



HAL
open science

Une agriculture transitoire au service d'une agriculture pérenne dans un front pionnier Saharien en Algérie. L'eldorado d'El Ghrouss

Farida Amichi

► **To cite this version:**

Farida Amichi. Une agriculture transitoire au service d'une agriculture pérenne dans un front pionnier Saharien en Algérie. L'eldorado d'El Ghrouss. Agriculture, économie et politique. AgroParisTech; Institut agronomique et vétérinaire Hassan II (Maroc), 2018. Français. NNT : 2018AGPT0013 . tel-02611590

HAL Id: tel-02611590

<https://pastel.hal.science/tel-02611590>

Submitted on 18 May 2020

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.

**THÈSE POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR
DE L'INSTITUT DES SCIENCES ET INDUSTRIES DU VIVANT ET DE
L'ENVIRONNEMENT – AGROPARISTECH**

N°: 2018 AGPT 0013

En sciences de l'eau

**École doctorale GAIA – Biodiversité, Agriculture, Alimentation, Environnement, Terre, Eau – n°584
Portée par l'Université de Montpellier**

Unité de recherche UMR G-eau

**Une agriculture transitoire au service d'une agriculture
pérenne dans un front pionnier Saharien en Algérie.
L'Eldorado d'El Ghrouss**

**Présentée par Farida Amichi
le 20/12/2018**

Sous la direction de Sami Bouarfa et Marcel Kuper

Devant le jury composé de

M. Sami Bouarfa, Chercheur, Irstea, Montpellier

M. Marcel Kuper, Professeur, Cirad-IAV Hassan II, Rabat

M. Marc Benoit, Directeur de recherche, Inra, Mirecourt

M. Mohamed Mahdi, Professeur, ENA, Meknès

Mme. Akiça Bahri, Professeur, INAT, Tunis

M. Ahmed Bouaziz, Professeur, IAV Hassan II, Rabat

M. Patrick Caron, Professeur, Cirad, Montpellier

Directeur de thèse

Co-Directeur de thèse

Rapporteur

Rapporteur

Membre du jury

Président du jury

Invité

A toi ma très chère maman,

Sommaire

Liste des photographies	7
Liste de figures	8
Liste des tableaux	9
Chapitre 1 : Introduction générale.....	12
1.1 Introduction	12
1.2 De l'agriculture oasisienne à l'agriculture saharienne.....	12
1.2.1 L'agriculture oasisienne traditionnelle	13
1.2.2 De l'agriculture saharienne coloniale à l'agro-business saharien	15
1.2.3 La néo-agriculture saharienne	18
1.2 Mes premiers pas dans le Sahara.....	22
1.2.1 Les agricultures des Ziban.....	23
1.2.2 El Ghrouss comme terrain d'étude.....	26
1.2.3 Ma rencontre avec les jeunes maraîchers	29
1.3 Lecture de la dynamique agricole d'El Ghrouss à travers la littérature	33
1.3.1 Des exploitations agricoles en transition.....	34
1.3.2 Accès et usages de l'eau.....	35
1.3.3 Le front pionnier saharien : une expansion des terres agricoles	37
1.4 Question de recherche et objectifs	40
1.5 Approche et choix méthodologiques : un territoire de l'eau en expansion	41
1.5.1 L'exploitation agricole à la puissance 2	42
1.5.2 Rendre visible l'eau souterraine	43
1.5.3 Construction d'un territoire de l'eau	46
1.5.4 Une approche prospective pour mettre en débat nos résultats avec les acteurs	47
1.6 Plan de la thèse.....	51
Chapitre 2. Introduction au chapitre.....	55

2.1. Introduction	56
2.2. El Ghrouss, un paysage en expansion composé de serres tunnels et de palmiers	57
2.3. Méthode.....	59
2.4. Résultats	60
2.4.1 Les productions : des serres et des palmiers dattiers.....	60
2.4.2 Différents statuts d'acteurs.....	61
2.4.3... avec des ambitions différentes	63
2.4.4 Diversité d'arrangements contractuels pour l'accès aux facteurs de production	63
2.4.5 Des exploitations agricoles en mutation.....	66
2.5. Discussion	67
2.5.1 Ascension socioprofessionnelle des acteurs : hier métayer, aujourd'hui propriétaire	67
2.5.2 L'expansion territoriale des palmeraies portée par le maraîchage sous serres.....	68
2.6. Conclusion.....	69
Chapitre 3. Introduction au chapitre : Rendre Visible l'eau souterraine.....	72
3.1 Partie 1 : Caractérisation des modalités d'accès et de gestion de forage	73
3.1.1. Introduction	73
3.1.2 Approche et méthodes	74
3.1.3. Résultats	75
3.1.3.1 Modalités d'accès aux forages	75
<i>Procédures formelles d'accès à l'eau souterraine</i>	76
<i>Accès informel à l'eau souterraine</i>	77
<i>Intervention et rôle des foreurs</i>	79
3.1.3.2 Gestion des forages	81
<i>Forages privés</i>	83
3.1.4 Discussion et conclusion	85
3.2 Partie 2 : Construction d'une méthodologie pour estimer les prélèvements des eaux souterraines.....	87

3.2.1 Estimer les prélèvements d'eau souterraine ?	87
3.2.1.1 Nappes captées	87
3.2.1.2 Dénombrement des forages	89
<i>Mesure des débits</i>	91
<i>Les durées d'irrigation</i>	91
<i>Estimation des volumes prélevés</i>	92
3.2.2 Introduction	96
3.2.3 Presentation of the study sites	97
3.2.3.1 Three similar Mediterranean sites in North Africa	97
<i>Three contrasted modes of access to groundwater</i>	99
3.2.4 Methodology	99
3.2.4.1 A user-oriented approach	99
3.2.4.2 Monitoring the pumping wells	100
3.2.4.3 Learning from actors	101
3.2.4. Results: behind groundwater withdrawals, the groundwater use	101
3.2.4.1 The Saïss plain	102
3.2.4.2 The Kairouan plain.....	106
3.2.4.3 The Ziban	112
3.2.5. Discussion	115
3.2.6. Conclusion.....	118
Chapitre 4 : Introduction au chapitre.....	120
4.1 Introduction	120
4.2 Description of the case study and methodology.....	123
4.2.1 The new groundwater-based Saharan agriculture	123
4.3 A pioneer fringe on several fronts.....	126
4.3.1 Lively land markets	126
4.3.2 Water: the ever-increasing number of boreholes	127

4.3.3 Pro-active infrastructure development	128
4.4. Pioneer expansion: three interacting fronts and three contrasting examples	130
4.4.1 Three interacting fronts in El Merhoum.....	130
4.4.2 Waiting for public infrastructure in Lozen.....	131
4.4.3 Land blockages in Ain Skhouna.....	132
4.5 Discussion and conclusion	132
Chapitre 5 : Conclusion générale	137
5.1. Les résultats de thèse et perspectives de recherche.....	137
5.2 Démarche participative multi-acteurs et territoriale.....	142
5.3 Conclusion.....	144
Références bibliographiques	146
Activités scientifiques	164
Abstract	166
Résumé.....	167

Liste des photographies

Photographie 1. Systèmes irrigues oasiens traditionnels (Algérie et Maroc).	13
Photographie 2. Systèmes de production oasienne (Maghreb).	15
Photographie 3. Exploitation phoenicicoles « moderne ».	16
Photographie 4. Production phoenicicole et maraichère sous serres à El Ghrouss (Biskra, Algérie).	20
Photographie 5. Interconnexion des oasis a travers la plantation de palmiers dattiers.	25
Photographie 6. La fête du mouton dans la commune de Ouled Djellal.	26
Photographie 7. Les cultures de plein champ (oignon, gombo, céréales) dans les Ziban.	27
Photographie 8. Des serres « tunnels » a perte de vue dans la région d'El Ghrouss.	28
Photographie 9. La production de tomate sous serre dans la région d'El Ghrouss.	29
Photographie 10. Habitats des jeunes maraichers allochtones.	30
Photographie 11. Exemple de forage prive dans la zone d'étude.	36
Photographie 12. Chantier de réalisation d'un forage agricole avec un dispositif de type forage pétrolier.	44
Photographie 13. Ateliers participatifs.	50

Liste de figures

Figure 1. Les principaux pôles agricoles de la wilaya de Biskra.	24
Figure 2. Représentation des principaux flux migratoires vers Biskra.	31
Figure 3. Délimitation de la zone d'étude de la région des Ziban.....	33
Figure 4. Structure générale de la thèse.	51
Figure 5. Localisation de la zone d'étude (El Ghrouss, Biskra).	59
Figure 6. Contrats agraires entre les acteurs de la plasticulture.	64
Figure 7. Processus de mutations des exploitations agricoles expliquant l'expansion territoriale des oasis.....	66
Figure 8. Statuts multiples des acteurs de la plasticulture et ascenseur socioprofessionnel. ...	68
Figure 9. Caractéristiques des forages à El Ghrouss.....	82
Figure 10. Illustration d'une gestion collective d'un forage à propriété individuelles ou collectives.....	84
Figure 11. Répartition de forages dénombrés sur l'ensemble du territoire de la zone d'étude.	90
Figure 12. Répartition des serres et des palmiers dans la commune d'El Ghrouss (comptage de 2012 Google Earth).	93
Figure 13. Maps of the three study sites (image 2016 ©CNES/ASTRIUM).....	98
Figure 14. Relationship between the annual pumping duration and the annual pumped volume of the dug wells and boreholes.	103
Figure 15. Evolution of the number of electricity connections in the El Ghrouss district....	115
Figure 16. Three types of landscape illustrating the different stages in the development of the pioneer fringe.	125
Figure 17. Three distinct areas based on the differentiated combinations of the three fronts and their effects on the advance of the pioneer fringe.	130

Liste des tableaux

Tableau 1. Profondeur et débit des différentes nappes captées dans la zone d'étude (El Ghrouss).....	88
Table 2. Values of the descriptive variables of the barycenters of the 3 groups identified in the AHC.	107
Table 3. Pumping time measurement and groundwater abstraction (GWA) calculation for each group of the classification.	116
Table 4. Estimated groundwater abstraction (GWA) in 2014 for the different types of farmers identified.....	117

Laboratoire où la thèse a été préparée :

CIRAD, UMR G-Eau ; 361, rue JF Breton 34398 Montpellier cedex 5, France

Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Madinat Al Irfane, B.P.6202, Rabat-Maroc

Chapitre 1

Introduction générale

Chapitre 1 : Introduction générale

1.1 Introduction

Cette thèse porte sur les dynamiques des systèmes agricoles contemporaines observées au Sahara algérien en se focalisant sur un territoire spécifique d'extraordinaire essor d'une agriculture transitoire, la « plasticulture » qui veut dire le maraîchage sous serre, associée à une expansion rapide de plantations de palmier dattier, à partir de l'exploitation des eaux souterraines dans la région de Biskra. La durabilité (sociale, environnementale, économique) de cette nouvelle agriculture saharienne fait l'objet de nombreux débats en Algérie et dans bien d'autres pays en Afrique du Nord et au Moyen Orient (Bisson, 2003). Celle-ci s'éloigne en effet de l'image mythique de l'oasis traditionnelle à trois étages (palmiers, arboriculture, maraichère) qui constituait un exemple parfait de l'adaptation de l'agriculture par des paysanneries solides aux contraintes climatiques d'extrême sécheresse (Fassi, 2017). En même temps elle offre les principales cultures d'exportation de l'Algérie (les fameuses dattes *Deglet Nour*) et approvisionne 40 % des marchés nationaux en produits maraîchers. Cette dynamique que nous avons qualifiée dans cette thèse de néo-agriculture saharienne est le fruit d'une histoire relativement récente faite de transitions et conduit aujourd'hui à une forme d'accélération du temps.

Dans cette introduction générale nous reconstruirons, et réinterprétons dans un premier temps l'histoire récente de l'agriculture au Sahara algérien. Nous nous attacherons ensuite à décrire notre rencontre avec cette agriculture dans la région de Biskra, avec ses acteurs et le cadre de notre intervention qui nous a amené à réaliser cette thèse. Puis, pour problématiser notre sujet, nous proposerons une lecture de la dynamique agricole de notre terrain d'étude fondée sur trois niveaux : des exploitations agricoles en transition ; les conditions de l'accès à l'eau souterraine ; une dynamique du territoire sur front pionnier. Cette lecture nous permettra de préciser nos questions de recherche, les méthodologies employées et enfin la présentation du plan de thèse fondée sur trois chapitres qui reprennent les résultats de trois articles tous acceptés ou publiés, dont deux en première auteur.

1.2 De l'agriculture oasisienne à l'agriculture saharienne

Au fil du temps, l'agriculture au Sahara a connu de multiples transformations agraires. Elle est passée d'une agriculture oasisienne à plusieurs étages de cultures principalement destinées à nourrir ses habitants et les caravanes qui y faisaient escale à une agriculture saharienne intensive aujourd'hui orientée vers les marchés nationaux et internationaux et développée

principalement en dehors des oasis (Côte, 2002). L'évolution de l'agriculture saharienne en Algérie a été particulièrement rapide au cours du 20^{ème} siècle en phase avec les soubresauts de l'histoire avec trois principales phases de transformations passant d'une agriculture oasienne pendant la période coloniale (avant les années 1950s) à une agriculture agro-industrielle (pendant les années 1970s) vers une néo-agriculture à partir des années 1980. Ces différentes phases seront abordées dans cette section.

1.2.1 L'agriculture oasienne traditionnelle

Les déserts sont souvent perçus comme des espaces inappropriés à l'implantation humaine et à l'agriculture. Pourtant et malgré les conditions hostiles, une agriculture est née dans certains déserts, notamment dans le plus grand désert chaud au monde, le Sahara. En effet, dans l'immensité aride du Sahara, on voit apparaître de multiples petites oasis¹, perdues au milieu de cet espace désertique. Ces milieux rendus fertiles, grâce à la présence d'eau, et par un travail de façonnage constant par l'Homme, constituent un véritable espace de vie apte à la végétation et à l'habitation humaine (Bisson, 2003). Pour permettre aux espaces oasiens de prospérer, les hommes ont, de tout temps, contribué à leur construction et entretien. En effet, les oasis du Sahara conviennent naturellement à la culture du palmier dattier à condition qu'elles soient irriguées ou puissent puiser dans la nappe (Bernard, 1939). Pour ce faire, il faut patiemment construire un sol fertile, un microclimat lié à une couverture végétale et à l'usage de l'eau, et des entretiens constants et particuliers pour produire des dattes.



Photographie 1. Systèmes irrigues oasiens traditionnels (Algérie et Maroc).

¹ Le terme oasis a été mentionné pour la première fois par Hérodote autour de 450 av. J.-C. et signifie à l'origine « lieu habité » en égyptien. Sa signification n'a pas cessé d'évoluer au cours du temps, prenant presque une tournure romantique, mais la définition proposée par Lacoste (1992) est aujourd'hui communément admise : les oasis sont des espaces intensivement cultivés en milieu aride dans des zones climatiques froides ou chaudes, marquées par un bilan hydrique déficitaire.

A l'origine, ces oasis étaient des espaces de forêts naturels ou des marais couverts de roseaux, au sein d'un milieu désertique, qu'il a fallu déblayer tout en maîtrisant la disponibilité des sources d'eau souterraine sur le long terme. Dans certaines dépressions (exemple du Souf), il a fallu constamment préserver l'ensablement de cuvettes aménagées en vue de la culture du palmier. Dans d'autres régions, il a fallu creuser des canaux d'irrigation (segua), des bassins de retenue d'eau de pluie et des rigoles d'évacuation des eaux usées. Parfois, les palmiers ont été plantés sur les talus des oueds (exemple du Gourara) ou sur les aires d'épandage de crue. Enfin, certaines oasis sont installées autour des sources. Dans tous les cas, si la présence d'eau reste indispensable pour faire une oasis, elle n'est cependant pas suffisante. Selon Battesti (2015) « *sont également indispensables des hommes organisés en société, munis de savoir-faire spécifiques, pour en assurer l'organisation, la répartition et l'usage, en particulier agricole.* ».

Les oasis sahariennes traditionnelles sont connues pour la complémentarité des différents systèmes de production à savoir une agriculture à deux ou trois strates associée, le plus souvent, à l'élevage (Bisson, 2003). D'abord le palmier dattier qui produit une fois par an des dattes et contribue également à créer un microclimat oasien adapté à la végétation et à la vie en plein désert. La deuxième strate est celle de l'arboriculture fruitière, on peut y retrouver des agrumes, des oliviers, des figuiers et grenadiers ou toute autre arboriculture fruitière. A même le sol, on retrouve des cultures annuelles telles que les céréales, les cultures fourragères et les cultures maraîchères qui changent en fonction des saisons. Cette organisation stratifiée a été construite dans le but d'optimiser le peu d'eau disponible dans les oasis (Kouzmine, 2012 ; Bisson, 2003). Par ailleurs, il existe aussi des oasis sans palmiers, en particulier dans les zones de montagne comme dans la vallée de Draa au Maroc (Aït-Hamza, 1991) et à Chebika en Tunisie (Kassah, 2009). Ces oasis étaient en forte interaction avec les espaces désertiques qui les entouraient. Ces milieux désertiques autour des oasis offrent des terres de parcours et de transhumance pour les nomades, qui se sont progressivement sédentarisés (Alary et al., 2014).



Photographie 2. Systèmes de production oasisienne (Maghreb).

Les oasis du Sahara ont longtemps prospéré grâce notamment aux relations d'échange par caravanes entre ses rives nord et sud (Côte, 2005). Elles ont joué le rôle de plate-forme logistique de ravitaillement entre le 8^{ème} et 18^{ème} siècles (*ibid*). Un lent déclin des oasis a accompagné celui de l'aventure caravanière supplantée par l'ouverture des routes transocéaniques à partir du 16^{ème} siècle (Choplin, 2014). Les oasis perdirent alors progressivement leur rôle, leurs revenus et leurs hommes qui se replièrent sur une agriculture de survie (Côte, 2002). Lors de la première moitié du 20^{ème} siècle, des agronomes et géographes comme E.F. Gautier et De Planhol prévoyaient même la disparition de cette forme d'agriculture ou le simple maintien d'une agriculture de folklore et mythifiée de l'oasis traditionnelle (Dubost, 1986). Cependant, contrairement à ce que prévoyaient ces auteurs, l'agriculture saharienne, et en particulier la phœniciculture (culture du palmier dattier) a connu un très fort développement dans les oasis au cours de la deuxième moitié du 20^{ème} siècle (Dubost, 1992). Cette culture du palmier dattier est ainsi vite devenue la principale source de revenue pour les oasiens, suite à l'engouement des consommateurs pour ce fruit et grâce aux politiques agricoles du début du 20^{ème} siècle encourageant la production de dattes commerciales (Kouzmine, 2012).

1.2.2 De l'agriculture saharienne coloniale à l'agro-business saharien

Durant la période coloniale, le Sahara a connu de multiples mutations. En effet, très vite après la prise d'Alger en 1830, la conquête coloniale française progresse vers le Sud algérien (Kouzmine et al., 2009). Cette conquête répondait à une logique militaire et à laquelle s'ajoutait une volonté d'exploitation de richesses (Bisson, 1996). La conquête militaire française du Sahara a commencé par la prise du Sahara septentrional (Laghouat, Biskra, M'Zab, Ouargla, Oued-Righ) dans les années 1850-1860 (Kouzmine, 2012). Les limites sahariennes furent ainsi définies, et ces vastes territoires furent dotés d'un statut. La création

des « Territoires du Sud » en 1902 répond à cette nécessité (Kouzmine et al., 2009). Cette dernière engendra la mise en place d'un régime juridique et politique, qui perdura jusqu'à l'indépendance du pays. Ainsi pour la première fois, la partie Algérienne du Sahara a connu l'emprise d'un état centralisé qui lui imposa un découpage administratif et des modes de gestion productivistes (Bisson, 1996; Cornet, 1957).

Loin du traditionnel système de production à trois étages de végétation (cultures annuelles, arboriculture, palmiers), les palmeraies se sont dès lors spécialisées et se sont tournées vers la monoproduction de dattes. De nouvelles exploitations phoenicoles « modernes », appartenant exclusivement à des colons, ont été créées principalement dans la Région de l'Oued Righ, et répondant à ces objectifs de production, orientées principalement vers la variété commerciale de la *Deglet Nour* (Côte, 1998; Lakhdari et Dubost, 2014). Plus modestement et plus lentement, la *Deglet Nour* fut introduite aussi dans les oasis traditionnelles.



Photographie 3. Exploitation phoenicoles « moderne ».

Dans ces exploitations modernes, les palmiers ont été plantés en lignes parallèles respectant un espacement précis. Des variétés ont été sélectionnées par rapport à leurs vertus gustatives comme la variété *Deglet Nour* qui a fait l'objet d'une politique volontariste quasi-hégémonique. En effet, la *Deglet Nour* a permis de répondre à l'envie de connecter sur le plan politique les territoires du sud au reste du pays et de contrôler ces espaces. Cette double ambition politique et militaire s'est traduite par la création d'un axe de chemin de fer transsaharien, qui a servi à promouvoir la culture du palmier dattier et à acheminer la

production vers les grandes villes et en métropole française (Bisson, 1996). En 1931², l'initiative de la « semaine du dattier » avait été organisée par les Chemins de fer algériens en collaboration avec les directions des Territoires du Sud et de l'agriculture au Gouvernement Général afin de promouvoir le développement local des Territoires du Sud (Rouzaoud et al., 1932).

Plus tard, durant les années 1950, la découverte de gisements de pétrole dans le Sahara a été accompagnée par le développement de nouvelles techniques d'exhaure. Celles-ci ont par la suite été utilisées pour accéder aux eaux souterraines profondes. Les forages de plus en plus profonds, ont ainsi permis de décupler la capacité d'exhaure et par là-même occasion les superficies des palmeraies rendues indépendantes de la localisation des sources d'eau (Blin, 1990). L'exploitation de la ressource en eau souterraine profonde, rendue possible grâce aux nouvelles techniques d'exhaure, a ainsi profondément modifié les perspectives de l'agriculture au Sahara et ont progressivement fait émerger l'idée d'une agriculture non plus « oasienne » mais « saharienne »" (Côte, 2002).

Après l'indépendance du pays en 1962, et dans le but d'atteindre l'autosuffisance alimentaire et réduire la facture d'importation, l'État algérien a promu le développement agricole du Sahara, plus particulièrement, à travers la céréaliculture (Dubost, 1991). Ce développement était basé sur le modèle « agro-business », fondé sur l'exploitation des eaux souterraines pour irriguer l'équivalent d'une superficie de 30 à 50 ha à l'aide de grands systèmes d'irrigation par pivots importés et de combustibles fossiles bon marché pour cultiver des céréales, en dehors des oasis existantes (Bisson, 2003; Côte, 2002). L'idée de cultiver des céréales à grande échelle en plein désert est apparue techniquement possible dès les années 1980. Inspirés du modèle californien, des cercles verts irrigués par rampe pivots sont apparus dans les déserts de l'Arabie et du Sahara. Au Sahara algérien, les périmètres irrigués de grande mise en valeur ont pris la forme de rampes-pivots étalés sur des centaines d'hectares et basées sur les ressources en eau fossiles de l'Albien. Plus de 35.000 hectares étaient ainsi programmés dans la wilaya d'Adrar (Bisson, 2003).

Cependant, et malgré de fortes subventions de l'État à ce modèle d'agriculture saharienne, les résultats n'ont pas été à la hauteur des espérances (Bisson, 2003; Otmane et Kouzmine, 2013). La faible rentabilité des exploitations, le mauvais entretien du matériel agricole et la non-adhésion des paysanneries locales à cette initiative sont autant d'éléments qui expliquent

² « Semaine du dattier ». Compte rendu général, Alger 1932,

l'échec du modèle agro-business (Bisson, 2003; Lavie et Marshall, 2017). Bensaâd (2011) condamne l'agriculture saharienne céréalière à disparaître en raison de sa déconnexion du contexte biophysique et social local.

1.2.3 La néo-agriculture saharienne

Face à l'échec de l'agro-business étatique dans la grande mise en valeur, les agriculteurs de la petite mise en valeur agricole, promue en même temps par l'Etat que la grande mise en valeur, se sont tournés vers une agriculture plus diversifiée, dont le maraîchage irrigué en dehors des oasis (Otmame et Kouzmine, 2013). Le maraîchage sous serre, appelé localement « plasticulture », a été initialement propulsé par l'état à partir des années 1980 dans les fermes pilotes. Mais de la même façon que les agriculteurs (et artisans) du Souf se sont emparés du pivot commercial pour en faire un pivot artisanal (Rebai et al., 2017), les agriculteurs des Ziban (et ailleurs) se sont progressivement appropriés la plasticulture comme nouveau fer de lance de l'agriculture saharienne (Khiari, 2002). A l'inverse de l'agriculture céréalière qui n'a pas connu une forte adhésion des agriculteurs locaux, la plasticulture a été largement adoptée puis portée par les initiatives privées, et notamment dans la région des Ziban (Côte, 2002).

Dès le début des années 1990, Côte (1991) constate une redynamisation de l'espace saharien qui qualifiera quelques années plus tard, dans son article paru en 2002, de « l'étonnant renouveau de l'agriculture saharienne » (Côte, 2002). Il observe une forte croissance démographique qui se traduit par une extension urbaine des villes et une attractivité du Sahara septentrional. Il note un nouveau dynamisme du marché, des commerces et de l'agriculture. A la fin des années 1990, cette tendance au renouveau se confirme particulièrement dans la région des Ziban. Dubost et Larbi-Youcef (1998) analysent les dynamiques autour des oasis de Tolga et d'El Ghrouss, et autour de la ville de Biskra et de M'ziraa. Ces territoires spécifiques au Sahara disposent d'une large ouverture sur les marchés de consommation grâce notamment au développement des infrastructures routières. Cette forme de « néo-agriculture », portée par des initiatives privées, a été permise et facilitée grâce à un complexe jeu d'acteurs. Il s'est traduit, d'une part, par une reconfiguration du cadre institutionnel régissant l'usage des ressources en eau et d'autre part, par une réadaptation par un socle institutionnel et des dispositifs législatifs incitatifs tels que la loi 83-18 relative à l'accession à la propriété foncière agricole (APFA) de 1983 et le plan national de développement agricole (PNDA) de l'année 2000 (Daoudi et al., 2017).

La région des Ziban et plus particulièrement la commune d'El Ghrouss représentent une situation illustrative et sans doute précurseur de ce renouveau agricole. Les politiques de développement agricole (libéralisation économique, subventions et crédit) au Sahara algérien au cours de ces trois dernières décennies sont passées d'un modèle socialiste à une gestion plus libérale notamment en ce qui concerne la redistribution du foncier agricole. Ce « virage libéral » (Bedrani, 1987) a contribué à déclencher des initiatives privées visant à développer une agriculture de marché, basées sur la conquête de nouvelles terres agricoles supposées « vierges » (Bisson, 2003). Ces nouvelles dynamiques sont apparues sur des terres non mises en cultures telles que les terres de parcours, en dehors des oasis traditionnelles.

La néo-agriculture dans la région des Ziban est basée essentiellement sur la conjugaison de la production maraîchère intensive avec une commercialisation nationale à grande échelle, et de la plantation de palmiers dattiers en monoculture de la variété commerciale destinée au marché national et à l'exportation (Khiari, 2002; Lakhdari et Dubost, 2011), aidée en cela par l'excellente réputation des dattes de la région (en particulier de Tolga). La région des Ziban produit actuellement plus de 40% de la production maraîchère du pays grâce à l'exploitation des ressources en eau souterraine (Assassi et al., 2017). Parallèlement à cela, elle reste la première région phoenicicole du pays en termes de nombres de palmiers qui s'élève à près 25 % du patrimoine national et en termes de production, près de 40 % du volume (Benziouche, 2017). Le patrimoine phoenicicole national est passé de 5.5 millions de pieds en 1959 à 17 millions en 2011 (Benziouche et Cheriet, 2012; Côte, 2002).



Photographie 4. Production phoenicicole et maraichère sous serres à El Ghrouss (Biskra, Algérie).

Une récente étude montre que durant toute l'avant-saison, le marché national est exclusivement approvisionné en tomates provenant de Biskra, et particulièrement de la commune d'El Ghrouss (Assassi et al., 2017). Il ne ressemble en rien au maraîchage historiquement pratiqué dans les oasis traditionnelles sur de petites parcelles à l'abri des palmiers et destiné essentiellement aux marchés locaux et à l'autoconsommation. Ce modèle maraîcher, localisé principalement au pourtour immédiat des oasis, de par son attractivité et dynamisme, contribue à garantir le maintien des oasis traditionnelles (Hamamouche et al., 2015), voire à leurs extension. Cette néo-agriculture saharienne, comme indiqué précédemment, marque aussi sa différence avec l'agro-business (l'agriculture saharienne céréalière) dans la mesure où elle n'a pas été impulsée directement par les pouvoirs publics. Elle est essentiellement portée par des initiatives locales et des investissements privés. C'est un modèle d'agriculture entrepreneuriale porteur d'innovation sociale et technique (Naouri et al., 2017) qui confère aux acteurs une liberté d'action quant à la commercialisation (Assassi et al., 2017), aux arrangements autour de la gestion l'eau (Daoudi et al., 2017) et du foncier (Ouendeno et al., 2015). Il accompagne aussi une recomposition sociale dans les sociétés Sahariennes, donnant l'opportunité à des groupes socio-ethniques une relative ascension sociale (Marouf, 2017).

Le développement de cette néo-agriculture saharienne est comme nous l'avons souligné plus haut, aussi lié à la libéralisation du foncier suite à la loi n° 83-18 du 13 août 1983 relative à l'accession à la propriété foncière agricole (APFA). Cette loi porte sur des terres relevant du domaine de l'État situées en zone saharienne et steppiques susceptibles d'être utilisées, après mise en valeur, pour l'agriculture (Daoudi et al., 2015; Khiati, 2008). Toute personne physique jouissant de ses droits civiques ou toute personne morale de statut coopératif, de nationalité algérienne peut, dans le cadre de cette loi, acquérir des terres agricoles ou à vocation agricole, au prix du dinar symbolique (Ben Hounet et al., 2011). De plus, la loi APFA a permis de réguler des situations d'appropriation informelle du foncier autour des anciennes oasis (Bisson, 2003; Hamamouche et al., 2018).

Le Plan National de Développement Agricole (PNDA) a ensuite amplifié la dynamique agricole à partir des années 2000. Ce plan a subventionné, entre autres, la plantation d'arbres,

la mise en place de réseau d'irrigation (bassin d'irrigation, goutte à goutte) et l'aide à la mise en place de chambres froides pour le stockage des dattes.

Parallèlement à ces dispositifs publics d'encouragement à la mise en valeur, l'agriculture dite « informelle » s'est considérablement développée dans les régions agricoles de l'Algérie aussi bien sur les terres publiques que privées, au Sud comme au Nord du pays. Des mouvements locatifs informels très importants ont été observés dans le Nord du pays sur les terres publiques comme dans la plaine de Mitidja (Ammar Boudjellal et al., 2011; Imache et al., 2011, 2009) et dans le Bas-Chelif (Amichi et al., 2011a ; H. Amichi et al., 2015a ; Amichi et al., 2018). Ces derniers auteurs ont montré que les locataires étaient porteurs de dynamisme économique, d'innovations techniques, telles que le goutte à goutte en irrigation ou de mise en place de forages privés pour accéder à l'eau, et d'innovations institutionnelles par la mise en place de marchés de l'eau informels (Hamamouche et al., 2017a). Cette agriculture informelle est cependant souvent décriée car considérée comme vulnérable sur le plan économique et social, portant une « croissance sans développement » suite à son insécurité juridique qui empêcherait les investissements à long terme (Benachenhou, 2011). Néanmoins, des travaux récents sur les nouvelles formes d'agriculture au Maghreb montrent les fortes interactions entre les institutions formelles et les pratiques informelles (H. Amichi et al., 2015a; Kuper et al., 2017). Bien souvent, les nouvelles formes agricoles intensives actuelles reflètent l'état d'esprit à la fois des nouveaux agriculteurs et des décideurs se focalisant sur l'augmentation de la production agricole (Kuper et al., 2016).

Les régions sahariennes ne sont pas restées en marge de ce phénomène et ont été le théâtre de fortes mutations ces dernières années. En matière agricole, la région des Ziban, grâce à ses potentialités, est devenue la première région phoenicicole du Sahara algérien et la seconde région de production maraîchère d'Algérie, après la Mitidja au Nord du pays. Dans la presse algérienne, cette région agricole est qualifiée de « *nouveau jardin potager d'Algérie* ». Cette région a fortement attiré des investisseurs, des agriculteurs, des commerçants de tout le pays depuis l'introduction des cultures sous serres. Historiquement, les territoires de production maraîchère dans le pays se situaient dans les plaines du nord proches de ses principales villes. Actuellement, ces espaces sont de plus en plus saturés, confrontés notamment au phénomène de l'expansion de l'urbanisation (Imache et al., 2011). Pour assurer une production suffisante tout au long de l'année et faire face à la hausse de la demande en fruits et légumes, on assiste à l'émergence de nouvelles zones de production. Celles-ci émergent particulièrement dans les

zones sahariennes afin d'alimenter les marchés en continue. Grâce à un climat favorable, les cultures d'avant-saison assurent une récolte précoce de la production.

Cependant, ce contexte de boom agricole porté par la néo-agriculture saharienne ces dernières décennies ne saurait occulter la question de sa durabilité économique, sociale et environnementale. En effet, l'augmentation des superficies agricoles irriguées par les eaux souterraines peu renouvelables ont quintuplé au cours de ces 50 dernières années engendrant (une augmentation du nombre d'ouvrages de captage d'eau. De plus, l'introduction de nouvelles cultures très intensives, sont autant de raisons qui questionnent la vulnérabilité de l'agriculture saharienne irriguée (Kuper et al., 2016).

1.2 Mes premiers pas dans le Sahara

Cette thèse s'inscrit dans le cadre du projet de recherche financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR), intitulé « Groundwater Arena » portant sur les vulnérabilités des agricultures irriguées à partir des ressources en eau souterraines (<https://www.groundwater-arena.net/>).

Par ailleurs, ce travail témoigne d'une vive coopération interuniversitaire en lien avec le réseau Systèmes Irrigués au Maghreb, Sirma (<https://www.rcp-sirma.org>) dont l'objectif principal est de constituer un pôle d'excellence de formation et de recherche sur les agricultures irriguées dans des situations de transitions politico-économiques au Maghreb. C'est dans ce contexte que j'ai pu suivre, tout au long de ma thèse, des travaux similaires qui se déroulaient en Tunisie et au Maroc. C'est d'ailleurs pour cette raison que j'ai choisi de présenter un de mes chapitres de thèse (chapitre 3) sous forme d'étude comparative entre les trois pays.

La problématique originale du projet de recherche Groundwater Arena dans lequel s'inscrit cette thèse m'a donc permis de délimiter mes axes de recherche et le choix de mon terrain d'étude : la région des Ziban. Je retrace dans ce qui suit, mes premières investigations dans les Ziban et mes motivations dans le choix du terrain d'étude.

Ce sujet de thèse est né et s'est nourri de l'expérience que j'ai pu acquérir à travers plusieurs séjours dans les Ziban bien avant le début de cette thèse. La première fois que je me suis rendue à Biskra, c'était en 2011 dans le cadre d'un stage de Master. Ce premier contact a fait suite aux conclusions du projet Sirma qui avait pour objectif d'étudier les systèmes irrigués au Maghreb. Après avoir longuement travaillé dans la mythique plaine de la Mitidja, l'équipe de recherche du projet révèle des départs d'agriculteurs du nord vers le sud. Ce constat est

expliqué par : (i) l'agriculture dans le nord de l'Algérie subit la concurrence frontale de l'urbanisation ce qui se traduit par une saturation du foncier et par un accès aux eaux souterraines de plus en plus limité et (ii) à l'inverse, l'ensemble des signaux provenant du sud du pays, le Sahara algérien, faisait état d'un grand dynamisme de l'agriculture. Ces signaux sont bien résumés dans l'interview de monsieur Zergagui, figure emblématique de l'agriculture entrepreneuriale dans la Mitidja qui affirme que « *l'avenir du secteur agricole est dans le sud : l'agriculture saharienne est notre issue* » dans le livre 'La Mitidja 20 ans après' (Imache et al., 2011). La trajectoire des jeunes agriculteurs du nord qui vont trouver un travail bien rémunéré dans le sud pour démarrer dans la vie y est décrite. Cet engouement pour le sud des jeunes agriculteurs et des investisseurs de la Mitidja m'a conduit à entamer mes premières investigations dans la wilaya de Biskra.

Mes premières enquêtes ont principalement ciblé l'agriculture sous serres introduite dans un environnement désertique et qui a bousculé les pratiques et dynamisé l'activité agricole. L'hypothèse de départ considérait que les agriculteurs de la Mitidja étaient exclusivement venus introduire le maraîchage sous serres et que les autochtones quant à eux, continuaient à cultiver de leurs côtés le palmier dattier. Cette vision schématique s'est avérée vite être simpliste. En effet, j'ai observé assez rapidement que le dynamisme de ces agricultures était plus complexe, en forte interaction certainement dû à la mise en commun et au croisement des savoir-faire, des compétences et des ressources.

1.2.1 Les agricultures des Ziban

L'autre apprentissage suite à mes premières investigations était la diversité des systèmes de production dans la région des Ziban, wilaya de Biskra. Je ne parlerai en effet plus « de l'agriculture » de Biskra mais « des agricultures » de Biskra (Figure 1).

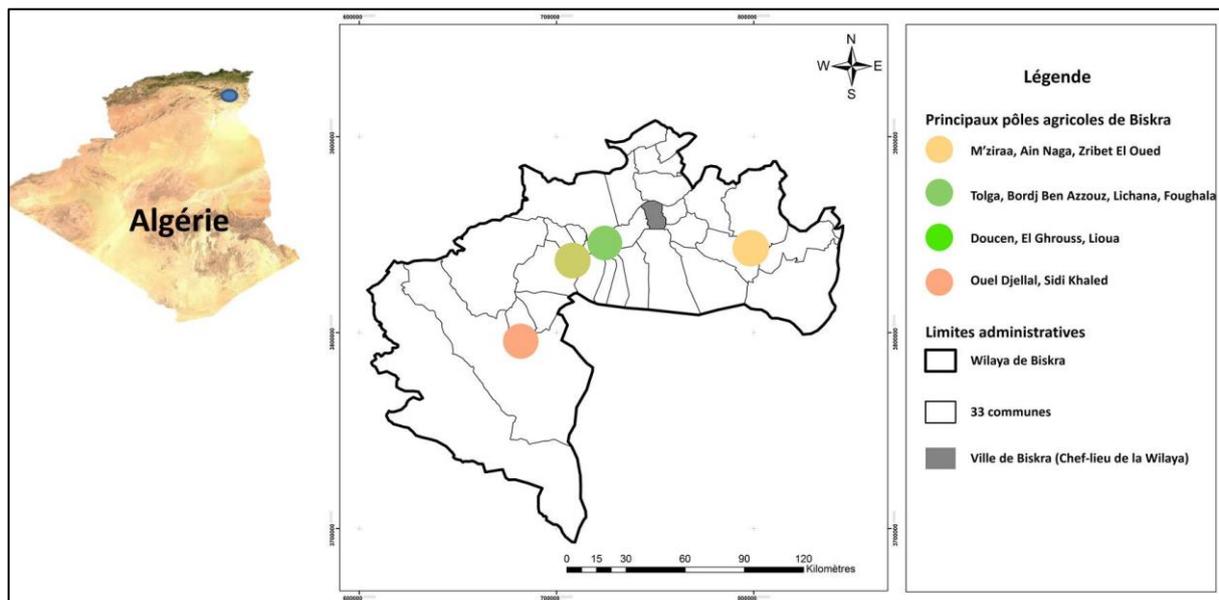


Figure 1. Les principaux pôles agricoles de la wilaya de Biskra.

Les Ziban Est (communes de M'ziraa, Ain Naga, Zribet El Oued) sont réputés pour l'agriculture de plein champ pratiquée en assolement triennal (maraîchage/ légumineuses/ céréales). Cette localité a connu de très fortes mutations agricoles notamment grâce à l'introduction du maraîchage sous serres. On y retrouve des petites serres de type tunnels (8 m x 50 m) mais aussi des grandes serres telles les serres canariennes et les serres multi-chapelles pouvant couvrir une superficie allant de 1 à 5 hectares. L'installation de ces structures et le suivi des cultures sont notamment assurés par des ouvriers venus du Maroc qui devenus par la suite des installateurs entrepreneurs (Bouzidi et al., 2015). Cette région voit le développement de l'agriculture maraîchère reposant sur des investisseurs et de l'agriculture entrepreneuriale (Naouri et al., 2015). Ce schéma de développement incarne la pérennité des investissements surtout que cette région ne bénéficie pas des bonnes conditions pédoclimatiques pour cultiver le palmier dattier.

A l'opposé, les conditions naturelles et pédoclimatiques des Ziban Ouest avaient permis au fil du temps la création d'un ensemble d'oasis éparses étalées sur une dizaine de kilomètres. Selon Côte (2005), une oasis désigne un ensemble de *Ksar* (village fortifié) et son territoire cultivé (palmeraie étagée). Cette agriculture oasisienne a été rendu possible grâce à la disponibilité de ressources en eau de surface et souterraine. D'après Bernard (1939), l'agrosystème oasisien est conditionné par la nature de la ressource en eau mobilisée. Dans le cas du Ziban Ouest, les oasis sont apparues le long des oueds, des cours d'eau descendus

principalement de l'Atlas Saharien (Hamamouche et al., 2017b), et/ou sur la base de sources artésiennes (Côte, 1991; Daoudi et Lejars, 2016).

Toutefois, l'accès à l'eau souterraine profonde a permis à certaines oasis, telles que celles de Tolga, Bordj Ben Azzouz, Lichana, Foughala, de s'agrandir et de s'interconnecter entre elles.



Photographie 5. Interconnexion des oasis a travers la plantation de palmiers dattiers.

Cette interconnexion s'est faite progressivement et à travers la plantation de palmiers dattiers, portée par la variété commerciale *Deglet Nour*, formant ainsi, de nos jours, une même et grande palmeraie d'une centaine de kilomètres carrés. Ces oasis sont actuellement tournées vers la production de la datte et développent un savoir-faire technique liée à ses pratiques culturelles, au stockage et à la commercialisation nationale et internationale. Les phœniciculteurs de ces localités partent ailleurs, dans les localités voisines, à la recherche de nouvelles terres pour accroître leurs investissements. C'est le cas des oasis de Doucen, El Ghrouss, Lioua qui disposent encore de terres nues sur lesquelles sont intégrées de nouvelles formes d'agriculture. Ces néo-agricultures, portées par les acteurs, comprennent l'apparition des cultures céréalières sous pivots artisanales dans la commune de Lioua, ou du maraîchage sous serres à Doucen et à El Ghrouss et précèdent bien souvent l'installation de nouvelles palmeraies.

Parallèlement à la serriculture et la phœniciculture, l'élevage intensif ovin est devenu une activité phare dans les Ziban principalement à Ouled Djellal et Sidi Khaled au sud-ouest de la wilaya. L'activité est si importante que la race ovine la plus importante en Algérie porte le nom de l'oasis de Ouled Djellal (Photographies n°6).



Photographie 6. La fête du mouton dans la commune de Ouled Djellal.

Chaque année, on y organise la fête du mouton car considérée comme étant l'épicentre de l'élevage ovin dans le pays. Toutes ces dynamiques côtoient une agriculture plus traditionnelle, notamment dans les anciennes oasis qui aujourd'hui encore, sont maintenues, en déclin, ou complètement abandonnées.

1.2.2 El Ghrouss comme terrain d'étude

Après avoir visité et observé plusieurs oasis et identifié la diversité des dynamiques agricoles des Ziban, j'ai souhaité étudier de près une zone qui a su à la fois maintenir et développer la culture du palmier dattier et introduire de nouvelles cultures. El Ghrouss répond à cette caractéristique car elle associe deux systèmes de cultures à fortes valeurs marchandes. Le premier est celui du maraîchage sous serre, une activité introduite depuis les années 1980 (Khiari, 2002), et qui aujourd'hui permet la conquête de nouvelles terres et la mise en place d'une nouvelle activité agricole sur ces terres fraîchement occupées. Le second système de production repose sur la création de nouvelles exploitations phoenicoles. Il est exclusivement porté sur la culture de la *Deglet Nour*, une variété de datte à forte valeur marchande. Contrairement à la culture du maraîchage sous serres, la culture du palmier dattier reste considérée comme étant une activité « ancestrale » mais tournée cette fois-ci vers le marché et est l'essence même de l'existence de la vie oasienne, même si, dans sa forme actuelle, elle est très différente des systèmes de production traditionnels, en termes de pratiques agricoles, d'insertion sur le marché et même en termes de calendrier de récolte. Toutefois, l'implantation du palmier dattier marque la sédentarisation des producteurs et la pérennité de l'activité agricole.

Le choix s'est donc porté sur l'étude du fonctionnement du territoire et de l'agriculture d'El Ghrouss qui représente un véritable renouveau de l'agriculture saharienne. El Ghrouss se caractérise par importantes transformations agraires, socio-économiques, socio-hydrauliques, etc. En particulier, la région a subi deux transformations majeures.

La première transformation qu'a connue ce territoire a été le tarissement des sources artésiennes dans les années 1950 et le recours progressif à l'eau souterraine par pompage. A l'origine conçus pour fonctionner essentiellement à partir de l'eau qui était exploité par écoulement gravitaire (sans pompage), les systèmes de production oasiens reposent désormais de plus en plus sur un usage massif des eaux souterraines pompées. Le recours grandissant à l'eau souterraine, par le biais des puits et (surtout) des forages de plus en plus profonds, a bouleversé les stratégies agricoles. Les prélèvements d'eau souterraine sont essentiellement privés et sont permis grâce aux progrès techniques à travers l'apparition des motopompes, du raccordement au réseau électrique, mais aussi aux innovations humaines et institutionnelles (réseaux et organisations d'acteurs informels).

La deuxième transformation qu'a connu ce territoire est le passage d'une agriculture oasienne traditionnelle à une agriculture saharienne plus intensive et entrepreneuriale (Daoudi et Lejars, 2016). La culture du maraîchage a beaucoup évolué dans les Ziban. Sous les palmiers pour une agriculture de subsistance, de plein champ en extensive ou sous serres en intensive, la production maraîchère a impulsé et accompagné les transformations de l'agriculture saharienne.



Photographie 7. Les cultures de plein champ (oignon, gombo, céréales) dans les Ziban.

Les cultures de plein champ, sont essentiellement dominées par la production céréalière et de légumineuses en hiver telles que les fèves et les petits pois et les cucurbitacées et le piment en été (Photographies n°7). En ce qui concerne les cultures sous serres, celles-ci sont plus récentes dans le paysage agricole des Ziban. Les résultats encourageants en termes de

précocité et productivité ont permis un accroissement important des cultures sous serres. Plus de 80% du potentiel se localise particulièrement dans les communes d'El Ghrouss, Doucen, et M'ziraa (Photographies n°8).



Photographie 8. Des serres « tunnels » a perte de vue dans la région d'El Ghrouss.

