
3.4. La machine américaine	197
3.4.1. Les observations toujours	198
3.4.2. Un regard autre : la méthode rationnelle	202
4. Des eaux pluviales aux eaux usées	213
Section 2. Histoire d'une normalisation. Le moment Caquot	216
Conclusion des sections 1 et 2	228
Section 3. Continuité ou discontinuité ? Essai sur l'historicité des pratiques	233
1. Prémisses théoriques	234
2. Illustrations à travers l'opposition méthode empirique/méthode rationnelle	240
3. Considérations finales - Conclusion de la section 3	255
Chapitre II : Histoire de l'évolution de l'objet technique	262
Section 1. Des collecteurs	262
Section 2. Des déversoirs d'orage et des régulateurs	269
Chapitre III : Des mathématiques aux acteurs	276
Section 1. L'utilisateur absent	276
Section 2. Le service et la norme	279
Conclusion de la partie II	283

**PARTIE III : DE LA ROUTINE A LA CRISE. LES MUTATIONS DANS
LE SECTEUR DE L'ASSAINISSEMENT** **287**

Introduction 288

Chapitre I : Urbanisation et routines (phases B et C du mode de régulation) 291

Section 1. L'urbanisation 292

1. L'urbanisation : cause et défi 292

1.1. L'urbanisation en tant que cause 292

1.2. L'urbanisation en tant que défi 295

Section 2. Les paradoxes de la routine 299

Chapitre II : Les mutations actuelles 302

Section 1. Le contexte technique 302

1. Les bassins de retenue 302

2. De nouvelles réponses 304

2.1. Les techniques alternatives 305

2.2. L'informatisation 306

2.3. Objectifs 309

2.4. Informatisation et objet technique 315

Section 2. Le contexte social et économique 317

1. Montée d'une logique patrimoniale 317

2. La qualité de vie 320

3. Contexte économique 321

Chapitre III : Des mutations aux acteurs 323

Section 1. Le service 323

1. Un peu d'histoire 324

2. L'évolution des tâches et du personnel 328

3. Le découpage fonctionnel 330

4. Conclusion de la section 338

Section 2. Les rapports entre le service et les autres acteurs 342

1. Service et Partenaires industriels 342

2. Redéfinition des rapports entre service, Etat
et collectivités territoriales 344

3. Service et autres partenaires 347

Chapitre IV : Vers un nouveau mode de régulation ?	350
Section 1. L'Ancien	351
1. Hiérarchie et juxtaposition	351
2. L'objet technique et la périodicité	351
3. Etat fort, service faible, usager absent	352
4. Le service : cloisonnement et repli sur soi	352
Section 2. Le Nouveau	353
1. De la juxtaposition à l'intégration	353
2. L'objet technique : malléabilité et temps réel	354
3. Etat (coordinateur), service fort, usager présent	354
4. Service : intégration et ouverture	354
Conclusion de la partie III	356
PARTIE IV : QUELQUES INGREDIENTS DU NOUVEAU MODE DE REGULATION	362
Introduction	363
Chapitre I : Position du problème	365
Chapitre II : Présentation du projet	370
Section 1. Présentation générale	370
Section 2. Cadre théorique	373
1. La rationalité procédurale de l'acteur isolé	373
2. De l'acteur isolé à l'organisation	374
Section 3. La problématique "indicateur"	377
1. Indicateurs de performance	377
2. Indicateurs de fonctionnement	380
Section 4. Etat de l'art	382
Section 5. Méthodologie	389
1. Les grandes étapes du projet	390
1.1. Première étape	390
1.2. Deuxième étape	393
2. La place et le rôle de l'équipe de recherche	396
3. Difficultés inhérentes au projet et à la démarche proposée	397

Chapitre III : Déroulement du projet - Résultats	401
Section 1. Déroulement du projet	401
Section 2. Résultats	404
Section 3. Indicateurs retenus	410
3.1. Exemple 1 : la pollution industrielle (chronique)	411
3.2. Exemple 2 : la pollution accidentelle	420
Conclusion de la partie IV	426
CONCLUSION GENERALE	432
Annexe I <i>Petite esquisse d'une histoire de la réception : le Taylorisme et certaines de ses interprétations</i>	440
Annexe II <i>Quelques exemples de techniques alternatives</i>	451
Annexe III <i>Quelques exemples d'ouvrages de régulation télégérés</i>	454
Annexe IV <i>Système de gestion automatisée : objectifs - architecture</i>	457
Annexe V <i>Indicateurs retenus</i>	462
Bibliographie	478
Liste des illustrations	512
Liste des personnes contactées	515
Table des matières	516