A El Ghrouss, les premières serres ont été construites au début des années 1980 dans ce qu'on appelait à cette période les « fermes socialistes autogérées », des fermes pilotes gérées par l'État. La mise en œuvre du programme APFA en 1983 a permis l'implantation de plus de 13.000 serres (Khiari, 2002) et de redynamiser ainsi la production maraîchère. Après le tournant de 1987, plus précisément après la réorganisation de l'agriculture socialiste relative à la loi de 87-19 (Baci, 1999), les membres des anciens collectifs autogérés ayant acquis un nouveau savoir-faire, ont tenté cette expérience à titre individuel au sein de leurs propres exploitations. La pratique commençait alors à se répandre mais ne concernait que quelques agriculteurs. Plus tard, durant les années 1990, l'Algérie a souffert du terrorisme et a connu une décennie meurtrière. Des agriculteurs du nord sont venus se réfugier à El Ghrouss car celle-ci, comme beaucoup de villes du sud, était épargnée de cette tragédie. Ces premiers agriculteurs « du nord » ont contribué aux dynamiques maraîchères en apportant leur savoir-faire, permis grâce à l'hospitalité des communautés oasiennes.



Photographie 9. La production de tomate sous serre dans la région d'El Ghrouss.

Durant les années 2000 et après la décennie noire, le PNDA (Plan National de Développement Agricole) a accompagné cette dynamique par des aides publics en investissement et en subventions matérielles accordées aux agriculteurs. Ces aides se sont traduites par l'acquisition de nouvelles serres, l'installation du réseau de goutte à goutte pour l'irrigation, mais aussi par la plantation de nouveaux palmiers dattier de variété commerciale et la construction de chambres froides pour le stockage des dattes à haute valeur marchande.

1.2.3 Ma rencontre avec les jeunes maraîchers

Concrètement, mon expérience du terrain a pris la forme de différentes rencontres avec des hommes et des femmes dans les Ziban. Et pour cause, ils sont les acteurs du dynamisme observé que je cherche à analyser. De façon pragmatique, je suis d'abord allé à la rencontre des jeunes maraîchers, originaires de la Mitidja, mais cela m'a conduit assez rapidement à la rencontre des phœniciculteurs et d'être au sein des foyers des oasiens. Comme expliqué ci-dessus, je suis allée au départ à la recherche des maraîchers venus de la Mitidja, qui s'avèrent être des jeunes hommes parfois encore adolescents. La notion de jeune est théorisée et est abordée à travers plusieurs sens : la jeunesse en tant qu'action, en tant qu'identité, en tant que transition, en tant que génération. Jones (2009) décrypte cette terminologie dans son livre intitulée « *Youth* » et analyse l'évolution de son usage dans le temps. Pour ma part, je vais reprendre le terme de « jeune » comme étant un construit social qui varie entre les sociétés et

au sein des sociétés (Bourdieu, 1994; White, 2011), écartant ainsi la notion d'âge. Allant dans ce sens, des études sur les jeunes ruraux au Maghreb ont inclus des agriculteurs d'âge avancé car ces derniers se considèrent eux même comme étant des jeunes et sont définis ainsi par leur entourage (H. Amichi et al., 2015b ; Bouzidi et al., 2015 ; Faysse et al., 2015 ; Kadiri et al., 2015). Ces études sociales témoignent de la place importante que tiennent les jeunes ruraux dans le paysage agricole.

Mon expérience auprès des jeunes agriculteurs du nord venant principalement pour cultiver le maraîchage sous serres à des centaines de kilomètres de chez eux m'a particulièrement interpellée. Pour comprendre les logiques et les motivations de ces flux migratoires vers le sud, j'aimerais décrire brièvement leurs trajectoires. Certains ont à peine 16 ans et viennent pour apprendre le métier et s'acquérir une épargne d'argent. Parfois ils sont pris de passion pour le métier d'agriculteur et espèrent gravir l'ascenseur socio-professionnel alors que pour d'autres, cette épargne leur servira d'apport dans d'autres projets. D'autres encore ont la vingtaine et sont réputés pour leur savoir-faire, notamment dans la tomate sous serres. Ils ont déjà une bonne expérience et commencent à investir dans leurs propres serres. Les trentenaires sont, pour certains d'entre eux, investisseurs et emploient les plus jeunes dans leurs serres. Tous ces jeunes agriculteurs, ont quitté des terres fertiles et un climat tempéré de la Mitidja pour une région aride dont ils n'étaient pas habitués. Ils ont quitté leurs familles et ont dû apprendre à s'entretenir ce qui reste assez rare dans la société algérienne. Ils vivent dans des abris précaires mis en place par leur « employeur » au sein même des exploitations agricoles (Photographies n°10).



Photographie 10. Habitats des jeunes maraichers allochtones.

Dans ces conditions de vie rudimentaires, ils réduisent leurs dépenses courantes et maximisent leurs épargnes. Un quotidien parfois dur à surmonter que certains d'entre eux abandonnent assez rapidement. Dans un pays où le taux de chômage est particulièrement élevé et où la jeunesse est souvent pointée du doigt comme étant fainéante et assistée, ces jeunes, venant chercher un travail dans ce qu'ils considèrent un eldorado, prouvent l'inverse. Ces agriculteurs de l'ombre, qui n'ont pas de statut professionnel, sont totalement oubliés dans les débats politiques et publics. En effet, la question de la professionnalisation agricole a toute sa place dans ce contexte informel. En plus de ceux qui viennent de la Mitidja, On retrouve la même hargne chez ceux qui viennent du Tell, de la steppe ou des hauts plateaux. Ils viennent seuls ou avec leur famille, ils viennent pour constituer une trésorerie ou pour investir dans le palmier dattier. Ils sont présents partout dans la région des Ziban, et contribuent fortement à son dynamisme agricole.

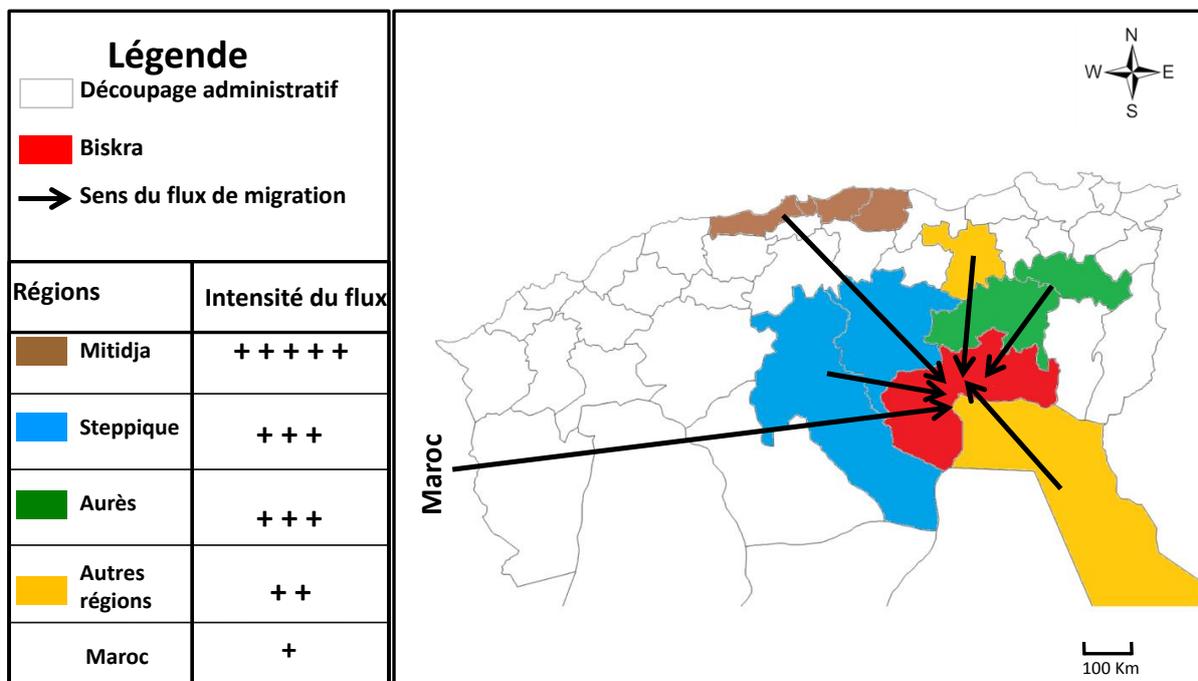


Figure 2. Représentation des principaux flux migratoires vers Biskra.

On retrouve également des agriculteurs venus des régions steppiques voisines (Djelfa et Boussada) présents principalement dans les Ziban Ouest et des agriculteurs des Aurès (Batna, Khenchla) qu'on retrouve plus dans les Ziban Est, en plus des jeunes de la Mitidja (Figure 2). Ces deux flux migratoires répondent à des besoins et ambitions différents. Alors que les premiers, d'un milieu pastoral, viennent vendre leur force de travail dans le but d'apprendre le métier d'agriculteurs et tenter -à long terme- un retour avec un nouveau savoir-faire, les

seconds, artisans bijoutiers venus des montagnes, viennent en famille investir dans l'agriculture en devenant propriétaires. En clair, la Mitidja offre à l'agriculture de Biskra un savoir-faire maraîcher, la steppe une importante force de travail et les Aurès des capitaux. Tout cela est couplé aux potentialités locales des oasiens. Ils ont un savoir-faire phoenicicole incontestable, des capitaux variés et une ouverture vers l'autre grâce notamment aux échanges commerciaux. La nouvelle génération garde la palmeraie dans sa ligne de mire tout en diversifiant son activité agricole. Les oasiens participent pleinement dans les nouvelles dynamiques agricoles que connaît le Sahara.

J'ai beaucoup appris du terrain. Il a été une véritable école qui m'a enseigné la patience et la persévérance. Il a fallu que j'apprenne à poser les bonnes questions pour ne pas passer pour un agent de l'administration, un ingénieur technico-commercial représentant une importante filiale phytosanitaire, très nombreux sur terrain, ou tout simplement, une saugrenue à l'encontre des us et coutumes. Il faut le dire, être une femme dans un milieu masculin est quelquefois lourd à assumer surtout dans un contexte oasien. La communauté oasienne est très conservatrice et pudique. La femme oasienne est absente dans l'espace public mais reste malgré cela, omniprésente dans la vie familiale et est un pilier dans les choix stratégiques quant à la gestion des palmeraies. Si par mon statut de femme j'ai pu manquer certaines opportunités d'échanger longuement dans les cafés avec les agriculteurs, j'ai, néanmoins, eu l'honneur de pénétrer dans l'espace familial et dans leur intimité. Plus j'en savais, plus mes interlocuteurs se confiaient franchement, sans langue de bois. De façon générale, les questionnaires formels se sont vite transformés en lieux d'échanges, de débats et de plaisanteries autour d'une bonne *Chakhchoukha* (plat typique des Ziban) préparée soigneusement par les familles d'agriculteurs ou d'un melon fraîchement récolté et dégusté au milieu des serres. Après plusieurs séjours sur le terrain, j'ai fini par m'attacher à la fois aux jeunes allochtones, porteurs de dynamisme et d'innovation mais aussi aux familles ancrées dans ce territoire. Ce double attachement dans le sens (Callon, 1999) a sans doute orienté mon regard sur ce front pionnier car il m'a amené vers des jeunes maraîchers, à la pointe de l'innovation et de la dynamique du maraîchage sous serre, et vers les familles ayant une vision à plus long terme de la transformation de leur territoire. Selon Callon (1999), le sociologue s'attache aux acteurs pour en devenir le porte-parole, mais il se détache ensuite d'eux pour lui permettre de conceptualiser et théoriser visant à terme un degré de généralisation le plus élevé possible.

1.3 Lecture de la dynamique agricole d'El Ghrouss à travers la littérature

Dans ce qui suit, nous allons inscrire la dynamique d'El Ghrouss dans un débat plus large porté sur la territorialité. En effet, la notion de territoire en transformation nous servira de cadrage théorique afin de comprendre les différentes transformations que connaît le Sahara, notamment grâce à l'apparition des nouvelles technologies ainsi que de nombreuses innovations locales. El Ghrouss représente une des 33 communes de la wilaya de Biskra. Mais, ce n'est pas que le découpage administratif, en tant que tel, qui fait sens dans la notion de territoire mais plutôt l'attachement identitaire, culturel et l'essor de la dynamique agricole ainsi que l'action collective qui le construisent (Antheaume et Giraut, 2005; Khiari, 2002). Le territoire que nous allons étudier et que nous appellerons simplement « El Ghrouss » intègre non seulement la commune d'El Ghrouss proprement dite, mais également les nouveaux espaces rattachés à la dynamique agricole de la zone dans la commune de Doucen (Figure 2). Pour ce faire, nous proposons de lire la dynamique agricole d'El Ghrouss à travers trois principaux niveaux d'analyse et dans une vision dynamique de transition : 1) Un niveau centré sur les transitions agricoles à l'échelle des exploitations agricoles ; 2) Un niveau portant sur l'accès à l'eau et de ses différents usages ; 3) Une échelle du territoire de l'eau.

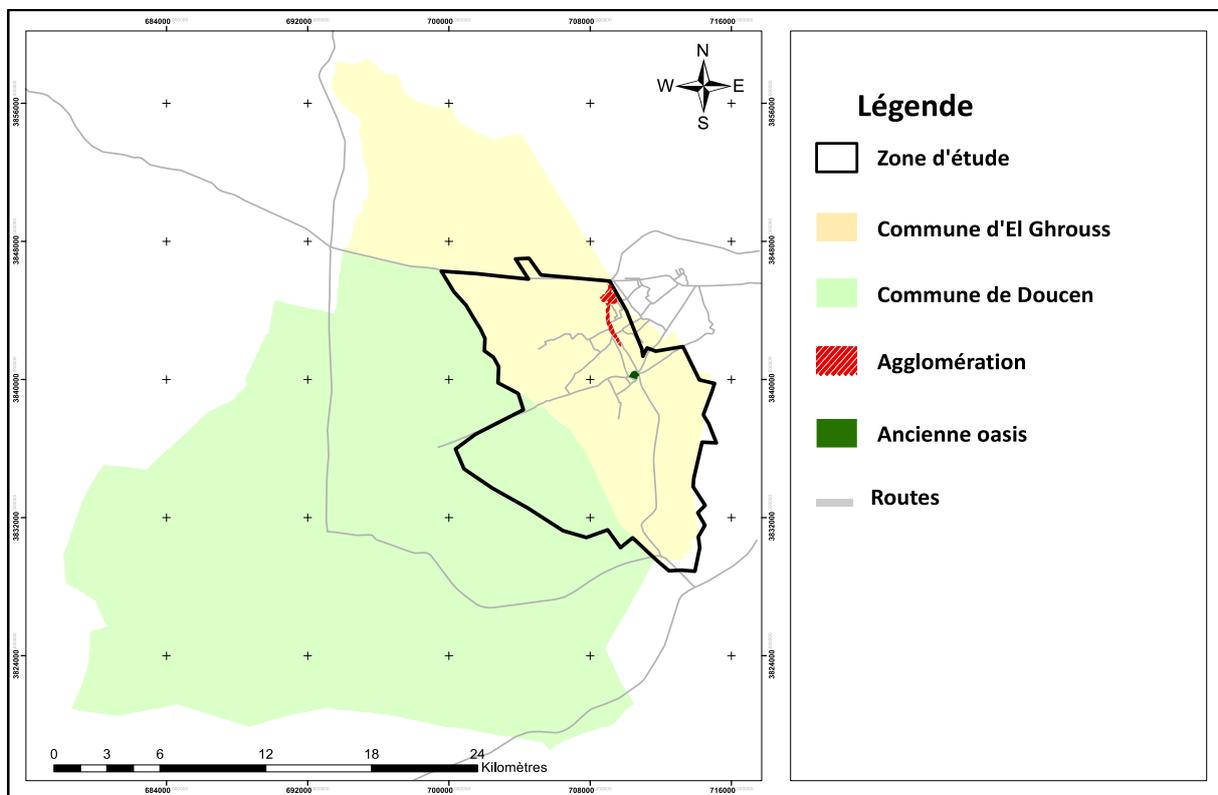


Figure 3. Délimitation de la zone d'étude de la région des Ziban.

1.3.1 Des exploitations agricoles en transition

Dans notre cas d'étude, les espaces nouvellement exploités ont connu plusieurs transformations avant d'intégrer le territoire agraire sur lequel ils reposent. Dans cette thèse, nous postulons qu'avant de créer de nouvelles palmeraies, les agriculteurs ont eu recours à une culture transitoire qui a progressivement transformé le territoire, et qui est un maillon essentiel dans le processus d'expansion territoriale. Dans le cas d'El Ghrouss, c'est le maraîchage sous serre qui a contribué amplement à la mise en place des cultures pérennes.

Les transitions sont définies comme un processus graduel de changement qui transforme le caractère structurel d'un domaine sociétal (Rotmans et al., 2001). Les transitions ne sont pas un processus linéaire mais impliquent un changement dans le système d'un équilibre déjà dynamique à un autre. Selon ces auteurs, on peut distinguer au niveau conceptuel quatre phases de transition différentes : 1) Une phase de pré-développement de l'équilibre dynamique ; 2) Une phase de décollage où le processus de changement commence ; 3) Une phase d'accélération où les changements structurels visibles se produisent à travers une accumulation de changements. Pendant cette phase d'accélération, il y a l'apprentissage collectif, la diffusion et l'intégration des changements ; 4) Une phase de stabilisation où la vitesse du changement social diminue et un nouvel équilibre dynamique est atteint.

D'un point de vue théorique, les phénomènes de transition sont parfois assimilés à des expressions de la complexité émergente des systèmes dans le sens où elles résultent de l'interaction d'un grand nombre de facteurs et sont rarement prévisibles (Parto, 2003). Depuis les années 1990 et 2000, la recherche systémique s'intéresse aux mécanismes de transition qui permettraient le passage des systèmes à fort impact environnemental vers des états plus soutenables. Ces théories renvoient souvent aux institutions car ces dernières permettent de représenter des interactions entre toutes les composantes des sociétés étudiées. Les transitions sont alors appréhendées sous le prisme des institutions qui régulent les évolutions de chaque niveau d'un système donné. Il est alors nécessaire d'inclure dans l'analyse les différents niveaux d'interactions entre les agriculteurs et les autres acteurs (organismes étatiques et acteurs para-agricoles), la difficulté étant que celles-ci sont souvent informelles (Amichi et al., 2018 ; H. Amichi et al., 2015a).

Il existe plusieurs approches pour identifier et analyser les facteurs de transition. Notons par exemple, la méthode d'analyse des transitions (*Transition analysis method*) qui vise à identifier les facteurs de micro-niveau à l'origine des adaptations technologiques des

agriculteurs face aux pressions croissantes sur les ressources naturelles (Bergeron et Pender, 1999). D'autres études se focalisent sur l'importance du rôle joué par les pressions exogènes dans l'évolution des systèmes de production. Leur analyse révèle que les systèmes tirent les conséquences des crises passées pour s'adapter, se renforcer et devenir résilients (Fraser et Stringer, 2009). Piraux et al. (2010) analysent la transition agro-écologique comme une innovation socio-territoriale. Selon les auteurs, la transition ne se résume pas aux changements techniques. Ces techniques ont un caractère instrumental et ne sont que des moyens pour atteindre des finalités prédéterminées par les agriculteurs eux-mêmes. Autrement dit, la transition (agro-écologique), comme l'innovation sociale, correspondent aux changements tant au niveau institutionnel qu'à celui des comportements collectifs et individuels en vue d'une transformation des systèmes de production agricole.

Pour Lamine et al. (2009), la dynamique de changement est appréhendée par les notions de trajectoire et de transition. En effet, la transition désigne le processus permettant le passage d'un état à un autre, l'état final étant défini. Alors que la trajectoire désigne le trajet parcouru, peu d'indications sont données sur l'état final à atteindre (Lamine, 2011; Lamine et al., 2009; Lamine et Bellon, 2009). Ces deux notions sont utilisées pour souligner le chemin parcouru par les exploitations et se rapprochent du courant sur l'adaptabilité des exploitations agricoles.

Finalement, les études qui portent sur les transitions agricoles ont en commun une même trame de recherche, ils montrent que les systèmes étudiés sont soumis à des pressions exogènes qui impulsent souvent des changements des systèmes de production agricoles au niveau de l'exploitation agricole. Néanmoins, ils ne traitent pas des mécanismes de la transition, mais seulement de leurs effets : variation de la productivité, expansion démographique, surexploitation des ressources naturelles, etc.

A partir de ce constat, il nous semble important de comprendre comment les exploitations agricoles s'organisent pour construire et faire face à ces transitions dans la zone d'étude.

1.3.2 Accès et usages de l'eau

L'expansion territoriale d'El Ghrouss suppose une intégration de nouvelles terres agricoles dans le territoire et implique un accroissement des terres irriguées. Dans un contexte aride où les précipitations sont faibles, l'agriculture d'El Ghrouss est basée exclusivement sur l'exploitation des eaux souterraines par le biais de puits et forages. Cette ressource est de plus en plus exploitée, ce qui conduit les agriculteurs à une véritable course au développement de forages de plus en plus profonds, rendue possible grâce aux nouvelles technologies.

Plus généralement, l'exploitation de l'eau souterraine dans les oasis sahariennes suit une dynamique mondiale d'accès à cette ressource de plus en plus individuel et anarchique qui a donné naissance à ce qu'on appelle « la révolution silencieuse » (Llamas et Martínez-Santos, 2005). Plus généralement, l'engouement de l'utilisation de l'eau souterraine par les acteurs agriculteurs s'est en effet déroulé de façon silencieuse, pendant que les États investissaient ailleurs dans des infrastructures hydrauliques pour capter et transporter l'eau de surface (Llamas et Martínez-Santos, 2005; Llamas et al., 2015; Llamas et Custodio, 2002). Dans les régions fertiles du nord des pays du Maghreb, d'importants budgets publics ont été consacrés à l'agriculture irriguée par les eaux de surface, alors que l'irrigation par l'eau souterraine a souvent été portée par l'initiative privée (Kuper et al., 2012). Celle-ci vise une amélioration de la situation socio-économique et technique des agriculteurs et est à l'origine du développement spectaculaire de l'utilisation des eaux souterraines (Fornés et al., 2005; Llamas et Martínez-Santos, 2005).

A l'inverse en Algérie, l'implication de l'état dans l'exploration des eaux souterraines est très importante, en particulier à travers la subvention de forages collectifs et individuels et la création de petits périmètres irrigués basés sur l'exploitation d'un forage collectif (Photographies n°11). D'après Margat (2008), les régions les plus dépendantes des eaux souterraines « *se situent surtout dans des pays de la zone aride ou semi-aride dont les revenus pétroliers ont favorisé le développement de l'exploitation des eaux souterraines profondes (y compris non renouvelables) pour l'irrigation* ». Cependant, l'initiative privée a rapidement pris la relève et a dépassé l'initiative de l'État, comme ailleurs dans le monde.



Photographie 11. Exemple de forage prive dans la zone d'étude.

L'accès aux ressources en eau souterraine a engendré un véritable essor agricole et économique dans beaucoup de pays et a conduit au développement de ce qu'on appelle la Groundwater Economy (GWE), c'est-à-dire, une économie agricole intensive basée sur l'utilisation des eaux souterraines (Qureshi et al., 2003 ; Shah, 2010, 2007 ; Shah et al., 2006). Cette GWE a permis une importante croissance agricole et un renforcement des moyens de subsistance de la population rurale. Dans les pays de l'Asie du Sud, c'est surtout en Inde que le développement de la GWE a été le plus impressionnant (Burke et Moench, 2000; Foster et al., 2000; Shah, 2010). Durant la révolution verte, les superficies irriguées par les eaux souterraines ont connu une augmentation de l'ordre de 178 % contre seulement 34 % enregistrée pour les superficies irriguées par les eaux de surface (Mukherji et Shah, 2005). Depuis le déploiement des politiques libérales à partir des années 1980, les agricultures irriguées des pays de l'Afrique du Nord ont également connu des changements particulièrement rapides orientée vers la pratique des cultures à forte valeur ajoutée destinées au marché (Kuper et al., 2009). En Algérie, par exemple, 88 % de la superficie irriguée dépend de l'exploitation des eaux souterraines (Kuper et al., 2016).

De plus, l'accès à l'eau souterraine par pompage permet un libre accès à l'eau quant à sa quantité et à son emplacement. En effet, les oasis étaient traditionnellement créées à proximité d'un point d'eau et la mobilisation de l'eau se faisait de différentes manières ; soit par la dérivation d'eau de rivières ou des oueds, soit par l'exploitation des nappes souterraines plus ou moins profondes comme dans le cas des oasis tunisiennes du Djérid, du Nefzaoua ou de Gafsa, ou bien par le drainage à l'aide de galeries souterraines de nappes phréatiques situées en amont de l'oasis : c'est le système des khetaras du sud marocain, des foggaras d'Algérie (Touat, Gourara et Tidikelt) ou des qanâts d'Iran. La survie des oasis est alors conditionnée par la mobilisation et le partage de l'eau, perçue comme une ressource rare. Depuis la révolution silencieuse, les oasis ne dépendent plus des ressources en eau originelles mais s'étendent au gré de la disponibilité de la ressource en eau souterraine, qui devient alors dans les yeux de ses utilisateurs une ressource abondante (Kuper et al., 2017).

1.3.3 Le front pionnier saharien : une expansion des terres agricoles

Dans l'analyse de la transition au niveau du territoire, nous différencions d'abord la notion d'espace et la notion du territoire. Le territoire est généré à partir de l'espace et il est le résultat de l'action des acteurs. « *En s'appropriant un espace, l'acteur territorialise* » (Raffestin, 1980). L'espace est alors la « *prison originelle* », alors que le territoire est « *la prison que les hommes se donnent* » selon le même auteur. La notion du territoire a largement

été débattue dans la littérature mais la plupart des auteurs s'accordent pour souligner le sentiment d'identité exprimé par ses habitants et l'existence d'institutions lui donnant sens et gouvernance (Caron, 2017).

Tout en ayant conscience de la multiplicité du sens du concept de « territoire » (Monnet, 2010), nous utiliserons la définition de Vanier pour désigner tout « *espace socialement construit et approprié au point de constituer en même temps un référent identitaire, un cadre de régulation et un périmètre pour l'action publique* » (Vanier, 2010). Néanmoins quel que soit le sens du territoire, tous les concepts ont en commun de s'intéresser aux interactions entre les processus naturels et sociaux intervenant à différentes échelles de temps et d'espace. Le territoire se distingue par l'attention explicite portée aux processus spatiaux ainsi qu'aux institutions et à la gouvernance qui en sont constitutifs. Il faut considérer le territoire comme une institution régulatrice (Boyer, 1986), au même titre que l'État ou le marché. Il est à l'interface de l'action collective et de l'action publique tout en liant dynamiques locales et globales (Caron, 2011). Le territoire permet de stimuler des initiatives locales dans une perspective de développement en impliquant les acteurs territoriaux dans des initiatives plus larges. Le concept du territoire développé dans la géographie française, manifeste aujourd'hui un intérêt aussi bien dans le monde anglo-saxon que francophone. Selon Caron (2017) le mot « *territory* » dans le monde anglo-saxon se définit comme étant une zone pour laquelle un animal ou une puissance conquérante essaye de contrôler et se bat pour la protéger. Ce qui ne reflète pas le véritable sens du terme territoire à la française, la terminologie anglaise analogue serait davantage celle de « *landscape* ».

Le territoire est modulable et a tendance à s'accroître lorsque l'espace n'est plus suffisant. On introduit alors la notion d'expansion territoriale. Elle renvoie à la notion de quête de nouveaux espaces à intégrer dans le territoire. Ces nouveaux espaces sont reliés de manière spécifique au territoire dans lequel ils s'insèrent et obéissent à ses propres logiques. En agriculture, lorsque ces nouveaux espaces semblent « vierges » de toute mise en culture, on parle de « front pionnier agricole ». Néanmoins, ce n'est rarement un espace complètement vierge, il abrite d'une manière ou d'une autre, une activité humaine. Dans le cas du Sahara, les espaces non cultivés sont souvent des terres propices au pâturage (et transhumance) (Bisson, 1991). Le territoire agricole se développe alors au gré des facteurs de production, des initiatives privées et des actions publiques repoussant ainsi les limites agricoles.

Pour Albaladejo et Tulet (1996) « *les fronts pionniers représentent les processus de transformation du milieu naturel menés ou subis par différents acteurs d'une société afin de*

mettre en place les conditions de leur maintien et de leur survie ». Le front pionnier avance tout en repoussant progressivement la frontière agricole (Becker, 1990; Droulers, 2001; Léna, 1997; Théry, 1989; Velho, 1976). Un front pionnier, naît, avance, se structure et s'intègre peu à peu aux régions plus anciennes. Le front pionnier est défini comme étant une intégration de terres supposées vierges. Cette première définition fut élaborée par une série d'articles de l'historien et sociologue J. F. Turner de 1893 à 1918, qui expliquait l'influence de la frontière sur l'identité nationale américaine (Slatta, 1997). Frederik Jackson Turner (1893) envisage la frontière comme front de colonisation, comparée à une vague ou une marée (*tidal frontier*), par rapport à un espace vierge ou ouvert dont le meilleur exemple est l'Ouest américain. Le front pionnier est un espace soumis à une vague de peuplement et d'exploitation témoignant d'un processus d'appropriation de nouveaux territoires, considérés comme un milieu vierge de toute trace de « civilisation moderne ». Bowman (1931) énonce pour la première fois le terme de « Pioneer fringe » pour contester la formulation de Turner : « *Plutôt que de « front » il vaut mieux parler de « frange pionnière », car c'est rarement par une coupure brutale mais plutôt par une progression plus ou moins rapide que l'on passe des espaces organisés à ceux qui le deviennent* » (Monbeig, 1966). En 1987, Igor Kopytoff adapte la notion de front pionnier à la situation africaine. En réalité ce n'est pas un espace vierge auquel font face les « gens de la frontière » (*frontiersmen*) comme dans la *tidal frontier*, mais à un processus continuellement recommencé de colonisation de frontières « internes » ou « interstitielles », opérant aux marges des entités socio-politiques déjà constituées (Kopytoff, 1987). Ainsi, la frontière interne africaine de Kopytoff n'a rien de naturelle. Elle n'est pas réductible à l'espace ou au biologique, mais à des ordres sociaux et culturels pleinement constitués et des entités socio-politiques organisées, y compris quant à leurs rapports avec leur environnement spatial et naturel. Ces entités ne sont pas isolables des dynamiques régionales dans lesquelles elles s'insèrent, tant du point de vue de leur organisation interne que du point de vue de leurs « limites » (*boundaries*) avec les autres entités socio-politiques environnantes. Le terme de front pionnier a déjà été associé aux régions sahariennes. Bisson (1991) l'avait utilisé au début des années 1990 pour décrire la néo-agriculture dans la région de Nefzaoua en Tunisie. Par la suite, Côte (2002) et Khiari (2002) ont repris le terme pour décrire les processus de conquête de nouvelles terres agricoles et de mise en valeur autour des anciens îlots oasiens.

Pour notre part, tout au long de cette thèse, nous employons le terme de « frange pionnière interne » pour désigner cet espace de mutations où le processus de remodelage permanent des

sociétés oasiennes dû aux transformations des vocations agricoles, aux migrations, à l'appropriation de nouvelles ressources et à la construction de nouvelles entités institutionnelles. Cette notion nous permettra de mettre l'accent sur l'action collective dans les sociétés oasiennes dans un contexte de transformation territoriale des Ziban.

1.4 Question de recherche et objectifs

Dans la littérature, l'approche de la transition agricole a souvent consisté à analyser les transformations des systèmes de production a posteriori pour pouvoir, entre autres, calquer des schémas déjà validés sur d'autres situations. L'objectif de la thèse est d'analyser les changements agraires dans leur contexte actuel pour comprendre les mécanismes de transition agricole au sein d'une frange pionnière et ainsi dévoiler les processus de construction de nouveaux territoires de l'eau. Pour ce faire, nous proposons d'étudier la frange pionnière d'El Ghrouss comme espace de transition agricole « en train de se faire ». La question fondamentale que nous posons dans le cadre de notre thèse est la suivante :

Comment un territoire de l'eau se construit-il à travers une agriculture transitoire dans une frange pionnière saharienne ?

Sur le plan empirique, notre recherche s'ancre dans l'étude d'une région agricole du Ziban Ouest dans le Sahara algérien. Cette région singulière a été choisie d'une part, parce qu'elle a fait l'objet d'une forte extension territoriale caractéristique des fronts pionniers et d'autres part, les nouveaux espaces nouvellement intégrés au territoire abritent des transitions agricoles avant de se stabiliser et faire un avec le territoire oasien.

Pour répondre à notre question de recherche, nous proposons de nous appuyer sur un cadre d'analyse de la transition à trois niveaux, tel qu'explicité précédemment. Il s'agit alors d'analyser la frange pionnière d'El Ghrouss en transition sur la base de la triple relation entre **les acteurs, les ressources en eau et l'espace** caractéristique d'un territoire de l'eau en train de se construire (Ghiotti, 2006). Pour cela, trois sous-questions ont été formulées.

Premièrement, nous commencerons notre recherche par l'étude des exploitations agricoles qui représentent le niveau d'organisation élémentaire de la production agricole et où les transitions agricoles sont particulièrement observables. Chaque exploitation agricole est structurée autour d'un forage sur lequel repose une dynamique agricole, et qui mobilise tout un ensemble d'acteurs. Cette partie sera abordée à travers la sous-question suivante :

Comment les arrangements agraires et les logiques d'acteurs se conjuguent-ils au sein de l'exploitation agricole et comment dévoilent-ils les mécanismes de l'agriculture transitoire ?

Deuxièmement, nous avons pour but de rendre visible l'eau souterraine à travers l'évolution de son accès et de son usage. En effet, son caractère invisible et son rôle crucial dans l'expansion territoriale renforce l'intérêt de mettre en lumière l'eau souterraine, en particulier dans un contexte saharien de transition agricole. Les transitions agricoles et l'expansion territoriale que connaît le territoire influent, de fait, sur l'évolution de l'accès et de l'usage de l'eau souterraine. Cet objectif sera abordé à travers la sous-question suivante :

Quelles sont les modalités d'accès et d'usage de l'eau souterraine et comment la gestion de cette ressource vulnérable est-elle pensée par les différents acteurs dans la construction d'un nouveau territoire de l'eau ?

Troisièmement, nous terminerons notre étude par l'analyse de la frange pionnière qui est cet espace de transition où le processus de quête spatiale est plus ou moins avancé, et qui, dans sa finalité, permet ou pas la création d'un territoire de l'eau. Ceci amène à se poser la sous-question suivante :

Quels sont les mécanismes permettant la construction d'une frange pionnière et quels en sont les résultats pour la transformation territoriale ?

1.5 Approche et choix méthodologiques : un territoire de l'eau en expansion

Notre approche, que nous voulons interdisciplinaire à l'interface entre l'agronomie, les sciences de l'eau et la géographie, a été développée pour analyser les dynamiques sur la frange pionnière d'El Ghrouss. Elle est inspirée de diverses approches empruntées à plusieurs disciplines. D'abord, nous avons emprunté à l'agronomie et à l'économie agricole l'approche systémique afin d'analyser les pratiques agricoles à l'échelle d'une exploitation agricole. L'exploitation agricole est ainsi considérée comme le premier maillon de la dynamique de transition regroupant plusieurs acteurs économiques. Ensuite, nous nous sommes inspirés des sciences de l'eau afin de rendre visible la relation entre les dynamiques agricoles et l'accès et les usages de l'eau souterraine. Enfin, nous avons emprunté le concept des territoires et des fronts pionniers à la géographie. Parallèlement à cela, nous avons eu recours, tout au long de la thèse, à une approche prospective mobilisant plusieurs outils participatifs à savoir la carte parlée, le jeu de rôle et la photo-participation pour mettre en débat nos résultats avec les acteurs.

1.5.1 L'exploitation agricole à la puissance 2

Dans cette thèse, nous nous posons la question du développement territorial d'une agriculture transitoire. L'analyse des mécanismes de l'agriculture transitoire se fera à travers l'étude de l'exploitation agricole. Cette dernière témoigne de toutes les transformations agraires nécessaires pour passer d'une terre supposée vierge vers une exploitation phoenicicole en passant par une culture transitoire. En effet, les dynamiques agricoles d'El Ghrouss décrite en amont, se matérialisent particulièrement à l'échelle de l'exploitation agricole. En plus de l'analyse de l'évolution des systèmes de production à l'échelle de l'exploitation agricole, nous nous sommes également intéressés à son environnement en identifiant et en caractérisant les acteurs (agricoles et para-agricoles) impliqués dans la dynamique agricole ainsi que les modalités de coordination entre eux.

Dans le but de mettre en lumière les jeux d'acteurs dans la frange pionnière, nous avons mis en œuvre une approche par systèmes de production. Nous avons conduit une analyse à l'échelle de l'exploitation agricole. A partir de cette échelle d'analyse, nous avons été confrontés aux effets des mutations agraires sur l'exploitation agricole. Classiquement, l'exploitation agricole est définie comme étant une unité de production sous la direction d'une seule personne, où tous les facteurs nécessaires à la production sont réunis, quel que soit le mode de faire valoir de ses parcelles regroupées ou morcelées. L'exploitation agricole était souvent vue comme un patrimoine transmis d'une génération à une autre combinant forces de travail, savoir-faire, droits d'accès à des ressources naturelles, bâtiments et cheptels. En d'autres termes, elle s'inscrivait dans l'histoire de territoires ruraux en évolution lente. De nos jours, l'exploitation redevient un objet complexe dont les contours et le concept sont continuellement réinterrogés. Des études plus récentes montrent que le concept d'exploitation agricole est en mutation rapide (Pichot, 2006), notamment dans un contexte de libéralisation des échanges, d'intensification de production, d'augmentation des contraintes environnementales et d'augmentation des coûts de production. La notion d'exploitation agricole « renvoie à des réalités économiques et sociales trop diverses pour qu'elle puisse servir à délimiter un secteur productif qui ait une existence institutionnelle unique et qui fait l'objet de soutien des politiques de développement agricoles et rurales » (Laurent et Rémy, 2000). En plus des enjeux scientifiques de la mise en débat de la redéfinition de l'exploitation agricole, la délimitation précise des groupes sociaux qui la constituent et qui bénéficient des soutiens étatiques devrait faire l'objet de débats pour les pouvoirs publics. L'analyse à

l'échelle de l'exploitation agricole permet de mettre en évidence la diversité des acteurs agricoles. Ces acteurs évoluent grâce à la mise en commun des ressources (*resource pooling*).

Pour une meilleure compréhension des interactions autour des différents moyens de production, nous nous sommes inspirés de l'approche de l'économie néo-institutionnelle des organisations qui traite en particulier des modes de faire valoir indirects en agriculture et des contrats agraires (Colin, 2002). Le mode de faire-valoir décrit la relation entre le propriétaire de la terre et celui qui l'exploite. Ainsi, une terre est en faire valoir direct lorsque celle-ci est la propriété de la personne physique ou morale qui l'exploite. Alors qu'une superficie en faire valoir indirecte est exploitée par une personne autre que son propriétaire par le biais de contrats de location et/ou de métayage. Ces derniers s'opèrent de manières informelles permettant des stratégies de développement d'une agriculture productiviste (Amichi et al., 2011a; Ammar Boudjellal et al., 2011). En effet, les arrangements informels permettent des stratégies de survie pour des milliers de petites exploitations agricoles, mais aussi, de plus en plus, des stratégies de développement d'une agriculture productive. Pour comprendre les jeux d'acteurs au sein et entre les exploitations agricoles, nous avons alors adopté une démarche compréhensive basée essentiellement sur des enquêtes de terrains conduites de manière individuelle et collective. Les résultats de cette approche ont permis de mettre en lumière les interactions entre deux types de systèmes de production à savoir la culture maraîchage sous serres et la culture du palmier dattier. Celles-ci sont interconnectées au sein d'une même exploitation agricole formant un modèle d'exploitation à la puissance deux. La puissance deux, comme nous allons le voir dans le chapitre 2, est due à deux systèmes de cultures, deux modes de faire valoir, deux ambitions d'acteurs, et deux stratégies.

1.5.2 Rendre visible l'eau souterraine

A El Ghrouss, la trajectoire de l'exploitation agricole à la puissance deux est particulièrement illustrative du phénomène de transition agricole dans la frange pionnière interne qui permet la construction d'un nouveau territoire de l'eau. En effet, dans un contexte d'extrême aridité, c'est la présence de l'eau souterraine qui permet au territoire d'évoluer et de s'étendre. L'accès à l'eau est à la fois facilité par les nouvelles technologies et grâce à une organisation sociale. Ces nouvelles techniques de forages ainsi que l'essor des motopompes de plus en plus performantes ont permis de s'affranchir des contraintes hydriques et de repousser la frontière de l'eau mettant en place un « front vertical de l'eau ». A présent, la demande de nouveaux forages est telle que de véritables entrepreneurs foreurs se sont constitués et réalisent des forages pour le compte des avec un mode paiement à terme. En parallèle, une fabrication

artisanale de matériel de forage a vu le jour, qui, à partir de matériels déclassés par les entreprises pétrolières (Photographies n°12), fabrique des dispositifs de forage montées sur camion (Khiari, 2002).



Photographie 12. Chantier de réalisation d'un forage agricole avec un dispositif de type forage pétrolier.

Notre analyse vise à aborder le territoire d'El Ghrouss à travers la composante eau, notamment en ce qui concerne son accès et ses usages. Ces derniers se font de façon atomisée sur le plan spatial et à travers des logiques et des pratiques d'une multitude d'acteurs actifs autour de l'eau. De plus, les innovations techniques permettent un accès à l'eau de plus en plus facile rendant la ressource de plus en plus sollicitée. L'analyse de ces trois dimensions (acteurs-techniques-ressources), constituant le socle de l'approche de la Gestion Sociale de l'eau développée par Sabatier et Ruf (1995), puis complétée par (Massuel et al., 2018; Riaux et Massuel, 2014), nous permet de comprendre à la fois l'avancée du front vertical de l'eau et du front horizontal de l'eau.

Par le terme vertical, nous faisons allusion au package « acteurs de l'eau-innovations techniques-ressource en eau » qui permet d'avoir des ouvrages de captage de l'eau souterraine de plus en plus sophistiqués en termes de profondeur de captage (puits traditionnels, puits mécanisés, puits approfondis en forages, forages profonds) et des nappes captées : nappes phréatiques de 20 à 60 m et puis aquifères profonds dont les nappes Mio-Pliocène allant de 90 à 250 m, Éocène Inférieur de 90 à 250 m et la nappe Albiennaise allant de 1700 m à 2600 m de profondeur (Notice hydrogéologique du Ministère d'Hydraulique, 1980).

Le front de l'eau « vertical » inclut également l'évolution des moyens d'exhaure (système à seau, pompe centrifuge, pompe verticale et puis pompe immergée), ainsi que les sources d'énergie (force motrice de l'homme et/ou de l'animal, gasoil, groupe électrogène et électricité). D'après Bisson (2003), la deuxième moitié du 20^{ème} siècle a été marquée par une évolution remarquable de l'accès à l'eau souterraine. Cette évolution hydraulique a permis au fur et à mesure de l'avancée technologique de transformer le paysage agricole du Sahara et à redonner vie aux anciennes oasis qui souffrait d'un manque d'eau de surface due aux sécheresses des années 1970 et 1980 (Hamamouche et al., 2017a, 2017b; Idda et al., 2017). Ainsi, dans un contexte d'extrême aridité et où les oasis ont été pendant longtemps créées autour d'un point d'eau, et donc spatialement restreintes et limitées par la disponibilité des ressources en eau renouvelables, l'analyse du package « acteurs de l'eau-innovations-techniques-ressource en eau » permet de pousser l'analyse encore plus loin dans cette thèse, mais cette fois-ci dans le sens horizontal. Cette analyse permet de comprendre comment les acteurs des oasis se sont libérées de ces contraintes physiques en allant conquérir de nouveaux espaces et ainsi développer un front horizontal de l'eau. En clair, les agriculteurs ne sont désormais plus limités à des zones où l'eau est facilement accessible. Ils vont la chercher en profondeur (front vertical) et sur n'importe quelle parcelle à laquelle ils ont accès (front horizontal). Cette dynamique autour de l'accès à l'eau nécessite d'être quantifiée en termes de nombre et de caractéristique des forages d'exhaure ainsi que les volumes d'eau pompés. Cependant, les informations et données disponibles ne traduisent pas la réalité du terrain.

De Stefano et al. (2015) soulignent que les méthodes actuelles pour déterminer les prélèvements souterrains régionaux sous-estiment les interactions des systèmes aquifères complexes anthropisés, ignorent l'utilisateur et ne fournissent pas de clés pour les options de gestion potentielles. Il est alors nécessaire de développer des méthodes spécifiques permettant de déterminer l'accès et l'usage des eaux souterraines. Pour cela, nous avons co-construit une méthode, permettant d'abord le suivi les prélèvements d'eau souterraine par le biais d'enquêtes auprès les agriculteurs et des mesures pour estimer les pompages. Par la suite, on se positionne du point de vue des pratiques et des usages de l'eau en caractérisant les différents usagers et leurs modalités de coordination. Confronter l'approche hydraulique et l'approche des sciences sociales nous permet, ainsi, d'avoir une vision plus exhaustive des modalités d'accès à l'eau souterraines mais aussi à ses usages.

Plus généralement, notre analyse se place du point de vue des usages en lien avec les logiques des acteurs, en identifiant les logiques collectives, mais aussi les logiques individuelles des

agriculteurs en fonction de leur statut et des autres acteurs (institutions de l'état, acteurs para-agricoles). Ces logiques conditionnent grandement les stratégies des acteurs et nous postulons qu'elles conditionnent également l'avenir de ce territoire. Notre objectif est alors de rendre visible l'eau souterraine à travers la mise en lumière des jeux d'acteurs autour de l'accès et les usages de l'eau et au travers de la notion de territoires de l'eau.

1.5.3 Construction d'un territoire de l'eau

Le territoire de l'eau résulte des interactions sociales lors de la mobilisation de la ressource dans l'espace. Il intègre tous les éléments sociaux, politiques, économiques et culturels qui participent à cette mobilisation à travers les initiatives privées et les programmes politiques. « *Du Sahara au Groenland, il y a toujours un territoire de l'eau* » (Alexandre et Arrus, 2004). Les territoires de l'eau sont définis comme étant des « *espaces socialement, naturellement et politiquement constitués qui ont été (re)créés à travers les interactions entre les pratiques humaines, les écoulements d'eau, les technologies hydrauliques, les éléments biophysiques, les structures socio-économiques et les institutions politico-culturelles* » (Boelens et al., 2016). Les territoires de l'eau ont des fonctions, des valeurs et des significations contestées, car ils définissent les processus d'inclusion et d'exclusion, de développement et de marginalisation, ainsi que la répartition des avantages et des charges qui affectent différemment les différents groupes sociaux. Ainsi, les territoires de l'eau résultent des processus socio-écologiques qui transforment continuellement les configurations spatiales.

Dans cette dernière analyse, nous interrogeons également les différents facteurs qui favorisent le développement de la frange pionnière : l'eau, le foncier mais aussi les infrastructures en route pour la commercialisation et en réseau électrique pour l'alimentation des forages. Le processus de « colonisation » de l'espace se construit progressivement et de manière discontinue formant, dans la frange pionnière, un « archipel » (Arrault, 2005). L'analogie qui assimile les oasis à des îles dans le désert est amplement utilisée dans la littérature sur les oasis notamment en Basse-Californie au Mexique (De Grenade et Nabhan, 2013; Nabhan et al., 2010), à Abu Dhabi (Cariou, 2017) et au Cap Vert (Alexandre, 2017). Ainsi, l'archipel constitue une entité reliée à une unité territoriale et connectée au territoire, et donc aux acteurs et les ressources qui le constituent, sur lequel il se superpose. Ce terme semble particulièrement approprié dans le contexte saharien où les ensembles oasiens sont comparables à des îles perdues au milieu de l'océan mais qui reste cependant connectées entre elles.

Nous analysons une frange pionnière saharienne en transition agricole sur la base de la triple relation entre les acteurs, les ressources et l'espace caractéristique du territoire de l'eau. Ces éléments constitutifs du territoire de l'eau ne sont pas hiérarchisables les uns par rapport aux autres, mais sont produits et transformés dans les relations dialectiques qu'ils entretiennent les uns avec les autres (Swyngedouw, 1999). Ces trois composantes (acteurs, ressources et espace) sont abordées à travers les trois chapitres de thèse. Chacun des chapitres mettant l'accent sur une composante de la territorialité.

Ainsi, nous apportons des éléments de réponses à notre problématique de recherche (décrite en 1.4), à travers l'étude de l'exploitation agricole, l'accès à eau souterraine et le front pionnier, en les croisant avec l'analyse des trois composantes du territoire de l'eau à savoir, les acteurs, les ressources et l'espace pour comprendre les mécanismes de quête et de transition de la frange pionnière.

1.5.4 Une approche prospective pour mettre en débat nos résultats avec les acteurs

Parallèlement à cela, nous avons eu recours à une approche prospective mobilisant plusieurs outils participatifs à savoir la carte parlée, le jeu de rôle et la photo-participation pour mettre en débat nos résultats, au fil de l'eau, avec les acteurs. La démarche prospective désigne « *toute démarche qui consiste à construire, en mettant en œuvre des méthodes clairement explicitées (méthodes de scénarios, de modélisation, de consultation d'experts, etc.) des prévisions sur l'évolution future d'un système humain, économique, écologique, dans un contexte où existent des enjeux de décision sous controverse.* » (Mermet, 2004). Cette démarche cherche à mettre l'accent sur les tendances d'évolution d'un système et à identifier les facteurs qui déterminent ces tendances et leurs changements. « *La prospective n'a pas pour objet de prédire l'avenir -de ne le dévoiler comme s'il s'agissait d'une chose déjà faite- mais de nous aider à le construire. Elle nous invite donc à le considérer comme à faire, à bâtir, plutôt que comme quelque chose qui serait déjà décidé* » (De Jouvenel, 1993). Elle offre ainsi la possibilité aux chercheurs et décideurs de choisir la meilleure option, dans les champs des possibles proposés par la prospective, et leur permet également de planifier les solutions adaptées afin d'y parvenir (Hubert et Caron, 2009). Plutôt que le recours unique aux experts, la prospective participative intègre les acteurs concernés par l'évolution du système. Cela permet aux acteurs de s'appropriier les enjeux et d'être parties prenantes de la construction des scénarios comme l'indique Godet (2001) souligne que « *La complexité des problèmes et la nécessité de les poser collectivement imposent le recours à des méthodes*

aussi rigoureuses et participatives que possible pour les reconnaître et faire accepter leurs solutions »

Dans ce sens, nous avons mis en œuvre une prospective territoriale portant sur les différentes dynamiques, les enjeux, les jeux d'acteurs, les mécanismes de régulation, limites, etc. Pour ce faire, nous avons mobilisé trois outils participatifs à savoir la carte parlée, le jeu de rôle et la photo-participation.

Nous avons, dans un premier, temps mobilisé la cartographie participative qui consiste à « établir un échange avec les populations locales, afin de faire émerger leur propre savoir sur le territoire » (Palsky, 2013). Cette méthode est facile à mettre en œuvre sur terrain, elle contient un savoir local et fournit directement des données localisées. Pour notre part, nous l'avons principalement mobilisé, au début de nos travaux doctoraux, comme un moyen de collecter les principales informations relatives au territoire dans le but de spatialiser les connaissances et la vision du territoire. De plus, cette méthode est stimulante pour créer le débat entre des petits groupes d'acteurs. Nous l'avons mise en place quatre fois avec des petits groupes d'acteurs menés par des personnes ressources, des agriculteurs et des agents de l'administration. Toutefois, beaucoup d'agriculteurs n'ont pas joué le jeu de la cartographie participative car ils appréhendaient la prise en main du stylo. La phrase qui revenait souvent était : « moi je te dis et toi tu prends note ». Cela a été la principale limite rencontrée dans cette démarche.

La seconde étape de notre démarche participative a été de construire un jeu de rôle pour répondre à un double objectif : 1) Valider nos hypothèses de recherche et les mettre en perspective ; notre approche prospective a ainsi permis d'analyser les dynamiques territoriales mises en œuvre avec les acteurs ; 2) Dépasser un simple diagnostic un peu pessimiste pour ouvrir une réflexion plus large allant vers l'action. Le jeu de rôle est considéré ici comme un outil qui permet d'initier un débat multi-acteurs sur la territorialité pour réfléchir ensemble à l'avenir du néo-territoire oasien. Les jeux de rôles permettent une mise en scène des interactions des acteurs dans laquelle ces derniers jouent leur propre rôle ou non et participent de manière virtuelle à des prises de décision (Dionnet et al., 2006). Nous avons construit notre support sur la base de nos résultats d'enquêtes afin de simuler le processus d'avancée de la frange pionnière interne et les différentes interactions entre les acteurs. Pour ce faire, nous nous sommes inspirés des expériences de jeu de rôle développé dans le cadre des travaux de thèses sur les terres publiques de la Mitidja et du bas Chélif en Algérie (Amichi, 2013; Imache, 2008). Ce travail a été construit avec le bureau d'étude Lisode qui est spécialisé dans

les démarches participatives. Nous avons ainsi bénéficié de l'appui de la *communauté de pratiques*, située à Montpellier, dans le sens Wenger (Dionnet et al., 2013).

Nous avons alors construit un support interactif qui simule la dynamique pionnière observée à El Ghrouss. Plusieurs réunions de travail ont été nécessaires pour l'élaboration de notre jeu de rôle. Nos réflexions se sont structurées en quatre phases : 1/ nous avons premièrement défini le nombre de systèmes de production sur lesquels se portera notre analyse. Nous avons naturellement choisi les deux systèmes de production les plus importants à El Ghrouss et avons volontairement exclu le maraîchage de plein champ, les céréales et l'élevage du jeu car ils n'interviennent pas directement dans l'avancée de la frange pionnières ; 2/ la deuxième phase de construction de notre démarche a porté sur la conception de l'outil participatif sous forme d'un jeu de rôles (Dionnet et al., 2006). Nous avons ainsi construit un support interactif qui permet de simuler le processus de l'avancée pionnière et les différents arrangements entre les acteurs agricoles. Cet outil, appelé « *AgriBis* », relate les logiques d'acteurs actuelles et leurs évolutions tendancielle et potentielles. Il reprend le profil de six profils d'agriculteurs types différenciés selon le mode de faire valoir, l'origine et le capital des agriculteurs. Les cultures principales (culture sous serres/ jeunes palmiers/ palmiers adultes) sont représentées par des cartons spécifiques. 3/ nous avons ensuite calibré notre jeu de rôles et testé sa validité au sein d'une communauté de pratique à l'UMR G-eau à Montpellier. La communauté montpelliéraine de la participation (www.particip.fr) regroupe des chercheurs et doctorants pour mettre au point des dispositifs participatifs sur le terrain (Dionnet et al., 2013). La communauté de pratiques a permis de valider les fiches d'acteur, animation du jeu, organisation, acteurs ciblés ; 4/ enfin, la mise en pratique du jeu avec les acteurs du territoire s'est déroulée en plusieurs phases et a nécessité l'implication de différents intervenants cette dernière phase.

La troisième étape de notre démarche prospective a pris forme d'un atelier multi-acteurs dans lequel nous avons, restitué les résultats obtenus des différentes sessions du jeu de rôle, projeté un film documentaire réalisé sur notre territoire d'étude et enfin mobilisé la photo-participation qui a consisté d'une part, à exposer des photos qui reflètent la vie agricole dans le territoire (des serres, des camions, le marché, les forages, le réseau électrique, etc.) d'autre part, chaque participant a choisi deux photos qui représentent, selon lui, l'avenir et la limite de l'activité agricole.



Photographie 13. Ateliers participatifs.

De façon générale, ces outils ont permis d'engager un débat multi-acteurs sur la territorialité dans la zone d'El Ghrouss. Les résultats des débats vont alimenter les trois analyses précédemment décrites (l'étude de l'exploitation agricole, l'accès à eau souterraine et l'analyse des trois composantes du territoire de l'eau à savoir, les acteurs, les ressources et l'espace). En particulier, l'approche participative nous a permis de spatialiser la dynamique agricole et de comprendre le mécanisme de l'avancée de la frange pionnière interne. Celle-ci est constituée d'un ensemble de nouvelles exploitations agricoles organisées autour de forages profonds, formant un territoire de l'eau. Cependant, ce territoire ne se limite pas à la somme des exploitations, mais d'un système plus complexe regroupant à la fois les infrastructures (routes, réseau électrique, marché de gros), les institutions formelles et informelles, et les acteurs agricoles et para-agricoles. Les résultats des débats avec les acteurs ont également alimenté nos réflexions pour aller vers l'action. Nous reviendrons donc sur les principaux enseignements de cette démarche participative dans la conclusion générale.

1.6 Plan de la thèse

Dans cette thèse, notre raisonnement suit une progression en cinq chapitres. Le premier chapitre est la présente introduction générale qui vise à comprendre et à analyser comment se construit un territoire de l'eau à travers une agriculture transitoire dans une frange pionnière saharienne. Cette problématique sera traitée à travers trois sous-questions qui feront l'objet de trois chapitres. Enfin, un cinquième chapitre qui reviendra sur la question principale de la thèse

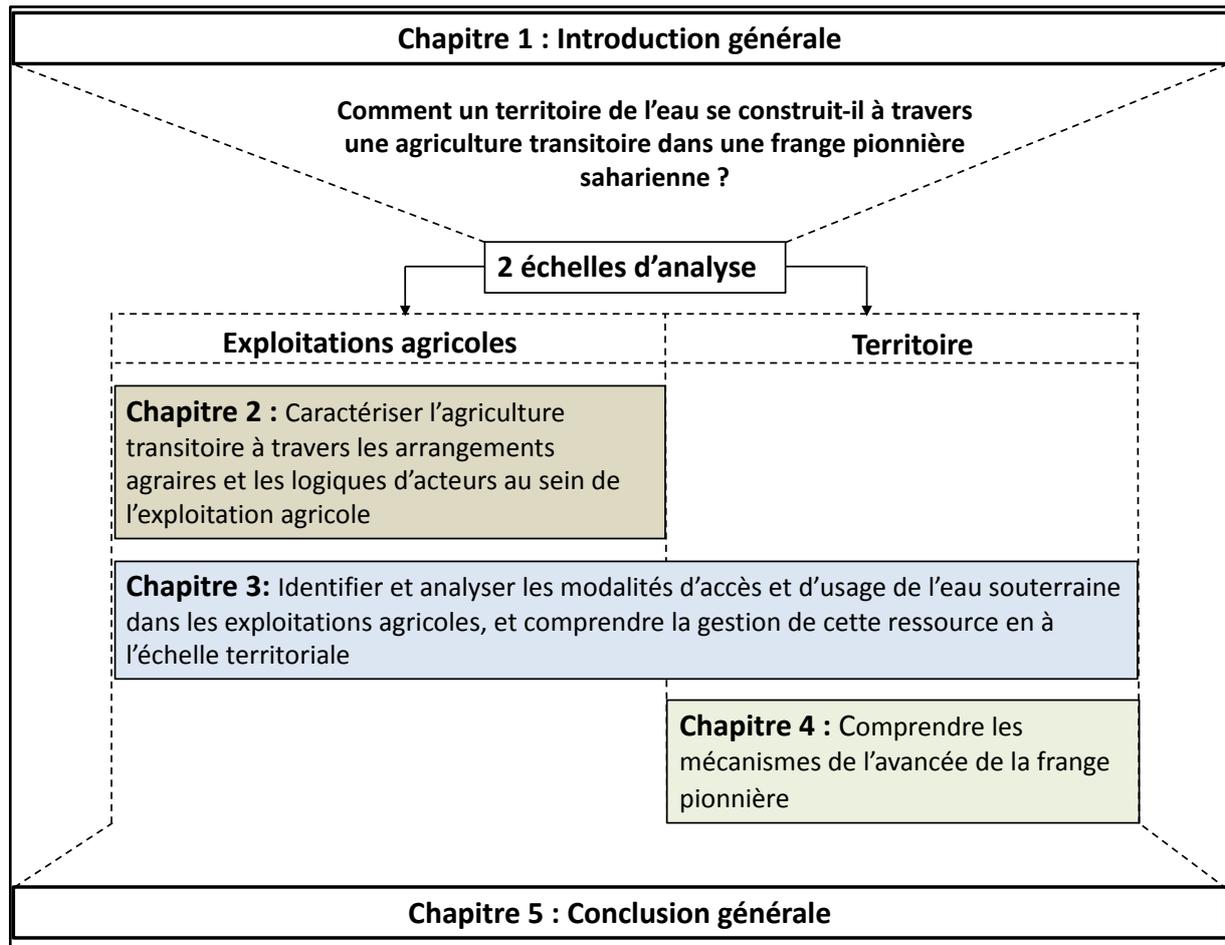


Figure 4. Structure générale de la thèse.

La thèse est structurée en trois articles scientifiques que nous proposons de présenter en chapitres de thèse. Deux articles sont déjà publiés et le troisième a été accepté pour publication dans un journal scientifique.

Le deuxième chapitre met l'accent sur les acteurs agricoles³ qui sont au centre de la dynamique d'extension du territoire de l'eau. Ces acteurs agricoles se différencient par leur accès aux facteurs de production (terre, eau, capital et force de travail) et principalement sur le mode de coordination entre ces acteurs pour accéder à la production. Nous analysons un modèle d'exploitation agricole originale qui repose sur la mise en commun des facteurs de production dont l'usage de l'eau et sur l'association de deux cultures à savoir le maraîchage sous serres et le palmier dattier. Ce modèle d'exploitation agricole est le moteur d'expansion territoriale et d'ascension sociale.

Le troisième chapitre vise à caractériser le front de l'eau, un des principaux facteurs de vulnérabilité du territoire. En effet, dans ce contexte environnemental fragile, principalement en ressources en eau, l'extension des superficies agricoles irriguées pose la question de la multiplication des pompages et de l'utilisation de l'eau souterraine. Dans ce chapitre, nous avons estimé les volumes d'eau prélevés du territoire à partir d'une enquête incluant une série de mesure des volumes d'eau pompés des forages. A travers cette estimation, nous avons pu extrapoler l'évolution des usages de l'eau proportionnellement à l'extension du territoire. Pour ce faire, nous avons co-construit, avec une équipe de chercheurs du projet « Groundwater Arena », une méthode appropriée au contexte nord-africain, permettant de rendre visible l'importance de l'eau souterraine profonde dans les dynamiques territoriales. L'originalité de cette méthode consiste à mobiliser, entre autres, les données de consommations électriques établissant une relation entre l'énergie de pompage et les prélèvements en eau. Elle permet d'extrapoler la dynamique de pompage à l'évolution des consommations électriques.

Après une analyse fine de la dynamique d'expansion territoriale à partir des trajectoires des exploitations agricoles, nous élargissons l'analyse à une échelle territoriale. Pour ce faire, nous avons mobilisé une littérature de front pionnier. Après avoir compris le mécanisme d'expansion à l'échelle de l'exploitation agricole, l'objectif de ce chapitre est de comprendre, à l'échelle territoriale, le développement de la dynamique agricole. L'évolution de l'arrière front va donc dépendre de la ressource en eau souterraine, du foncier, de l'infrastructure et des

³ Le mot « acteur » englobe tous les acteurs locaux : administration, chercheurs, agriculteurs, ouvriers, commerçant, etc. Alors que le terme « acteurs agricoles » désigne uniquement les acteurs qui sont dans l'acte de production à savoir les propriétaires, les locataires et les métayers.

acteurs. Ces ressources productives vont se lier entre elle pour créer de nouvelles zones pionnières.

Dans le cinquième chapitre de conclusion, nous discutons les principaux résultats, et en les confrontant aux acteurs enquêtés via une démarche de concertation réalisée au cours de nos travaux de terrain. Nous présenterons également les perspectives ouvertes par nos travaux pour de futurs projets de recherche.

Chapitre 2

Des serres et des hommes : des exploitations motrices de l'expansion territoriale et de l'ascension socioprofessionnelle sur un front pionnier de l'agriculture saharienne

Ce chapitre a été publié sous forme d'article dans la revue Cahiers agricultures.

Amichi F, Bouarfa S, Lejars C, Kuper M, Hartani T, et al. (2015) Des serres et des hommes : des exploitations motrices de l'expansion territoriale et de l'ascension socioprofessionnelle sur un front pionnier de l'agriculture saharienne en Algérie. Cahiers Agricultures 24 :11–19.

Chapitre 2. Introduction au chapitre.

La région de Biskra est célèbre pour ses dattes qui représentent la principale activité agricole avec l'élevage. Mais au milieu des années 1980, des serres sont apparues en marge des oasis, ouvrant la voie à des dynamiques agraires portées par le maraîchage et plus seulement par le palmier dattier. Ce phénomène est aujourd'hui d'une grande ampleur est particulièrement développé autour de la palmeraie d'El Ghrouss. Ces dynamiques sont portées par une agriculture transitoire qui fait appel à de nouveaux acteurs. La culture du maraîchage sous serre est soutenue par les agriculteurs venue du nord du pays en raison de leur savoir-faire. Elle a également attiré une main d'œuvre moins qualifiée de l'ensemble du pays et des oasis. L'ensemble de ces acteurs se retrouve au sein d'exploitations agricoles qui passent progressivement du maraîchage sous serre à la culture du palmier dattier.

Dans le but de comprendre les mécanismes de cette transition, ce chapitre vise à analyser le fonctionnement des exploitations agricoles d'El Ghrouss. Nous nous focaliserons particulièrement sur les arrangements entre ces acteurs au sein des exploitations agricoles qui constituent le premier maillon où se déroulent les transitions que connaît le territoire.

Les résultats de ce chapitre démontrent que le boom agricole dans la région est porté par deux principales logiques d'acteurs, ayant deux ambitions distinctes. D'abord celles des propriétaires qui visent, à moyen et long terme, à investir dans la phœniciculture. Ensuite celles de locataires maraîchers associés à des métayers qui visent quant à eux une ascension socio-professionnelle. Pour ce faire, les acteurs se coordonnent entre eux dans l'acte de la production générant de multiples contrats agraires. Ce chapitre permet de caractériser les différents types d'acteurs et les arrangements qui les lient. Il conclut que les arrangements entre les acteurs autour du maraîchage sont les moteurs de l'expansion territoriale et de l'ascension socio-professionnelle des agriculteurs.

2.1. Introduction

L'exploitation agricole a longtemps été vue comme un patrimoine transmis d'une génération à une autre, combinant force de travail, savoir-faire, droits d'accès à des ressources naturelles, bâtiments et cheptels. Elle s'inscrivait dans l'histoire de territoires ruraux en évolution lente. Aujourd'hui, l'exploitation est devenue un objet complexe, en mutation rapide (Dufumier, 2006; Pichot, 2006), dont les contours sont réinterrogés, notamment dans un contexte de transformations majeures. Dans certains cas, particulièrement dans les pays du sud, ces transformations sont liées au développement de l'agriculture irriguée reposant sur l'accès aux eaux souterraines (Bouarfa et Kuper, 2012; Llamas et Martínez-Santos, 2005). Cette sécurisation de l'irrigation a permis le développement de cultures à haute valeur ajoutée et de mettre en valeur de nouveaux territoires (Jamin et al., 2011; Kuper, 2011).

Ces mutations et le développement de ces nouveaux territoires exigent la mobilisation de facteurs de production (travail, capital, intrants, foncier et le savoir-faire) dont l'accès est de plus en plus difficile et le coût de plus en plus élevé. Les agriculteurs ont alors recours à un ensemble d'arrangements, souvent informels, autour de l'accès à ces facteurs de production. Ces arrangements jouent un rôle déterminant dans la mesure où ils permettent d'améliorer l'allocation des facteurs lorsque les dotations individuelles et les capacités de gestion sont hétérogènes (Ammar Boudjellal et al., 2011; Dubois, 2000; Otsuka et al., 1992). Ces arrangements varient en fonction du facteur considéré (eau, terre, travail, etc.), du mode de faire-valoir (direct ou indirect), du caractère formel ou informel des transactions et des logiques et des objectifs des acteurs. Colin (2003) a notamment fait le lien entre les logiques d'agriculteurs et la nature des arrangements, dans le cas du Mexique, où les contrats de métayage permettent la mise en commun des facteurs de production « *resource pooling* ».

En Algérie, dans un contexte de libéralisation d'une agriculture administrée, différents travaux ont montré l'importance des arrangements pour la mise en commun des facteurs de production à la fois sur les terres publiques et privées (Daoudi et Wampfler, 2010; Imache et al., 2011). Des mouvements locatifs informels très importants ont été observés dans le nord du pays sur les terres publiques, dans la Mitidja (Ammar Boudjellal et al., 2011; Imache et al., 2009) et dans le Bas-Chélif (Amichi et al., 2011b). Ces auteurs ont en particulier montré que les locataires étaient porteurs de dynamisme économique, d'innovations techniques telles que le recours au goutte à goutte en irrigation ou la mise en place de forages privés pour accéder à l'eau, et d'innovations institutionnelles par la mise en place de marchés très actifs et informels

autour de la terre et de l'eau.

Dans cet article, nous avons étudié le cas d'El Ghrouss, commune située au sein de la wilaya de Biskra à environ 470 km au Sud-est d'Alger. La superficie irriguée de Biskra a quintuplé en une décennie, passant de 22.000 ha en 1998 à 101.000 ha en 2010. De plus, 94% de l'eau d'irrigation est actuellement alimenté par les eaux souterraines par 4.293 puits et 9.075 forages (MRE, 2009). Cette région connaît une forte mutation agricole depuis les années 1990, passant d'une agriculture oasienne exclusivement consacrée à la phoeniciculture à une production associant maraîchage intensif tout au long de l'année et phoeniciculture commerciale (Bouammar et al., 2011; Khiari, 2002). Le développement de cette nouvelle « agriculture maraîchère saharienne » a été facilité par la mise en place de la loi sur la libéralisation du foncier dès 1983 qui permet d'acquérir des terres agricoles ou à vocation agricole, au prix du dinar symbolique sous condition de leur mise en valeur (Ben Hounet et al., 2011). Le Programme National de Développement Agricole a ensuite amplifié cette dynamique à partir des années 2000, par l'appui à la plantation de palmiers et l'aide à la mise en place de chambres froides etc. (Dubost et Larbi-Youcef, 1998) montre ainsi que le paysage des Ziban a été transformé, passant d'une agriculture oasienne à étages, à une agriculture combinant, à perte de vue, des palmiers en monoculture et des serres tunnels qui se développent en marge des palmeraies. Dans ce contexte de mutation rapide, il insiste sur la nécessité d'analyser les caractéristiques et le fonctionnement de l'exploitation agricole des oasis pour mieux comprendre les dynamiques d'expansion et le changement de paysage.

L'objectif de notre article est d'analyser les exploitations agricoles responsables de l'essor agricole de la région et plus particulièrement les facteurs favorisant l'intensification et l'extension géographique. Pour ce faire, nous analysons les caractéristiques et le fonctionnement des exploitations agricoles pratiquant la plasticulture, en association ou non aux palmiers. Cette analyse est basée sur un décryptage des arrangements contractuels informels autour des serres permettant la mise en commun de différentes ressources productives. Nous allons montrer que dans un contexte de fortes mutations, ces arrangements facilitent l'intégration de nouveaux arrivants dans le système et leur ascension socio professionnelle, et sont ainsi porteur de l'expansion territoriale.

2.2. El Ghrouss, un paysage en expansion composé de serres tunnels et de palmiers

La région de Biskra représente un véritable espace tampon entre le nord et le sud de l'Algérie.

Le dynamisme de la région est rendu possible grâce aux conditions naturelles qui offrent un bioclimat favorable et à des ressources naturelles suffisantes en terre et en eau (souterraine essentiellement).

Les serres tunnels sont apparues à Biskra dans les années 1980 au sein de quelques fermes socialistes de l'État. Après le démembrement des domaines agricoles socialistes en 1987 (Aït Amara, 1992), les ouvriers de ces fermes, devenus agriculteurs, ont récupéré les serres. Ces quelques agriculteurs devaient s'approvisionner dans les régions littorales du Nord pour les charpentes, le plastique, etc. Le développement du maraîchage, associé plus tard à la technique du goutte à goutte, a progressivement attiré des agriculteurs du nord connus pour disposer d'une technicité et d'une ancienneté dans la pratique du maraîchage sous abris. Ces nouveaux agriculteurs se sont progressivement installés en marge des palmeraies existantes, sur de nouvelles terres mises en valeur grâce à l'accès à l'eau souterraine.

L'installation de ces nouveaux agriculteurs et le développement du maraîchage sous serre ont transformé le paysage de la région de Biskra, passant d'une oasis à étages (palmiers dattier, arboriculture et maraîchage) à des palmiers en monoculture qui se développent à côté de la plasticulture. Aujourd'hui, le paysage est ainsi composé, à perte de vue, de serres tunnels qui se sont développées sur de nouvelles terres, conjointement à la monoculture de palmiers. Ces serres bien structurées, s'étendaient sur plus de 2.700 ha en 2010 (DSA, 2010), soit près de 67.000 serres (à raison de 25 serres/ha) dans la région de Biskra. Pour faire face à l'importante production maraîchère, de l'ordre de deux millions et demi de quintaux (DSA, 2010), deux grands marchés de gros de produits maraîchers ont été créés. Ils alimentent aujourd'hui le marché national en tomate, poivron, piment, aubergine, melon, pastèques. Cette production est devenue si importante, qu'on la retrouve sur les multiples foires de la datte, organisées annuellement dans plusieurs régions de la wilaya. Les agriculteurs exposent fièrement leurs plus beaux régimes de dattes mais aussi leurs diverses productions maraîchères.

Notre étude a été réalisée dans la commune d'El Ghrouss (Figure 5), qui constitue l'une des zones les plus importantes en termes de production maraîchère et phoenicicole dans la région de Biskra.

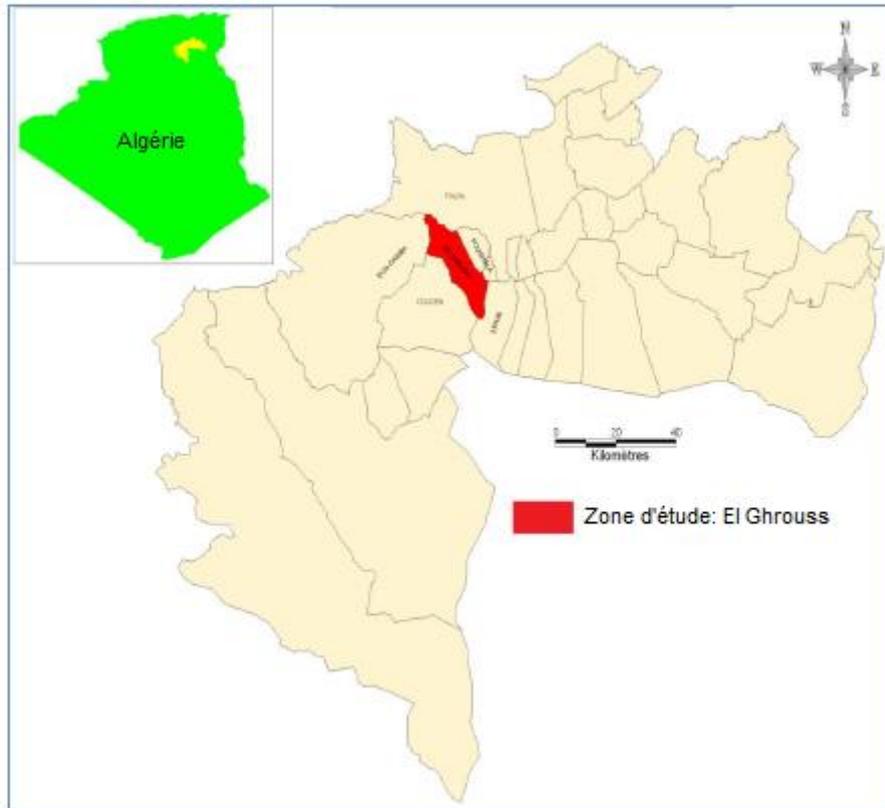


Figure 5. Localisation de la zone d'étude (El Ghrouss, Biskra).

2.3. Méthode

Pour comprendre le fonctionnement des exploitations agricoles d'El Ghrouss, deux séries d'enquêtes ont été effectuées pendant la campagne agricole 2011-2012.

Dans un premier temps, nous avons réalisé une série d'enquêtes exploratoires auprès d'une quinzaine de personnes ressources (institutionnels, présidents d'associations d'agriculteurs, techniciens, vulgarisateurs, agriculteurs) à l'aide d'entretiens semi-ouverts. Les résultats de ces entretiens ont permis de mettre en évidence l'interdépendance entre la phoeniciculture et le maraîchage et entre les différents types d'acteurs intervenant dans la production, à savoir les propriétaires de la terre et de l'eau, les locataires de serres et les métayers. Ces entretiens ont permis d'orienter les enquêtes suivantes, autour de ces trois types d'acteurs, en se focalisant sur les modalités d'accès aux facteurs de production et les relations entre eux autour du maraîchage. Dans la mesure où le maraîchage sous abris est porteur des dynamiques agricoles y compris phoenicicole, nous nous sommes concentrés plus particulièrement sur l'analyse des modalités d'exploitation des serres.

Dans un second temps, nous avons réalisé des enquêtes plus approfondies auprès de 77

acteurs (19 propriétaires, 31 locataires et 27 métayers) répartis de manière homogène sur l'ensemble de la commune d'El Ghrouss. A partir de nos données, nous avons élaboré une typologie d'acteurs sur la base des dotations en facteurs de production : terre, eau, travail, et capital. Nous avons ensuite précisé la nature du rapport contractuel qui relie les acteurs entre eux : rapport salarial, rapport au foncier, rapport à l'eau. Nous avons analysé ces relations à partir du référentiel théorique des contrats agraires qui se donne pour objet d'étude la logique des formes organisationnelles, sur la base de l'interaction de comportements individuels d'acteurs, de leur environnement et des caractéristiques des biens et services échangés. Nous considérons ainsi que les contrats sont des arrangements institutionnels « composites », aux dimensions contractuelles conventionnelle et réglementaire, en particulier pour la mise en commun des différents facteurs de production (Colin, 2002).

2.4. Résultats

2.4.1 Les productions : des serres et des palmiers dattiers

L'enchevêtrement de serres et de jeunes palmiers constaté dans le paysage agraire d'El Ghrouss indique une organisation spatiale particulière. Des serres tunnels au format standardisé (8m x 50m) sont disposées autour d'un forage, qui irrigue l'ensemble des serres mises en place avec un réseau de goutte à goutte enterré. Le forage assure également quelquefois l'irrigation de plantations de palmiers dattiers, quand elles existent. Ces palmiers sont principalement de la variété « *Deglet Nour* », très demandée sur les marchés nationaux et internationaux. Sous serre, les cultures les plus répandues sont la tomate, le poivron, le piment, l'aubergine, le melon, la pastèque. Les agriculteurs cultivent le poivron et le piment durant toute l'année en avant-saison (entre août et janvier) puis en saison (entre janvier et juillet), alors que la tomate est cultivée principalement en primeur durant l'avant-saison. C'est durant cette période qu'elle est rémunératrice grâce à sa précocité sur le marché national. En saison, elle entre en concurrence avec la tomate du nord du pays et est donc moins attractive au niveau économique. Les mois de juillet et août sont consacrés au démantèlement des serres. Du fait d'une pratique agricole intensive, les sols s'épuisent rapidement et les agriculteurs déplacent leurs serres au bout de trois ans, labourent et laissent la terre se reposer. Ils remettent en culture les terres laissées en jachère après 3 ans. Ils réalisent alors leur rotation en fonction du foncier disponible, soit autour du même forage, soit en se déplaçant vers d'autres endroits, s'ils peuvent y obtenir un accès à l'eau et des emplacements pour leurs serres.

2.4.2 Différents statuts d'acteurs...

Le propriétaire ou le Moul'chi

Il s'agit du propriétaire foncier. Il possède des serres et/ou des palmiers sur ces propres terres. Il gère ses palmiers lui-même. Il peut également avoir des serres sur d'autres terres en location (il est alors aussi locataire). Il possède généralement un forage ou, à minima, une part d'eau issue d'un forage collectif ou d'un forage détenu par un propriétaire voisin. Il gère la distribution de l'eau entre les serres.

Dans l'ensemble des situations, les forages constituent un élément structurant dans l'organisation des exploitations. Le propriétaire installe le réseau hydraulique sur sa propriété et achemine l'eau du forage jusqu'aux emplacements de serres. Un forage dédié exclusivement aux serres peut en alimenter près de 240 à son usage maximal, soit plus de dix ha de serres (à raison d'une demande en eau de trois heures pour dix serres pour un tour d'eau de deux fois par semaine). C'est l'accès à l'eau souterraine qui permet au propriétaire de se lancer dans le maraîchage sous serre puis dans le palmier. Avec cette capacité d'irrigation valorisant le foncier, le propriétaire exploite pour partie lui-même ses terres en mode de faire-valoir direct (FVD) mais a également recours au faire-valoir indirect (FVI) via le métayage ou la location pour la mise en valeur du foncier irrigué qu'il ne peut prendre en charge directement.

Le locataire ou El Kari

La location concerne les emplacements de serres et l'accès à une part d'eau qui lui est proportionnelle. *El Kari* ou le locataire détient un savoir-faire et un capital qui lui permet d'investir dans les serres et de financer les charges variables d'un cycle de production. Nous avons distingué deux types de locataires selon l'importance des capitaux qu'ils mobilisent. Dans la région, un agriculteur ne peut conduire seul qu'un nombre limité de serres, de six à huit en général, en particulier pour la culture de tomate qui est la culture principale de ce modèle de maraîchage.

Le "petit locataire" travaille ses quelques serres seul. Il a en général travaillé longtemps comme métayer ou dans d'autres secteurs économiques permettant de constituer un capital suffisant pour pouvoir louer des serres : « ...*Je suis venu au départ pour travailler dans les palmeraies. Je travaille encore chez quelqu'un dans une palmeraie, c'est ce monsieur qui m'a financé au départ, j'ai pu le rembourser après ma première récolte de tomate. Je possède ces deux serres depuis trois ans. Je cultive de la tomate, du melon et des aubergines...* »

Témoignage d'un petit locataire (localité d'El Merhoum, commune d'El Ghrouss, 2011).

Le "grand locataire" emploie un métayer et a un nombre de serres supérieur au seuil des six à huit serres. Les grands locataires, de par le nombre important de serres, interagissent souvent avec plusieurs Moulchi contrairement aux petits locataires.

Le métayer ou El Fellah

On nomme métayer (que les acteurs nomment *fellah*, ce qui veut dire cultivateur en arabe classique) toute main-d'œuvre qui contribue au processus de production en apportant sa force de travail et, dans certains cas, son savoir-faire. Il peut travailler soit pour un propriétaire soit pour un grand locataire. Sa rémunération se fait en part, préalablement définie, de la production réalisée.

On distingue deux types de métayage qui rappellent les types décrits par Colin au Mexique (Colin, 2003). Le premier type concerne les métayers qui n'apportent que leur force de travail. Généralement peu expérimentés, ils ne participent pas à la prise de décision des choix culturels et des stratégies menées durant la campagne. A l'inverse, en plus de leur force de travail, la deuxième catégorie est dotée d'un savoir-faire diversifié. Ils sont très convoités par les grands locataires et les propriétaires car ils sont aptes à conduire les opérations culturales et voire même à commercialiser la production.

L'ouvrier ou El Kheddam

Ce sont généralement des travailleurs journaliers, soit des ouvriers agricoles qui travaillent dans les palmeraies et viennent vendre leur force de travail durant les périodes de récolte de produits maraichers, soit des ouvriers venant d'autres secteurs tels que le bâtiment, le transport ou autre. Ils sont rémunérés à la journée de travail.

Cette présentation des quatre types d'acteurs est très schématique dans la mesure où une même personne peut appartenir à plusieurs types. Un même acteur peut avoir des statuts différents : un propriétaire peut également être locataire de serres, un métayer peut également être petit locataire sous réserve de ne pas dépasser les six à huit serres. De plus, sur une même propriété agricole (propriété foncière, ayant un accès à l'eau, et appartenant au même Moul'chi), ces quatre types d'acteurs peuvent être présents et peuvent exercer leurs activités simultanément selon la disponibilité de la terre. Sur cette propriété, le propriétaire peut interagir avec des grands locataires et des petits locataires, qui eux-mêmes emploient des métayers et des ouvriers. Enfin, une même personne peut avoir des activités sur des propriétés

différentes : un locataire peut notamment installer ses serres sur plusieurs propriétés agricoles en fonction des disponibilités en terre et en eau, et de façon similaire, un métayer peut travailler pour plusieurs locataires ou propriétaires différents. Il y a ainsi une importante mobilité spatiale mais aussi temporelle, car ces acteurs déplacent leurs serres au bout de trois ans au sein de la même propriété ou vers de nouvelles terres.

2.4.3... avec des ambitions différentes

Sur une même propriété, deux logiques d'acteurs se rencontrent :

D'une part, l'ambition du locataire et celle du métayer est de réinvestir le capital acquis par le travail dans les serres. Pour le locataire plus particulièrement, l'objectif est de s'agrandir (investir dans de nouvelles serres, ou dans la terre) ou de se lancer dans une autre activité, agricole ou non, à Biskra ou dans sa région d'origine. Le maraîchage sous serres a en effet attiré des agriculteurs venus de différentes régions d'Algérie (Tipaza, Djelfa, M'sila, Batna, etc.). Certains se sédentarisent et deviennent phoeniciculteurs, d'autres réinvestissent leur capital ailleurs. Le métayer ambitionne souvent de devenir locataire.

D'autre part, l'ambition du propriétaire à moyen terme est la reconversion de ses terres en palmier dattier qui lui permettrait de lui garantir une retraite. Le recours à la plasticulture apparaît comme un élément d'une stratégie d'accumulation de capitaux qu'il mobilise pour accéder à l'eau et mettre en place une palmeraie qui assurera la pérennité de son exploitation et sa retraite. « *Je possédais 14 serres en 1989 et je louais par ailleurs des emplacements de serres à 15.000 dinars algériens (DA)/l'emplacement à des dizaines de locataires. C'est cela qui m'a permis de planter mes palmiers* » (phoeniciculteur, 62ans, localité d'El Amri, 2011). Il est un des premiers agriculteurs à avoir eu des serres dans la commune d'El Ghrouss. Il possède aujourd'hui une exploitation exclusivement phoenicicole.

2.4.4 Diversité d'arrangements contractuels pour l'accès aux facteurs de production

La relation entre ces acteurs nous révèle trois types d'arrangements contractuels bien distincts : le salariat, la location et le métayage (Figure 6).

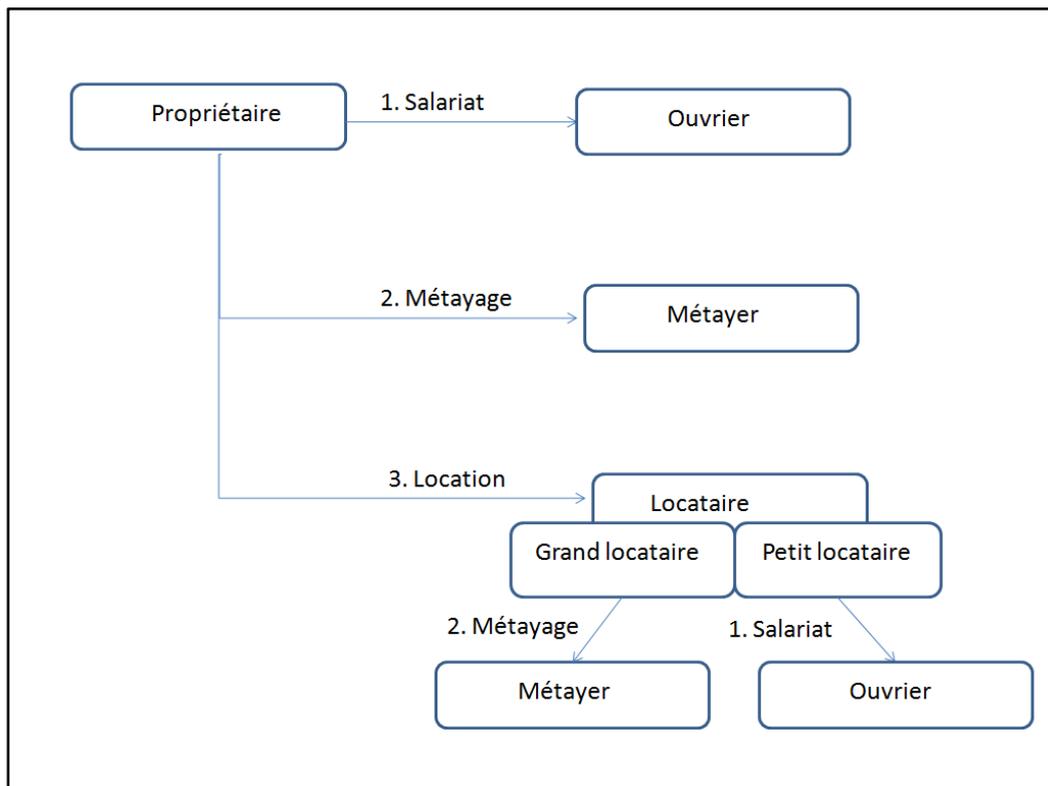


Figure 6. Contrats agraires entre les acteurs de la plasticulture.

Salariat

Le salariat s'établit lorsque le *Moul'chi* ou le locataire font appel aux ouvriers pour des travaux très ponctuels (désherbage, récolte, installation de serres, etc.). Ces ouvriers viennent de différentes régions mais aussi de divers secteurs d'activités. Ils sont rémunérés par journée de travail à hauteur de 600 DA/jour (1€=100 DA). Ce type d'arrangement est toutefois peu répandu dans la zone.

Location

Les contrats de location s'établissent entre le propriétaire de la terre et le locataire pour une durée de trois ans, ce qui correspond, selon les normes locales, à la durée d'exploitation d'un emplacement de serre. Le bail de location n'est déclaré auprès d'aucune autorité, administrative ou autre, et n'est formalisé par aucun écrit. Le loyer est perçu en début de chaque campagne pendant toute la durée du bail. Tous les trois ans, le propriétaire laboure sa terre, trace les emplacements de serres et installe les conduites depuis le forage jusqu'aux serres. Le prix de la location d'un emplacement de serre raccordé au réseau d'irrigation diffère d'une région à une autre selon la qualité du sol, la disponibilité en eau mais surtout la proximité des routes et l'éloignement du marché. Il varie entre 15.000 et 30.000 DA. Le

propriétaire établit en général plusieurs contrats de location avec de nombreux locataires sur l'ensemble de sa propriété.

Métayage

Le contrat de métayage s'établit entre le propriétaire ou le locataire d'un côté, et le métayer de l'autre côté, pour une période d'un an soit pour la saison et l'avant saison. Cette période est déterminée avant le démarrage de la campagne agricole, c'est à dire au cours de l'été. Les arrangements sont oraux. En conséquence, le premier arrangement se fait souvent en présence d'une tierce personne, en général celle à l'origine de la rencontre. Lorsque les deux protagonistes décident de prolonger le contrat, la relation de confiance créée leur permet en général de traiter sans la caution d'une tierce personne. Dans la région d'El Ghrouss, la rémunération des métayers correspond au quart de la valeur brute de la production réalisée.

Le Moul'chi ou le locataire assure l'essentiel des charges aussi bien fixes (serre, plastique, goutte à goutte, terre, eau, etc.) que variables (semences, traitement et produits phytosanitaires). Le métayer contribue uniquement aux charges induites par la commercialisation. Celles-ci englobent le coût lié au transport du produit et l'accès au marché qui est fixé à 100 DA pour une entrée. Le Moul'chi ou locataire supervise les tâches, et assume les risques liés aux aléas (maladie, vent, etc.). Le métayer apporte sa force de travail et son savoir-faire. Il réalise l'installation des serres durant le mois d'août, la mise en place d'une pépinière, la plantation des jeunes plants et la conduite de la culture jusqu'à la récolte.

Ces arrangements sont accessibles aux différents groupes sociaux sans discrimination régionale. Les agriculteurs originaires du Nord porteurs d'un savoir-faire, de capitaux et de main-d'œuvre, sont considérés par les autochtones comme un atout pour le développement économique de leur territoire, au moins dans un premier temps. La location permet aux propriétaires (Moul'chi) de transférer tous les risques liés à la production aux locataires (aléas climatiques et la disponibilité de la main d'œuvre notamment). Ces locataires et propriétaires peuvent également choisir de rentrer dans un contrat de métayage où les risques sont partagés avec le métayer, et où l'incitation au travail du métayer est supposée forte.

Enfin, un même agriculteur peut effectuer un grand nombre d'arrangements différents, sur une ou plusieurs propriétés, avec plusieurs autres agriculteurs. Par exemple, un propriétaire de près de 40ha dans la localité d'El Merhoum, qui possède deux forages, met en location 445 emplacement de serres. Il traite avec 35 locataires ; 21 petits locataires et 14 grands locataires dont un grand locataire qui dispose à lui seul 140 serres. Il a également installé ses 33 serres

qu'il travaille en métayage. L'ensemble des métayers sur cette même propriété dépasse les 50 personnes employées par le biais des locataires et par le propriétaire lui-même. Le propriétaire loue également l'eau à 34 serres installées sur la propriété foncière voisine. Ces 34 serres appartiennent à trois locataires (deux locataires possèdent 7 serres chacun en FVD et le dernier 20 serres en FVI faisant appel à 3 métayers).

2.4.5 Des exploitations agricoles en mutation

Nous avons montré que plusieurs types d'acteurs se rencontrent sur une même propriété agricole pour la mise en commun des facteurs de production (eau, terre, travail, savoir-faire et capital financier), à travers des arrangements contractuels (saliariat, location et métayage).

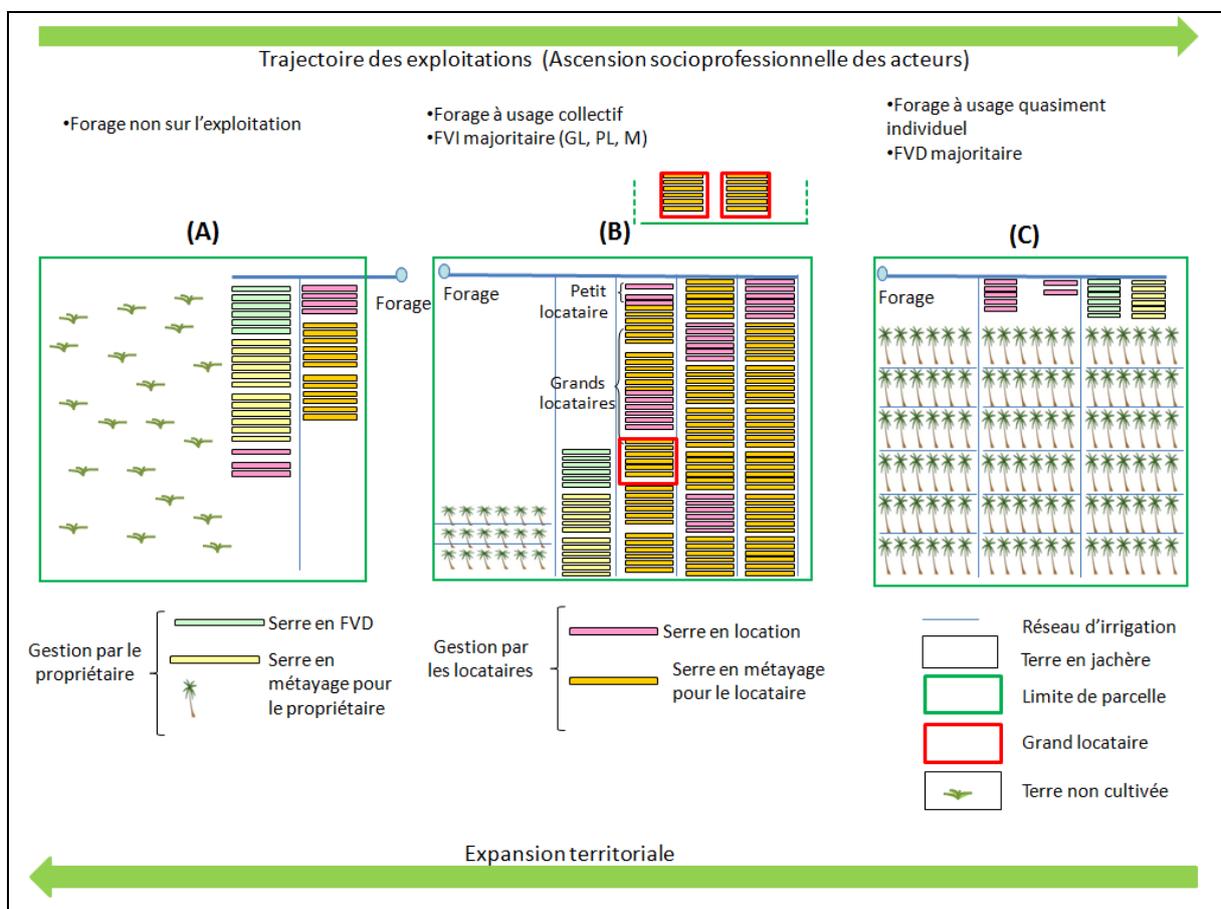


Figure 7. Processus de mutations des exploitations agricoles expliquant l'expansion territoriale des oasis.

Comme le montre la figure 7, un propriétaire du foncier commence par réunir les capitaux pour acquérir un forage au sein de son exploitation et démarre sa production avec un nombre réduit de serres, en mobilisant sa force de travail, des salariés et/ou des métayers, et/ou des petits locataires (cas A). Le propriétaire multiplie progressivement le nombre de serres et de

fait, les arrangements avec un plus grand nombre d'acteurs, et notamment les grands locataires. L'augmentation de la production sur les terres du propriétaire permet au propriétaire de planter petit à petit ses terres en palmier dattier (cas B). A terme, soit entre dix et quinze ans après le démarrage des plantations, le propriétaire parvient à son objectif de planter suffisamment de palmiers dattiers pour se satisfaire exclusivement de cette culture. Les palmiers dattiers recouvrent alors le paysage des terres anciennement cultivées sous serres (cas C).

Une fois les terres reconverties en palmiers, les locataires et les métayers qui travaillaient sur la propriété quittent les terres reconverties en palmeraie (cas C) à la recherche de nouveaux emplacements de serres (cas B) ou de foncier encore inexploité, sur lesquels ils deviennent alors propriétaires (cas A), repoussant ainsi les frontières agricoles.

2.5. Discussion

Sur la commune d'El Ghrouss nous observons une grande mobilité des acteurs accompagnés de changements de production. Les exploitations sont ainsi en évolution constante, jusqu'à la mise en place et l'installation des palmiers, gage de pérennité. Les divers arrangements contractuels entre les acteurs, favorisent ces conversions et permettent de distinguer trois étapes dans la mutation des exploitations (A, B, C, Figure 7). Ces mutations passent par 1) la combinaison deux types de cultures, à savoir le maraîchage sous serres et le palmier dattier, le maraîchage permettant la mise en place et l'extension des palmiers, 2) elle associe deux types d'acteurs principaux autour de l'accès à la terre et l'eau qui portent chacun deux logiques et deux ambitions différentes, 3) enfin, comme nous allons le voir, elle entraîne deux types d'extensions, l'une horizontale en augmentant les superficies phoenicoles et l'autre verticale en favorisant l'ascension socio-professionnelle des acteurs.

2.5.1 Ascension socioprofessionnelle des acteurs : hier métayer, aujourd'hui propriétaire

L'alliance des deux types d'acteurs, propriétaires et locataires, associés tous les deux aux métayers est à la base des dynamiques agricoles dans les oasis des Ziban. Cette dynamique agricole a été décrite par d'autres auteurs (Bouammar et al., 2011; Khiari, 2002) mais très peu d'études se sont intéressées aux acteurs qui constituent cette dynamique et à leurs logiques. Or, la relation entre les acteurs est accomplie grâce à des arrangements contractuels permettant l'expansion de l'oasis et l'ascension socioprofessionnelle (Figure 7). Grâce à la flexibilité et la diversité de ces arrangements, les nouveaux arrivants peuvent intégrer le système, quel que soit leur dotation en facteurs de production et leur origine sociale. Cette

perspective dynamique renvoie à ce que l'on désigne par la théorie de « *l'agricultural ladder* » (Spillman, 1919) que Colin (2013) traduit par la "théorie des échelons agricoles". Selon cette théorie, on verrait se succéder dans le temps les modes de faire-valoir, parallèlement au cycle de vie de l'exploitation, en relation avec l'accumulation du capital, l'évolution de la force de travail et l'amélioration des capacités de gestion du producteur via un processus d'apprentissage. A El Ghrouss, un métayer peut devenir locataire au bout de trois à quatre ans, puis propriétaire à partir de dix ans. Dans la forme la plus complète de l'hypothèse, l'exploitant évoluera progressivement du statut d'ouvrier salarié vers celui, de métayer, de locataire, avant de devenir propriétaire et sur la fin de sa vie, de concéder à son tour des terres en faire-valoir indirect (Le Coz, 1990).

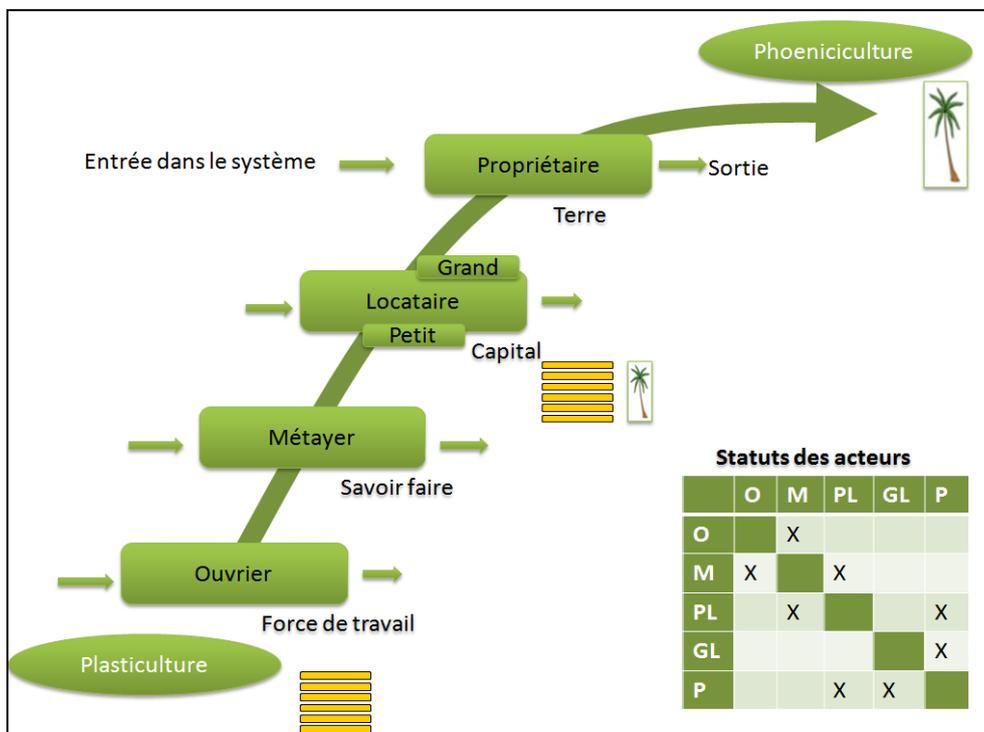


Figure 8. Statuts multiples des acteurs de la plasticulture et ascenseur socioprofessionnel.

2.5.2 L'expansion territoriale des palmeraies portée par le maraîchage sous serres

Ces mutations agricoles portent également la dynamique d'expansion territoriale. Dans la mesure où la plasticulture peut permettre une ascension professionnelle, elle attire de nouveaux entrants, favorisent l'installation sur de nouvelles terres, et permettent l'exploration de nouvelles frontières. A l'échelle du territoire, les exploitations composées exclusivement de serres tunnels (A) se créent sur de nouvelles terres plus particulièrement aux frontières des

territoires actuellement cultivés. Ainsi, on retrouve les exploitations du type (A) aux frontières externes des territoires cultivés, et les exploitations du type (C) dans des territoires mis en culture antérieurement (Figure 8). Les exploitations de type (A) et (B) bien qu'elles soient transitoires, permettent de conquérir des nouveaux territoires, à la condition que l'eau souterraine y soit accessible. Elles portent l'expansion territoriale et la mise en place des palmeraies (type C).

2.6. Conclusion

En conclusion, nous avons montré comment les exploitations agricoles de ces nouvelles oasis, combinant des serres et des palmiers dattiers, sont le moteur de l'essor agricole et de l'expansion territoriale de l'agriculture saharienne d'El Ghrouss. Nous avons expliqué le boom agricole dans la région par la combinaison de deux ambitions d'acteurs qui portent l'extension territoriale. Nous avons démontré que, bien que la réunion de serres et de palmiers dattiers soit temporaire, elle peut permettre à chaque acteur d'atteindre ses ambitions. L'existence d'une diversité d'arrangements contractuels permet à chaque acteur d'intégrer le système de production en fonction de sa propre dotation.

Les résultats de nos travaux montrent que les arrangements informels entre acteurs sont constitutifs de cette dynamique, d'où l'intérêt de les intégrer dans la caractérisation de l'exploitation agricole, en particulier dans un contexte de fortes mutations. Ces arrangements entre acteurs dans un contexte informel correspondent aux ambitions des agriculteurs, mais échappent cependant au regard et au contrôle des institutions. (Dubost et Larbi-Youcef, 1998), souligne que cet essor est aussi rendu possible grâce à un certain laisser-faire de l'État, qui laisse les forages illicites se développer, facilitant ainsi l'accès à l'eau qui reste une pièce maîtresse du développement économique de ces régions. Néanmoins, l'hypothèse d'un « État-tolérant » n'est pas exclue et se manifeste par la mise en place des programmes d'accompagnement et de soutien des investissements agricoles, par les infrastructures (routes, marchés, etc.) et par des projets d'électrifications nécessaires à l'accès à l'eau (Brochier-Puig, 2004).

Dans ce contexte institutionnel, ces exploitations en mutation permettent une expansion territoriale et la mise en culture de nouvelles terres. A El Ghrouss, cette trajectoire des exploitations est devenue un prototype dans l'exploration de nouvelles frontières agricoles. Derrière le front pionnier, le propriétaire reconvertit ses terres louées en palmiers dattiers alors que le maraîchage se déplace sur de nouvelles terres. Ce peuplement rapide de nouvelles

terres a déjà été observé dans d'autres fronts pionniers en Afrique de l'Ouest pour la culture du coton et du cacao (Dugué, 2007) notamment en Côte d'Ivoire pour l'agriculture de plantation de cacaoyers (Léonard et Oswald, 1996), en Amazonie brésilienne pour la mise en place des grandes cultures (Becker, 2006; Léna, 1986). Comme pour la région d'El Ghrouss, les limites de cette agriculture sur front pionnier doivent être interrogées et analysées. La question qui se pose actuellement est de savoir quelles sont les limites de cette expansion dans un contexte de ressources en eau certes fossiles mais très importantes, de foncier encore largement disponible et de marché qui ne présente pas encore de signes d'essoufflement.

Chapitre 3

Rendre visible l'eau souterraine

La 2^{ième} partie de ce chapitre a été publiée sous forme d'article dans la revue *Hydrogeological Journal*.

Massuel, S., Amichi, F., Ameur, F., Calvez, R., Jenhaoui, Z., Bouarfa, S., Kuper, M., Habaieb, H., Hartani, H., Hammani, A., 2017. Considering groundwater use to improve the assessment of groundwater pumping for irrigation in North Africa. *Hydrogeology Journal* 25(6), 1565-1577.

Chapitre 3. Introduction au chapitre

Comme décrit précédemment, la commune d'El Ghrouss a connu une mutation de son activité agricole depuis l'introduction du maraîchage sous serres. Ces mutations se traduisent par le passage d'une agriculture exclusivement phéonicicole à une agriculture associant phéoniculture et maraîchage sous serres. Les agriculteurs réalisent des forages dans de nouvelles terres, souvent de parcours, afin de créer de nouvelles exploitations. Celles-ci démarrent par du maraîchage sous serre vite associé par la plantation de jeunes palmiers engendrant une expansion territoriale. Le fonctionnement des exploitations agricoles a été analysé dans le chapitre 2 notamment via l'analyse des arrangements entre les acteurs agricoles.

Le fonctionnement de l'exploitation agricole révèle que l'eau est un facteur clé puisque toute installation démarre par l'implantation du forage et que la gestion de l'exploitation est conditionnée par la gestion du - ou des - forages qui lui/leur sont liés. Pourtant, ce facteur demeure relativement invisible. Bien entendu, on peut voir dans le paysage fleurir les « châteaux d'eau » qui constituent en fait des innovations disposées en tête de réseau pour tamponner d'éventuelles surcharges de pression (voir les photographies n°11 dans l'introduction générale de la thèse) ou les multiples rouleaux de tuyau d'irrigation qui matérialisent la présence de l'eau. Mais au-delà, les processus qui permettent l'accès à l'eau, le nombre réel de forages, les modalités de leur utilisation, et *in fine* les quantités d'eau extraites depuis l'aquifère (ou plutôt les aquifères disposés en millefeuille) sont très largement informels et par là même largement invisibles.

Nous avons donc nommé ce chapitre « rendre visible l'eau souterraine » où nous nous attacherons à analyser les processus d'accès à l'eau souterraine, la gestion des forages et la construction et la mise en œuvre d'une méthode d'évaluation des usages. Nous faisons l'hypothèse que cette mise en visibilité pourra contribuer à une meilleure régulation de l'usage de cette ressource dont l'ensemble des acteurs témoigne d'une baisse tendancielle de niveau et de pression, ce qui indique une sollicitation croissante et préoccupante des eaux souterraines.

Dans ce chapitre, nous nous situons à l'échelle territoriale et chercherons à articuler la problématique de l'accès et de l'usage de l'eau souterraine à la dynamique agricole et à interroger la gestion de cette ressource vulnérable dans la construction d'un nouveau territoire de l'eau.

Ce chapitre est structuré en deux parties. La première partie est consacrée aux modalités d'accès aux forages et de leurs différentes formes de gestion. Cette analyse au niveau du territoire agricole irrigué montre des différences entre le cœur de la palmeraie et la frange pionnière dans lesquelles nous nous pencherons sur le rôle direct ou indirect de l'État dans le dynamisme de ce bassin maraîcher et phoenicicole d'El Ghrouss. Dans la deuxième partie de ce chapitre, nous présenterons une méthodologie d'évaluation des prélèvements d'eau souterraine développée à l'échelle d'El Ghrouss en collaboration avec d'autres chercheurs qui travaillent sur d'autres cas d'étude pour l'étendre aux trois pays du Maghreb. L'objectif de ce travail est de co-construire une méthodologie générique qui réponde à une diversité de situations indépendamment du contexte. Pour ce faire, nous l'avons construite sur la base de trois cas d'étude à vocations agricoles variés, dans trois pays avec des spécificités politiques et administratives. Cette deuxième partie a été publiée sous forme d'article en anglais dans la revue *Hydrogeological Journal*⁴.

3.1 Partie 1 : Caractérisation des modalités d'accès et de gestion de forage

3.1.1. Introduction

L'eau souterraine est souvent présentée comme « *une 'copropriété' de fait non reconnue et sans règlement spontané* », accessible au grand nombre par une multitude de puits et forages souvent individuels (Margat, 2008). L'accès privé à l'eau souterraine a induit un développement rapide de l'agriculture irriguée de par le monde. Depuis l'émergence d'une agriculture basée sur le pompage des eaux souterraines, par exemple pendant la révolution verte en Inde, l'accent a été mis sur les changements technologiques et la productivité agricole aux dépens des institutions (comprises comme des règles de gestion dans le sens Ostrom) pour réguler l'accès et l'utilisation de cette ressource naturelle (Ciriacy-Wantrup, 1969). Dans le Sahara Algérien, l'accès à l'eau d'irrigation par forages publics et privés a ainsi permis l'expansion rapide de l'agriculture irriguée (Côte, 2002). Ciriacy-Wantrup (1969) indiquait très tôt que le développement de cette technologie nécessite peu d'institutions, puisque les agriculteurs peuvent accéder à l'eau souterraine individuellement et de façon peu coûteuse. Ce n'est qu'ultérieurement quand les nappes baissent et les difficultés de certaines catégories d'agriculteurs apparaissent que de changements institutionnels deviendraient nécessaire. Or, dans la littérature beaucoup d'auteurs décrivent un déclin continu des aquifères exploités sans

⁴ Article distingué par l'éditeur Springer Nature dans le cadre de son initiative « change the world- One Article at a Time ».

que les acteurs arrivent à en réguler la cadence. Pourtant, certaines communautés d'agriculteurs ou certains pouvoirs publics ont opté pour l'accès et/ou l'utilisation collective de cette ressource, à travers le développement d'arrangements institutionnels formels et informels (Dubash, 2002; Llamas et Custodio, 2002). Ces derniers se matérialisent différemment selon les situations physiques, socio-économiques et politiques. Il y a eu dans de nombreux pays des projets de forages public, gérés par l'État et par des associations d'irrigants, mais dont la dynamique a été dépassée souvent par des initiatives privées (Johnson et al., 1993). En parallèle se sont développés des marchés de l'eau informels, par exemple en Asie du Sud (Dubash, 1998; Shah, 1993). Shah (2009) estime qu'en Inde chaque forage est ainsi connecté à 6-15 utilisateurs. Une autre forme d'organisation, en Gujarat par exemple, concerne des communautés d'irrigants qui investissent dans des forages collectifs pour accéder à des nappes profondes en créant des sociétés ou coopératives de forages (Shah et Bhattacharya, 1993). Alors qu'au Maghreb, l'accès à l'eau souterraine est le plus souvent intégré dans des contrats agraires pour constituer l'ensemble des ressources productives nécessaires à la production agricole (F. Amichi et al., 2015; H. Amichi et al., 2015a; Ammar Boudjellal et al., 2011). Peu d'études se sont intéressées aux modalités collectives d'accès et d'usage des eaux souterraines, en dehors des systèmes irrigués traditionnels tels que les foggaras qui ont attiré l'attention de nombreux chercheurs tels que Jean Bisson (1957) et Geneviève Bédoucha (1987). Dans cette première partie de ce présent chapitre, nous souhaiterons interroger les modalités d'accès et de gestion des forages.

3.1.2 Approche et méthodes

L'approche adoptée pour comprendre les modalités d'accès aux eaux souterraines et de gestion des forages repose sur l'approche socio-historique des systèmes hydrauliques dans ses trois dimensions techniques, acteurs et institutions de l'eau (Aubriot, 2004, 2002). Selon Payre et Pollet (2005) « *Toute interaction sociale à étudier se trouve forcément située dans le temps ainsi que dans l'espace physique et social.* Il s'agissait d'abord de caractériser les modalités d'accès aux forages en déterminant les acteurs actifs autour de l'accès aux eaux souterraines. Ensuite, nous avons suivi la distribution des eaux souterraine afin d'identifier les différentes formes d'organisation collectives et les institutions développées autour des forages.

La dynamique agricole d'El Ghrouss est souvent qualifiée d'informelle et liée principalement au renoncement de l'État à ses anciennes prérogatives de contrôle et de planification (Dubost et Larbi-Youcef, 1998). Pour relativiser ce point de vue, nous tenterons d'objectiver

l'intervention formelle de l'État dans l'attribution des droits de réalisation des forages à travers une implication personnelle au sein de la commission d'attribution des forages et le témoignage des fonctionnaires locaux.

Nous analyserons les processus informels et la manière dont différents acteurs agricoles et para-agricoles (Agriculteurs, foreurs, sourciers, techniciens, personnes ressources, etc.) s'accommodent des règles formelles en fonction de leur capitale social et financier et en fonction de la position des forages au sein du territoire (frange pionnière, zones de transition, palmeraie ancienne). Nous avons enquêté auprès d'une vingtaine d'acteurs de l'eau. Deux techniciens qui s'occupent de réparer les pompes, trois sourciers qui ont une connaissance empirique des niveaux piézométriques, six foreurs, nous avons visité quatre ateliers de fabrication de foreuse à Foughala, Doucen et Sidi Khaled.

Nous avons également enquêté auprès des cadres des administrations et avons récolté des bases de données de différentes institutions, à savoir celles en charge de l'agriculture et surtout en charge de l'eau qui, nous ont permis de tisser des liens et par la suite d'être conviée à être présent au sein de la commission d'attribution des forages. Nous avons également été présents lors d'une sortie de la commission⁵ d'attribution d'autorisation des forages qui est constituée par des représentants des différentes institutions.

3.1.3. Résultats

3.1.3.1 Modalités d'accès aux forages

Pour réaliser un forage, l'agriculteur peut soit opter pour une demande d'autorisation formelle auprès de la Direction des Ressources en Eau (DRE), soit opter pour la voie informelle en traitant avec la gendarmerie et/ou avec le voisinage. En fonction des cas de figure, ce n'est souvent pas l'une ou l'autre de ces options qui est choisie de manière exclusive, mais une combinaison entre elles, au cas par cas, en fonction de la solidité du dossier, des capacités financières, du capital social et des contraintes agricoles de l'agriculteur. Ces contraintes portent sur les délais de mise en place de l'exploitation pour ne pas rater le début d'une campagne au niveau agronomique et pour la mise en place des contrats de métayage et de location.

⁵ La commission d'attribution d'autorisation de forages est constituée de :

- un représentant de la mairie
- un représentant de la SDSA
- un représentant de SDRE
- un hydrogéologue de la DREW
- un hydrogéologue de l'ANRH

Procédures formelles d'accès à l'eau souterraine

La procédure formelle pour réaliser un forage passe par trois phases. D'abord, les agriculteurs doivent demander une autorisation de forage auprès de la DRE. Cependant et dans un souci de préservation de la ressource, la DRE délivre de moins en moins d'autorisations de forages dans les zones où les forages sont répandus. En 2001, une procédure pour réguler la mise en place de nouveaux forages a été mise en place au niveau national. Dans ces zones, l'administration encourage les demandes collectives pour la mise en valeur de 10 ha minimum. Concrètement, si un agriculteur possède moins de 10 ha, il s'associe avec un ou plusieurs agriculteurs de sa connaissance (capital social) et qui se trouvent à moins d'un kilomètre de son exploitation agricole pour faire une demande formelle de forage collectif. De la même manière, cette procédure concerne également un agriculteur qui possède 10 ha pour effectuer une demande de forage individuel. Dans les deux cas, le statut juridique des terres doit être réglementé et les ayants droits doivent posséder soit un acte notarié, une concession, un bail de location ou équivalent. Dans les faits, les titres de propriétés sont rarement émis ce qui empêche toute procédure légale des terres. Les propriétaires disposent seulement des documents établis par l'écrivain public lors des transactions. L'autre procédure en vigueur est la réhabilitation des anciens forages ("Tarmim") basée sur la vérification de l'existence du forage et de son non fonctionnement. Cette procédure n'exige pas de titre de propriété notarié contrairement à la précédente procédure.

Une fois le dossier monté, l'agriculteur ou le groupe d'agriculteurs déposent leur dossier d'abord dans les administrations locales puis régionales. Dans l'ordre, le dossier passera par la mairie, la Subdivision de la Direction des Services Agricoles (SDA), la Subdivision de la Direction des Ressources en Eau (SDRE) et enfin à la DRE centrale basée à Biskra au chef-lieu de la Wilaya. Cette dernière vérifie ensuite si le dossier est complet avant d'examiner la situation sur le terrain. Les hydrogéologues vérifient la faisabilité technique du futur forage et effectuent une rapide vérification des forages environnants. L'espace minimum entre deux forages est officiellement de 700 m. Dans les faits, les cadres de la DRE tolèrent une distance de l'ordre de 500 m. Cette première phase d'instruction du dossier dure en théorie entre 3 à 4 mois sous réserve que l'ensemble des pièces soient présentes et valides. Cependant, dans la réalité, la validation du dossier peut durer bien plus longtemps, jusqu'à 1 à 2 ans.

Il s'ensuit une phase de terrain. Une commission d'attribution d'autorisation des forages est constituée par des représentants des différentes institutions. La commission sort 2 fois par semaine en théorie, (mais moins fréquemment dans la pratique). Une sortie s'effectue à

l'échelle d'une commune sur les 33 communes que compte la wilaya de Biskra, il faudra compter 2 mois au minimum avant que la commission ne revienne sur la même commune. Au cours de cette sortie sur le terrain à laquelle nous y avons participé, les agriculteurs dont les dossiers ont été validés par la première phase sont avertis et présents. Ils se regroupent à la mairie pour rencontrer la commission qui se rend également de manière groupée à la mairie. Après la rencontre, un itinéraire est décidé et l'ensemble des agriculteurs et la commission suit cet itinéraire en cortège de véhicules. Jusqu'à une vingtaine de dossiers peut être examinée en une seule journée. Une fois sur place, une mesure GPS des extrémités de l'exploitation est relevée, la distance avec les forages de proximité est mesurée, et pour la procédure *Tarmim*, la distance avec le forage à réhabiliter. C'est en fonction de la densité des forages environnants que l'autorisation est accordée ou non. Dans le cas positif, la commission désigne les coordonnées de l'emplacement du futur forage (que celui-ci soit un forage nouveau ou réhabilité). L'agriculteur qui aura au préalable choisi un emplacement (sur les conseils du sourcier) négocie cet emplacement avec l'hydrogéologue. En réalité, même en cas de désaccord, l'agriculteur optera pour le choix du sourcier pour son emplacement. Dans le cas négatif (si la densité des forages environnant est jugée trop importante) une négociation s'engage entre l'agriculteur et l'hydrogéologue. Les autres membres de la commission peuvent influencer cette négociation en fonction de leur niveau de relation avec l'agriculteur. Les affinités sont palpables lors de ces sorties, il n'est pas étonnant que tous les membres de la commission se retrouvent, à la fin, autour d'un bon repas chez l'un des agriculteurs.

Depuis l'année 2005, et dans un souci d'objectivité, l'étape ultime de décision n'est plus du ressort unique de la DHW mais passe par une dernière étape qui est celle de la signature du Wali⁶. Celui-ci a le pouvoir final de valider ou d'invalider des dossiers. Des négociations directes ou indirectes peuvent avoir lieu à ce niveau.

L'ensemble de la procédure en trois phases - instruction, terrain, signature par le Wali- peut être très longue et peut durer plusieurs mois à quelques années. La complexité du montage du dossier ainsi que les longues durées de traitement, incitent les agriculteurs à contourner les règles et à s'orienter vers des modalités d'accès à l'eau informelles.

Accès informel à l'eau souterraine

La complexité du dossier notamment par l'absence des actes notariés, la lenteur de la procédure formelle et son caractère aléatoire incitent à différentes formes de contournement

⁶ Le Wali, équivalent du préfet, est nommé à la tête de la Wilaya.

des règles mises en place. En 2011, la direction des ressources en eau comptait un total de 7.477 forages autorisés dans la wilaya de Biskra alors qu'en 2008, l'ANRH recensait un nombre total de forages (licites et illicites) de 11.000 forages à la même échelle, soit un écart de plus de 30%. Les forages illicites ne cessent d'augmenter, témoignant de la multiplicité des formes de contournement. Au sein de la commune d'El Ghrouss, la DRE n'a recensé que 200 forages alors que leur nombre est de manière évidente très largement supérieur.

Dans les zones de plantation existantes, réaliser un forage illicite nécessite l'approbation du voisinage et/ou une « tolérance » des autorités. Seule la gendarmerie dispose aujourd'hui du pouvoir de stopper la réalisation d'un forage, de confiscation de matériel et de verbalisation. De plus, dans ces zones denses, un forage seul ne suffit pas pour irriguer 10 ha de palmiers dattiers. Une manière de renforcer l'accès à l'eau consiste à faire jouer la procédure de "Tarmim" et demander une autorisation de réhabilitation d'un forage ancien qui n'est plus fonctionnel alors que le forage en question est toujours fonctionnel. Dans ce cas, une mise en scène est pratiquée, l'agriculteur lui enlève ses organes (pompe et sources d'énergie) pour présenter le forage comme inopérant auprès de la commission au cours de la visite de terrain. Son but est de réaliser un 2^{ème} forage sur l'exploitation pour soutenir le premier déjà fonctionnel, qui, une fois la commission passée, est à nouveau rééquipé.

Dans les franges pionnières en revanche, les superficies des exploitations agricoles sont plus grandes et dépassent aisément les 10 ha. Ce sont d'anciennes terres de parcours qui ont le statut de terres *arch* sur lesquelles les tribus ont un droit d'usage traditionnel. Depuis le code pastoral de 1975, elles relèvent formellement du domaine privé de l'État. Les titres de propriété privés sont peu répandus et les transactions peuvent facilement porter sur des parcelles non titrées. En l'absence de ce titre, il est nécessaire de traiter directement avec la gendarmerie pour creuser un forage illicite facilement repérable en l'absence de plantations. La période à risque qui correspond à la période de réalisation de forage, dure environ deux mois au cours de laquelle les autorités compétentes ferment les yeux. Des arrangements informels ont lieu entre ces derniers et les agriculteurs et/ou les foreurs (on détaillera le rôle des foreurs dans la section suivante). Ces arrangements se soldent par une contrepartie matérielle ou pas.

Une autre façon de contourner les règles est de réutiliser une même autorisation pour réaliser un deuxième forage, voire plus. Cette autorisation peut être non seulement utilisée par le bénéficiaire de l'autorisation pour réaliser d'autres forages, mais également par son entourage (famille et voisins proches). En quelque sorte, le flou sur les limites foncières, les

emplacements précis de forages, du statut des forages offrent des marges de manœuvre pour démultiplier l'usage des autorisations obtenues après beaucoup d'efforts, de légitimer le statut des agriculteurs sur leur territoire, et de limiter les risques de verbalisation et conflit avec la gendarmerie.

Intervention et rôle des foreurs

Les foreurs jouent un rôle important dans le processus de réalisation des nouveaux forages. On entend par "foreurs" les propriétaires des foreuses. Ces foreuses sont souvent artisanales fabriquées localement. À Doucen, une fabrication artisanale de matériel de forage a vu le jour, qui, à partir du matériel déclassé par les entreprises pétrolières, fabrique des dispositifs de forage montés sur camion. Les foreurs ont un rôle clé dans les procédures administratives pour les obtentions des autorisations de forage, dans les négociations pour les forages illicites, notamment dans la gestion des sanctions par les autorités compétentes. En effet, la négociation avec les gendarmes ne peut être conduite directement par tous les agriculteurs. Dans ce cas, la contribution des foreurs peut s'avérer décisive dans les négociations informelles. Par leur présence continue sur le terrain et sur un espace donné, souvent depuis plusieurs années, les foreurs ont dû construire des liens étroits avec les brigades de gendarmerie de la, ou des, commune(s) de leur territoire d'intervention. Ce territoire peut concerner plusieurs communes (en fonction de l'importance du capital social du foreur), soit plusieurs brigades de gendarmerie. Dans ce contexte, le métier de foreur n'est durable que si celui-ci dispose de relations avec la gendarmerie. En cas de contrôle ce sont les foreurs qui subissent les risques, notamment en cas de saisie et immobilisation de leur matériel (une foreuse vaut environ 50.000 euros) et des marchés perdus que cela représente. Les foreurs sont souvent des entrepreneurs reconnus sur le territoire qui exercent aussi d'autres activités économiques (bâtiment, commerce, etc.) et disposent ainsi d'un capital social et financier important. On retrouve près d'une vingtaine de sociétés de forage agréées par l'état, qui interviennent souvent dans les projets publics, contre une centaine de foreurs informels à Biskra qui interviennent quant à eux dans les réalisations privées.

Concrètement, lorsque l'agriculteur décide de réaliser un forage après avoir pris connaissance des formalités nécessaires, il entre en relation avec un foreur grâce à son réseau de connaissance. La nature du contrat qui s'établit entre l'agriculteur et le foreur est fonction du degré de légalité du dossier. Les forages illicites ont des coûts plus importants que les forages autorisés avec plusieurs cas de figure intermédiaires (fausse réhabilitation, réutilisation d'une autorisation de forage, sans autorisation, etc.). L'agriculteur pourra prendre directement en

charge ces coûts, soit les sous-traiter aux foreurs. Le contrat entre l'agriculteur et le foreur comprend donc trois composantes principales : les coûts afférents aux autorisations, les coûts de réalisation, les clauses de partage des risques techniques et des risques liés aux contrôles (en cas de creusement sans accord préalable avec la gendarmerie).

Le coût de réalisation d'un forage comprend le prix de la main d'œuvre versé au foreur (5.000 DA le mètre linéaire soit environ 50 euros⁷) et celui de l'équipement que se procure directement l'agriculteur (le ciment, les tubes du forage et les tubes d'aspiration et de refoulement de la pompe et les câbles électriques soit 5.000 DA le mètre linéaire également). La main d'œuvre comprend trois salariés pour réaliser le forage (voir les photographies n°12 dans l'introduction générale de la thèse), un aux commandes des manettes de la foreuse et deux pour la manipulation des outils (tarière) et des pièces du forage (tubes). La réalisation d'un forage dure environ 2 mois, elle varie en fonction de la profondeur de la nappe captée et de la nature du sous-sol. Au total un forage peut coûter de 10.000 à 35.000 euros pour des forages allant de 100 à 400 m de profondeur, y compris le coût des pompes correspondantes.

Le raccordement électrique des forages, condition pour un plein usage des forages

La source d'énergie constitue un élément important à prendre en compte pour les conditions d'accès à l'eau souterraine. La région de Biskra, tout comme le reste des régions du Sud algérien, bénéficie d'une subvention de l'énergie électrique de l'ordre de 50% par rapport aux régions du Nord. Dans les zones anciennement mises en valeur et urbanisées, une ligne de basse tension appelée "ligne agricole" dessert, entre autres, les forages. Dans cette zone, les nouveaux forages se raccordent à cette ligne qui bénéficie d'une tarification inférieure au réseau domestique, en particulier en dehors des heures pleines (17h-21h). Dans les zones en périphérie immédiate des zones desservies par la ligne agricole, les agriculteurs doivent effectuer une demande de ramification de ligne en moyenne tension auprès de l'opérateur électrique, la Sonelgaz. Cette demande se fait en général de manière collective de sorte à mutualiser les coûts d'investissement, à la charge des agriculteurs mais certains agriculteurs ayant des projets d'envergure peuvent également faire une demande individuelle. L'investissement payé par les agriculteurs ne couvre pas le coût total qui est en partie pris en charge par l'État. La part financée par les agriculteurs est répercutée sur leurs factures payées mensuellement, à la différence des factures basse pression de la ligne agricole qui sont payées trimestriellement. Pour les nouvelles demandes de raccordement, soit sur le réseau de ligne

⁷ Selon le taux de change officiel en 2015.

agricole basse tension, soit sur le réseau de moyenne tension, l'opérateur Sonelgaz ne vérifie pas si le forage dispose d'une autorisation ou pas. Les forages illicites sont donc raccordés au réseau électrique au même titre que les forages officiels. On compte 1.255 de forages raccordés au réseau électrique en 2014 dans la commune d'El Ghrouss contre les 200 forages autorisés de la commune, soit donc un écart considérable.

Dans les nouvelles terres mises en valeur, l'accès à l'eau souterraine précède souvent l'arrivée du réseau électrique. Les agriculteurs utilisent alors le diesel comme source d'énergie soit en utilisant un générateur électrique, soit en utilisant un moteur diesel. Dans le premier cas de figure, les pompes peuvent être immergées et identiques à celles utilisées avec le réseau électrique, mais les profondeurs de captage sont limitées à cause du coût induit par le faible rendement énergétique. Le deuxième cas de figure impose l'usage de pompes horizontales qui ne peuvent prélever l'eau au-delà de 10 m de profondeur. Celle-ci peut parfois être légèrement augmentée par une disposition de pompes à l'intérieur de puits sur-creusés par des forages. Pour ces dispositifs, le régime de pompage est souvent insuffisamment continu pour permettre de le relier à un système de goutte à goutte de surface. Dans les deux cas, la capacité d'irrigation est fortement limitée à cause des faibles profondeurs de captage de l'eau. Seule l'électrification pourra ensuite permettre un plein usage des forages. La politique de développement de l'État par la mise en place de groupements collectifs agricoles (GCA) qui constituent des périmètres publics est aussi une opportunité pour l'accès à la ressource en eau dans les zones périphériques du fait de l'installation d'un réseau électrique à proximité. Les agriculteurs misent alors sur la possibilité d'extension de ce réseau dans les années qui suivent et qui leur permettra le plein usage de leur forage.

En définitive, le processus d'accès au forage est complexe et obéit à la fois aux règles de jeu formelles et informelles. Divers acteurs interviennent dans ce processus à savoir les usagers, les foreurs, les agents et cadres de l'administration, les autorités de contrôle, le fournisseur d'énergie et les programmes étatiques. Tous ces acteurs, publics ou privés, ont un rôle clé dans le processus d'accès à l'eau souterraine.

3.1.3.2 Gestion des forages

Après avoir caractérisé les arrangements autour de l'accès à l'eau souterraine, nous allons nous intéresser aux arrangements formels et informels autour de la gestion du forage. Ces arrangements concernent aussi bien les forages étatiques que privés. Ceux-ci peuvent par ailleurs aussi bien être gérés individuellement que collectivement. Le choix entre gestion

individuelle et collective se fait selon les moyens financiers, les contraintes techniques ou les relations sociales. Ces arrangements jouent un rôle important dans la dynamique de création de nouveaux forages. D'une part, ils garantissent un amortissement rapide des investissements pour les propriétaires et d'autre part, ils permettent d'intégrer les petits agriculteurs et les locataires dans le mécanisme de production ce qui renforce l'activité agricole d'El Ghrouss.

On distinguera les forages selon plusieurs critères dans notre analyse : le type de financement, public ou privé, la propriété individuelle ou collective, la gestion individuelle ou collective et l'organisation lorsque celle-ci est collective, puis les systèmes de production. Par la suite, on différenciera les forages appartenant à une personne (forage individuel) et à un groupe de personne (forage collectif) et dont l'usage peut être soit individuel ou collectif (Figure 9).

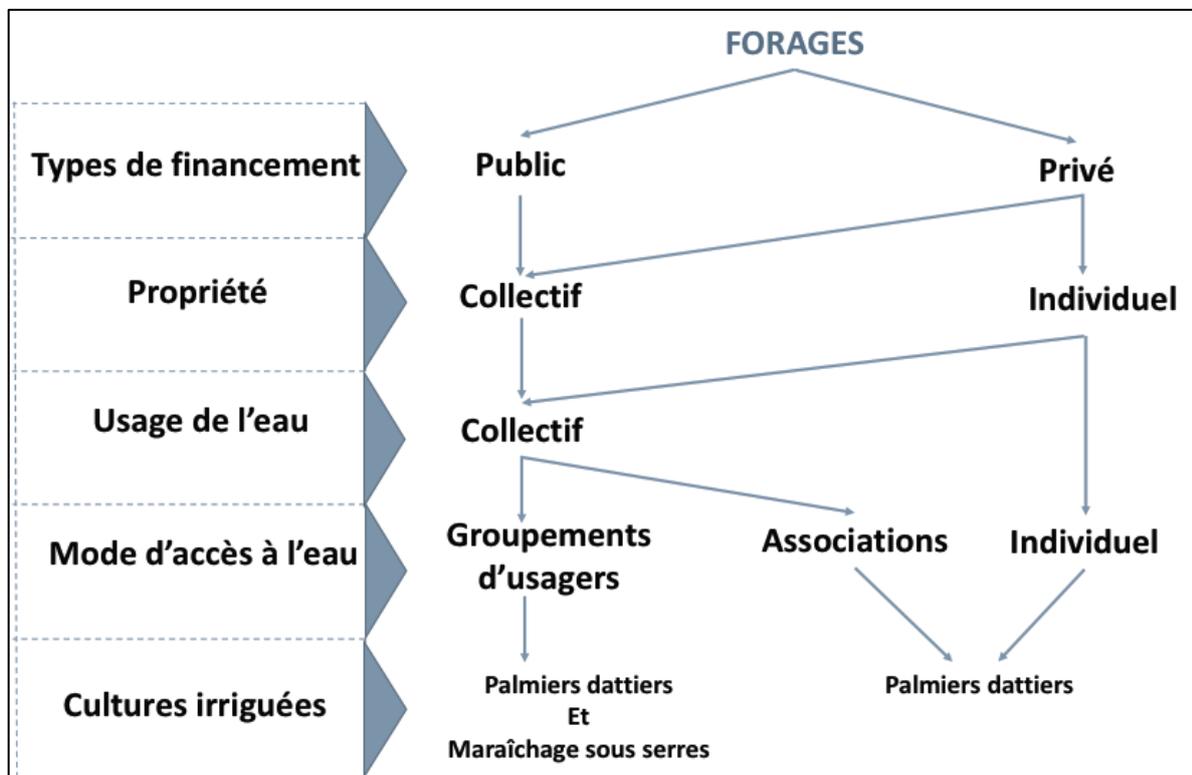


Figure 9. Caractéristiques des forages à El Ghrouss.

Dans la zone d'étude, on compte 8 forages étatiques réalisés par des institutions publiques puis cédés à un groupe d'agriculteurs dans le cadre d'une concession agricole. Ce sont les bénéficiaires de la concession qui ont équipé ces forages. Cette concession donne l'accès à un droit d'eau du forage et au foncier agricole. Les bénéficiaires gèrent le forage collectivement et assurent eux-mêmes son fonctionnement. Dans la commune d'El Ghrouss, on retrouve trois périmètres de concessions ; un périmètre d'APFA (Accession à la Propriété Foncière Agricole) et deux périmètres de GCA (Générale Concession Agricole). L'arrêté de création

des deux périmètres GCA s'est fait en 2000. Le premier périmètre situé à El Merhoum comprend quatre forages. Après l'achèvement des travaux et l'installation des bénéficiaires, sa mise en service effective a débuté en 2010. Le deuxième périmètre situé à Lozen n'est toujours pas en service. Il comporte trois forages qui sont déjà réalisés mais qui ne sont pas encore distribués. L'autre périmètre quant à lui été réalisé en 1991 dans le cadre de l'APFA. Pour tous ces forages collectifs réalisés par l'État, le nombre d'usagers ainsi que les règles de partage sont prédéfinis par l'administration locale. Cependant, des arrangements informels existent aussi au sein de ces concessions. Très souvent les bénéficiaires de ces concessions cèdent ou mettent en location leur terre ainsi que leur droit d'eau à d'autres agriculteurs.

Forages privés

Lorsque les investissements sont privés, les forages peuvent être réalisés par un ou plusieurs investisseurs. On distinguera alors les forages à propriété individuelle ou collective (Figure 9). Un autre niveau de distinction se fera en fonction de leur mode de gestion collective ou individuelle. En effet, un usage collectif est possible pour un forage à propriétaire individuel. Parmi les 1.536 forages que nous avons recensés dans la zone d'étude, 67% sont des forages individuels dont près du tiers sont gérés de façon collective.

Forages privés individuels. Les forages individuels à usage individuel représentent la moitié des forages et concernent les exploitations agricoles stables cultivées en palmier dattier. Avant d'arriver à cette reconversion totale en palmier dattier, le propriétaire amorti son investissement en cultivant le maraîchage sous serres et en louant des emplacements de serres sur son exploitation. En début de campagne, un calendrier d'irrigation est établi entre tous les usagers pour tous les forages à usage collectif. Le propriétaire cède alors une part d'eau aux locataires. La durée d'irrigation est de 3 h durant laquelle 10 serres sont irriguées ou 20 rangés de palmiers avec un tour d'eau de 3 jours. (Figure 10).

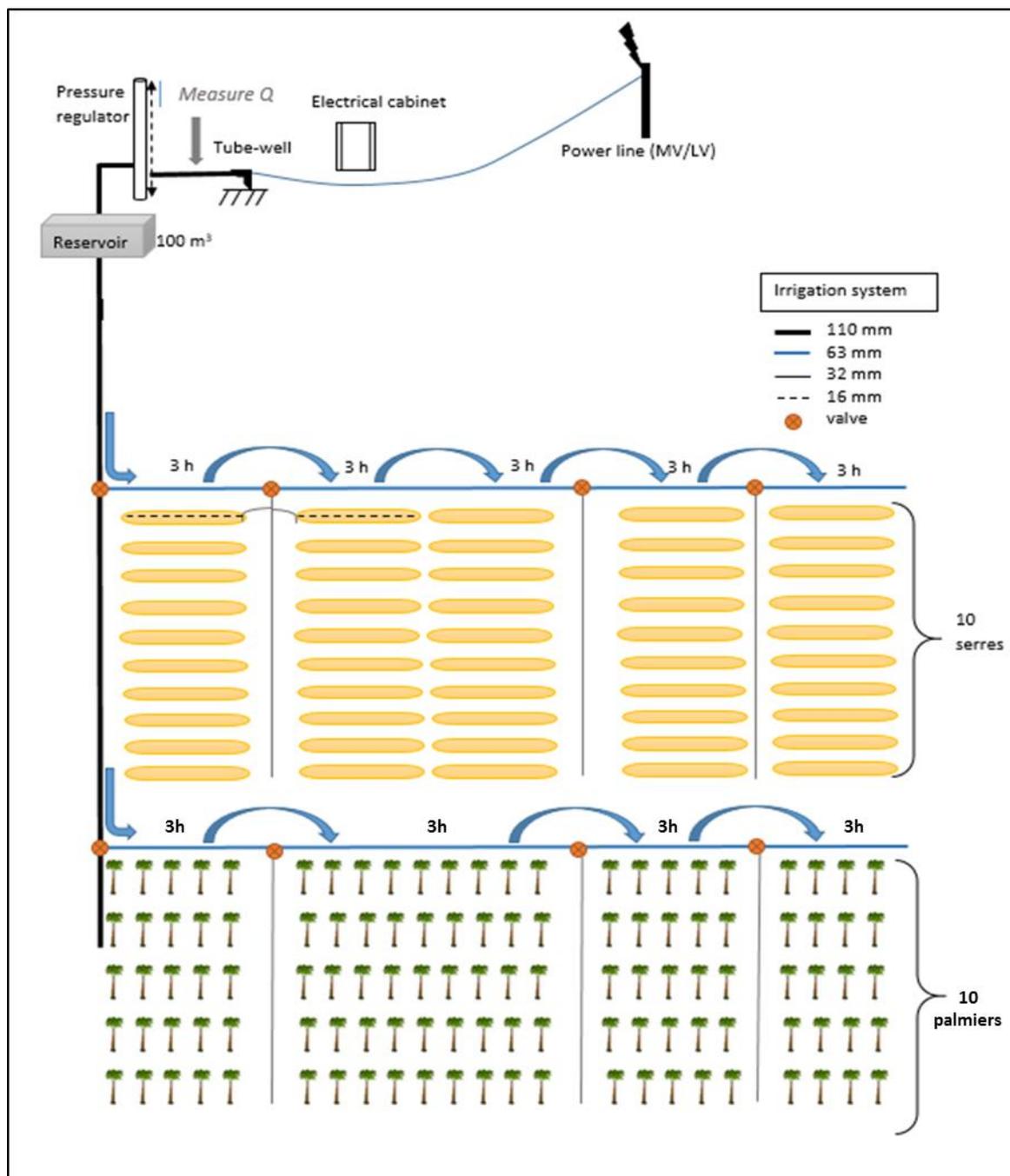


Figure 10. Illustration d'une gestion collective d'un forage à propriété individuelles ou collectives.

Forages privés collectifs. Lorsque la propriété du forage est collective, les droits d'eau au forage sont proportionnels à la participation financière des actionnaires. Nous différencions deux cas de forages collectifs. Premier cas, le forage appartenant à une « association » informelle qui réunit un grand nombre d'actionnaires (entre 25 et 60 actionnaires). Les règles de partage et de distribution sont rigides et fixées dès la réalisation de l'ouvrage. Une assemblée est créée suite à cela et désigne un président qui gère les charges liées au forage

(l'équipement du forage, l'entretien, le salaire de l'aiguadier et les factures électriques). L'assemblée se réunit chaque année, généralement après les récoltes, pour actualiser sa liste d'adhérents et prélever les cotisations. Deuxième cas, le forage appartenant à un « Groupement d'usagers informels » est réalisé par un nombre restreint d'actionnaires (moins de 4 personnes) ayant généralement des affinités entre eux (familles, amis, voisins). Dans ce cas, la gestion est plus souple et les droits d'eau sont flexibles.

3.1.4 Discussion et conclusion

Avant l'ère de pompage mécanique, l'eau constituait le facteur de production le plus contraignant dans un environnement aussi hostile que le Sahara (Bisson, 2003). La rareté de l'eau dans un tel milieu aride constituait un frein au développement de l'agriculture oasienne tant en termes d'extension spatiale qu'en intensité culturale. Elle constituait également une ressource stratégique et un facteur régissant l'organisation sociale et la structure foncière au sein des communautés oasiennes (Kouzmine, 2012). Sa rareté et la difficulté de s'en procurer ont conduit les communautés oasiennes de développer au fil des siècles des liens étroits avec l'eau (Kouzmine et Avocat, 2008). L'introduction de l'eau souterraine pompée dans ces territoires agricoles a profondément perturbé le cadre existant de référence culturelle, les hiérarchies sociales et le développement territorial (Kouzmine, 2012). L'accès à l'eau souterraine a changé l'organisation hydraulique et territoriale, a déstabilisé les pratiques et les cultures sociales et a favorisé l'émergence de nouveaux systèmes de production (Côte, 2002).

Dans notre cas d'étude, l'accès à l'eau souterraine pompée a nécessité des institutions pour en assurer l'accès et l'usage. A El Ghrouss, de multiples acteurs (propriétaires terriens, locataires, métayers) mettent en commun leurs facteurs de production, dont l'eau souterraine, pour réaliser le maraîchage sous serre et préparer la plantation de palmiers dattiers. Nous avons montré qu'il existe un ensemble de formes d'organisation collective autour de l'exploitation des eaux souterraines, qui sont pour la plupart du temps transitoires. Sur une exploitation agricole donnée, le propriétaire aura obtenu suffisamment de revenus pour investir dans la plantation de palmiers dattiers et les locataires iront louer des terres ailleurs. Ces formes d'organisation collectives sont essentiellement mobilisées par les différents acteurs présents à l'échelle de l'exploitation agricole pour dépasser les contraintes du capital.

Les institutions pour l'accès et l'usage de l'eau souterraine pompée se développent lorsque les agriculteurs sont exposés aux mêmes contraintes (Shah, 1993) : écologiques (pénurie d'eau de surface, rabattement du niveau piézométrique), physique (profondeur de captage des eaux

souterraines, la petite taille des exploitations agricoles) et économiques (prix de revient d'un forage individuel, la rentabilité des cultures pratiquée). En Asie du Sud se sont ainsi développés des marchés de service des eaux souterraines ou encore des associations informelles par des petits agriculteurs constitués en actionnaires de forages profonds (Dubash, 1998). Dans le Nord de la Chine, cette forme d'institution réduit les formes d'inégalités puisqu'elle favorise un accès aux eaux souterraines aux agriculteurs ayant peu de moyens (Zhang et al., 2008). Nous avons montré pour la région d'El Ghrouss que des institutions de l'eau souterraine se sont également développées dans des formes différentes en fonction des systèmes agraires et hydrauliques et des relations sociales. A El Ghrouss, les formes d'organisation collective autour des eaux souterraines sont indispensables pour le développement social et économique. Elles constituent l'étape cruciale pour générer un capital qui permet de générer des revenus aux différents acteurs impliqués et in fine de gravir l'échelle sociale (F. Amichi et al., 2015).

Ciriacy-Wantrup (1969) a baptisé ces formes d'organisation en « *institutions économiques* » puisqu'elles traitent l'eau souterraine comme un facteur de production et répondent à un régime d'offre et de demande économique. Dans un contexte de déclin des aquifères, peu renouvelables, on pourra qualifier ces institutions de minières, car elles ne sont en aucun cas adoptées pour parer aux baisses des nappes. Zhang et al. (2008) ont démontré que les institutions telles que les marchés de services d'eaux souterraines pourraient accélérer le rabattement des nappes, dans la mesure où ils encouragent l'utilisation accrue des eaux souterraines. Ces institutions émergent pour surmonter des difficultés liées à l'exploitation des eaux souterraines, et non pas pour en réguler l'accès et l'usage.

Des institutions « minières » ont émergé autour de l'accès et de l'utilisation des eaux souterraines dans la région de Biskra pour surmonter des problèmes d'ordre développement agricole ou pour dépasser des problèmes d'ordre social en facilitant l'accès à l'eau souterraine au plus grand nombre d'utilisateurs. Dans un contexte d'exploitation minière de la ressource en eau souterraine par pompage il est probablement logique que les institutions d'irrigation ne soient pas façonnées pour réguler ou freiner l'utilisation de l'eau souterraine. A El Ghrouss, le développement agricole s'inscrit dans une visée économique et d'ascension sociale individuelle.

3.2 Partie 2 : Construction d'une méthodologie pour estimer les prélèvements des eaux souterraines

Une organisation informelle s'est mise en place de façon généralisée sur tout le territoire devenant presque « banale ». Les forages illicites se multiplient et altèrent les chiffres officiels, 1.536 forages recensés contre 200 forages autorisés. Les arrangements entre les acteurs autour de l'accès et de l'usage de l'eau se diversifient. L'ensemble de ces éléments montrent la nécessité d'établir un comptage exhaustif des forages afin d'estimer les prélèvements en eau souterraine d'un territoire. Pour répondre à cet objectif, nous avons fait le choix de construire une méthodologie de recherche qui vise à répondre d'abord aux questions d'échantillonnage, de prélèvements d'eau mais aussi d'extrapolation dans des contextes où les systèmes d'informations sont plus ou moins fragiles. En effet, les méthodes conventionnelles telles que le suivi des niveaux piézométriques et la télédétection, sont insuffisantes pour déterminer les prélèvements dans notre cas d'étude. Ces méthodes ont le défaut d'ignorer les usagers et les jeux d'acteurs au sein des parcelles mises en culture. De plus ces méthodes sont très « globalisantes », et ne donnent pas de clés pour différencier entre différentes catégories d'agriculteurs, différentes pratiques agricoles, etc. Nous proposons une méthode qui repose sur une double logique : d'une part quantitative, par l'identification et la qualification des forages, les consommations énergétiques, les relations débit-énergie, et les calendriers des irrigations ; d'autre part selon une logique territoriale pour contribuer à une réflexion prospective sur l'avenir de l'agriculture irriguée de la commune intégrant ainsi la logique des usagers et les pratiques et les modalités d'accès à la ressource en eau souterraine.

3.2.1 Estimer les prélèvements d'eau souterraine ?

3.2.1.1 Nappes captées

Dans la zone d'étude, les profondeurs des ouvrages hydrauliques varient de quelques mètres jusqu'à des centaines de mètres de profondeur, captant ainsi une ou plusieurs nappes. De plus, l'épaisseur des nappes varie d'une région à une autre.

Tableau 1. Profondeur et débit des différentes nappes captées dans la zone d'étude (El Ghrouss).

Nappe	Prof (m)	Débit (l/s)
Phréatique	20-60	1 à 3
Mio-Pliocène	90-250	5 à 15
Éocène inf	90-500	5 à 40
Albienne	1700-2600	60 à 120

La lithologie et les études hydrodynamiques dans la région de Biskra, permettent de distinguer quatre unités aquifères principales (MRE, 1980) : 1/ *La nappe phréatique du quaternaire (inféro-flux)*. Elle se localise généralement dans les accumulations alluvionnaires et est alimentée principalement par les eaux d'infiltration des Oueds (inféroflux), les plus importantes dans la Wilaya, étant celles de l'oued Biskra (Sidi Zarzour) en amont et celles de oued Djeddi ; 2/ *La nappe des sables du mio- pliocène (Complexe Terminal)*. Elle couvre une grande superficie de la wilaya. Elle est fortement exploitée dans la partie est de la wilaya, notamment à M'ziraa. Du point de vu hydrodynamique, elle représente un système très hétérogène car elle est constituée par plusieurs couches de diverses perméabilités et épaisseurs ; 3/ *La nappe des calcaires de l'éocène inférieur et senonien (complexe terminal)*. Elle est constituée essentiellement de calcaires fissures d'âge éocène inférieur, elle est la plus sollicitée dans les palmeraies des Ziban, elle est surnommée « nappe de Tolga ». *La nappe profonde des grès (Albienne, Continental Intercalaire)*. C'est un réservoir très important, constitué essentiellement de grès et de marne d'âge albien et barrémien. Son exploitation est très couteuse due à sa profondeur qui dépasse les 1.700 m et la température de son eau qui peut dépasser les 60°C. En 2008, cette nappe était exploitée dans la wilaya par 19 forages.

Selon un inventaire des forages réalisé 2008 par l'Agence nationale des ressources en eau (ANRH), la nappe du Mio-Pliocène et celle de l'Éocène inférieure sont les plus sollicitées dans le secteur agricole à l'échelle de notre zone d'étude. De ce fait, nous allons nous concentrer uniquement sur les forages qui captent ces deux nappes.

Pour rappel, notre zone d'étude comprend la commune d'El Ghrouss proprement dite et une partie de la commune voisine où les dynamiques pionnières sont mises en place (Figure 3 dans l'introduction générale). Dans un premier temps et par soucis de gestion des données administratives, notamment celles des factures électriques, nous nous sommes focalisés uniquement sur la commune d'El Ghrouss pour la quantification. Ensuite, nous prolongerons

notre analyse sur l'ensemble du territoire et ainsi aborder la question de l'avenir de l'agriculture irriguée.

3.2.1.2 Dénombrement des forages

Nous avons, dans un premier temps, cherché à connaître le nombre total de forages, sachant que ceux-ci ne sont pas recensés de manière exhaustive. La direction d'hydraulique communique un chiffre de 200 forages ayant obtenus une autorisation dans la commune d'El Ghrouss. Ce chiffre est de toute évidence insuffisant, nous avons alors recensé nous même le nombre total des points d'eau dans la commune étudiée, mais aussi dans les nouvelles terres limitrophes appartenant à la commune voisine. Pour ce faire, nous avons eu recours à deux méthodes.

La première méthode a consisté à récolter la base de données du fournisseur d'électricité (Sonelgaz) pour la commune d'El Ghrouss. Nous nous sommes alors intéressés exclusivement aux abonnés agricoles pour avoir accès uniquement aux compteurs électriques raccordés aux forages. Ainsi, nous avons pu exclure les usages domestiques ou de climatiseurs qui peuvent fausser nos calculs. A travers cette première méthode, nous avons eu deux types de données à notre disposition ; des clients raccordés sur le réseau en Basse Tension (BT) avec des factures trimestrielles, dont le nombre s'élève à 1.255 forages pour l'année 2014 et une dizaine de clients branchés sur la Moyenne Tension (MT) avec des factures mensuelles.

La deuxième méthode de dénombrement a été réalisée avec l'aide de personnes ressources sur l'ensemble du territoire. Nous avons recensé 1.536 forages sur l'ensemble du territoire dont 1.320 dans la commune d'El Ghrouss (Figure 11). Pour ce faire, nous avons utilisé Google Earth pour localiser les ouvrages de pompages identifiés puis nous nous ensuite sommes rendus sur terrain pour compléter la base de données. Grâce à cette méthode, nous avons pu identifier les 5% de forages qui ne sont pas raccordés et fonctionnent au carburant et au moteur électrique.

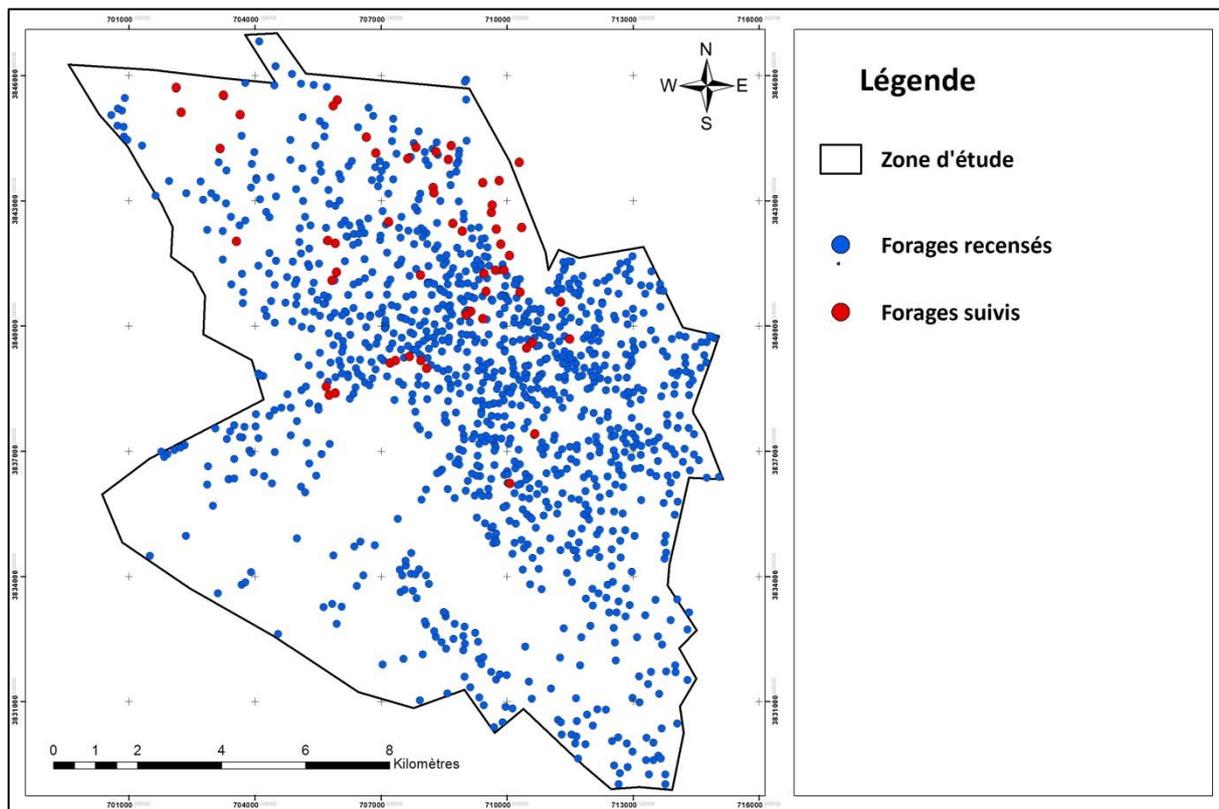


Figure 11. Répartition de forages dénombrés sur l'ensemble du territoire de la zone d'étude.

Parmi les 1.536 forages recensés nous avons choisi un échantillon de 200 forages répartis sur l'ensemble des trois sous-territoires agricoles que compte notre zone d'étude. Ces trois sous-territoires se différencient en fonction des dominances culturelles. : i) un sous-territoire pheonicicole, qui s'est développé autour de l'ancienne oasis, et bien avant l'introduction des serres dans la région ; durant les années 1980, ii) un autre sous-territoire mixte associant pheoniculture et plasticulture et iii) un dernier sous-territoire avec une forte domination de maraîchage sous serre.

Ce travail d'échantillonnage raisonné était indispensable pour recueillir les caractéristiques techniques des forages (profondeur, année de réalisation, type et profondeur de la pompe, etc.). Après ce premier échantillonnage, nous avons sélectionnés 40 forages raccordés au réseau électriques pour estimer leurs prélèvements. Dans un souci de représentativité, nous avons mis en relief l'hétérogénéité des situations (structure de l'exploitation agricole, types de cultures, types d'acteurs, etc.). Pour ces 40 forages, nous avons mesuré les débits de pompage, recueilli les factures de consommation électrique et reconstitué les calendriers d'irrigation des exploitations agricoles autour de ces forages. Avec l'aide des aiguadiers, nous avons

reconstitué les plans de cultures détaillés et ont noté, à chaque pompage, la nature des cultures irriguées. Dans ce qui suit, nous allons détailler chaque étape de notre méthodologie.

Mesure des débits

D'abord, nous avons mesuré le débit des forages à l'aide d'un débitmètre à ultra-son composé de deux capteurs se fixant sur la conduite et d'un convertisseur numérique fonctionnant sur batterie (*Ultraflux digisonic*). L'appareil fonctionne sur les principaux matériaux rencontrés sur le terrain à savoir les conduites en acier, en fonte et en PVC. Les résultats de ces premières mesures nous ont permis d'affirmer que les débits pour un même forage sont constants durant le pompage. En effet, l'écart type est de 0,1 l/s pour 195 mesures durant une journée d'irrigation pour un même forage. A la suite de ces résultats, nous avons considéré qu'une mesure ponctuelle de débit serait suffisante pour peu que les conditions de mesure restent inchangées. Les mesures de débit à l'échelle saisonnière montrent que les prélèvements sont plus importants en été qu'en hiver. Pour prendre en considération ces variations saisonnières des débits, nous avons établi deux séries de mesures en saison estivale (juin 2014) et hivernale (Janvier 2015). La première hivernale correspond au mois de Janvier-Février où les températures sont entre 7°C min et 13°C max, et la période estivale de Mai-Juin où les températures sont plus élevées allant de 18°C min et 36°C max. Les débits ont été très stables durant la même saison, mais ils ont diminué de façon significative entre les deux saisons d'irrigation (-15%) en raison du rabattement local du niveau piézométrique. Pour la période d'observation, les débits moyens mesurés étaient respectivement de 8,6 l/s et de 7,2 l/s en hiver et en été.

Les durées d'irrigation

Nous avons par la suite estimé les durées d'irrigation des forages. Pour ce faire, nous avons fait le choix de mobiliser les factures d'électricité pour retracer les consommations énergétiques des forages. De par leur régularité, les factures électriques constituent une importante base de données, elles nous renseignent sur le nom du propriétaire du forage, sur la tarification en vigueur et surtout la consommation énergétique en kWh et donc le temps de pompage. Le kilowattheure correspondant à l'énergie consommée par un appareil de 1 000 watts (1 kW) de puissance pendant une durée d'une heure. A partir des consommations énergétiques relevées sur les factures électriques, on déduit les durées des irrigations et donc le temps de pompage. Concrètement, nous avons calculé, pour chaque forage, les kWh consommés durant une heure de fonctionnement. Puis, pour estimer les

heures de fonctionnement nous nous sommes basés sur les consommations énergétiques mensuelles ou trimestrielles recueillis dans les factures en kWh et sur les kWh/h consommé pour chaque forage. Les durées de pompage estimées sont très variables d'un forage à un autre et d'une saison à une autre. Certains forages fonctionnent jusqu'à 330 jours par an avec une utilisation maximale du forage de mars jusqu'à septembre.

Estimation des volumes prélevés

Enfin, et après quelques données manquantes tout au long du processus de récolte de données et de mesure, nous avons pu finalement obtenir des résultats pour 29 forages sur les 40. Nous avons alors estimé les volumes prélevés des 29 forages sur la base de la formule qui repose sur la mesure des débits et l'estimation des durées de pompage. Pour les 29 forages suivis, nous avons 4 forages qui irriguent les serres, 20 forages qui irriguent le palmier dattier et 5 qui irriguent les deux cultures. Ces chiffres renvoient à la répartition des forages sur le territoire. En effet, sur les 1.536 forages recensés, 69% de forage sont dédiés à l'irrigation des palmiers, 27% irriguent les deux cultures et uniquement 5% des forages qui irriguent exclusivement les serres. Les volumes pompés moyens estimés par forage étaient d'environ 135.000 m³/an avec une très forte variabilité entre les forages (de 100.000 à 300.000 m³/an). Avec cette première méthode, le prélèvement annuel d'eau souterraine sur les 1.255 forages reliés au réseau électrique serait estimé à 170 hm³/an dans la commune d'El Ghrouss,

La deuxième méthode pour extrapoler nos résultats sur l'ensemble du territoire consistait, dans un premier temps, à estimer la consommation des serres et du palmier. Dans ce sens, nous avons estimé le volume d'eau alloué aux serres en divisant le volume d'eau prélevé de chacun des 4 forages par le nombre de serres irrigué associé à chaque forage, ainsi que le volume d'irrigation d'un palmier en divisant le volume pompé de chaque forage par le nombre de palmiers. Nous avons ensuite remis à l'hectare en comptant en moyenne 120 palmiers par hectare (avec un espacement de 8x8m²). Nous avons conclu que la consommation en eau d'une serre est en moyenne de 636 m³/an soit 15.700 m³/ha/an. En revanche, pour le palmier dattier, l'estimation est très variable car nous avons estimé que les jeunes palmiers consommés environ pourraient 11.000 m³/ ha/an et les palmiers adultes jusqu'à 19.000 m³/ha/an. Dans un deuxième temps, nous avons estimé le nombre de serres (pour en déduire les superficies) et la superficie des palmiers pour l'année 2012 grâce à Google Earth (Figure 12).

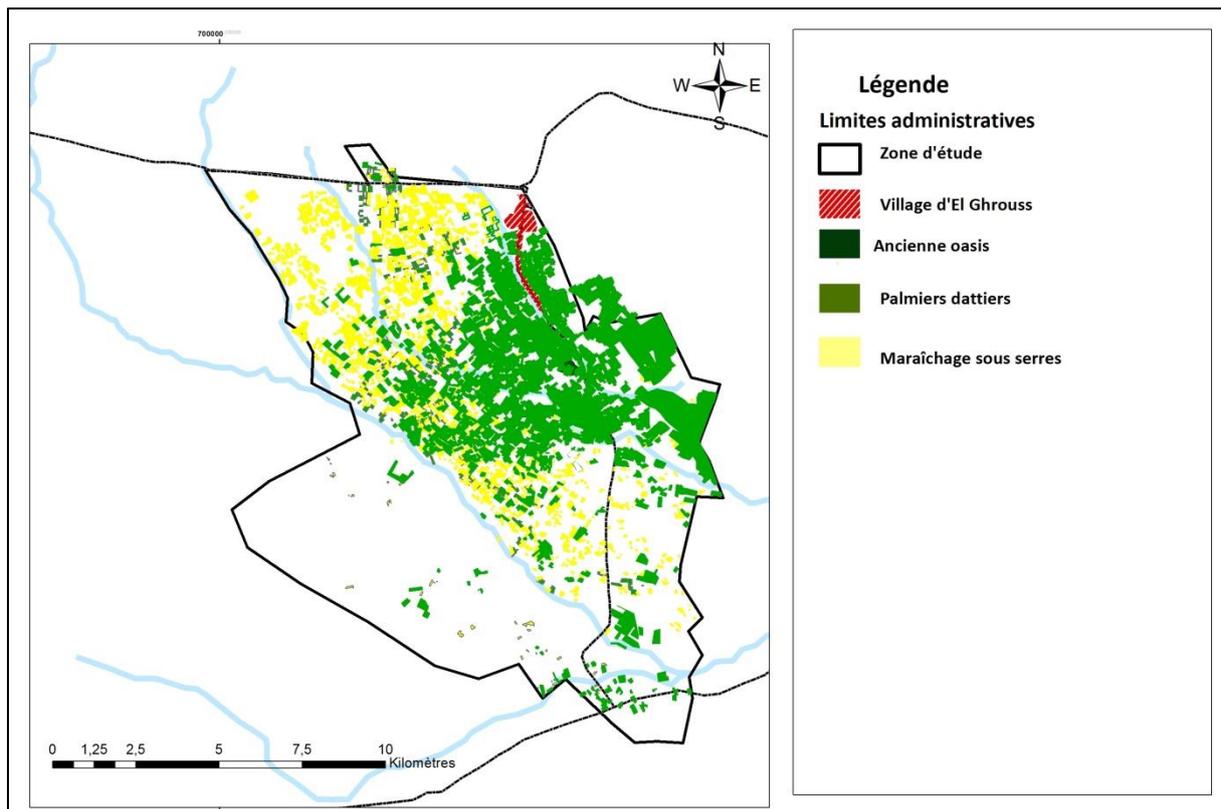


Figure 12. Répartition des serres et des palmiers dans la commune d'El Ghrouss (comptage de 2012 Google Earth).

Nous avons comptabilisé 11.714 serres ce qui représente 650 hectares (soit 18 serres/ha) et prêt de 4.800 hectares de plantation de palmier dattier (jeune plantation et plantation adulte confondues). Les résultats de cette deuxième méthode de régionalisation montrent que les serres consommeraient près de $7,5 \text{ hm}^3/\text{an}$ alors que les palmiers utiliseraient entre 55 et $90 \text{ hm}^3/\text{an}$, soit considérablement plus.

Nous avons également testé une 3^{ème} méthode pour estimer le volume d'eau prélevé annuellement. Cette méthode se base sur la consommation énergétique globale. Nous avons calculé le ratio du volume annuel prélevé pour chaque forage sur sa consommation énergétique correspondante. Pour 1 kWh consommé il correspond en moyenne à 1.34 m^3 pompé. La consommation globale de la commune d'El Ghrouss pour l'année 2015 est de 96.183.412 kWh soit un volume total estimé de $150 \text{ hm}^3/\text{an}$.

Au-delà des résultats globaux, les résultats spécifiques montrent que les volumes pompés ne dépendent pas des cultures irriguées mais des logiques des agriculteurs, de l'organisation autour du forage et des droits d'eau liés à l'usage. Nous l'expliquons par le fait qu'un forage collectif avec plusieurs ayants droits aura tendance à fonctionner plus longtemps qu'un forage

à usage individuel ou familial. L'importance de notre méthodologie de mesure pour évaluer les prélèvements en eau souterraine ne tient pas seulement du fait de sa précision, mais aussi de sa plus-value en matière de connaissances des attributs à la fois socio-économiques et biophysique notamment dans la construction de nouveaux territoires de l'eau. D'abord, cette méthode a permis de dévoiler un panel d'acteur divers et varié qui intervient autour de l'eau à savoir : les maraîchers, les phœniciculteurs, les aiguadiers, les administrations locales et régionales ainsi que les foreurs. Ensuite, cette méthode a permis de réaffirmer l'activité transitoire au service du palmier dattier.

Dans l'objectif de recherche de généricité de la méthode nous l'avons construite sur la base de trois cas d'étude à vocations agricoles variés, dans trois pays avec des spécificités politiques et administratives : Premièrement en Algérie dans la commune d'El Ghrouss, une région oasienne qui repose exclusivement sur l'exploitation des eaux souterraines. Deuxièmement au Maroc dans la plaine du Saïs, dans cette région semi-aride l'irrigation en pluviale est soutenue par l'eau souterraine en saisons sèches. Troisièmement en Tunisie dans plain de Kairouan qui repose sur l'irrigation de surface et souterraine. Dans les trois cas d'étude, l'eau souterraine dynamise l'activité agricole et engendre une importante économie basée sur des cultures à forte valeur ajoutée. L'article qui suit reprend les principaux résultats des trois terrains et pose la question de la gestion des nouveaux territoires. L'article a nécessité un travail étroit avec deux autres équipes du projet Groundwater Arena, permettant une montée en généralité sur les conclusions à tirer de ce travail.

Cette problématique est au cœur des préoccupations des politiques publiques et nécessite l'émergence d'une connaissance partagée qui intègre tous les acteurs concernés. Il est d'autant plus crucial dans un contexte de fort développement agricole accentué par les divers arrangements contractuels autour de l'accès à la ressource en eau, de l'usage des forages. De plus, le caractère informel accentue les enjeux de gouvernance des milieux agricoles ouverts. Le recours aux consommations énergétiques pour maîtriser les prélèvements est une option qui mérite d'être étudiée. Elle repose sur l'idée d'une mise en réseau électrique des forages, en substitution à la mise en réseau hydraulique des périmètres irrigués à partir des eaux de surface. La mise en réseau électrique des forages assure une continuité de l'accès à l'eau souterraine. Une telle perspective n'est envisageable que si les forages sont raccordés officiellement à un réseau centralisé. En Algérie, le réseau électrique est développé à travers tout le pays et représente une base fiable et précise. En effet, dès 1976, le pays a fait le choix d'exclure toute éventuelle alimentation au moyen de groupes électrogènes autonomes dont les

utilisateurs seraient gestionnaires. Seul le réseau a été considéré comme moyen d'électrification. Dans une logique d'électrification massive, l'État algérien a adopté un principe « d'électrification par grappe » visant à raccorder l'ensemble des usagers comme principe directeur de mise en réseau. Il s'agissait de minimiser l'investissement en électrifiant les villes et ce qui se trouve en proximité immédiate. L'intensité de l'électrification renvoie donc à la progression de l'occupation de l'espace et à l'avancée de la frange pionnière. L'accès à l'électricité est devenu un acteur important dans la stabilisation des exploitations agricole en transition. Nous développerons cette idée dans le chapitre 4.

3.2.2 Introduction

It is increasingly recognized that irrigated agriculture in North Africa is more and more supported by the use of groundwater, despite the historical implementation by the Governments of large-scale surface irrigation schemes. According to Kuper et al. (2016), groundwater supplies more than 500.000 farms in Algeria, Morocco and Tunisia and pumping wells irrigate continuously growing areas now estimated at more than 1,75 million ha. Such economic development strategy largely relies on groundwater resources that are prone to severe depletion since the start of their intensive exploitation nearly 40 years ago. The future of this groundwater economy is thus now questioned whilst the total groundwater reserve is generally poorly known. Before the massive groundwater development, the centralized decision-making systems did not have to pay much attention to assessing groundwater abstraction. But having a blurred picture of the situation is now making control and regulation difficult. Groundwater abstraction is highly dominated by private people (or communities), so pumping wells are isolated (outside classical irrigation schemes) and installing monitoring equipment such as water meters is usually badly received by farmers, especially when the experiment lasts a long time. The density of the wells is usually high (several per ha) and they are scattered in the landscape with a very active turnover between abandoned, deepened and new drilled wells due to water table drop. Estimating groundwater abstraction from small individual farms is then challenging and this is the reason why withdrawals of small individual farms are usually indirectly estimated. For instance, Ruud et al. (2004) estimated groundwater abstractions as the closing term of the water budget and Martínez-Santos and Martínez-Alfaro (2010) used the water table fluctuation method (Healy and Cook, 2002). Hunink et al. (2015) used remote sensing to estimate vegetation water demand linked to groundwater pumping. Liu et al. (2015) estimated groundwater pumping by combining signal analysis and modelling of the water table fluctuation. Some other authors combined remote sensing to compute crops water demand and water balance approaches, like Zhu et al. (2009) on the Hai basin. Ahmad et al. (2005) did the same in Pakistan using the concept of 'net groundwater use'. In addition to using indirect approaches, the studies focus only on 'groundwater accounting' (consumptive use only) and not on 'groundwater use' (meant as consumptive use, groundwater access, decision making etc.). Yet it is especially behind the groundwater use that lies most of the information about groundwater abstraction mechanism and future trend. Groundwater pumping is not only a discharge value but it is also the result of complex decision making processes. As argued by De Stefano et al. (2015), the 'core

problems related to groundwater lie in agricultural uses [and] economic, political and social reasons prevail on legal obligations set by national and supranational authorities'. Current methods to determine regional groundwater withdrawals underestimate the interactions of complex, anthropized aquifer systems, ignore the user, and do not provide keys for potential management options. They usually provide a steady picture of an evolving situation. This is especially problematic for the rapidly evolving groundwater economy in the Mediterranean, as it amounts to making decisions on situations that no longer apply. This makes it impossible to consider the dynamics that drive groundwater use and to provide appropriate scenarios for the future.

This paper aims to point out the need for understanding the dynamics of groundwater use when estimating the regional groundwater abstraction for irrigation of individual farms. It also aims to draw attention to the consequences of these dynamics on the prediction of the development of the withdrawals. The analysis was undertaken using a user-oriented methodology (involving users) on three small regions in North Africa as a way to take stock of both the current situation and the decision making processes. The final objective is to contribute to recent debates on groundwater governance, assuming that 'Improvements in groundwater management require strategies to change human behavior' (Mitchell et al., 2012).

3.2.3 Presentation of the study sites

3.2.3.1 Three similar Mediterranean sites in North Africa

The study sites in North Africa were the Saïss plain in Morocco, the Kairouan plain in Central Tunisia and the Ziban near Biskra in Algeria (Figure 13). The climate is typically Mediterranean with erratic and low annual precipitation (from 500 mm/year in the Saïss and 300 in Kairouan to 100 mm/year in the Ziban) during autumn, winter and spring and with very high potential evapotranspiration during the hot summer (1.500-2.000 mm/year). The drainage network is highly intermittent with no perennial surface water. Groundwater reserves are abundant with large shallow to deep reservoirs that are intensively exploited. In the Kairouan plain, the Plio-Quaternary aquifer is thick (up to 700 m), with a shallow unconfined, to semi-confined water table (20-60 below ground level). In the Saïss the shallow Plio-Quaternary aquifer is poorly productive and pumping wells draw water from 200 to 300 m in the deep Liassic confined aquifer. In the Ziban, the two main confined aquifers of the Continental Terminal are exploited. The fissured Eocene limestone and the Mio-Pliocene sand

aquifer are tapped up to 600 m deep (Aidaoui, 1994). Exploited aquifers of the three sites present a general drop of the piezometric heads since 40 years, from 30 m in the Kairouan plain (Jerbi et al., 2014) to 90 m in the Saïss (ABHS, 2011) and in the Ziban (ANAT, 2003).

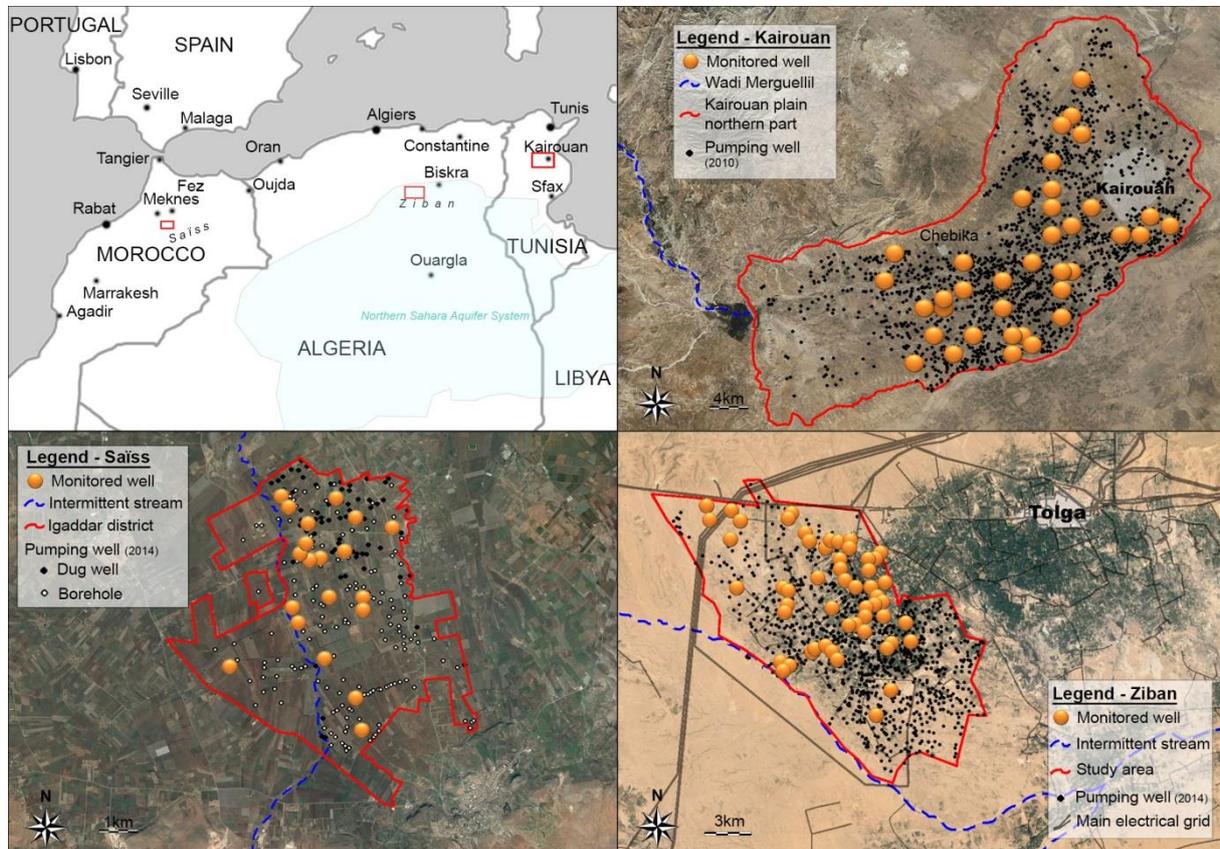


Figure 13. Maps of the three study sites (image 2016 ©CNES/ASTRIUM).

In the three sites, the recent intensification of agriculture since the 1970-1980's relies on groundwater supply except for some small surface irrigation schemes connected to dams. The main irrigated crops are high value horticultural crops, cereals, orchards and palm groves and the intensification induced a transition from subsistence to market farming. Public actors try to respond to the economic development challenge. The agricultural administration aims to develop crop production and yield, whilst the water administration advocates water savings and water resource sustainability. Private actors, for their part, are trying to improve their livelihood or simply making money in various ways, which are beyond the purpose of this paper.

Three contrasted modes of access to groundwater

The three case studies present substantial differences regarding modes of groundwater management and State involvement. In the Saïss and Kairouan plains, agricultural areas are mainly bounded by the horizontal limits of the aquifers with a little potential for expansion. In contrast, the agricultural territory in the Ziban is small compared with the very large cross border fossil aquifers shared by Algeria, Tunisia and Libya (Northern Sahara Aquifer System). In the Saïss, the expansion of groundwater irrigation depends on the conversion of large areas of rain-fed agriculture to irrigated agriculture. On the groundwater front, the main constraints are linked to the limited financial capacities of the owners to invest in wells. But new investors from Moroccan cities are progressively purchasing these lands and make new deep boreholes. All these wells are private and individually managed.

In the Kairouan plain, the area is almost completely occupied by farms which combine irrigated and non-irrigated agriculture. The tendency is to intensify agriculture, not necessarily with additional wells, but by the deepening of existing wells to increase their capacity. The Tunisian State has invested in public and collective wells in some areas whereas others are private and individually managed.

In the Ziban, very large nomadic pastoral areas are now rapidly converted to irrigated agriculture with no apparent restriction on groundwater access. In these extensions, the main cultivated crops are horticultural crops under greenhouses and date palm groves. The expansion is accompanied by the development of public infrastructure such as roads (for transport of agricultural products) and electricity network (for deep groundwater pumping). The access to groundwater is mainly private, with a few public wells.

3.2.4 Methodology

3.2.4.1 A user-oriented approach

The methodology was designed to be adaptive and to involve the users. Several ways of measuring the pumping rates for irrigation were sought, and described hereafter, in order to cater for different local situations, and different constraints. The users were explicitly integrated in the approach as they were fully aware of, and contributing to the assessment process. The knowledge was shared in both directions (See Ameur et al., 2017). Farmers were providing information about the configuration of the irrigation systems, about their agricultural practices and strategies, constraints etc. and they were getting information about

the water resource from the study (drop rates of the water table, thickness of the saturated zone, depth to the water table, flow rates, etc.).

3.2.4.2 Monitoring the pumping wells

Monitoring of individual pumping wells at a large scale is a highly sensitive issue. Instruments are usually badly accepted because farmers do not want to risk any disturbance on their irrigation system and feel suspicious to see their practices closely monitored. It is considered as an intrusion. So, expensive monitoring equipment can be quickly damaged without producing any data. The monitoring equipment must be transparent for the farmer and the purpose of the monitoring must be well understood to be accepted.

The approach was partly inspired by the monitoring method developed and fully described in (Massuel et al., 2009). Small self-sufficient (self-powered and programmable) data loggers record the temperature of a transducer fixed with duct tape on the outlet pipe coming from the well. The pumping duration is then determined by identifying the periods within temperature time-series where the temperature of the pipe is balanced with groundwater temperature. The method is cost effective and well accepted by the farmers because it is stealthy and non-invasive for the irrigation equipment. The data logger has to be regularly downloaded which enables continuous interaction with farmers to exchange on their irrigation and cropping practices. The pumped volume V_{pump} is then determined using the mean flow rate Q^- of the irrigation system over a period i of stable flow rate and n identified pumping periods of duration t as follows:

$$V_{\text{pump}} = \sum_{(i,n)} [Q^-_i \times t_n] \quad (1)$$

Depending on the monitoring constraints (time, location, cost etc.), the mean discharge can be assessed with different methods but involving various levels of confidence (ultrasonic flowmeter, water meter, bucket method, calculation of pressure loss etc.). For instance, the ultrasonic metering is well suited to measure the mean flow rate without disturbing the irrigation system or the irrigation practices of the farmer. The instant or averaged flow rates (over 1h) are measured under pressure flow and thus close to the usual rates. But the equipment is rather costly. The bucket method represents a good alternative; it is cheap and can be done by farmers, but engenders more uncertainty. Filling up a 200L-bucket provides a very good estimate of the pumping discharge for flood-furrow irrigation system.

Obviously, the best assessments can be expected when the flow rate is stable in time, but it is regularly affected by water table fluctuations, voltage fluctuations, change in the irrigation

system configuration etc. The measurement frequency has to be adapted to the flow rate fluctuation. Steady conditions mean a lower frequency of measurement. The change in the irrigation system configuration can be easily reported by the farmer as they are involved in the process.

When the power source is electricity, collecting electricity bills or monitoring the electricity meter can be a good way to estimate groundwater withdrawals. The relationship between power consumption and discharge has to be calibrated or, failing that, to be calculated knowing the hydraulic characteristics of the pump.

As presented above, the approach was developed to enable multiple options to adapt and find the best compromise in the field. In other words, the specific context of each site determined the measurement method implemented. The monitoring of the pumping volume was completed by gathering meta-information (related to the exploitation) in order i) to sample representative farms and ii) to document the groundwater uses.

3.2.4.3 Learning from actors

Beyond the measurable pumped volumes lies the whole decision making process and motivational aspects that explain these groundwater withdrawals. The proposed methodology relies on a shared knowledge process and reveals groundwater uses through the understanding of users' behavior. Surveys were carried out among the different actors related to groundwater pumping (farmers, administration, drillers etc.). Questionnaires with open and closed questions and open discussions were conducted with farmers all along the monitoring process. Questions to farmers were for instance about the configuration of the irrigation system (related to the total dynamic head), the cropping pattern and calendar and discussions were more about their personal history in the area, their concern about the water resource, etc. Statistics (well inventory, land use etc.) and geographical information were exchanged with the local administrations (agricultural and water services). Information was gathered from electricity suppliers about power network characteristics, pricing and invoices, development policies and future extension plans. Regulation authorities provided the prevailing water policies and the past and future policy of incentives for irrigation development and groundwater pumping.

3.2.4. Results: behind groundwater withdrawals, the groundwater use

This section explains how the groundwater abstraction assessment method was adapted to suit the local characteristics of each site. Results about the regional abstraction assessments are

presented and put in perspective of relevant groundwater use related features, gathered from the exchange with actors or observed in the field.

3.2.4.1 The Saïss plain

Groundwater pumping emergence

The experiment showed that the 4.200 ha of the rural district of Iqaddar in the Saïss plain represent a juxtaposition of different farming systems. Groundwater exploitation for agriculture rapidly took momentum in the 80's and the groundwater irrigated areas increased rapidly due to successive droughts and the availability of affordable new pumping technologies. The access to groundwater was first undertaken by small farms through shallow dug wells (10 to 50 m) using small diesel motors to capture the phreatic aquifer (i.e. Plio-Quaternary). But the poor hydrodynamic properties of the aquifer rapidly led to severe drawdown and dug wells could only be operated for a few hours a day. In the late 90's, farmers equipped deep boreholes (150 to 280 m) with submersible pumps with vertical axis, driven by subsidized energy supply (gas) fostering the use of modified powerful old car engines. A much larger groundwater resource confined in the Liassic aquifer was then accessible and boreholes could be operated 24 hours a day with no critical drawdown.

Groundwater abstraction assessment

A total of 377 farms and 430 pumping wells were identified in the Iqaddar district based on regular field survey. A classification was performed considering the access to groundwater, the access to land and the farming systems to enable the selection of 18 representative farms regarding the pumping and irrigation practices (Ameur et al., 2017b). The temperature monitoring method was applied (see section 3,2 monitoring the pumping wells) using the Thermochron iButtons (Maxim Integrated Products Inc.) over the 2013-2014 irrigation season. Whilst the method was very effective to monitor the duration of pumping, difficulties arose in determining the flow rate of the pumping equipment. The flow rate in the Saïss can be modulated by the farmer (engine throttle) depending on the part of the farm to be irrigated. Fluctuations can also be related to the energy supply with unstable installations unable to deliver a steady supply (both for gas bottles or electricity). The flow rate was measured using an ultrasonic flow meter (MINISONIC P), this was done during the regular passages on the farm (from 10 to 15 days), which is also the frequency to download the recorded data by the loggers concerning the assessment of pumping duration. The method was adapted by increasing the flow measurement frequency combined with regular field observations about

the irrigation practices (i.e. irrigated type of crop, irrigated plot, etc.). It was validated with 3 pumping wells equipped with a water meter. The measured flow rate for each well was compared to the reference flow (water meter readings divided by the total duration of pumping). The relative mean discrepancy between the two flow rates was found to be acceptable (2,6%). The results of the monitoring of the 18 dug wells and boreholes were plotted on Figure 14.

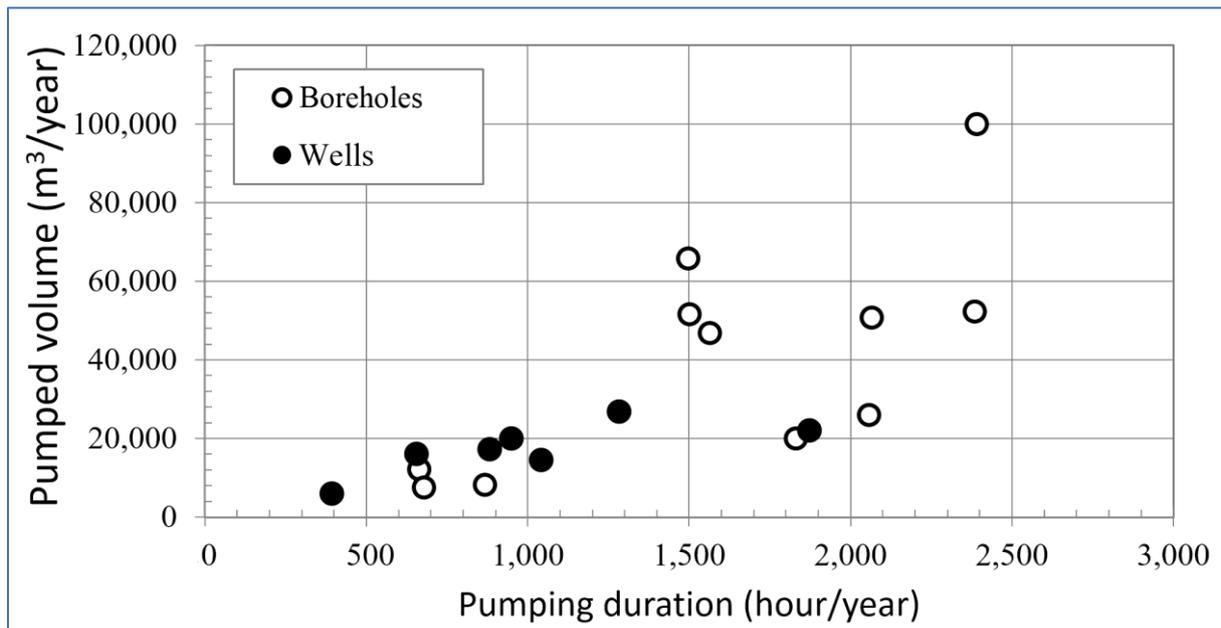


Figure 14. Relationship between the annual pumping duration and the annual pumped volume of the dug wells and boreholes.

The broad picture shows boreholes considerably more exploited than dug wells. This is the logical consequences of deep boreholes tapping the highly productive Liassic confined aquifer. Some can exceed 30 l/s, but in our sample the mean annual flow rate was around 7 l/s (from 3 to 12 l/s) yielding a total of 40.000 m³/year on average for a mean pumping duration of 1.600 hours/year. The mean annual flow rate of the dug wells was nearly 5 l/s (from 3 to 7 l/s), surprisingly only 30% lower than boreholes. Actually, the low yield of the phreatic aquifer forces the farmers to use the wells as reservoirs. The aquifer is drained in the well-shaft that fills up during the night and the storage is drawn during the day. The installations are also prone to high breakdown rates. The main difference is thus the lower mean annual pumping duration limited to 1.000 hours, the irrigation never exceeded 7 hours/day. As a result, the mean annual groundwater abstraction from a dug well was estimated twice as low as boreholes, i.e. 17.000 m³.

In the study area, among the 430 pumping wells (dug wells and boreholes) identified, only 240 were actually in use during the period 2013-2014 (55%). A significant number of the shallow wells were dry (48%), while some others were not used due to the financial difficulties of small farmers producing for a saturated market with volatile prices. Considering the total number of 75 dug wells and 165 boreholes in use over the Iqaddar district, the total groundwater abstraction assessment in 2014 would be 7,9 hm³.

It was noticed that dug wells were usually used for irrigating relatively small plots (1-2 ha) and associated to a diversified farming system with short cycle irrigated crops (mainly onions or potatoes). The groundwater level drop of the phreatic aquifer intensifies the water access failure for the well owners. The borehole now stands for water access security and farmers who can afford it prefer this equipment.

About the farm holders

Going further in the analysis reveals a more complicated situation. Nearly half of the sampled boreholes actually show similar annual pumping duration and volumes than dug wells (Figure 14). A large variability exists in the relationship between groundwater withdrawals by boreholes and the surface to be irrigated because adjustments rely on the agricultural intensification mechanism. The boreholes that pumped less than 20.000 m³/year belong to small-scale farmers, unable to practice intensive pumping due to their critical financial situation. The pumping cost per hectare can be doubled compared to a dug well: it usually represents about 30% of the production cost for onions or potatoes, but the water access is secured. Conversely, the largest pumped volumes were mainly observed on farms endowed with better financial capacity. The farmers were essentially lessees, investing in intensive irrigated agriculture (onion, potato), on more than 5 ha. During the peak season they can afford to pump more than 20 hours/day. The farming system is far more intensive (2-3 crops per year) with yields twice as high. On the other hand, 2 dug wells produced a mean annual volume higher than 20.000 m³. One is a very deep dug well (62 m) and used by a lessee. The other is used by 3 members of the same family, but with distinct farm holdings and having set up a water turn. The large storage capacity of the well enables a longer pumping duration of over 1.900 hours/year (14 hour/day during the peak irrigation period) at a low flow rate (3 l/s).

The type of farmer operating the borehole is strongly discriminant with regard to the final pumped volumes. In the Saiss, the quest for accessing to the confined aquifer and getting

more abundant groundwater concerns essentially actors recently settled on a farm holding in the region who engage in more entrepreneurial farming and are subsidized. The recent Green Morocco plan provides subsidies for fruit plantations and drip irrigation, and exempts agriculture from paying taxes. It contributes to maintaining the lively crossed dynamics of the groundwater access and land markets. One of the direct consequences was the fast increase in the irrigated areas associated to a rapid proliferation of pumping wells. The intensification of the groundwater draft contributed to the water table drop and the yield of shallow wells were reduced. The Basin Agency of the Sebou River, in charge of the water resource management, frequently mentions the decline in groundwater levels in the Saiss and the overexploitation of groundwater resources. In parallel, the groundwater-based intensive agriculture started to flood the national markets. The risk of losing money on agricultural production is now increasingly high (Lejars and Courilleau, 2015). A high turnover between agricultural holders can thus be expected in the region for the near future.

New investors arrive and rely heavily on groundwater to irrigate fruit trees, while some other actors, such as lessees, are temporary actors. Among historical holders, some can no longer remain in the groundwater economy and are excluded. For example, the groundwater withdrawal for assignees decreased by 26% between 2005 and 2014 (from 1,9 to 1,4 hm³), and will likely fall further in the coming years, with the continuous decline of groundwater levels and the overproduction of the onion market (Ameur et al., 2017b). Conversely, the recently installed lessees (essentially after 2005) already pumped in 2014 twice as much than the assignees (3.2 hm³/year), with a mean annual growth rate of 32% since 2005. Considering the development dynamics of the types of farm holders in addition to the types of pumping wells would lead to a predicted pumped volume of 13,1 hm³ by 2020. The estimation made considering only the development dynamic of the number of pumping wells by type would be 9,2 hm³ (-30%). The discrepancy is significant and illustrates the need to understand both the users as well as the uses of groundwater. Actually, the growth rate of the number of pumping wells is slowing down; 9 new wells were in use each year over the period 1995-2009, only 4 over the period 2009-2014. But the type of well and the well operators are changing. There were 126 dug wells in use in 2005 for 58 boreholes. In 2014 the number of dug wells was no more than 75 for 165 boreholes. Those pumping wells are increasingly operated by investors and lessees (+12% and +19% respectively since 2009) which transforms the relationship between the number of wells and groundwater abstraction.

3.2.4.2 The Kairouan plain

The development of private irrigation from groundwater supply

Before the French protectorate, traditional wells (dug wells) of the Kairouan plain were supplying water to the livestock and domestic uses for nomadic herders. Topographical reconnaissance work made by the French army in 1898 mapped 212 wells (DTC, 1957). Later on, colonial farms started to exploit more intensively the springs, flood water and traditional wells to irrigate large farms. After the independence of 1957, the Tunisian government advertised his choice to ‘intensively’ but ‘rationally’ mobilize water resources notably to ensure food security and to secure rural livelihoods and stabilize rural outmigration. Centralized institutions were created and national strategies were implemented like collective irrigation schemes supplied by groundwater through deep public boreholes (Le Goulven et al., 2009). The incentives (subsidies from the government, development projects, etc.) to develop individual water access and irrigation launched in the 80’s the era of private exploitation of groundwater for individual farms. From that moment on, the State started to lose control on groundwater exploitation (Riaux et al., 2016). Water authorities were torn between the laissez-faire policy to unlock the economic potential of agriculture and the need to ensure sustainable groundwater use. In the Kairouan plain, illicit drilling and pumping rapidly developed, while water authorities tried to maintain situational awareness by conducting regional inventory of the pumping wells and maintaining a regional network to monitor water table levels. Prospective scenarios for water resource planning strategies were essentially based on the evolution of the number of wells and groundwater levels.

Groundwater abstraction assessment

The last inventory in 2010 identified approximately the location of 2.066 private pumping wells (dug wells and boreholes) for a total irrigated area of 12.000 ha (1 well for 6 hectares irrigated on average) within the 700 km² of the northern part of the Kairouan plain (see limits and spatial distribution on Figure 13). The inventory also provided some characteristics of the pumping equipment (pump capacity, energy type, total depth of the well, depth to the water table, instantaneous flow rate), the total irrigated area and the water salinity (water conductivity). To assess the reliability of such a large data set, crossed analysis of the data were carried out and enabled to eliminate major inconsistencies (e.g. depth to the water table > total depth of the well). Then a field campaign was conducted in 2012 to check random samples (78) out of the final data set of 928 private wells with fully filled information. The

analysis revealed that the latter was relatively consistent with the newly collected data. The total depth could not be verified. Around 10% of the existing wells were found to be missing in the inventory with high differences between areas.

Based on this, a hierarchical ascendant classification (HAC) was performed considering the 6 descriptive variables available of the 928 wells (the total depth was rejected). The classification distinguished 3 groups of respectively 299, 562 and 67 wells (Table 2). The first group was dominated by diesel pumps, medium-sized irrigated areas and low flow rate. The second group was represented by electric pumps of medium capacity, medium-sized irrigated areas and rather low flow rate. The third group was more representative of large irrigated areas supplied by rather high capacity electric pumps with high flow rate (probably submersible pumps in boreholes). The depth of the water table and the water quality (salinity) did not clearly contribute to discriminating the groups. The three types of irrigation systems emerge in the classification actually described by the variables pump capacity, energy types and instantaneous flow rate. Groups 1 and 2 represent a majority of traditional and deepened wells whilst group 3 is representative of the deep boreholes (in accordance with the 78 wells checked in the field).

Table 2. Values of the descriptive variables of the barycenters of the 3 groups identified in the AHC.

Class (Item nb.)	Energy type	Pump capacity [hp]	Inst. flow rate [l/s]	Total irrigated area [ha]	Depth to water table [m]	Water conductivity [mS/cm]
1 (299)	Diesel	12	3.8	7	30	3,4
2 (562)	Electric	7	4.1	7	33	3,5
3 (67)	Electric	9	7.8	16	34	3,7

For the sake of representation, wells to be monitored were selected considering characteristics of the groups and field constraints (ease of access, consent of the farmer etc.). A total of 38 wells were selected over the study area, 3, 23 and 12 in group 1, 2 and 3, respectively (Figure 13). The temperature monitoring method was applied. The mean discharge was regularly measured (at least every 3 months) with an ultrasonic flowmeter (Fuji Electric Portaflow X). The monitoring time lasted 2 years (from August 2013 to August 2015; wet and dry years, respectively). It has proved difficult to maintain the full observation set over such a period simply because the agricultural activity is very dynamic in the Kairouan plain. Over only a 2-years period, some owners changed and the new ones refused to be monitored, some wells were abandoned, some others were drilled etc.

Finally, 22 wells could be monitored over the full period and 6 lasted only the first year. The others (10) lasted only a few months. The measured mean annual pumping time was 4.300 h/year corresponding to a calculated mean annual volume of groundwater abstracted of 71.000 m³/year. Assuming that the number of missing wells in the inventory (10%) compensate the number of wells inventoried but not in use, the mean regional groundwater drafts should be around 150 hm³ in 2010 (2.066 wells). As a comparison, the groundwater withdrawals for irrigation from public boreholes was estimated at 125 hm³ (135 boreholes with a mean flow rate of 30 l/s running 24 hours a day, 7 days a week; public boreholes are equipped with water meters). The groundwater exploitation for drinking water supply was 9 hm³ in 2010 (Saida, 2015). The total groundwater withdrawals in the Kairouan plain can thus be estimated around 285 hm³ in 2010.

On the pumping well evolutionary path

The limited memory capacity of the loggers required a data download on a regular basis (<3 months). Continuous visiting and discussion helped in keeping a close link with the farmer and to be aware of any change in cropping pattern and calendar, irrigation practices, irrigated areas or pumping equipment. From the numerous exchanges the dynamics and the evolution of the pumping wells became apparent. Over the only 2-years period of observation, nearly all the wells faced at least technical changes that impacted the pumped volumes, but there is also a regular evolutionary path. Before the start of the groundwater drop, pumping wells were shallow or even artesian (<10-15 m deep). Then farmers had to run behind the dropping water table and deepened their traditional wells. The Tunisian Water Code (1975; article 9) fixed a drilling limit of 50 m below ground level. For a deeper well an authorization had to be granted. Because drilling had to go deeper for getting decent flow rate, the farmers who could not get the authorization (the large majority) worked around the limitation by illegally drilling boreholes at the bottom of traditional wells (the so called “deepened wells”). This technique enables a stealthy continuous deepening up to 70-80 m (usually 4 m every 2 years) making it impossible to gauge the depth once the pumping system has been set up. However, the flow rate is usually limited (<4-5 l/s), even with a submersible electric pump, but the investment is progressive and moderate. After the revolution in 2011 and the disorganization of the central authority, the threat of punishment progressively diminished, and deep boreholes (90-120 m) started to replace the deepened wells. Drilling a borehole is more expensive (four-fold the cost of a deepened well), but secures the access to the dropping groundwater for a longer period and at much larger flow rates (6 to 35 l/s).

This means that the deep boreholes are likely to dominate the private water access in the near future with probably a massive abandonment of traditional and deepened wells. In other words, group 3 will expand to the detriment of groups 1 and 2 which will change significantly the relationship between the number of wells and withdrawn volumes. The race to the groundwater access - the technical evolution of the wells and irrigation systems - plays therefore a significant role on determining present and future groundwater abstraction.

In addition, the results also pointed out various constraints more related to the socio-political context. For instance, inheritance process has led to a continuous division of the land and conflicts between heirs are frequent. It was not unusual to see the well of the family plot abandoned because nobody wants to invest for maintenance or deepening as long as the attribution of the land is pending, which can span over several years. Then instead of sharing the family well, new wells were drilled for each divided piece of land. The heirs can practice more intensive irrigation to get the same return with a smaller area, or deal with lower incomes. By comparison, 50% of the wells were irrigating areas from 1 to 6 ha according to the inventory in 2010.

It was also rather frequent to find wells drilled exclusively to secure the land ownership (3%). Land ownership titles are very rare and owners do not necessarily live in their plot. Those wells remained generally unused. A well can also be drilled as a sign of wealth and social prestige or can be a gift to the family from a son working overseas and might never be used for irrigation.

This represents only a small piece of the wide variety of features related to the groundwater use in the Kairouan plain, but enough to question the assessment of groundwater abstraction in relation with the number of pumping wells and put into perspective its possible future evolution.

The evolutionary path in water access and its determinants actually appears in the analysis of the number of pumping wells itself. The evolution of the number of private wells from the 2010 inventory follows a steep growth often qualified as exponential (Figure 15a). A quick look at the graph (Figure 15a) shows that each year with round numbers correspond to a peak of drilling (1990, 1995, 2000 etc.). This simply means that the given dates are approximate and actual dates of creation span probably few years before and after. Discussions with farmers confirmed the later and also indicated that the drilling date provided in the inventory could correspond either to a drilling date or to a deepening date. As previously stated (see

section 4.2.1), 212 ancient wells were inventoried in 1898. They all share close location with referenced wells in the inventory and some of them (10) were strictly identified in the field, still in use but repeatedly deepened. The presented exponential growth may thus be overstated as the pumping wells appear artificially younger in the inventory than they actually are. A reconstitution proposed on Figure 15b shows what the actual temporal distribution might look like in considering the above meta-information.

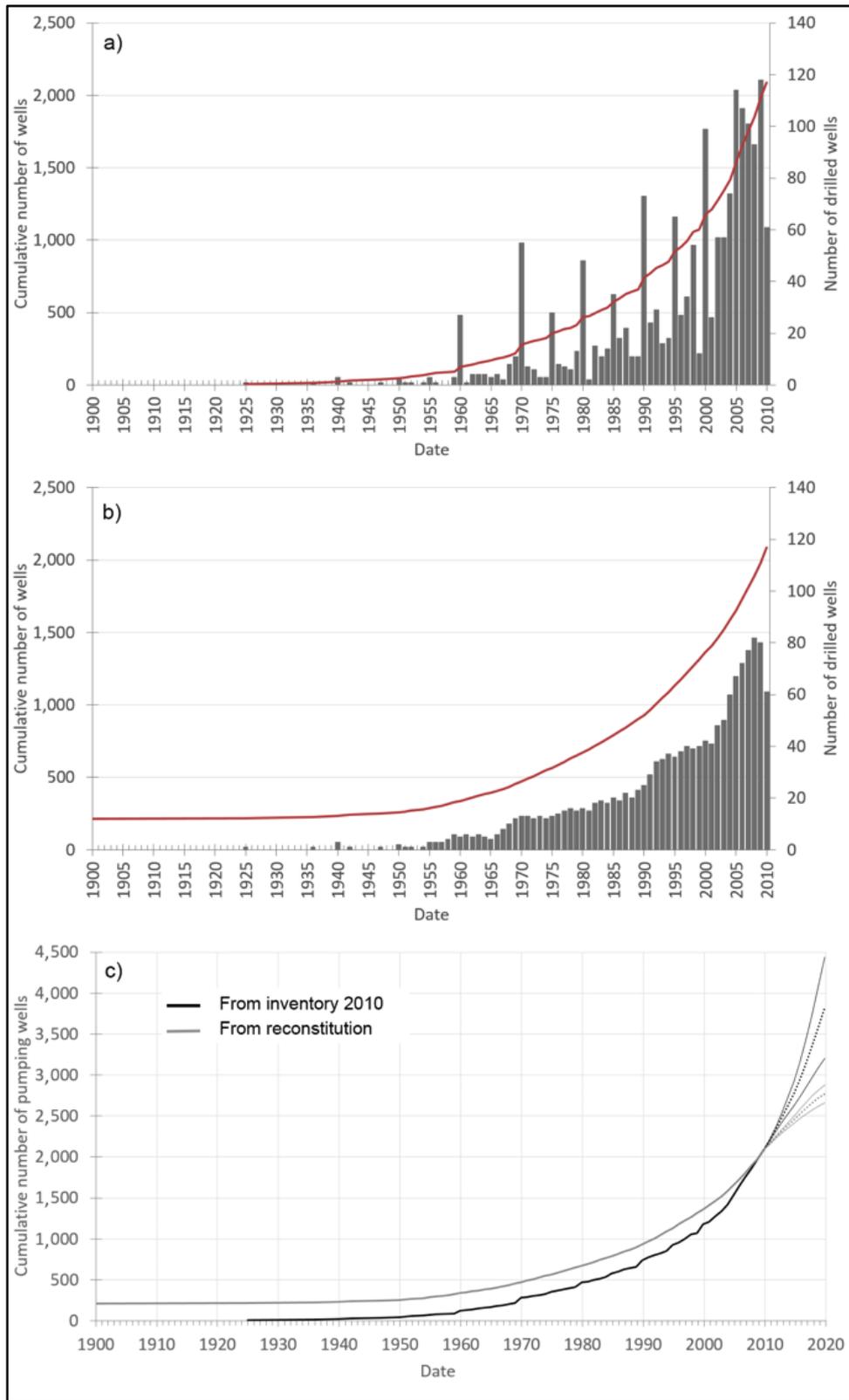


Figure 15. a) drilling date (grey bars) and cumulative number of private pumping wells (red curve) from the inventory 2010 in the northern part of the kairouan plain; b) proposed reconstitution of the temporal distribution of the drilling dates and cumulative num.

Extrapolation of both trends for building management strategies produces very different outcomes (Figure 15c). For instance by 2020, the predicted total number of pumping wells would be 3.800 ± 600 and 2.800 ± 100 according to the inventory and to the reconstitution, respectively. It is tempting to associate the future trend of the groundwater abstraction to the evolution trend of the number of wells. But the relationship is not so obvious. A stagnation of the newly drilled wells is expected due to the plot size reduction and to the shift from deepened wells to deep boreholes, but more investigations on the dynamic of the process would be needed to predict the period when the curve of newly drilled boreholes is the most likely to downtrend.

3.2.4.3 The Ziban

The advent of irrigated agriculture in the desert

The district of El Ghrouss in the West Ziban is a prosperous region whose prosperity comes from the presence of a series of large artesian springs that gave rise to oases (Côte, 1991). During the French colonization, boreholes were drilled to mobilize this abundant groundwater resource. After independence, the Algerian State pursued the drilling to stimulate agricultural development. Artesianism ceased in the mid-1970s. At the same time, drilling techniques became accessible by farmers who started to massively get access to groundwater individually, in particular in the new extensions outside of the traditional palm groves. Finally, the development of the electricity network enabled efficient groundwater draft from deep boreholes. Now, the sandy aquifer is tapped up to 600 m by large diameter boreholes (12") equipped with electric submersible pump. The electrical network in Algeria is well developed and widespread in agricultural fields. A field survey in 2015 identified 1.320 boreholes in the district of El Ghrouss, with merely 200 authorized by the hydraulic authorities. The inventory was considered as exhaustive since the total area was covered and the boreholes were easy to distinguish in the landscape. Only 5% (65) of the wells were waiting to be connected to the electricity network (usually 1-year delay). The date palm groves covered the largest area with almost 4.800 ha identified in 2012, then came the plastic greenhouse tunnels for market gardening with 470 ha (11.714 greenhouses were identified in the district) and few rangelands were saved for livestock.

Groundwater abstraction assessment

The groundwater withdrawal assessment was made on the basis of the inventory of the 1.255 electrified boreholes. A representative sample of 29 boreholes were monitored (evenly

distributed locations, all types of crops and farms) over the period 2014-2015. The pumping rates of the irrigation systems were regularly measured with an ultrasonic flowmeter (Digisonic Ultraflux). The flow rate of any borehole was found to be very stable at the season level, but during the peak irrigation season (March-August), the pumping systems were heavily loaded. An overall decrease of the flow rates was observed (-10%), probably due to the unsatisfied greater energy demand and to the created local groundwater drawdown. For the observation period, the measured mean flow rates were 7,6 l/s and 6,8 l/s for off- and peak-season respectively, but differed significantly between boreholes with a large variation range of $\pm 40\%$.

It was possible to obtain access to the electricity meter readings and also to collect all electricity bills and create a database with the name of the borehole owner, the electricity current price and the quarterly energy consumption. The method to evaluate the groundwater abstraction was thus adapted to take advantage of this opportunity. The pumping duration was determined from the energy consumption (total and rate). Over a short period of time (usually 1h) and under normal irrigation conditions, the energy consumption was monitored (individual electricity meter readings) and the average power use of the irrigation system was then inferred as follows:

$$P_n = E_{\text{meter}} / t \quad (2)$$

with P_n the power of the pumping system in kW for the borehole n under normal working condition, E_{meter} the energy consumption in kWh and t the monitoring time (i.e. the duration of pumping) in h. The estimated pumped volume was then given by the simplified Eqn (1):

$$V_{\text{pump}} = \bar{Q} \times t \quad (3)$$

with, V_{pump} the total pumped volume in m³, \bar{Q} the mean flow rate over the monitoring time in m³/h, t the duration of pumping in h.

The calculated mean pumping duration was 5.500 h/year (i.e. equivalent to 230 full days of irrigation per year). It increased from 2.500 h during winter to 3.000 h during summer. Pumps were running more than 75% of the time over March to May. The estimated mean pumped volumes per borehole was around 135.000 m³/year with a very strong variability between boreholes (from 100.000 to 300.000 m³/year). With this method, in the El Ghrouss district, the annual groundwater abstraction of the 1.255 boreholes connected to the electricity network would be estimated at 170 hm³/year.

A methodical pumping well expansion

Actually, the field inquiries revealed a particular evolution of the farms related to the organization of the territory. The expansion mechanism of new cultivated lands leads to the creation of three distinct zones according to the dominant cultivated crop. The first one corresponds to palm trees and is developed around the old oases (i.e. the oldest cultivated lands). The second concerns the mixed zone with palm trees and horticultural crops (plastic greenhouses). The third one refers to the new lands where the horticultural crops are largely dominant. They actually correspond to different stages of land development. The typical evolution path starts from the third to the first one (F. Amichi et al., 2015). Consequently, the new drilled boreholes are first used to irrigate exclusively greenhouses, then mixed greenhouses and young palm trees and finally exclusively mature palm trees. This influences greatly the groundwater abstraction and explains a part of the large difference among the 29 boreholes. One of the reasons can be found in the expansion process of the electricity network (pioneering front). To stimulate the land development, the Algerian State invested in new boreholes in the desert, provided to farmers for collective use. When these boreholes are seen to be functioning, this is a signal for farmers who can invest in turn in private boreholes knowing that there is water and that the area will soon be electrified. This pioneering front is the scene of a strong increase in the number of boreholes that ceased when date palm tree groves are in place.

This typical land use evolution process may have a direct impact on the regional groundwater pumping assessment because the water needs are specific to each stage. In this context, it means that it is nearly impossible to assess the groundwater abstraction using only the number of boreholes.

It can thus be expected that the future groundwater withdrawals will be closely linked to the dynamic of development of the extension zones. This can be illustrated by the analysis of the electricity connections. Based on the electricity meter reference number, it can be shown that the increase of the number of boreholes is strictly located in the extension zones. Figure 16 shows the evolution of the number of connections to the electrical network for the years 2010, 2012 and 2014 in the district of El Ghrouss. The total number is increasing from 874 in 2010 to 1.320 in 2014. Only a part of the reference numbers did not change (554) whilst the others increased rapidly. Actually, investigations showed the unchanged reference numbers correspond to the mature palm groves where no new connections were recorded (i.e. no new borehole). The changing reference numbers correspond to the extension zone, illustrating the

dynamic of drilling with emergence and loss of electricity meters, a dynamic closely tied up with the development of the electrical network in the district.

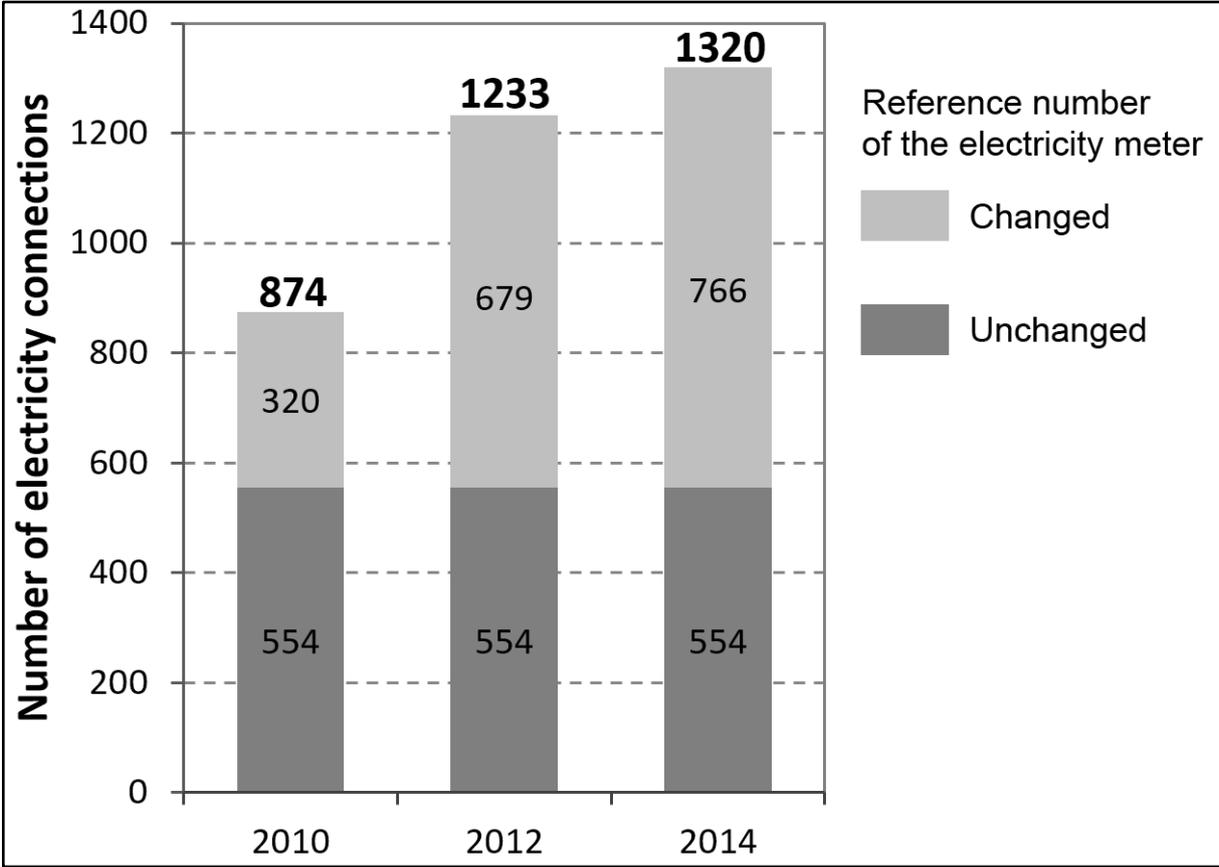


Figure 16. Evolution of the number of electricity connections in the El Ghrouss district.

3.2.5. Discussion

In the Kairouan plain, results suggested that the regional groundwater withdrawals assessment was prone to the constant changes farmers make on their equipment and in their farming systems. These salient features related to the groundwater use need to be accounted for, but the question is in what proportion. This can actually be evaluated on the narrow sample of 928 wells of the classification, since the 3 groups are representative of the technical type of the wells and irrigation systems. The calculated groundwater draft of the monitored wells can be averaged by groups giving then the mean monthly volume for each group (Table 3). This multiplied by the number of wells belonging to each group gives the total volume estimation.

Table 3. Pumping time measurement and groundwater abstraction (GWA) calculation for each group of the classification.

Class (tot. nb.)	Mean annual pumping time [h]	Mean annual GWA [m ³]
1 (299)	3.400	38.500
2 (562)	4.800	65.500
3 (67)	4.200	84.700

The resulting annual volume is 54 hm³/year. The discrepancy is significant compared to the total annual groundwater draft of 66 hm³/year (-20%) as calculated in section 4.2.2 (928 x 71.000 m³/year). Assuming the considered descriptive variables of the 928 wells follow the same statistical distribution than the total 2.066 wells of the inventory, the regional groundwater withdrawals assessment would then be 120 hm³/year, 30 hm³ less than the first assessment of 150 hm³/year (i.e. almost 3-fold the annual pumping for drinking water supply).

In the Saïss plain, the regional groundwater withdrawals assessment is dependent on the diversity of uses and users involved in the groundwater-based agriculture. The regular field surveys have shown 5 types of farm holders with significantly different logics materialized in different irrigation practices: the agricultural companies, the lessees, the investors, the assignees and the small landowners. The companies rent large tracts of State land with a long-term perspective. They practice tree farming with moderate intensification. The lessees are newcomers, renting the plot for a short period of time. They try to make the most of the land by practicing very intensive agriculture before moving to another place. Investors buy lands from assignees (agrarian reform) and landowners to develop fruit orchards. They have a strong financial strength and get subsidies to modernize the farm (drip irrigation, tractor). The assignees and small landowners apply a logic of diversification and mix between irrigated and rain-fed agriculture.

The mean groundwater withdrawals were calculated for each of the 5 types on the set of 18 farms. Despite the small sample set size, strong differences arise in terms of groundwater use between farm types. For instance, a borehole exploited by a lessee extracts 66.000 m³/year on average, while it extracts only 28.000 m³/year if exploited by an assignee. Making the distinction between operators of all the pumping wells in use would upgrade the groundwater abstraction assessment in the district to 9,7 hm³ in 2014 (see Table 4). This is 23% more than the assessment of 7,9 hm³ when making only the distinction between the two identified pumping devices. It can also be noticed in Table 4 that there is a poor relationship between

irrigated area, land use (e.g. both the companies and the investors grow fruit trees, but not the same way) and pumped volumes.

Table 4. Estimated groundwater abstraction (GWA) in 2014 for the different types of farmers identified.

Farmer type	Irrigated area		GW access			GWA	
	ha	%	Pumping wells in use		%	hm ³	%
			Wells	Boreholes			
Companies	1212	56	1	18	8	2.8	29
Lessees	329	15	12	44	23	3.2	33
Assignees	233	11	48	24	30	1.4	14
Investors	379	17	14	72	36	2.1	22
Landowners	29	1	0	7	3	0.2	2

In the Ziban, the logic of investment for land development drives the use of the pumping wells. The 3 zones identified correspond to specific groundwater uses. It was measured that the greenhouses use sensibly the same amount of water, with 630 m³/year (i.e. 15.700 m³/ha) on average. The newly planted palm trees could use 11.000 m³/ha and mature trees up to 19.000 m³/ha. The 470 ha of greenhouses contribute to the pumping of 7,5 hm³/year while the 4.800 ha of palm trees would use between 55 and 90 hm³/year. The pioneering front zone was not assessed because it evolves too rapidly to get a representative picture over a complete year. This gives another picture of the groundwater withdrawals estimation (at least 40% lower than the regional estimation based on the pumping duration). But whilst the latter needs information to explain the strong variability of flow rates and pumping durations, this method also lacks of information about the distribution of mature and new trees.

Actually, a third independent approach can be applied in this area. The relationship between energy consumption and pumped volume can be calibrated for each of the 29 boreholes as follows:

$$V_{\text{pump}} = C \times E_{\text{meter}} \quad (4)$$

In Eqn (4), V_{pump} is the total pumped volume in m³, C is a calibrated parameter in m³/kWh and E_{meter} is the energy consumption in kWh from the quarterly electricity bill. The calibration gives $C = 1,57 \text{ m}^3/\text{kWh}$ with a relatively good determination coefficient of 0,73. This means that with the total energy consumption invoiced in the district of 96.183.412 kWh in 2015, the total groundwater withdrawn by electric pumps would be 150 hm³.

These evaluations clearly show the necessity to include in the regional groundwater accounting methodologies the various aspects of the groundwater use. Here, at least three outstanding features can be listed: i) the type of farm holder, ii) the production systems (cropping intensities, degree of intensification) and iii) the trajectories/dynamics of the different types of agriculture. It also points out the necessity to cross validate such assessment with other regional independent approaches.

3.2.6. Conclusion

Assessing groundwater abstraction from private users in North Africa remains challenging because a large part of the groundwater exploitation is done through uncontrolled thousands of scattered private farms with specific irrigation practices. Direct measurement methods were implemented and gave consistent results at the scale of the pumping system (dug well or borehole). Resolutely user-oriented (integrating the user explicitly in the approach) and adaptive (to get the most out of the available knowledge), the approaches enabled to interpret the pumping well inventories in terms of regional withdrawals and dynamic of their past evolution. Critical factors affecting the regional groundwater abstraction for irrigated agriculture were identified on three comparable sites, such as the type of farm holder, the production systems and the trajectories/dynamics of the different types of agriculture. With similar climatic and environmental context, the three sites were prone to massive development of agriculture and to pumping wells proliferation and groundwater depletion. The identified factors affecting the regional were nonetheless very different. Taking them into account produced differences in the regional groundwater abstraction assessment of several dozen percent. In the Kairouan plain, the type of wells and its evolutionary path stood out (technical and social), while in the Saiss plain the role of the type of farm holder and the type of wells were highlighted. The Ziban showed the crucial role of the dynamics of the extension zones also constrained by the infrastructure development.

These factors have a strong influence on the pumping systems, both on their exploitation and their future development. The evaluation of regional groundwater abstraction can only be done via a good understanding of farmers' practices and logics - and leads us to look with caution to the oversimplified number of wells that dominates the literature. It is even more crucial in a context of high agricultural development accentuated by various contractual arrangements around access to water resources, the use of boreholes and the absence of control means. The use of energy consumption to estimate regional withdrawals is an option that deserves to be studied.

Chapitre 4

De l'archipel des Oasis à l'eldorado pionnier du Sahara algérien

Ce chapitre a été accepté pour publication sous forme d'article dans la revue *Irrigation and Drainage*.

Amichi, F., Bouarfa, S., Kuper, M., Caron, P. 2018. *From Oasis Archipelago to Pioneering Eldorado in Algeria's Sahara. Irrigation and Drainage.*

Chapitre 4 : Introduction au chapitre

Ce chapitre vise à analyser l'avancée de la frange pionnière autour de l'Oasis d'El Ghrouss. La frange pionnière désigne l'espace de mutations où le processus de quête spatiale est plus ou moins avancé. Comme le souligne Monbeig (1966) « *Plutôt que de « front » il vaut mieux parler de « frange pionnière », car c'est rarement par une coupure brutale mais plutôt par une progression plus ou moins rapide que l'on passe des espaces organisés à ceux qui le deviennent* ». La frange pionnière saharienne d'El Ghrouss sera analysée comme la superposition de trois fronts principaux : i) le foncier par l'existence d'un marché sur les grandes étendues de terres anciennement pastorales et dont l'accès a été facilité par les récentes politiques foncières, ii) l'eau souterraine par le développement de forages profonds et la multiplication de dispositifs institutionnels pour l'accès à l'eau qui permettent son accès à un plus grand nombre d'acteurs et enfin iii) les infrastructures publiques (routes, électrification ,etc.) qui créent un environnement favorable à cette extension territoriale. Les résultats de ce chapitre montrent que l'avancée de la frange pionnière est le produit de l'imbrication de trois fronts : le foncier, l'eau et les infrastructures publiques. De plus, chacun des fronts conjugue à la fois l'action de l'État et l'initiative privée. Nos travaux sur l'avancée de la frange pionnière, réalisés à une échelle locale, analysent l'importance des initiatives privées et peuvent devenir des moteurs de l'action pionnière. Elles jouent un rôle essentiel dans le choix des cultures et dans les accords entre acteurs pour accéder aux ressources naturelles et humaines (foncier, eau, main d'œuvre,). Par ailleurs, l'intervention de l'État reste incontestable même si elle semble à première vue absente de la dynamique agricole. En effet, seuls les pouvoirs publics disposent de ressources suffisantes pour créer les infrastructures nécessaires à une expansion territoriale. Le développement agricole de la frange pionnière ne répond pas à un schéma de développement tracé par une politique territoriale intégrée mais par l'imbrication des actions privées et des actions de l'État. En revanche, l'absence de vision collective du développement territorial n'est pas de nature à réguler l'usage des ressources renouvelables, en particulier l'eau, qui ne se trouve pas en quantité inépuisable et qui risque un jour de briser l'avancée de cet Eldorado.

4.1 Introduction

Numerous studies have examined mankind's colonisation of new territories. These studies attempted to understand the factors that motivate the expansion of human activities into so-called 'virgin' areas; to evaluate the impact of such activities on renewable resources; and to

analyse the conditions that make them sustainable. The term “frontier” of settlement was coined to describe the integration of new land. The historian and sociologist J. F. Turner (1893) elaborated this concept in a series of articles between 1893 and 1918, explaining the influence of the “frontier” on the American national identity (Slatta, 1997). Turner's research, in common with subsequent studies that draw on it, emphasises the role of private initiative in the advance of pioneer fronts: cowboys in the Far West, in this particular case, and more generally the “land-tilling pioneer” (Bowman, 1931:1). Other studies place greater stress on the state's role in pioneer-front territorial expansion, in particular through the construction of road and railway systems.

The notion of front denotes a uniform and linear form of territorial expansion. Yet, this notion often minimises the way various factors overlap, interact and contribute to the development of new spaces. Bowman used the term “pioneer fringe” for the first time in 1931 in a deliberate challenge to Turner's formulation. Monbeig (1966) stated in the same sense: “*We should talk about ‘pioneer fringe’ rather than ‘front’, since sudden breaks are rare: we usually move from organised spaces to spaces that will become so via a relatively swift progression*”. This statement draws attention to the fact that agrarian colonisation generally underestimates or even deliberately ignores the existence of earlier organised spaces. Such earlier organised spaces related in North Africa's Sahara, for instance, to the pastoral rangeland exploited by nomads and which declined due to the sedentarization of nomadic populations and the regression of transhumant pastoralism (Bisson, 1991). Following Kopytoff's seminal work Kopytoff (1987), more recent studies, therefore, refer to an “*ever-renewed process of colonisation of ‘internal’ or ‘interstitial’ frontiers, operating on the margins of already established socio-political entities*” (Chauveau et al., 2004) . Caron (1998) makes a further distinction between pioneer fronts and pioneer spaces in order to distinguish between what happens at the front and the process of appropriation that takes place within the spaces. Accordingly, the concept of pioneer fringe incorporates the complex nature of the interactions between different protagonists involved with agricultural dynamics on an internal frontier.

This type of pioneering process has been underway in the arid Biskra region in the Algerian Sahara for almost three decades, thanks to a significant increase in irrigated horticultural greenhouse production, linked to a rapid expansion of date palm plantations. The boom is based on colonising new spaces and pushing back the frontiers of agricultural spaces. As a result, the conventional vision of oasis agriculture as an archipelago of ancient oases surrounded by vast spaces with extensive livestock farming is being replaced by an

“Eldorado” vision of intensive Saharan agriculture (Côte, 2002). This renewal of Saharan agriculture has come about following the disappointing results of state-driven large-scale cereal development using pivot irrigation (Otmame et Kouzmine, 2013). We argue in this article that such state initiatives have opened up spaces for the current agricultural boom. In fact, a new Saharan agricultural model is emerging, based on private initiative of farmers from across Algeria investing in the access to groundwater by drilling boreholes; in land by converting rangeland or spate irrigation systems (Hamamouche et al., 2018); and in greenhouses for cultivating horticulture (F.Amichi et al., 2015). The region’s favourable natural conditions enhance this intensive form of agriculture: the abundant groundwater reserves and high direct sunlight mean that horticultural produce can be brought to the market at an early date (the so-called *primeurs*). At first sight, the state does not seem to play a part in this new territorial dynamic. However, agricultural subsidies and the expansion of the electricity network, road system and commercial infrastructure for the flow of products, and even the social infrastructure supporting social services including schooling and health, all contribute to the region’s agricultural vitality.

This article aims to analyse the development of irrigated agriculture in and around Biskra in the form of a pioneer fringe. We will show how this concept can be used to characterise the region’s territorial transformation. And, on this basis, we will formulate the hypothesis that the fringe is moulded by a combination of private and public actions.

Our article will briefly trace the recent history of changes in agricultural policy in Algeria’s Sahara, shifting from state interventionism in the 1960s to 1980s to a liberal approach that is supported — and often subsidised — by the state. This survey is followed by an analysis of the development of the pioneer fringe around the El Ghrouss oasis, which is examined in the form of three main overlapping fronts: (i) land — there are lively markets for large tracts of land that was previously pastoral, with access now facilitated by recent land policies; (ii) groundwater — the development of deep boreholes, combined with the proliferation of informal arrangements for accessing water, means that groundwater is available to a growing number of stakeholders; and (iii) public infrastructure (roads, electrification, etc.) — creating an environment that fosters territorial transformation.

4.2 Description of the case study and methodology

4.2.1 The new groundwater-based Saharan agriculture

The Algerian state has focused on expanding agriculture in the Sahara as part of a strategy to diversify the country's economic activity beyond the exploitation of hydrocarbons. During the 1970s, a model based on large cereal farms was promoted as a way to reduce Algeria's dependence on cereal production and imports. These extensive farms were irrigated by large pivots, using pumped groundwater, according to the American model. Following mixed results, particularly in terms of agricultural yields, this model was progressively abandoned. It was a model largely shaped by state action, its top-down design excluding any involvement of local actors (Otmane et Kouzmine, 2013).

The 1980s heralded the beginning of economic liberalism in Algeria. Against this background, agricultural policy in the south of the country was defined by a 1983 land reform programme. This freed up land in the public domain and *arch* land (tribal land collectively owned) for private — and increasingly individual — use. The land reforms marked the start of a series of incentives designed to promote private agricultural investment; unlike the earlier model, this involved local actors. Newly-accessible land was now irrigated by boreholes constructed by state-owned firms, in contrast to the archipelago of ancient oases, which were irrigated by artesian water sources or flooding. Access to the confined aquifers through boreholes, initiated by the state, was then taken over massively by private actors, some of whom received subsidies but most of whom implemented these boreholes informally, particularly from the 1990s onwards. The state devised a number of infrastructure projects in support of this emerging agricultural dynamic, as well as unblocking substantial financial resources for farmers. These different initiatives, both state and private, often overlap, and have helped build three fronts — land, water and infrastructure — that lie behind the region's current territorial expansion.

4.2.2 The El Ghrouss pioneer fringe

Our investigations focused on an area around the El Ghrouss oasis in the *wilaya* (department) of Biskra, approximately 400 km southeast of Algiers. This area has witnessed sharp changes in agricultural practices over the last three decades, driven by a boom in greenhouse horticulture and a renewal and expansion of the century-old date palm plantations (Amichi et al., 2015; Dubost et Larbi-Youcef, 1998; Khiari, 2002). In El Ghrouss, the surface area under greenhouses, introduced in the early 1990's, increased rapidly in the early stages: 535 ha in

2000, according to Khiari (2002). The increase in the surface area of palm groves was even more impressive, going up from 600 ha in 1980 to about 3.465 ha in 2000 (*ibid*).

For this study, surveys were carried out between 2013 and 2015, the primary objective being to identify the various actors working in the pioneer fringe in the El Ghrouss territory. The second objective was to explain the role of each actor in the dynamics of the pioneer fringe.

The surveys pinpointed three main categories of actors. First, the farmers, who were divided into four groups: i) landowners who install the boreholes and rent out the land along with an access to groundwater, ii) lessees who will rent in the land and purchase greenhouses and agricultural inputs, iii) sharecroppers who constitute the skilled workforce of this sector and iv) seasonal workers (F. Amichi et al., 2015). Second, professionals in the agricultural sector: drillers of boreholes, seed and input suppliers, and market actors, in particular the traders responsible for the flow of agricultural commodities. These two categories are not entirely distinct, since some farmers may also be involved in marketing or work as borehole operators, etc. Thirdly, actors in the various local administrations in the municipality of El Ghrouss and regional administration of Biskra: the services responsible for water supplies, the agricultural authorities, energy supplier, town hall, technical and research institutes, and the university.

The pioneer fringe in the El Ghrouss area includes two distinct and complementary farming systems. The first is greenhouse market gardening (tomatoes, sweet and hot peppers, melons and watermelon), an activity that was introduced into the region three decades ago (Khiari, 2002). The second is based on setting up new mono-cropped *Deglet Nour* farms, a date variety with a high market value. Unlike greenhouse market gardening, there is a long history of date-palm cultivation in the Sahara in stratified oases (date palms, fruit trees and annual crops): in fact, it is the very essence of oasis life. Although horticulture was practised in the past in the ancient oases (intercropped with palm trees), it was mainly meant for self-consumption. By contrast, horticulture in the pioneer fringe has been developed under greenhouses; high amounts of inputs are used, and the produce mainly supplies the markets in northern Algeria. Greenhouse horticulture is characterised by high added value per hectare and a short production cycle, and it attracts all types of farmers, with or without land.

Greenhouse market gardening is often the precursor to planting palm trees. ‘Virgin’ plots are colonized and cultivated under horticulture in order to fund the planting of palm trees and to secure a cash flow until date production begins. Figure 17 below shows three landscapes that illustrate the different stages in the growth of the pioneer fringe: (i) an area of agricultural

development, occupied exclusively by greenhouse horticulture; (ii) a mixed area combining new date palm plantations that are not yet productive and greenhouse horticulture; and (iii) an area composed exclusively of date palms.

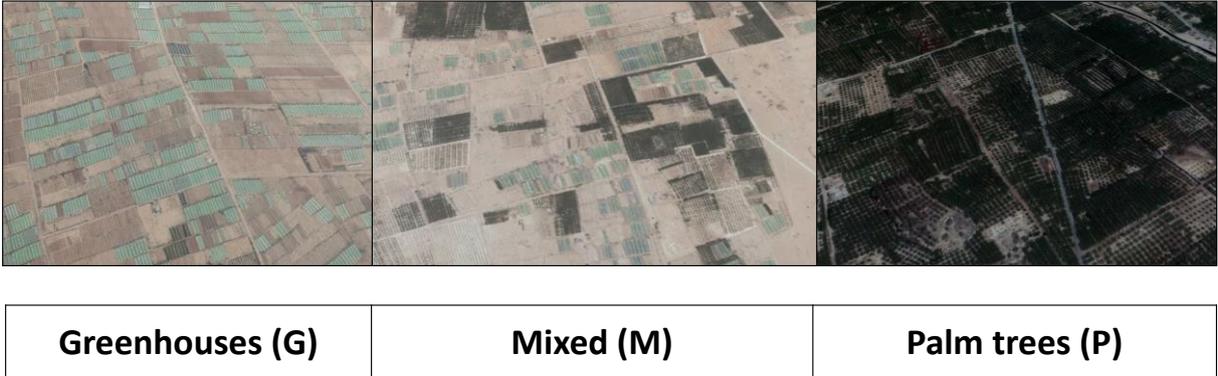


Figure 17. Three types of landscape illustrating the different stages in the development of the pioneer fringe.

The complementary nature of the two farming systems rests on interconnected individual and collective initiatives, including a variety of mechanisms for pooling the resources required for agricultural production (F. Amichi et al., 2015). These arrangements cover access to land, groundwater, capital, the market, technical knowledge and workforce, as well as the possible use of state support. The dynamism of this imbricated system is based on a synergy between actors with different needs and production means. This includes landowners (or those having land use rights under a concession granted by the state), who rent out part or all of their land to sharecroppers or lessees so that it can be developed. These sharecroppers and lessees can perhaps be likened to Kopytoff's frontier entrepreneurs (1987) , as they bring in the know-how, the capital and the work force to bring the land under production. Before the parcels are rented out, they are laid out in small plots that correspond to the greenhouse sites, which are fed by irrigation water from one or more boreholes that the landowner has already drilled. There is a specific model that is becoming increasingly widespread in the region: owners start off by using their plots for intensive horticulture through sharecropping or by leasing them for a minimum of three years before considering planting palm trees on the spot where the first greenhouses were erected. The nature of the soil in the region, combined with the intensive character of market gardening, obliges such lessees or sharecroppers to move the greenhouses after three years so the soil can regenerate and so they can find more fertile land nearby. The land owner then generally reverts his land to palm tree plantations, explaining the mosaic in the landscape of the mixed system of figure 17.

Below we describe the dynamics of each of the three fronts: land, water and infrastructure. Three examples are then used to analyse the interconnections between the fronts and their impact on territorial extension before we end with our conclusion.

4.3 A pioneer fringe on several fronts

4.3.1 Lively land markets

The vibrant land markets found in Algeria's Sahara today are rooted in the 1983 APFA law, promoting land ownership through agricultural development, part of a policy of liberalising the agricultural sector. The aim of the law was to free up access to land in the state's private domain, i.e. all land where there were no formalised rights, essentially tribal or *arch* lands, where tribes have ancestral but no formal rights.

The Algerian state proceeded in two different ways. First, it operated as a developer on some of the land organised in irrigation development schemes by drilling deep boreholes and introducing electrification for agricultural purposes. This land was then distributed to beneficiaries for cultivation, with additional access to individual land ownership after five years of activity. The beneficiaries were either family members who had been exploiting the land prior to its development by the state, family members from neighbouring *archs* or local notables, usually veterans of the colonial war or local government officials (Daoudi et Colin, 2017).

However, given the popularity of access to land ownership via agricultural development, the state also opened the door to private initiatives for developing the land lying outside these collective irrigation schemes. In some cases, the state formalised the practice of illicit expansion that was already underway. The beneficiaries assumed responsibility for accessing the land and the bulk of the expenses, ranging from drilling deep boreholes to costs associated with cultivation. Owing to the initial capital required for developing this land, the latter option often involved domestic investors with capital, mainly from the Biskra region but sometimes from across Algeria. In any event, this second form of land access has become much more widespread than the former, where the state plays the role of developer.

The popularity of accessing land through development has given rise to a property market for buying, selling and renting land in and around El Ghrouss (Daoudi et Colin, 2017). These deals provide for the transfer of some of the land newly-acquired by owners not just to new purchasers but also to lessees and sharecroppers. Nevertheless, the deals are still profoundly

marked by diverse, complex social relations, and are not governed exclusively by economic and legal considerations.

The newly acquired land can then be cultivated as owners, tenants and sharecroppers join forces using a variety of agrarian agreements to pool heterogeneous productive resources (land, water, capital, work etc.). This land dynamic has encouraged farmers to invest increasingly in new rangelands, where the land is still cheap, and push back the previous frontiers, including in areas without electrification or agricultural tracks. As an indication, the price of land ranged from DZD 40.000 (about € 200) per ha in the new areas to DZD 1 million (€ 5.000) per ha in the most productive date-growing zones. Access to land and the construction of boreholes are intimately linked in the region, where the availability of water is one of the main factors in developing land.

4.3.2 Water: the ever-increasing number of boreholes

The old oases were always located around water springs and along the wadis. Access to groundwater via boreholes has made it possible to significantly increase the irrigated areas, and push back the water front. Farmers are no longer restricted to particular areas where water appears on the surface and is easily accessible. This horizontal expansion of the water front is gaining pace with the emergence of new pumping facilities. In addition to the growing number of these boreholes, new and less costly techniques for drilling boreholes mean it is possible to drill deeper and deeper, up to 600 m, to repel the vertical water front.

There are two formal procedures for obtaining a permit for drilling a borehole or for rehabilitating an old borehole based on checking the existence and non-functioning of an old borehole. These two measures, which were laid down by the authorities in 2008, are strict and complex (Executive Decree 08-148 of May 25, 2008 J.ON° 26, Art. 2). The ability to circumvent these rules is of major importance. For example, the authorities in the municipality of El Ghrouss estimate that there are 200 licenced boreholes. However, based on the invoices issued by the national electricity company, 1.320 boreholes could be identified during this study — i.e. only 15% of the boreholes throughout the municipality have been formally authorised (Massuel et al., 2017).

The cost of drilling a borehole is about DZD 10.000 (€ 50) per linear metre, which includes the cost of the workforce (paid to the driller) and the equipment that the farmer obtains directly (cement, drilling pipes, suction and discharge pipes for the pump, and electric cables). The price may rise by DZD 7.000 (€35) per linear metre to cover risks associated with a

possible control in cases where drilling is not allowed. Although institutional and financial constraints act as barriers to accessing groundwater, the number of boreholes continues to grow and push back the boundaries of Saharan agriculture.

The situation in El Ghrouss is characterised by a lack of reliable information about groundwater use through boreholes. Since most of the boreholes are connected to the electricity grid, they are listed by the public electricity company and are read periodically for billing purposes. In 2015, the 1.320 boreholes connected to the network were used to irrigate 470 ha of greenhouses and 4.800 ha of palm plantations, according to our investigations. Massuel et al. (2017) attempted to calculate the quantity of water extracted on the basis of an estimated 630 m³ of water consumed per greenhouse (with a surface area of 400 m²) per year on average (approximately 15.700 m³/ha) and a range of 11.000 to 19.000 m³/ha for palm trees depending on their maturity. This led to an estimation of groundwater use in the region ranging between 60 to 100 hm³/year.

4.3.3 Pro-active infrastructure development

The pro-active public policies introduced by the Algerian government since independence highlight the importance of improving access to new territories in the Sahara. Land development is accompanied by the gradual organisation of marketing channels, in particular for transporting hydrocarbons. Transport networks are continuously developed to connect the region, as can be seen in the expansion of the road and air networks and the future prospect of developing the railway (Kouzmine, 2008). The infrastructure includes several items that play a major role in the agricultural dynamics and territorial development: (i) tracks or roads for organising production (boreholes, transporting equipment, inputs and labour, etc.) and finding market opportunities for products; (ii) electricity grid for facilitating and reducing the cost of groundwater use; (iii) hydraulic equipment (boreholes, irrigation canals) by setting up public irrigation schemes in the past decades; and (iv) social services, schools, dispensaries, shops, etc., without which it would be very difficult to mobilise the workforce.

Energy is an essential element that needs to be taken into account when considering access to groundwater. Algeria is noted for the high quality of its electricity grid (Akrich, 1989), and water resources at great depth (up to 600-700 m) can be pumped efficiently. In areas that have already been developed and urbanised, a specific grid called “agricultural line” serves the boreholes. This grid benefits from a heavily-subsidised tariff that is lower than for the domestic network (especially outside the peak period between 5 pm and 9 pm). In zones not

served by agricultural lines — but which are situated in the immediate vicinity of areas that are connected — farmers apply for a new line to be set up with the national electricity and gas company (Société Nationale d'Electricité et de Gaz; Sonelgaz). This operator is responsible for generating, transporting and distributing electricity as well as transporting and distributing gas. The application is generally made collectively so that the investment costs for farmers may be pooled. Some farmers with large projects, however, may also apply individually. The investment does not cover the total cost, which is covered in part by the state. At present, Sonelgaz does not check the legal status of boreholes for connection requests (i.e. whether they are legal or not): this explains why the number of boreholes in the operator's database is far higher than those officially listed by the water management services that record authorised boreholes. Based on our previous estimates of groundwater use of boreholes, the total electricity consumption amounted to about 10^8 kWh/year. The energy used to pump water is equivalent to the average annual electricity consumption of 80.000 inhabitants in Algeria (based on 1.277 kWh/year/inhabitant in 2013; world Bank, 2013).

Setting up public collective irrigation schemes is also an opportunity for expanding the pioneer fringe, even though these schemes have often failed in terms of agricultural development. Installing an electrical network, opening up the tracks and roads that go with establishing such schemes, as well as hard evidence that there is water, are all opportunities for expanding agriculture in areas that are peripheral to the concession. Farmers who are not direct “beneficiaries” of these perimeters rely on this infrastructure, including for possibly extending the electricity grid to their own boreholes. The risks normally associated with drilling boreholes, i.e. the chance to find water, are limited since the boreholes of the public schemes have already demonstrated that there is a very real chance that farmers can access the groundwater resources nearby.

Access to electricity and transport via tracks does not always precede the acquisition of land and borehole construction. Farmers may purchase land in advance of the pioneer fringe, setting up boreholes before public infrastructure arrives. They build rough tracks in the transition period and use diesel energy. The infrastructure then follows via state intervention when the density of the water supply or the number of producers justifies it. Accordingly, the state may intervene ahead of a new agricultural dynamic (which is the case for public irrigation schemes) or after, when it follows and supports the dynamic.

4.4. Pioneer expansion: three interacting fronts and three contrasting examples

Below we analyse the agricultural development of three particular areas in the study zone as a way of furthering our understanding of how the three fronts interact. These examples provide a good illustration of the methods and effects of the progress of the various fronts for the local agricultural dynamic.

4.4.1 Three interacting fronts in El Merhoum

The three pioneer fronts interact simultaneously in the El Merhoum area in the northwest of the oasis (Zone 1 in Figure 18). This area is considered the most dynamic in the study area, and is marked by a very active land market, which constitutes the first front. Informal tenancy is very common, especially for horticulture. Water is available thanks to the different agreements struck between actors for drilling collective boreholes and organising the access to water, which is the second front.

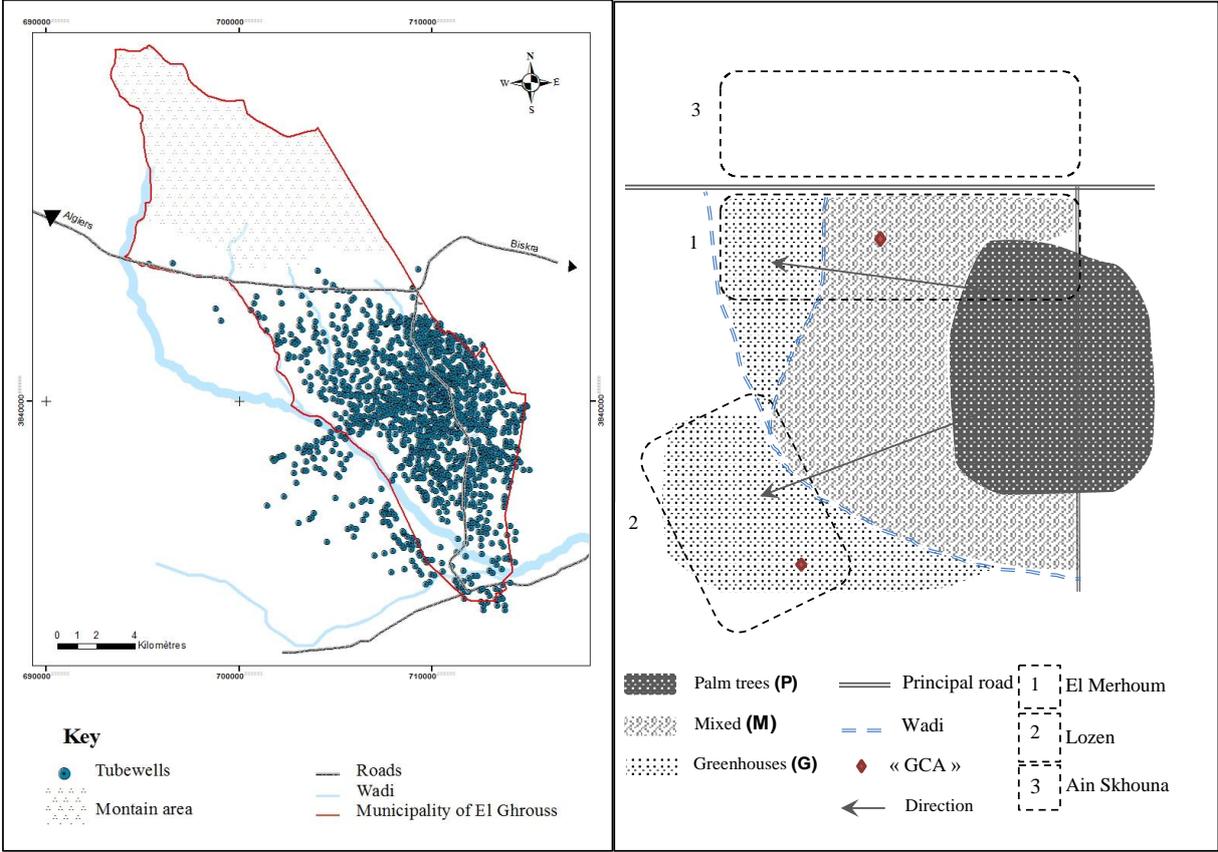


Figure 18. Three distinct areas based on the differentiated combinations of the three fronts and their effects on the advance of the pioneer fringe.

The proximity of the national road and the town of El Ghrouss has facilitated access to electricity and transport links to Merhoum, the third front. The pioneer fringe extends from east to west, and started on the basis of old artesian sources (now dried up) in the traditional oasis. Initially, it was the 83-18 law on access to agricultural land ownership that was behind the development of the “bare” lands of Merhoum. Access to water was provided by diesel-powered pumps until the arrival of electricity in 1989. Date palms were the main crop cultivated during this period. The first tunnel greenhouses appeared in the 1990s. These greenhouses were developed by migrants from northern Algeria boasting great expertise in this domain. Farmers are now coming to the area in search of better working conditions, land, groundwater, good temperatures for early crops and close proximity to wholesale markets for the country’s major cities. This new “Eldorado” is attracting growing numbers of farmers who are investing or simply highlighting their know-how and capacity for hard work. Total electricity coverage in the Merhoum area was achieved in 2014.

4.4.2 Waiting for public infrastructure in Lozen

Lozen, situated to the southwest of the oasis (Zone 2 in Figure 18), belongs both to the municipality of El Ghrouss and the neighbouring municipality of Doucen. Still “virgin” in terms of cultivation a few years ago, Lozen is now undergoing a rapid agrarian shift, evolving from a vast tract dedicated mainly to extensive sheep farming to a pioneer form of agriculture based on developing new land and securing access to water. Lozen is dominated by *arch* land belonging to the Bazid tribe, which lives in the municipality of El Ghrouss and Doucen. Traditionally, the Bazids only sell land to fellow tribe members. This rule, however, was broken by the El Ghrouss farmers when they sold part of the land appropriated under the APFA to non-tribal purchasers. Once access to the land was obtained, the new owners constructed illegal boreholes, which is still a relatively easy process in this pioneer fringe. In this locality — which is known as “*le large*” (literally that which occupies or delimits a considerable space) since it consists of rangelands as far as the eye can see — there are no close neighbours to report on anyone drilling a borehole; nor are there any patrols by the local authorities. Some farmers have even gone so far as to build closed boreholes, setting them aside for the day they start farming their land.

The farms in Lozen are mainly devoted to greenhouse horticulture. The low agricultural density means there is little risk of phytosanitary disease. The main difficulty in this area lies with the third front, i.e. public infrastructure. The majority of boreholes are powered by diesel or using an informal system whereby electric cables are stretched for several kilometres from

electrified areas. The farms are scattered, with very little inter-connection. Ten kilometres or so of trails have been laid by the farmers themselves as they wait for new infrastructure to be developed. The farmers still find it difficult to attract workers because of the lack of infrastructure and public services. It is a desert landscape, with very little housing and even fewer shops or other services (schools, post-offices, transport, etc.).

A public irrigation scheme was recently created, allowing access to land and water in Lozen. This scheme includes three boreholes connected to electricity. These improvements have attracted more and more farmers, reassured by the availability of electricity in the surrounding area and water in the boreholes. This state investment suggests that the pioneer fringe in this area will soon take off.

4.4.3 Land blockages in Ain Skhouna

To the north of the municipality of El Ghrouss, in the foothills of the Ziban mountains of the Saharan atlas, there is an area that is still sparsely cultivated despite the progress of the infrastructure front (roads, markets, electricity network are all readily accessible) and the availability of groundwater. Ain Skhouna (Zone 3 in Figure 18) literally means "hot spring", in reference to the Albian borehole found in the area, which is 2.000 m deep and was constructed by the water management department. The water is at 52°C, and the borehole irrigates the handful of farms via an open cooling system.

However, in spite of the borehole and infrastructure, the locality has not experienced the same agricultural dynamism as Merhoum, even though they are only separated by the national road. So far, it is the land that is blocking any form of agricultural development, owing to several legal disputes. Ain Skhouna mainly consists of uncultivated municipal land. The municipal land was sold several times before being recovered by the municipality due to disagreements between farmers.

4.5 Discussion and conclusion

Our analysis of the territorial expansion in El Ghrouss shows how the advance of the pioneer fringe is the product of three inter-related fronts: land, water and public infrastructure. All three are required for agricultural development to gain full speed. Agricultural development then relies on the mobilities of lessees and sharecroppers, which arrive often from hundreds of km away from the study area, bringing in the remaining productive resources (mainly capital, know-how and their work force; see Amichi et al., 2015). These "frontier entrepreneurs"

(Kopytoff, 1987), however, do not wait for all three fronts to be developed, but participate actively in developing the access to land and water and often legitimise, by their presence, the implementation of public infrastructure, such as roads and the electricity grid.

We showed that the agricultural dynamic in the pioneer fringe in our study imbricated two distinct farming systems, where greenhouse horticulture, practiced by lessees and sharecroppers, fuelled the expansion of date palm plantations of the landowners on what was previously pastoral range land. Bisson (1991) analysed a similar transformation process on what can be called an internal date palm frontier (see Chauveau et al., 2004) in Tunisia's Nefzawa, also at the expense of pastoral range land. Interestingly, Bisson (1991) also highlighted the importance of the imbrication of two distinct cropping systems in this pioneer fringe, combining alfalfa, intended for the recently settled nomadic populations and their livestock, with short term gains and date palms generating profit over the long term. A “euphoric” agricultural development was thus well under way in the early 1990's in the Nezaoua Bisson (1991). 25 years later, agricultural development in the South of Tunisia is still booming around the profitable *Deglet Nour* date palm variety (Mekki et al., 2013), but there is no real indication on how this pioneer fringe continues to operate. In El Ghrouss, a comparison with the data provided by Khiari (2002), indicates that the surface area under greenhouses has not substantially changed from 2000 to 2015 and even slightly decreased. However, we showed that greenhouse horticulture remains essential for continuously fuelling the expansion of date palm groves, the surface area of which increased by almost 40% during the same period. At the same time, Naouri et al. (2017) reported that the surface area of greenhouse horticulture in the larger Biskra *wilaya* (administrative department), in which the El Ghrouss municipality is located, more than tripled over the past 15 years. This suggests that El Ghrouss, which constituted one of the first and most important pioneering fringes in Biskra, has been replaced by other more dynamic pioneering fringes elsewhere in the *wilaya*.

As Monbeig (1981) suggests in his analysis of a case history in Brazil, the role of the state in colonising new territories is decisive: “A pioneer fringe is a matter of state”. Becker (1986) promotes the same idea, emphasising the pivotal role played by the state in settling new land — as launched in 1940 in Brazil (“the March Westwards”) — for colonising the interior of the country and fostering national expansion. In our case, even though the state-driven agricultural development projects are often considered a failure (Otmane et Kouzmine, 2013), these projects certainly provided legitimacy to the private agricultural boom that ensued. More prosaically, the state preceded and accompanied private initiative, in particular through

the 1983 land reform (Daoudi et Colin, 2017) and by providing subsidies, thereby facilitating the formal and informal colonisation of agricultural land. Moreover, we have shown in Biskra how each of the fronts combines state action and private initiative. In Lozen, for example, farmers buy land, dig boreholes and plan trails until the state takes over, installing the power grid and replacing tracks with roads.

Our work on the advance of the pioneer fringe, which was carried out on a local scale, offers a detailed analysis of the importance of private initiative and the interrelation between state and private actions. The same type of interconnection has also been observed elsewhere in the Mediterranean, for example in southern Spain (Mignon, 1974) and in Egypt (Acloque Desmulier, 2014). Private initiatives can become drivers of pioneering action. However, although state intervention appears at first sight to be absent from the agricultural dynamics, it is nevertheless an essential element. Only the public authorities have sufficient resources to create the infrastructure necessary for territorial transformation (Mignon, 1974). Private initiatives, for their part, go hand-in-hand with flexibility in choosing crops and the arrangements and agreements between actors for accessing natural and human resources (land, water and labour), all of which contribute to the strong agricultural dynamic in the region.

We also showed that the state does not always intervene in an unambiguous and coherent manner. For example, the measures undertaken by the agricultural services encourage greater production and a larger agricultural area by increasing the number of grants for agricultural concessions to private investors. At the same time, the water management services are attempting to restrict access to groundwater by cutting down on borehole permits. The energy sector is continuing to expand the electricity grid, and sees farmers as new customers, including for illegal boreholes. It is clear that the state apparatus is both “omnipresent and tolerant” (Brochier-Puig, 2004).

This agricultural development does not fit in with a development plan drawn up in an integrated territorial policy. Rather, it allows for expansion in the form of a pioneer fringe. This process allows farmers who have come from elsewhere to try their luck in the hope that, through sheer hard work, they may be able to settle permanently in the territory; one day, perhaps, they may become owners of a palm plantation and achieve a good standard of living by building up holdings and a private income. The lack of a collective vision for territorial development means that it is unlikely that renewable resources will be regulated in the short

term, particularly water which is not inexhaustible and which may one day shatter the advance of this Eldorado.

Chapitre 5

Conclusion générale

Chapitre 5 : Conclusion générale

5.1. Les résultats de thèse et perspectives de recherche

La présente thèse porte sur l'étude d'une frange pionnière agricole dans un contexte saharien à travers le cas de la commune d'El Ghrouss à Biskra. Cette région agricole très dynamique du Sahara algérien connaît de fortes mutations dues à un nouveau modèle d'agriculture dont le principal moteur est le maraîchage sous serre, que nous analysons comme une agriculture transitoire, au service de l'extension des palmeraies dattier en monoculture. De façon plus élargie, dans cette thèse, nous posons la question de la construction d'un territoire de l'eau oasien à travers une agriculture transitoire dans une frange pionnière saharienne. Dans cette conclusion générale, nous présentons d'abord les principaux résultats de la thèse, qui nous permettent dans un premier temps de formuler des pistes de recherche qui nous semblent importantes à explorer dans l'avenir. Nous interrogeons par la suite les implications de nos résultats pour le développement. Nous avons engagé, tout au long de la thèse, le débat à travers une approche participative multi-acteurs, dont nous restituons ici les principaux enseignements.

L'objectif principal de cette thèse était d'analyser comment se construit un territoire de l'eau à travers une agriculture transitoire dans une frange pionnière saharienne. Dans le but de mettre en lumière les mécanismes de l'agriculture transitoire, nous nous sommes premièrement intéressées aux arrangements agraires et les logiques d'acteurs qui se conjuguent au sein de l'exploitation agricole. Ensuite, nous avons mis l'accent sur les modalités de gestion des ressources naturelles, plus particulièrement celle de la ressource en eau souterraine et pour finir, nous avons analysé les mécanismes de la construction d'un territoire de l'eau sur une frange pionnière interne. A l'issue de ce travail, trois principaux résultats ont été obtenus, permettant de répondre aux objectifs fixés.

Premièrement cette recherche a permis de mettre en lumière un modèle original d'exploitation agricole sur lequel repose l'agriculture transitoire à El Ghrouss. Ces exploitations agricoles, localisées principalement dans la frange pionnière, permettent l'intégration des nouveaux arrivants et une mise en commun des facteurs de production et *in fine* la production maraîchère et l'extension des palmeraies.

Concrètement, nous avons caractérisé les arrangements agraires et défini les types d'acteurs qui interviennent au sein des exploitations agricoles nouvellement installées, soit encore entièrement consacrées à la production maraîchère sous serres, soit « mixtes » et déjà en

transition vers des palmeraies. Ce sont les arrangements entre les propriétaires, les locataires, les métayers et les ouvriers agricoles qui dévoilent les mécanismes de l'agriculture transitoire. Au-delà des transformations agricoles avérées, cette agriculture transitoire a permis une réelle transformation socio-économique du territoire. L'ensemble des dynamiques territoriales repose sur la trajectoire, de ce que nous avons nommé, un modèle d'exploitation agricole à la puissance deux. La puissance deux est due à la complémentarité de deux systèmes de culture (maraîchage sous serres et palmiers), deux logiques d'acteurs (gravir l'ascenseur socio-professionnel pour les nouveaux arrivants et plantation de palmier pour les propriétaires terriens) et deux strates d'exploitants agricoles (le propriétaire de la terre et les locataires d'emplacements). A vrai dire, il y a autant d'exploitations agricoles que d'exploitants. En effet, la définition de l'exploitation agricole renvoie à la notion d'une unité économique de production soumise à une direction unique. Dans notre cas étude, le caractère transitoire de la dynamique agricole confère une perpétuelle transformation de la structure et du fonctionnement des exploitations agricoles. Il est alors primordial de comprendre ces transformations et les logiques d'acteurs afin de revoir le concept générique de l'exploitation agricole. Au-delà de l'enjeu académique de l'étude de l'exploitation agricole, celle-ci fait l'objet de nombreuses mesures de politiques agricoles et il est alors important de la cerner : « Questionner la définition de l'exploitation agricole, c'est mettre en question, aussi, la façon dont sont sélectionnés les bénéficiaires de certaines de ces mesures » (Laurent et Rémy, 2000).

De plus, cette thèse a permis de révéler une relative égalité d'accès à un « Eldorado » pionnier grâce à un modèle d'exploitation agricole à la puissance deux. Les stratégies agricoles de base sont les mêmes pour tous quel-que-soient les origines ou le capital des agriculteurs. Il est vrai que des groupes se forment en fonction des liens de parenté ou des origines des acteurs, mais dans l'ensemble, les critères économiques et le savoir-faire priment face aux critères sociaux. L'ensemble des parties prenantes de l'exploitation agricole à la puissance deux atteint ces ambitions : gravir l'ascenseur socio-professionnel à court et moyen termes pour les uns et garantir sa retraite en investissant dans des palmeraies à long terme pour les autres. Bien que l'association du maraîchage sous serres et du palmier dattier soit temporaire sur une même exploitation, elle permet tout de même à chaque acteur d'atteindre ses ambitions. Cette exploitation agricole à la puissance deux est devenue un modèle dans l'exploration de nouvelles frontières agricoles et a fortiori celles de l'eau également.

Cet Eldorado n'est cependant pas sans limites. Il se base principalement sur des enjeux économiques au détriment d'enjeux environnementaux. Des conditions sanitaires désastreuses liées à l'utilisation abusive et non réglementée des produits phytosanitaires, une exploitation excessive des ressources naturelles (eau et sol) et des conditions de travail rudimentaires sont l'envers de la médaille de l'Eldorado pionnier saharien. Des journalistes, des chercheurs et même des agriculteurs tirent la sonnette d'alarme pour sensibiliser les usagers et les consommateurs sur les conséquences sanitaires et environnementales (Belhadi et al., 2016). De timides initiatives émergent pour promouvoir une agriculture biologique et éco-responsable et inciter à adopter une consommation plus réfléchie et une meilleure gestion des ressources.

Deuxièmement, nous avons posé la question de la gestion des ressources naturelles notamment celle de l'eau souterraine. Cette thèse a pour ambition de contribuer à mettre en visibilité l'eau souterraine en caractérisant les modalités d'accès à l'eau, les différents moyens de gestion de forage mis en œuvre et en évaluant les prélèvements. L'ensemble de ces éléments permet de comprendre le développement territorial en lien avec la gestion des ressources en eau.

En clair, ce travail a dévoilé les stratégies des acteurs pour accéder aux ressources aussi bien par les voies institutionnelles qu'informelles. Il y a ici trois échelles d'analyses, la première consiste au processus d'accès au forage et la deuxième réside dans les arrangements autour des usages du forage et la troisième est la mise en œuvre d'une méthode d'évaluation quantitative des usages à travers le lien eau-énergie. Le résultat de ce travail a démontré et quantifié la dépendance de cette agriculture irriguée à l'énergie et soulève de réelles préoccupations quant à la gestion des nouveaux territoires. En effet, d'une part cela représente une dépendance à des énergies fossiles avec un fort impact environnemental, d'autre par l'ambition de passer aux énergies renouvelables par le biais du photovoltaïque présage des répercussions sur la ressource en eau : une baisse de pression généralisée, une course vers la profondeur. Notre méthode permet de continuer à mieux connecter les usages et les ressources en lien avec les hydrogéologues.

Troisièmement, ce travail doctoral a permis de mener une réflexion sur l'intelligence territoriale en se basant sur des notions de gestion collective des territoires, des connexions avec les marchés d'intrants et de productions agricoles. Nous avons montré à travers l'analyse des transformations territoriales à El Ghrouss que l'avancée de la frange pionnière est le produit de l'imbrication de trois fronts : le foncier, l'eau et les infrastructures publiques. La

disponibilité de la terre déjà destiné à l'exploitation agricole ne représente pas un facteur limitant. Cependant, nous avons montré des situations de blocage à l'attribution et à la mise en valeur des terres. En effet, ces situations bloquées résident dans l'incapacité de déterminer les bénéficiaires de façon objective. A qui profite la terre ? Le dialogue et la concertation avec l'ensemble des acteurs impliqués pourraient contribuer à résoudre ces conflits liés à l'attribution des terres agricoles et contribuer ainsi à l'avancée de la frange pionnière.

Chacun des fronts conjugue à la fois l'action de l'État et l'initiative privée. Nos travaux sur l'avancée de la frange pionnière, réalisés à une échelle locale, ont permis d'analyser l'importance de l'action privée et l'imbrication des actions de l'État et des actions privées. Les initiatives privées peuvent devenir des moteurs de l'action pionnière. Elles permettent une flexibilité dans le choix des cultures et dans les dispositifs et accords entre acteurs pour accéder aux ressources naturelles et humaines (foncier, eau, main d'œuvre,), qui contribuent à la forte dynamique agricole dans la région. Par ailleurs, même si l'intervention de l'État semble à première vue absente de la dynamique agricole, elle reste incontestable. Seuls les pouvoirs publics disposent de ressources suffisantes pour créer les infrastructures nécessaires à une expansion territoriale.

Ce développement agricole ne répond pas à un schéma de développement tracé par une politique territoriale intégrée. Il permet une expansion sous la forme d'une frange pionnière. En revanche, l'absence de vision collective du développement territorial n'est pas de nature à réguler l'usage des ressources renouvelables, en particulier l'eau et l'énergie, qui ne se trouvent pas en quantité inépuisable et qui risquent un jour de briser l'avancée pionnière.

Les différents représentants de l'État n'interviennent pas toujours de manière univoque et cohérente (voir aussi Del Vecchio et Mayaux (2017) et Fofack et al.(2015), pour une analyse de l'action publique en ce qui concerne la régulation des prélèvements de l'eau souterraine pour l'agriculture au Maroc). En effet, les mesures de la direction des services agricoles du ministère de l'agriculture incitent à l'augmentation de la production et de la superficie agricole par l'octroi croissant de concessions agricoles à des investisseurs privés. Dans le même temps, les services de gestion de l'eau du ministère des ressources en eau tentent de restreindre l'accès à l'eau souterraine en limitant le nombre d'autorisations de forages octroyée. Enfin le secteur de l'énergie poursuit le développement du réseau électrique et considère les agriculteurs comme de nouveaux clients, y compris pour des forages creusés illicitement.

Cette quête de nouvelles terres, qui forme les nouveaux territoires de l'eau, se fait grâce à l'interaction de ces trois fronts pionniers ; le front du foncier, le front de l'eau et le front des infrastructures. Selon la liaison entre ces trois fronts pionniers, les acteurs s'organisent pour créer de nouvelles zones dynamiques pionnières répondant ainsi à leurs besoins. Nous mettons en évidence un double enjeu ; 1) la capacité d'adaptation des acteurs face aux facteurs limitant sur ces trois fronts et 2) que les actions collectives auront à évoluer le jour où les d'un des fronts freinera la dynamique.

L'ensemble de dynamiques analysées dans cette thèse contribue à la construction de nouveaux territoires de l'eau oasiens. Nous considérons ces nouveaux territoires oasiens à la fois comme une rupture mais aussi une continuité avec le modèle oasien traditionnel. Nous observons l'émergence d'un modèle agricole qui a rompu avec les systèmes de production et les modes d'accès à l'eau notamment depuis la diffusion des motopompes ; néanmoins il s'inspire fortement des pratiques des populations oasiennes. Selon Kouzmine (2012) la diffusion des motopompes a provoqué une « *individualisation des pratiques agricoles, alors que jusqu'ici le collectif dominait dans les oasis, dont seule une action collective pouvait expliquer l'existence* ». Dans nos travaux, nous avons montré que l'action collective est toujours d'actualité malgré l'individualisation des pratiques agricoles et de l'accès à l'eau, mais que cette action collective est focalisée pour le moment sur le développement de nouveaux territoires irrigués sans se soucier de leur durabilité à long terme.

Les conclusions de cette thèse ouvrent des perspectives en termes d'innovations techniques et institutionnelles pour prendre le virage vers la durabilité des formes actuelles de l'agriculture saharienne. La première perspective serait de réhabiliter l'oasis comme modèle d'inspiration de biodiversité, de la présence de solides paysanneries, le micro-climat, et des pratiques agricoles relevant de l'agro-écologie. Des travaux récents montrent comment de nouvelles extensions dans le Sahara algérien s'inspirent de ce modèle d'oasis, face aux conditions difficiles désertiques, mais signalent aussi des ruptures fondamentales, en particulier concernant l'usage de l'eau (Hamamouche, 2017; Idda et al., 2017). Ces premiers travaux peuvent utilement orienter de futures recherches qui pourraient interroger les différentes dimensions du modèle oasien pour réinventer l'oasis du 21^{ème} siècle (pratiques agricoles y compris ceux relevant de l'agro-écologie (association de cultures, par exemple) ; usages de l'eau (réutilisation des eaux usées par exemple) ; conditions de vie des populations ; marchés agricoles, etc.). La deuxième perspective serait d'interroger davantage le nexus eau-énergie, en particulier la régulation des prélèvements d'eau par l'énergie.

5.2 Démarche participative multi-acteurs et territoriale

En plus de l'intérêt académique et analytique de cette thèse, son caractère empirique nous a permis d'apprécier la vision des acteurs locaux face à l'avancée de la frange pionnière dans le contexte saharien et notamment face aux enjeux de l'accès et l'usage de l'eau souterraine, une des principales ressources permettant la pérennité de l'activité agricole.

Nous avons alors voulu, tout au long de la durée de nos travaux thèse, mettre en débat la territorialisation avec les acteurs du territoire de l'eau. Notre volonté de générer un débat sur la territorialité est aussi appuyée par nos multiples débats bilatéraux avec les différents interlocuteurs sur le terrain et aussi par des attentes de leur part d'exploiter les retombées de nos résultats de recherche. Pour répondre à cet objectif, nous avons mobilisé une démarche participative multi-acteurs et territoriale, décrite en introduction dans la partie méthodologique, qui réunit à la fois la cartographie participative, l'approche prospective qui s'est matérialisée par un jeu de rôle et enfin la photo-participation.

La première étape pour engager un dialogue consiste à cibler les différentes parties prenantes et identifier les acteurs concernés. Dans un débat sur le territoire, l'ensemble des acteurs agricoles, dans leurs différentes typologies, est fortement concernés. D'une part, ce sont eux qui façonnent les nouveaux territoires de l'eau et d'autre part, les retombées des réflexions et des actions sur le territoire les concernent directement. Dans le débat que nous avons mené, nous avons alors inclus les différents types d'agriculteurs qu'on a rencontré sur le terrain et dont on ne soupçonne au premier abord pas l'existence. On retrouve des phœniciculteurs et des maraîchers, des autochtones et des allochtones qu'ils soient propriétaire des terres et des forages, grands ou petits locataires de serres, métayers ou ouvriers. Ensuite, nous avons inclus dans le débat les acteurs para-agricoles : les commerçants qui travaillent à l'amont et à l'aval de la production agricole, des vendeurs d'intrants, de semences, de produits phytosanitaires, de matériels d'irrigation, de pompes mais aussi les acteurs du marché de gros (Lejars et al., 2017). Ces acteurs de la filière ont une vision pragmatique de l'ensemble de la filière et ont une relation directe avec le marché. De plus nous avons identifié le rôle des foreurs et des sourciers qui représentent un maillon important dans le processus d'accès à l'eau. Et enfin, le débat a également concerné les agents de l'administration, les représentants politiques ainsi que les chercheurs locaux. Les outils participatifs ont permis de dialoguer au sein des différentes sphères et de les faire dialoguer entre elles. Le jeu de rôles a permis faire dialoguer des acteurs qui n'appréhendent pas le problème de la même façon et qui agissent différemment sur le territoire. En effet, certains acteurs interagissent de façon bilatérale,

d'autres ne se rencontrent jamais (par exemple le métayer tipazien et les services de l'État). Pourtant, tous sont concernés dans le développement territorial de la zone. Le but de cette approche n'était pas d'apporter des solutions clé en main mais d'amorcer un dialogue sur la territorialité et de dévoiler les doutes et les préoccupations de chacun « vers une arène un peu plus publique » (Cefai, 2016).

Nos travaux montrent la nécessité de réfléchir à une politique d'aménagement qui intègre l'ensemble des acteurs du territoire. En effet, aménager des terres supposées vierges⁸ pour les rendre cultivables et productif, choisir les productions les plus utiles et les plus rentables, conjuguer les potentialités naturelles avec les forces socio-économiques, prévoir les difficultés agronomiques liées à l'eau, le sel, le gel, les maladies et autres, gérer les aléas économiques de surproduction, d'effondrement du marché, des crises liés aux intrants et par-dessus tout, inscrire l'action dans la durée, voilà un très vaste programme de développement agricole auquel il faut réfléchir. Ce travail considérable demande un effort collectif qui associe les acteurs agricoles, para-agricoles, les scientifiques et les politiques. Une des clés pour y parvenir réside dans le dialogue permanent, d'égal à égal, entre les différentes sphères qui pour l'heure n'est pas institutionnalisé.

L'avenir de la néo-agriculture saharienne est la responsabilité de tout un chacun. Les décideurs ont l'obligation de comprendre et d'encourager les différents regards portés au développement de cette agriculture. C'est cette ouverture à l'autre qui permet aux sociétés de progresser en prenant conscience des forces mais surtout des faiblesses. En effet, apporter des solutions durables passe par l'identification des principales faiblesses de n'importe quel système. Ici, en l'occurrence, ce sont, entre autres, les conditions de travail, la professionnalisation de l'activité agricole, la vulgarisation scientifique et technique, les risques sanitaires et environnementaux... De plus, en se penchant sur ce qu'on considère être des faiblesses, on pourrait y voir des forces : comprendre les mécanismes de l'agriculture informelle a permis de révéler le potentiel de jeunesse souvent inemployé en Algérie, ainsi que la capacité des oasiens à s'adapter et perdurer. Ce potentiel pourrait utilement être mobilisé pour d'autres projets territoriaux.

⁸ Bien souvent, les terres sont utilisées pour l'élevage extensif. Des travaux éclairant les relations entre l'avancement du front pionnier agricole et les systèmes d'élevage restent à conduire.

5.3 Conclusion

Au terme de ce travail, nous avons tenté de démontrer que si l'agriculture saharienne n'est plus une agriculture de subsistance concentrée autour de vieilles oasis en déclin, elle n'est pas non plus le résultat des grands projets d'aménagements tels que le modèle d'agro-business menés durant les années 1980's. C'est plutôt une activité agricole portée à la fois par l'action de l'État et les initiatives privées. De nos jours, les espaces sahariens sont loin d'être isolés et renfermés sur eux-mêmes, ils sont, au contraire, fortement intégrés et connectés aux régions du nord du pays. Une fois de plus (et à l'image du commerce transsaharien des siècles passés), les oasis sont solidement ancrées dans des réseaux globaux. Un événement au nord, par exemple l'effondrement des prix de la tomate, affecte directement l'agriculture saharienne. Comme les zones du nord, les espaces sahariens connaissent une forte urbanisation et un réel progrès économique notamment par le développement des infrastructures modernes. De plus, ils accueillent les multiples populations du nord qui sont à la recherche de conditions propices à une activité agricole. Le développement agricole de ces espaces sahariens résulte de l'imbrication des actions de l'État et des actions privées et ne répond pas, à l'heure actuelle, à un schéma de développement tracé par une politique territoriale intégrée.

De prime abord, le constat peut sembler pessimiste et alarmant mais pour celui qui côtoie ces personnes de près, que ce soit les oasiens, les maraîchers de la Mitidja, les pasteurs de la steppe, ainsi que les cadres et les agents de l'administration, il aperçoit une énergie, une volonté de construire, d'innover et s'attache à leur engagement. La neutralité est certes obligatoire dans une démarche scientifique, mais pour un travail comme le nôtre, les liens personnels ont été nécessaires à la compréhension du système et révèle les stratégies individuelles et collectives. Finalement, le développement n'est pas seulement matériel ou financier, il est aussi humain.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- ABHS (Agence du Bassin Hydraulique), 2011. Etude d'actualisation du plan directeur d'aménagement intégré des ressources en eau du bassin hydraulique de Sebou. ABHS, Fez, Morocco. 103 p.
- Acloque Desmulier, D., 2014. Entre delta du Nil et désert, front pionnier agricole et recomposition territoriale en Egypte. *Carnets de géographes*. doi:10.4000/cdg.499
- Ahmad, M., Bastiaanssen, W., Feddes, R., 2005. A new technique to estimate net groundwater use across large irrigated areas by combining remote sensing and water balance approaches, Rechna Doab, Pakistan. *Hydrogeol J* 13, 653–664. doi:10.1007/s10040-004-0394-5
- Aidaoui, S., 1994. Ressource en eau et aménagement hydro-agricole dans la région de Biskra “ Ziban”(Algérie). University of Nancy II, Nancy, France.
- Aït-Hamza, M., 1991. Irrigation et stratification socio-spatiale dans une oasis sans palmier. Le cas du Dadès, in: Alaoui, M., Carrière, P. (Eds.), *Aspects de l'agriculture Irriguée Au Maroc*. Rabat, Maroc : Publications de la Faculté des Lettres et des Sciences Humaines., pp. 71–85.
- Aït Amara, H., 1992. La terre et ses enjeux en Algérie. *Rev des mondes musulmans la Méditerranée* 65, 186–196. doi:10.3406/remmm.1992.1564
- Akrich, M., 1989. De la position relative des localités. *Systèmes électriques et réseaux socio-politiques*. *Cah du Cent d'Etudes pour l'Emploi* 117–166.
- Alary, V., Hassan, F., Daoud, I., Naga, A.A., Osman, M.A., Bastianelli, D., Lescoat, P., Moselhy, N., Tourrand, J.-F., 2014. Bedouin adaptation to the last 15-years of drought (1995–2010) in the north coastal zone of Egypt: Continuity or rupture? *World Dev* 62, 125–137. doi:10.1016/j.worlddev.2014.05.004
- Albaladejo, C., Tulet, J.C., 1996. Les fronts pionniers de l'Amazonie brésilienne: des terrains pour une analyse des relations société-territoire, in: Albaladejo, C., Tulet, J. (Eds.), *Les Fronts Pionniers de l'Amazonie Brésilienne: La Formation de Nouveaux Territoires*. Paris: L'Harmattan, pp. 17–44.
- Alexandre, F., 2017. Insular Oases in Globalisation: The Ribeiras of the Cape Verde Archipelago, Fragmented and Fragile Areas on the Way to Marginalisation, in: Lavie, E.,

- Marshall, A. (Eds.), *Oases and Globalization*. Springer, pp. 195–211.
- Alexandre, O., Arrus, R., 2004. Les «territoires» de l'eau. *Cybergeog Eur J Geogr*. doi:10.4000/cybergeog.1249
- Algerian Ministry of Water Resources (MRE), 2009. Study of inventory and development of the PMH: RA3 Department of Biskra.
- Ameur, F., Amichi, H., Kuper, M., Hammani, A., 2017a. Specifying the differentiated contribution of farmers to groundwater depletion in two irrigated areas in North Africa. *Caractérisation de la contribution différenciée des agriculteurs à l'épuisement des eaux souterraines dans deux zones irriguées en Afrique*. *Hydrogeol J* 25, 1579–1591. doi:10.1007/s10040-017-1569-1
- Ameur, F., Kuper, M., Hammani, A., 2017b. Méthodes d'estimation et d'extrapolation des pompages des eaux souterraines par l'intégration des pratiques locales: cas de la plaine du Saïss au Maroc. *Rev marocaine des Sci Agron vétérinaires* 5, 52–63.
- Amichi, F., Bouarfa, S., Lejars, C., Kuper, M., Hartani, T., Daoudi, A., Amichi, H., Belhamra, M., 2015. Des serres et des hommes: des exploitations motrices de l'expansion territoriale et de l'ascension socioprofessionnelle sur un front pionnier de l'agriculture saharienne en Algérie. *Cah Agric* 24, 11–19. doi:10.1684/agr.2015.0736
- Amichi, H., 2013. Quand tenanciers et attributaires s'arrangent pour exploiter les terres publiques irriguées: du déni à l'émergence d'une configuration de tenure inversée. Cas de la commune d'Ouarizane dans le Bas-Chélif, Algérie.
- Amichi, H., Bazin, G., Chehat, F., Ducourtieux, O., Fusillier, J.-L., Hartani, T., Kuper, M., 2011a. Enjeux de la recomposition des exploitations agricoles collectives des grands périmètres irrigués en Algérie: le cas du Bas-Cheliff. *Cah Agric* 20, 150–156. doi:10.1684/agr.2010.0459
- Amichi, H., Bouarfa, S., Kuper, M., 2015a. Arrangements informels et types d'agriculture sur les terres publiques en Algérie: quels arbitrages? *Rev Tiers Monde* 47–67. doi:10.3917/rtm.221.0047
- Amichi, H., Fusillier, J.-L., Kuper, M., Bouarfa, S., 2011b. Accès à l'eau souterraine et concentration foncière en agriculture irriguée: opportunités ou menaces? Le cas du périmètre irrigué du Bas-Cheliff (Algérie).

- Amichi, H., Kadiri, Z., Bouarfa, S., Kuper, M., 2015b. Une génération en quête d'opportunités et de reconnaissance: les jeunes ruraux et leurs trajectoires innovantes dans l'agriculture irriguée au Maghreb. *Cah Agric* 24, 323–329. doi:10.1684/agr.2015.0791
- Amichi, H., Kuper, M., Bouarfa, S., 2018. The legitimacy of tilling the land versus land use rights: Algerian farmers' land appropriation processes on public land, in: Ben Hounet, Y. (Ed.), *Law and Property in Algeria: Anthropological Perspectives*. Brill, Boston, USA, pp. 43–59.
- Ammar Boudjellal, A., Bekkar, Y., Kuper, M., Errahj, M., Hammani, A., Hartani, T., 2011. Analyse des arrangements informels pour l'accès à l'eau souterraine sur les périmètres irrigués de la Mitidja (Algérie) et du Tadla (Maroc). *Cah Agric* 20, 85–91. doi:10.1684/agr.2010.0458
- ANAT (Agence Nationale d'Aménagement du Territoire), 2003. Etude schéma directeur des ressources en eau dans la Wilaya de Biskra. Synthesis report, phase II, ANAT, Dakar. 60 pp.
- Antheaume, B., Giraut, F., 2005. *Le territoire est mort, vive les territoires!: une (re) fabrication au nom du développement*. IRD éditions, Paris, France.
- Arrault, J.-B., 2005. Du toponyme au concept? Usages et significations du terme archipel en géographie et dans les sciences sociales. *L'esp géographique* 34, 315–328. doi:10.3917/eg.344.0315
- Assassi, S., Daoudi, A., Lejars, C., 2017. Les profits " excessifs " des commerçants de fruits et légumes en Algérie: réalité ou préjugé infondé? Le cas de la tomate primeur à Biskra. *Cah Agric* 26. doi:10.1051/cagri/2017009
- Aubriot, O., 2004. *L'eau, miroir d'une société*. CNRS éditions.
- Aubriot, O., 2002. *Histoires d'une eau partagée*. Publications de l'Université de Provence.
- Baci, L., 1999. Les réformes agraires en Algérie. *Options méditerranéennes* 36, 285–294.
- Battesti, V., 2015. Les possibilités d'une île, Insularités oasiennes au Sahara.
- Becker, B.K., 2006. Amazonie brésilienne, nouvelle géographie, nouvelle politique régionale et nouvelle échelle d'action. *Géocarrefour* 81, 203–206.
- Becker, B.K., 1990. *Amazônia*. Editora Ática.

- Becker, B.K., 1986. Signification actuelle de la frontière: une interprétation géopolitique à partir du cas de l'Amazonie brésilienne. *Cah Sci Hum* 22, 297–318.
- Bédoucha, G., 1987. 'L'eau, l'amie du puissant'. Une communauté oasienne du Sud tunisien.' Éditions des Archives Contemporaines (Collection «Ordres Sociaux»).
- Bedrani, S., 1987. Algérie: une nouvelle politique envers la paysannerie? *Rev Occident Musulman Mediterr* 45, 55–66.
- Belhadi, A., Mehenni, M., Reguieg, L., Yakhlef, H., 2016. Risques potentiels pour la santé humaine et l'environnement des pratiques phytosanitaires des serristes maraîchers d'une région du Bas-Sahara algérien. *Environnement, Risques & Santé* 15, 219–227.
- Ben Hounet, Y., Casciarri, B., Dupret, B., Ireton, F., Wilson, A., 2011. Pratiques de l'appropriation foncière en contexte musulman. *Transcontinentales Sociétés, idéologies, système Mond*.
- Benachenhou, A., 2011. Préface, in: Imache, A., Hartani, T., Bouarfa, S., Kuper, M. (Eds.), *La Mitidja Vingt Ans Après: Réalités Agricoles Aux Portes d'Alger*. Editions Quae, Versailles, France, pp. 5–12.
- Bensaâd, A., 2011. *L'eau et ses enjeux au Sahara*. Karthala, Paris, France.
- Benziouche, S.E., 2017. L'agriculture biologique, un outil de développement de la filière dattes dans la région des Ziban en Algérie. *Cah Agric* 26, 35008. doi:10.1051/cagri/2017025
- Benziouche, S.E., Cheriet, F., 2012. Structure et contraintes de la filière dattes en Algérie. *Rev New Medit* 4, 49–57.
- Bergeron, G., Pender, J.L., 1999. Determinants of land use change: evidence from a community study in Honduras. International Food Policy Research Institute (IFPRI).
- Bernard, A., 1939. *Afrique septentrionale et occidentale*, (II: Sahara, Afrique occidentale), tome XI de la Géographie Universelle. Armand Colin, Paris, France.
- Bisson, J., 2003. *Mythes et réalités d'un désert convoité: le Sahara*. L'Harmattan, Paris, France.
- Bisson, J., 1996. Le Sahara entre explorations et indépendances, in: Fontaine, J. (Ed.), *Sociétés Sahariennes, Entre Mythes et Développement*. Cahiers d'URBAMA-Cahiers de l'Université Ouverte, Tours-Besançon, pp. 45–62.

- Bisson, J., 1991. Un front pionnier au Sahara tunisien: le Nefzaoua. *Bull Assoc Geogr Fr* 68, 299–309.
- Bisson, J., 1957. *Le Gourara: étude de géographie humaine*. Institut de recherches sahariennes.
- Blin, L., 1990. *L'Algérie du Sahara au Sahel*. l'Harmattan, Paris, France.
- Boelens, R., Hoogesteger, J., Swyngedouw, E., Vos, J., Wester, P., 2016. Hydrosocial territories: A political ecology perspective. *Water Int* 41, 1–14. doi:10.1080/02508060.2016.1134898
- Bouammar, B., Cheloufi, H., Aouidane, L., 2011. La dynamique agricole dans la zone d'El Ghrous (Biskra): Entre le boom maraîcher et la lente généralisation des systèmes de production phœnicicoles.
- Bouarfa, S., Kuper, M., 2012. Groundwater in irrigation systems: From menace to mainstay. *Irrig Drain* 61, 1–13. doi:10.1002/ird.1651
- Bourdieu, P., 1994. Stratégies de reproduction et modes de domination. *Actes Rech Sci Soc* 105, 3–12.
- Bouzidi, Z., Faysse, N., Kuper, M., Billaud, J.-P., 2015. Les projets des jeunes ruraux: des stratégies diversifiées pour accéder au foncier et obtenir l'appui de l'État. *Altern Rural* 13–24.
- Bowman, I., 1931. pioneer fringe. Special Publication n°13. New York: American Geographical Society.
- Boyer, R., 1986. *La théorie de la régulation: une analyse critique*. La découverte, Paris.
- Brochier-Puig, J., 2004. Société locale et État face aux limites de la ressource eau (Nefzaoua, Sud-Ouest tunisien), in: Picouet, M., Sghaier, S., Genin, D., Abaab, A., Guillaume, H., Elloumi, M. (Eds.), *Environnement et Sociétés Rurales En Mutation : Approches Alternatives*. IRD, Paris, France, pp. 307–321.
- Burke, J.J., Moench, M.H., 2000. Groundwater and society: resources, tensions and opportunities. Themes in groundwater management for the twenty-first century. Department of International Economic and Social Affairs, Statistical Office, United Nations.
- Callon, M., 1999. Ni intellectuel engagé, ni intellectuel dégagé: la double stratégie de

- l'attachement et du détachement. *Sociol Trav* 41, 65–78. doi:10.1016/S0038-0296(99)80005-3
- Cariou, A., 2017. Liwa: The Mutation of an Agricultural Oasis into a Strategic Reserve Dedicated to a Secure Water Supply for Abu Dhabi, in: Lavie, E., Marshall, A. (Eds.), *Oases and Globalization*. Springer, pp. 213–225.
- Caron, P., 2017. Entre promesses et risques, l'usage du mot territoire dans la pensée du développement agricole, in: Caron, P., Valette, E., Wassenaar, T., Coppens D'Eeckenbrugge, G., Papazian, V. (Eds.), *Des Territoires Vivants Pour Transformer Le Monde*. Edition Quae, Versailles, France, pp. 15–22.
- Caron, P., 2011. Ré-concilier agricultures et sociétés: dévoiler le territoire et repenser les limites, vol. 3. habilitation à diriger des recherches, Nanterre, Université Paris-Ouest-Nanterre-La Défense.
- Caron, P., 1998. *Espaces, élevage et dynamique du changement: analyse, niveaux d'organisation et action: le cas du Nordeste semi-aride du Brésil*. Thèse de doctorat en géographie, Université Paris X-Nanterre, France.
- Cefaï, D., 2016. Publics, problèmes publics, arènes publiques...Que nous apprend le pragmatisme ? *Quest Commun* 25–64.
- Chauveau, J.-P., Jacob, J.-P., Le Meur, P.-Y., 2004. L'organisation de la mobilité dans les sociétés rurales du Sud. *Autrepart* 3–23. doi:10.3917/autr.030.0003
- Choplin, A., 2014. Olivier Pliez, *Les cités du désert. Des villes sahariennes aux saharatowns*. Géocarrefour 89, 52.
- Ciriacy-Wantrup, S. V., 1969. Natural resources in economic growth: the role of institutions and policies. *Am J Agric Econ* 51, 1314–1324.
- Colin, J.-P., 2013. Marchés fonciers et concentration foncière. La configuration de "tenure inversée"(reverse tenancy). *Les Cah du Pôle foncier* 3.
- Colin, J.-P., 2002. Contrats agraires ou conventions agraires? *Économie Rural* 272, 57–73.
- Colin, J.P., 2003. *Figures du métayage: étude comparée de contrats agraires au Mexique*. IRD Editions.
- Cornet, P., 1957. *Sahara, terre de demain*. Nouvelles Éditions latines, Paris, France.
- Côte, M., 2005. *La ville et le désert: le Bas-Sahara algérien*. KARTHALA, Paris, France.

- Côte, M., 2002. Des oasis aux zones de mise en valeur: L'étonnant renouveau de l'agriculture saharienne. *Méditerranée* 99, 5–14.
- Côte, M., 1998. Des oasis malades de trop d'eau? *Sci Chang planétaires/Sécheresse* 9, 123–130.
- Côte, M., 1991. Biskra. *Encycl berbère* 10, 1517–1522.
- Daoudi, A., Colin, J.-P., 2017. Construction et transfert de la propriété foncière dans la nouvelle agriculture steppique et saharienne en Algérie, in: Guignard, D. (Ed.), *Propriété et Société En Algérie Contemporaine. Quelles Approches ?* IREMAM, Aix-en-Provence, France. doi:10.4000/books.iremam.3705
- Daoudi, A., Colin, J.-P., Derderi, A., Ouendeno, M.L., 2015. Mise en valeur agricole et accès à la propriété foncière en Steppe et au Sahara (Algérie). *Cah du Pôle Foncier* 13, 1–34.
- Daoudi, A., Lejars, C., 2016. De l'agriculture oasisienne à l'agriculture saharienne dans la région des Zibans en Algérie. *Acteurs du dynamisme et facteurs d'incertitude. New Medit* 45–52.
- Daoudi, A., Lejars, C., Benouniche, N., 2017. La gouvernance de l'eau souterraine dans le Sahara algérien: enjeux, cadre légal et pratiques locales. *Cah Agric* 26, 35004. doi:10.1051/cagri/2017021
- Daoudi, A., Wampfler, B., 2010. Le financement informel dans l'agriculture algérienne: les principales pratiques et leurs déterminants. *Cah Agric* 19, 243–248. doi:10.1684/agr.2010.0414
- De Grenade, R., Nabhan, G.P., 2013. Agrobiodiversity in an oasis archipelago. *J Ethnobiol* 33, 203–236.
- De Jouvenel, H., 1993. Sur la démarche prospective. *Futuribles*.
- De Stefano, L., Fornés, J.M., López-Geta, J.A., Villarroya, F., 2015. Groundwater use in Spain: an overview in light of the EU Water Framework Directive. *Int J Water Resour Dev* 31, 640–656. doi:10.1080/07900627.2014.938260
- Del Vecchio, K., Mayaux, P.-L., 2017. Gouverner les eaux souterraines au Maroc: l'Etat en aménageur libéral. *Gouv action publique* 6, 107–130.
- Dionnet, M., Daniell, K.A., Imache, A., Von Korff, Y., Bouarfa, S., Garin, P., Jamin, J.-Y., Rollin, D., Rougier, J.-E., 2013. Improving participatory processes through collective

- simulation: use of a community of practice. *Ecol Soc* 18.
- Dionnet, M., Kuper, M., Garin, P., Hammani, A., Eliamani, A., Saaf, M., 2006. Accompagner les acteurs dans le changement de leur système: un jeu de rôles pour des projets collectifs d'irrigation au Tadla (Maroc), in: 3e Séminaire Wademed" L'avenir de l'agriculture Irriguée En Méditerranée-Nouveaux Arrangements Institutionnels Pour Une Gestion de La Demande En Eau".
- Droulers, M., 2001. Brésil: une géohistoire. Presses universitaires de France.
- DTC (Direction de la Topographie et de la Cartographie), 1957. Topographical map of Kairouan, 1:50,000 sheet #63. Ministère des Travaux Publics et de l'Habitat, Algiers, Algeria.
- Dubash, N.K., 2002. Tubewell capitalism: groundwater development and agrarian change in Gujarat. Oxford University Press.
- Dubash, N.K., 1998. The 'instituted process' of groundwater exchange in Gujarat, India. Crossing Boundaries' Seventh Annu Conf Int Assoc Study Common Prop Vancouver, Br Columbia, Canada 10–14.
- Dubois, P., 2000. Contrats agricoles en économie du développement: une revue critique des théories et des tests empiriques, Document de travail, INRA ESR Toulouse. INRA ESR, Toulouse, France.
- Dubost, D., 1992. Aridité, agriculture et développement: le cas des oasis algériennes. *Sci Chang planétaires/Sécheresse* 3, 85–96.
- Dubost, D., 1991. Le blé du Sahara peut-il contribuer à l'auto-suffisance de l'Algérie? *Bull Assoc Geogr Fr* 68, 311–320.
- Dubost, D., 1986. Nouvelles perspectives agricoles du Sahara algérien. *Rev Occident Musulman Mediterr* 41, 339–356.
- Dubost, D., Larbi-Youcef, Y., 1998. Mutations agricoles dans les oasis algériennes: l'exemple des Ziban. *Sci Chang planétaires/Sécheresse* 9, 103–110.
- Dubost, D., Moguedet, G., 2002. La révolution hydraulique dans les oasis impose une nouvelle gestion de l'eau dans les zones urbaines. *Méditerranée* 99, 15–20.
- Dufumier, M., 2006. Diversité des exploitations agricoles et pluriactivité des agriculteurs dans le Tiers Monde. *Cah Agric* 15, 584–588.

- Dugué, P., 2007. Environnements des exploitations agricoles., in: Gafsi, M., Dugué, P., Jamin, J., Brossier, J. (Eds.), *Exploitations Agricoles Familiales En Afrique de l'Ouest et Du Centre. Enjeux, Caractéristiques et Éléments de Gestion*. Éditions Quae, Versailles, France.
- Fassi, D., 2017. Les oasis du Monde, carrefour des civilisations et modèle fondamental de durabilité. *Cah Agric* 26, 46001.
- Faysse, N., El Mkadmi, S., Errahj, M., 2015. Capacités d'action des agriculteurs dans les projets locaux de développement agricole au Maroc. *Rev Tiers Monde* 143–162. doi:10.3917/rtm.224.0143
- Fofack, R., Kuper, M., Petit, O., 2015. Hybridation des règles d'accès à l'eau souterraine dans le saiss (Maroc): entre anarchie et Léviathan? *Etud Rurales* 127–150.
- Fornés, J.M., la Hera, Á., Llamas, M.R., 2005. The silent revolution in groundwater intensive use and its influence in Spain. *Water Policy* 7, 253–268.
- Foster, S., Chilton, J., Moeng, M., Cardy, F., Schiffler, M., 2000. *Groundwater in rural development: facing the challenges of supply and resource sustainability*. The World Bank.
- Fraser, E.D.G., Stringer, L.C., 2009. Explaining agricultural collapse: macro-forces, micro-crises and the emergence of land use vulnerability in southern Romania. *Glob Environ Chang* 19, 45–53. doi:10.1016/j.gloenvcha.2008.11.001
- Ghiotti, S., 2006. Les Territoires de l'eau et la décentralisation. La gouvernance de bassin versant ou les limites d'une évidence. *Développement durable Territ Économie, géographie, Polit droit, Sociol*. doi:10.4000/developpementdurable.1742
- Giordano, M., Villholth, K.G., 2007. *The agricultural groundwater revolution: opportunities and threats to development*. CABI.
- Godet, M., 2001. Prospective et dynamique des territoires. *FUTURIBLES-PARIS*- 25–34.
- Hamamouche, M.-F., 2017. *Renouveau d'un système irrigué communautaire suite au déverrouillage de l'accès aux eaux souterraines profondes. Cas du territoire oasisien de Sidi Okba dans le Sahara algérien*. AgroParisTech; Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II.
- Hamamouche, M.F., Kuper, M., Amichi, H., Lejars, C., Ghodbani, T., 2018. New reading of

- Saharan agricultural transformation: Continuities of ancient oases and their extensions (Algeria). *World Dev* 107. doi:10.1016/j.worlddev.2018.02.026
- Hamamouche, M.F., Kuper, M., Hartani, T., Bouarfa, S., 2017a. Overlapping Groundwater Service Markets in a Palm Grove in the Algerian Sahara. *Irrig Drain*. doi:10.1002/ird.2178
- Hamamouche, M.F., Kuper, M., Lejars, C., 2015. Émancipation des jeunes des oasis du Sahara algérien par le déverrouillage de l'accès à la terre et à l'eau. *Cah Agric* 24, 412–419. doi:10.1684/agr.2015.0777
- Hamamouche, M.F., Kuper, M., Riaux, J., Leduc, C., 2017b. Conjunctive use of surface and ground water resources in a community-managed irrigation system — The case of the Sidi Okba palm grove in the Algerian Sahara. *Agric water Manag* 193. doi:10.1016/j.agwat.2017.08.005
- Healy, R.W., Cook, P.G., 2002. Using groundwater levels to estimate recharge. *Hydrogeol J* 10, 91–109. doi:10.1007/s10040-001-0178-0
- Hubert, B., Caron, P., 2009. Imaginer l'avenir pour agir aujourd'hui, en alliant prospective et recherche: l'exemple de la prospective Agrimonde. *Natures Sci sociétés* 17, 417–423.
- Hunink, J.E., Contreras, S., Soto-García, M., Martin-Gorriz, B., Martínez-Álvarez, V., Baille, A., 2015. Estimating groundwater use patterns of perennial and seasonal crops in a Mediterranean irrigation scheme, using remote sensing. *Agric water Manag* 162, 47–56. doi:10.1016/j.agwat.2015.08.003
- Idda, S., Bonté, B., Mansour, H., Bellal, S.-A., Kuper, M., 2017. Monument historique ou système bien vivant? Les foggaras des oasis du Touat (Algérie) et leur réalimentation en eau par pompage. *Cah Agric* 26, 55007. doi:10.1051/cagri/2017049
- Imache, A., 2008. Construction de la demande en eau agricole au niveau régional en intégrant le comportement des agriculteurs. Application aux exploitations agricoles collectives de la Mitidja-Ouest (Algérie). INAPG (AgroParisTech).
- Imache, A., Dionnet, M., Bouarfa, S., Jamin, J.-Y., Hartani, T., Kuper, M., Le Goulven, P., 2009. Scénariologie participative: une démarche d'apprentissage social pour appréhender l'avenir de l'agriculture irriguée dans la Mitidja (Algérie). *Cah Agric* 18, 417–423.
- Imache, A., Hartani, T., Bouarfa, S., Kuper, M., 2011. La Mitidja vingt ans après: Réalités

- agricoles aux portes d'Alger. Editions Quae, Versailles, France.
- Jamin, J.-Y., Bouarfa, S., Poussin, J.-C., Garin, P., 2011. Les agricultures irriguées face à de nouveaux défis. *Cah Agric* 20, 10–15. doi:10.1684/agr.2011.0477
- Jerbi, H., Massuel, S., Tarhouni, J., Lachaal, F., Riaux, J., Burte, J., Leduc, C., 2014. La nappe de la plaine de Kairouan soumise aux changements globaux: quels effets sur la ressource?[The Kairouan plain aquifer under global changes: what effects on the resource?], in: 3ème Colloque International Eau-Climat'2014: Regards Croisés NordSud, Tunis, Tunisia, October 2014. pp. 1–6.
- Johnson, R.L., Johnson, P.C., McWhorter, D.B., Hinchee, R.E., Goodman, I., 1993. An overview of in situ air sparging. *Groundw Monit Remediat* 13, 127–135.
- Jones, G., 2009. *Youth. Polity*, Cambridge, UK.
- Kadiri, Z., Tozy, M., Mahdi, M., 2015. Jeunes fellahs en quête de leadership au Maroc. *Cah Agric* 24, 428–434. doi:10.1684/agr.2015.0783
- Kassah, A., 2009. Oasis et aménagement en zones arides. Enjeux, défis et stratégies, in: *Gestion Des Ressources Naturelles et Développement Durable Des Systèmes Oasiens Du Nefzaoua*. Cirad, p. 6–p.
- Khiari, A., 2002. Une région pionnière dans le Sahara algérien: El Ghrouss. *Méditerranée* 99, 27–30. doi:10.3406/medit.2002.3256
- Khiati, M., 2008. *L'agriculture algérienne*. ANEP, Alger, Algérie.
- Kopytoff, I., 1987. *The African frontier: the reproduction of traditional African societies*. Indiana University Press.
- Kouzmine, Y., 2012. *Le Sahara algérien, Intégration nationale et développement régional*. L'Harmattan, Paris, France.
- Kouzmine, Y., 2008. L'action publique et les réseaux de transport au Sahara algérien, étapes d'une intégration territoriale pour un développement régional, in: *Colloque International de l'ASRDLF 2008 Aug 2008, Rimouski, Canada Halshs-00389861* .
- Kouzmine, Y., Fontaine, J., Yousfi, B.-E., Otmane, T., 2009. Étapes de la structuration d'un désert: l'espace saharien algérien entre convoitises économiques, projets politiques et aménagement du territoire, in: *Annales de Géographie*. Armand Colin, pp. 659–685.

- Kuper, M., 2011. Des destins croisés: regards sur 30 ans de recherches en grande hydraulique. *Cah Agric* 20, 16–23.
- Kuper, M., Amichi, H., Mayaux, P.-L., 2017. Groundwater use in North Africa as a cautionary tale for climate change adaptation. *Water Int* 42, 725–740. doi:10.1080/02508060.2017.1351058
- Kuper, M., Errahj, M., Faysse, N., Caron, P., Djebbara, M., Kemmoun, H., 2009. Autonomie et dépendance des irrigants en grande hydraulique: observations de l'action organisée au Maroc et en Algérie. *Natures Sci Sociétés* 17, 248–256.
- Kuper, M., Faysse, N., Hammani, A., Hartani, T., Marlet, S., Hamamouche, M.F., Ameer, F., 2016. Liberation or anarchy? The janus nature of groundwater use on North Africa's new irrigation frontiers, *Integrated Groundwater Management: Concepts, Approaches and Challenges*. doi:10.1007/978-3-319-23576-9_23
- Kuper, M., Hammani, A., Chohin, A., Garin, P., Saaf, M., 2012. When groundwater takes over: linking 40 years of agricultural and groundwater dynamics in a large-scale irrigation scheme in Morocco. *Irrig Drain* 61, 45–53. doi:10.1002/ird.1653
- Lacoste, Y., 1992. Oasis. *Encyclopædia Universalis*. Vol. XVI.
- Lakhdari, F., Dubost, D., 2014. L'eau et ses enjeux en zone aride. La région de l'Oued Righ (Algérie), un système hydraulique complexe et fragile, in: Ballouche, A., Taibi, A.N. (Eds.), *Eau, Milieux et Aménagement. Une Recherche Au Service Des Territoires*. Presses de l'Université d'Angers, France, pp. 45–52.
- Lakhdari, F., Dubost, D., 2011. La situation agricole, vingt ans après les grands projets de mise en valeur du Sahara algérien, in: Bensaâd, A. (Ed.), *L'eau et Ses Enjeux Au Sahara*. Karthala, Paris, France, pp. 161–172.
- Lamine, C., 2011. Transition pathways towards a robust ecologization of agriculture and the need for system redesign. Cases from organic farming and IPM. *J Rural Stud* 27, 209–219. doi:10.1016/j.jrurstud.2011.02.001
- Lamine, C., Bellon, S., 2009. *Transitions vers l'agriculture biologique: pratiques et accompagnements pour des systèmes innovants*. Educagri Editions, Dijon, France.
- Lamine, C., Meynard, J.M., Perrot, N., Bellon, S., 2009. Analyse des formes de transition vers des agricultures plus écologiques: les cas de l'Agriculture Biologique et de la Protection

- Intégrée. *Innov Agron* 4, 483–493.
- Laurent, C., Rémy, J., 2000. L'exploitation agricole en perspective. *Le Courr l'environnement l'INRA* 5–22.
- Lavie, E., Marshall, A., 2017. *Oases and Globalization: Ruptures and Continuities*. Springer.
- Le Coz, J., 1990. *Espaces méditerranéens et dynamiques agraires: état territorial et communautés rurales*. Options Méditerranéennes, CIHEAMAAMM, Montpellier, France.
- Le Goulven, P., Leduc, C., Bachta, M.S., Poussin, J.C., 2009. Sharing scarce resources in a Mediterranean river basin: Wadi Merguellil in central Tunisia, in: Molle, F., Wester, P. (Eds.), *River Basin Trajectories: Societies, Environments and Development*, Wallingford, CABI. IWMI, Colombo, Sri Lanka, pp. 147–170.
- Lejars, C., Courilleau, S., 2015. Impact du développement de l'accès à l'eau souterraine sur la dynamique d'une filière irriguée Le cas de l'oignon d'été dans le Saïss au Maroc. *Cah Agric* 24, 1–10. doi:10.1684/agr.2014.0729
- Lejars, C., Daoudi, A., Amichi, H., 2017. The key role of supply chain actors in groundwater irrigation development in North Africa. *Hydrogeol J* 25, 1593–1606.
- Léna, P., 1997. Qu'est-ce que la ruralité aujourd'hui en Amazonie brésilienne?, in: Gastellu, J.-M. (Ed.), *La Ruralité Dans Les Pays Du Sud à La Fin Du Vingtième Siècle*. Paris : ORSTOM, pp. 575–593.
- Léna, P., 1986. Aspects de la frontière amazonienne. *Cah ORSTOM Série Sci Hum* 22, 319–343.
- Léonard, É., Oswald, M., 1996. Une agriculture forestière sans forêt. Changements agro-écologiques et innovations paysannes en Côte-d'Ivoire. *Natures Sci sociétés* 4, 202–216.
- Liu, H.-J., Hsu, N.-S., Yeh, W.W.-G., 2015. Independent component analysis for characterization and quantification of regional groundwater pumping. *J Hydrol* 527, 505–516. doi:10.1016/j.jhydrol.2015.05.013
- Llamas, M., Martínez-Santos, P., 2005. Intensive groundwater use: silent revolution and potential source of social conflicts. *J Water Resour Plan Manag* 131, 337–341. doi:10.1061/(ASCE)0733-9496(2005)131:5(337)
- Llamas, M.R., Custodio, E., 2002. *Intensive Use of Groundwater:: Challenges and*

Opportunities. CRC Press.

- Llamas, M.R., Custodio, E., De la Hera, A., Fornés, J.M., 2015. Groundwater in Spain: increasing role, evolution, present and future. *Environ Earth Sci* 73, 2567–2578. doi:10.1007/s12665-014-4004-0
- Margat, J., 2008. Exploitations et utilisations des eaux souterraines dans le monde, Coédition: UNESCO et BRGM.
- Marouf, N., 2017. Droits d'eau, hiérarchies en mouvement au Touat et Gourara : Radioscopie d'une société hydraulique, in: Guignard, D. (Ed.), *Propriété et Société En Algérie Contemporaine. Quelles Approches*. IREMAM, Aix-en-Provence, France.
- Martínez-Santos, P., Martínez-Alfaro, P.E., 2010. Estimating groundwater withdrawals in areas of intensive agricultural pumping in central Spain. *Agric water Manag* 98, 172–181. doi:10.1016/j.agwat.2010.08.011
- Massuel, S., Amichi, F., Ameer, F., Calvez, R., Jenhaoui, Z., Bouarfa, S., Kuper, M., Habaieb, H., Hartani, T., Hammani, A., 2017. Considering groundwater use to improve the assessment of groundwater pumping for irrigation in North Africa Prendre en compte l'utilisation des eaux souterraines pour améliorer l'évaluation des pompages d'eaux souterraines pour l'irrigation dans le Nord de. *Hydrogeol J* 25, 1565–1577. doi:10.1007/s10040-017-1573-5
- Massuel, S., Perrin, J., Wajid, M., Mascré, C., Dewandel, B., 2009. A Simple, Low-Cost Method to Monitor Duration of Ground Water Pumping. *Groundwater* 47, 141–145. doi:10.1111/j.1745-6584.2008.00511.x
- Mekki, I., Jacob, F., Marlet, S., Ghazouani, W., 2013. Management of groundwater resources in relation to oasis sustainability: The case of the Nefzawa region in Tunisia. *J Environ Manage* 121, 142–151. doi:10.1016/j.jenvman.2013.02.041
- Mermet, L., 2004. Prospective: un objet d'étude pour les SIC. *Hermès, La Rev* 207–214.
- Mignon, C., 1974. Un « nouveau Sud » en Espagne: colonisation et pionniers du Campo de Dalías. *Espace Geogr* 273–286.
- Ministère des Ressources en Eau (MRE), 1980. Notice Hydrogéologique de la Wilaya de Biskra.
- Mitchell, M., Curtis, A., Sharp, E., Mendham, E., 2012. Directions for social research to

- underpin improved groundwater management. *J Hydrol* 448, 223–231. doi:10.1016/j.jhydrol.2012.04.056
- Monbeig, P., 1981. Les mouvements pionniers en Amérique Latine. Les phénomènes de "Front dans les pays Trop Paris Inst des Hautes Etudes sur l'Amérique Lat 49–57. doi:10.4000/books.iheal.1375
- Monbeig, P., 1966. Les franges pionnières. *Géographie générale (Encyclopédie de La Pléiade)*, Paris, NRF, pp. 974–1006.
- Monnet, J., 2010. Le territoire réticulaire. *Rev Anthr Huellas del Conoc* 91–104.
- Mukherji, A., Shah, T., 2005. Groundwater socio-ecology and governance: A review of institutions and policies in selected countries. *Hydrogeol J* 13, 328–345. doi:10.1007/s10040-005-0434-9
- Nabhan, G.P., Garcia, J., Routson, R., Routson, K., Carintilde, M., 2010. Desert oases as genetic refugia of heritage crops: persistence of forgotten fruits in the mission orchards of Baja California, Mexico. *Int J Biodivers Conserv* 2, 56–69.
- Naouri, M., Hartani, T., Kuper, M., 2017. The "innovation factory": user-led incremental innovation of drip irrigation systems in the Algerian Sahara, in: Venot, Jean-P.V., Kuper, M., Zwarteveen, M. (Eds.), *Drip Irrigation for Agriculture: Untold Stories of Efficiency, Innovation and Development*. Taylor & Francis, pp. 266–283.
- Naouri, M., Hartani, T., Kuper, M., 2015. Mobilités des jeunes ruraux pour intégrer les nouvelles agricultures sahariennes (Biskra, Algérie). *Cah Agric* 24, 379–386. doi:10.1684/agr.2015.0778
- Otmane, T., Kouzmine, Y., 2013. Bilan spatialisé de la mise en valeur agricole au Sahara algérien. Mythes, réalisations et impacts dans le Touat-Gourara-Tidikelt. *Cybergeo Eur J Geogr* 632. doi:10.4000/cybergeo.25732
- Otsuka, K., Chuma, H., Hayami, Y., 1992. Land and labor contracts in agrarian economies: theories and facts. *J Econ Lit* 30, 1965–2018.
- Ouendeno, M.L., Daoudi, A., Colin, J.-P., 2015. Les trajectoires professionnelles des jeunes dans la néo-agriculture saharienne (Biskra, Algérie) revisitées par la théorie de l'agricultural ladder. *Cah Agric* 24, 396–403. doi:10.1684/agr.2015.0793
- Palsky, G., 2013. Cartographie participative, cartographie indisciplinée. *Inf Geogr* 77, 10–25.

- Parto, S., 2003. Transitions: an institutionalist perspective. MERIT Infonomics Research Memorandum Series Number 2003-019.
- Payre, R., Pollet, G., 2005. Analyse des politiques publiques et sciences historiques: quel (s) tournant (s) socio-historique (s)? *Rev française Sci Polit* 55, 133–154.
- Pichot, J.-P., 2006. L'exploitation agricole: un concept à revisiter du nord aux suds. *Cah Agric* 15, 483–485.
- Piroux, M., Silveira, L., Diniz, P., Duque, G., 2010. La transition agroécologique comme une innovation socio-territoriale, in: ISDA 2010. Cirad-Inra-SupAgro, p. 9–p.
- Qureshi, A.S., Shah, T., Akhtar, M., 2003. The groundwater economy of Pakistan. IWMI.
- Raffestin, C., 1980. Pour une géographie du pouvoir. Litec, Paris, France.
- Rebai, A.O., Hartani, T., Chabaca, M.N., Kuper, M., 2017. Une innovation incrémentielle: la conception et la diffusion d'un pivot d'irrigation artisanal dans le Souf (Sahara algérien). *Cah Agric* 26. doi:10.1051/cagri/2017024
- Riaux, J., Massuel, S., 2014. Construire un regard sociohydrologique (2). Le terrain en commun, générateur de convergences scientifiques. *Natures Sci Sociétés* 22, 329–339. doi:10.1051/nss/2014046
- Riaux, J., Massuel, S., Benaïssa, N., Leduc, C., Jerbi, H., 2016. Chronique d'une surexploitation annoncée? Contradictions historiques dans les politiques d'aménagement hydraulique de la Tunisie centrale, in: Proceedings Conf. Eau Climat'2015, Constantine, Algeria, November 2015.
- Rotmans, J., Kemp, R., Van Asselt, M., 2001. More evolution than revolution: transition management in public policy. *foresight* 3, 15–31. doi:10.1108/14636680110803003
- Rouzaoud, M., Meynier, M., Mathieu, Vivet, 1932. Compte rendu général du Séminaire du dattier du 6 au 11 novembre 1931. IMPR. IMBERT, Alger, Algérie.
- Ruud, N., Harter, T., Naugle, A., 2004. Estimation of groundwater pumping as closure to the water balance of a semi-arid, irrigated agricultural basin. *J Hydrol* 297, 51–73. doi:10.1016/j.jhydrol.2004.04.014
- Sabatier, J.L., Ruf, T., 1995. La gestion sociale de l'eau. *Infores'eau* 6, 9–11.
- Saida, M., 2015. Modélisation hydraulique et énergétique du réseau d'adduction du Kaiourannais. Graduation report, University of Carthage, Tunisia. 123 pp.

- Shah, T., 2010. *Taming the anarchy: Groundwater governance in South Asia. Resources for the Future*, Washington, DC USA, IWMI, Colombo Sri Lanka.
- Shah, T., 2009. Climate change and groundwater: India's opportunities for mitigation and adaptation. *Environ Res Lett* 4, 035005.
- Shah, T., 2007. The groundwater economy of South Asia: an assessment of size, significance and socio-ecological impacts. *Agric Groundw Revolut Oppor Threat to Dev* 7–36.
- Shah, T., 1993. *Groundwater markets and irrigation development*. Mumbai, India: Oxford Univ. Press.
- Shah, T., Bhattacharya, S., 1993. Farmer organisations for lift irrigation: Irrigation companies and tubewell co-operatives of Gujarat. *ODI/IIMI Irrig Manag Netw Pap* 26 (United Kingdom).
- Shah, T., Singh, O.P., Mukherji, A., 2006. Some aspects of South Asia's groundwater irrigation economy: analyses from a survey in India, Pakistan, Nepal Terai and Bangladesh. *Hydrogeol J* 14, 286–309.
- Slatta, R.W., 1997. *Comparing cowboys and frontiers*. University of Oklahoma Press.
- Spillman, W.J., 1919. The agricultural ladder. *Am Econ Rev* 9, 170–179.
- Swyngedouw, E., 1999. Modernity and hybridity: nature, regeneracionismo, and the production of the Spanish waterscape, 1890–1930. *Ann Assoc Am Geogr* 89, 443–465. doi:10.1111/0004-5608.00157
- Théry, H., 1989. *Le Brésil*. 2e éd. Masson, Paris, France.
- Turner, F.J., 1893. The significance of the frontier in American history, in: Milner, C.-A. (Ed.), *Major Problems in the History of the American West*. Lexington, MA: Heath. (Original work published 1894), pp. 2–21.
- Vanier, M., 2010. *Le pouvoir des territoires. Essai sur l'interterritorialité*. 2e éd, Anthropos-Economica, Paris, France.
- Velho, O.G., 1976. *Capitalismo autoritário e campesinato: um estudo comparativo a partir da fronteira em movimento*. Difel.
- White, B., 2011. *Who will own the countryside?: Dispossession, rural youth and the future of farming*. International Institute of Social Studies.

world Bank, 2013. On-line data base. Accessed on July 14th, 2017.

Zhang, L., Wang, J., Huang, J., Rozelle, S., 2008. Development of Groundwater Markets in China: A Glimpse into Progress to Date. *World Dev* 36, 706–726. doi:10.1016/j.worlddev.2007.04.012

Zhu, X., Wang, Z.G., Wang, J.G., 2009. Calculation method of net groundwater use and its application on the Hai Basin.

Activités scientifiques

• ARTICLES REVUES

Amichi, F., Bouarfa, S., Lejars, C., Kuper, M., Hartani, T., Daoudi, A., Amichi, H., Belhamra, M., 2015. Des serres et des hommes: des exploitations motrices de l'expansion territoriale et de l'ascension socioprofessionnelle sur un front pionnier de l'agriculture saharienne en Algérie. Cahiers Agricultures 24, 11–19. doi:10.1684/agr.2015.0736

Dugué, P., Lejars, C., Ameer, F., **Amichi, F.**, Braiki, H., Burte, J., Errahj, M., Hamamouche, M.F., Kuper, M., 2014. Recompositions des agricultures familiales au Maghreb : une analyse comparative dans trois situations d'irrigation avec les eaux souterraines. Revue Tiers Monde 4, 99–118. doi :10.3917/rtm.220.0101.

Massuel, S., **Amichi, F.**, Ameer, F., Calvez, R., Jenhaoui, Z., Bouarfa, S., Kuper, M., Habaieb, H., Hartani, H., Hammani, A., 2017. Considering groundwater use to improve the assessment of groundwater pumping for irrigation in North Africa. Hydrogeology Journal, doi:10.1007/s10040-017-1573-5

Amichi, F., Bouarfa, S., Kuper M., Caron P., From Oasis Archipelago to Pioneering Eldorado in Algeria's Sahara. Irrigation and drainage. Accepted: doi 10.1002/ird.2308

• COMMUNICATION COLLOQUES

Workshop International sur la « Gestion intégrée et durable des territoires oasiens ». Du 12-15 Avril **2016**, Zagora (Maroc). Co-présentation d'une communication orale intitulée : Formes d'organisation collective d'accès et d'usage des eaux souterraines pompées dans le Sahara algérien.

Conférence Euro-Méditerranéenne sur l'irrigation – ICID **2015** « Innover pour améliorer les performances de l'irrigation ». Du 12-15 Octobre 2015, Montpellier (France). Présentation d'une communication orale intitulée : De l'archipel oasien à l'eldorado pionnier. ICID Montpellier. sciencesconf.org:icid2015:70128

2ème Séminaire du projet Groundwater-Arena sur « Gouvernance des eaux souterraines au Maghreb ». Du 4-6 Mars **2015**, Kairouan (Tunisie). Présentation d'une communication orale intitulée : L'eau, le problème de personne : Estimation des volumes prélevés à l'échelle d'un territoire.

Journée du Pôle Foncier sur « Dynamiques de l'irrigation & dynamiques foncières : vers de nouveaux arrangements ». Juin **2014**. Montpellier (France). Co auteure de : Quel rôle de l'accès à l'eau souterraine dans le développement d'arrangements fonciers informels en Algérie ?

1er séminaire du projet Groundwater-Arena sur la « Gouvernance des eaux souterraines au Maghreb ». Du 3-7 Décembre **2013**, Biskra (Algérie). Présentation d'une communication orale intitulée : modèle d'exploitation agricole à la puissance deux : le cas d'El Ghrouss (Biskra, Algérie).

Atelier Agrosem International sur « la connaissance, la valorisation et la gestion durable des ressources naturelles dans les zones arides ». Novembre **2011**, Université de Biskra (Algérie). Présentation d'une communication orale intitulée : Décryptage et analyse de la dynamique maraîchère à Biskra.

Title: A transitional agriculture serving a perennial agriculture in a Saharan front pioneer. The Eldorado of El Ghrouss.

Keywords: territorial dynamics, Saharan agriculture, front pioneer, groundwater, transition, Ziban.

Abstract

Historically, the Sahara has undergone profound transformations, particularly in the agricultural sector. This is particularly true in the El Ghrouss region in the 1980s, which has seen an acceleration of agricultural changes resulting in strong territorial dynamics. A real pioneering front characterizes this region under the effect of the development of vegetable production under glass, which is a transitional production system allowing the extension of perennial agriculture in the form of palm groves. These agricultures are irrigated from underground resources forming an expanding "water territory". The objective of this analysis is the set of determinants of the Saharan neo-agriculture irrigated in transition, explaining the determinants of its territorial extension and leading to a perpetuation. Our thesis revolves around the triple relationship between the actors, the water resource and space. In the first time, we characterize the transient dynamics carried by different arrangements. In a second time, we interrogate the evolution of the groundwater uses according to the observed mutations and the territorial building. Finally, we analyse the various factors that allowed the quest for new lands: water, land but also public infrastructure. Our results first show that the arrangements between actors around transitional agriculture are the drivers of territorial expansion and the socio-professional rise of farmers. Next, we show the importance of understanding the practices and uses of water to assess the water needs of a territory. And finally, the analysis of the progress of a "pioneering fringe" has shown that it resulted from the interweaving of the three main axes namely land, water and infrastructure and that each of these axes combines both state action and private initiative. To conclude, we ask the question of the sustainability of this agriculture in full expansion in a context of fragile resources that is already showing signs of slowing down, weak economic regulation of market gardening production and social vulnerability.

Titre : Une agriculture transitoire au service d'une agriculture pérenne dans un front pionnier Saharien en Algérie. L'Eldorado d'El Ghrouss.

Mots clés : agriculture saharienne, dynamiques territoriales, front pionnier, transition, eau souterraine, Ziban.

Résumé

De tout temps, le Sahara a connu de profondes transformations notamment dans le secteur agricole. C'est en particulier vrai dans la région d'El Ghrouss dans les Ziban qui, depuis les années 1980, a connu une accélération des mutations agricoles entraînant de fortes dynamiques d'expansion territoriale. Un véritable front pionnier caractérise cette région sous l'effet du développement de la production maraîchère sous serre, système de production transitoire permettant l'extension d'une agriculture pérenne sous forme de palmeraies. Ces agricultures sont irriguées depuis les ressources souterraines formant un « territoire de l'eau » en expansion. L'objectif de cette thèse est d'analyser l'ensemble des déterminants de cette néo-agriculture saharienne irriguée en transition, expliquant les déterminants de son extension territoriale et conduisant à sa pérennisation. Notre thèse s'articule ainsi autour de la triple relation entre les acteurs, la ressource en eau et l'espace. Dans un premier temps, nous caractérisons les dynamiques transitoires portées par des arrangements entre différents acteurs qui mettent en commun leurs facteurs de production. Dans un second temps, nous interrogeons l'évolution des usages de l'eau souterraine en fonction des mutations observés et de l'expansion territoriale. Enfin, nous analysons les différents facteurs qui favorisent la quête de nouvelles terres à savoir, l'eau, le foncier mais aussi les infrastructures publiques. Nos résultats montrent d'abord que les arrangements entre acteurs autour d'une agriculture transitoire sont les moteurs de l'expansion territoriale et de l'ascension socio-professionnelle des agriculteurs. Ensuite, nous montrons l'importance de comprendre les pratiques et usages de l'eau pour évaluer les besoins en eau d'un territoire. Et enfin, l'analyse de l'avancée d'une « frange pionnière » a montré qu'elle résultait de l'imbrication des trois principaux axes à savoir le foncier, l'eau et les infrastructures et que chacun de ces axes conjugué à la fois l'action de l'État et l'initiative privée. Pour conclure, nous posons la question de la durabilité de cette agriculture en pleine expansion dans un contexte de ressources fragiles qui manifeste déjà des signes d'essoufflement, de faible régulation économique de la production maraîchère et de vulnérabilité sociale.

