



Thèse de Doctorat

Pour l'obtention le grade de Docteur en Sciences Agronomiques
ENSA et IAV Hassan II

Présentée par
NAOURI Mohamed

Titre

Du transfert à la traduction : Analyse des processus de
l'innovation ouverte de nouvelles technologies
d'irrigation dans le sud algérien

Directeurs de Thèse : Pr. **HARTANI Tarik** et Pr. **KUPER Marcel**

Soutenue publiquement le 14 février 2019

Devant le Jury composé de :

M. CHABACA M. N.	Professeur, ENSA Alger	Président
M. DAOUDI A.	Professeur, ENSA Alger	Examineur
M. HAMMANI A.	Professeur, IAV Hassan II	Examineur
M. BOUAZIZ A.	Professeur, IAV Hassan II	Examineur
M. HARTANI T.	Professeur, Université de Tipaza	Directeur de thèse
M. KUPER M.	Professeur, IAV Hassan II, CIRAD	Directeur de thèse

Remerciements

Nous remercions le Tout Grand Dieu le Tout Puissant qui nous a donné la santé et le courage et nous a permis d'arriver au terme de cette Thèse.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes plus grands remerciements à mes directeurs de thèse Pr. Tarik HARTANI et Pr. Marcel KUPER pour la confiance qu'ils m'ont accordée, la bienveillance, leur suivi tout le long de mon projet de recherche, leurs encouragements, leur gentillesse et leurs précieux conseils pour concrétiser cette thèse. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma reconnaissance et ma considération.

J'adresse mes remerciements à Messieurs les Membres du Comité de Thèse pour leur disponibilité et leurs précieux conseils prodigués tout au long de ce travail. Mes remerciements vont aussi aux membres de jury : Pr. CHABACA M. N., Pr. HAMMANI A., Pr. DAOUDI et Pr. BOUAZIZ A. qui ont accepté d'endosser le rôle de jury, et pour l'intérêt qu'ils ont manifesté à l'égard de ce travail de recherche.

Le présent travail est le fruit d'une collaboration étroite avec de nombreux chercheurs de différents laboratoires (UMR G-Eau, MEA de l'ENSA et GRE de l'IAV Hassan II) ainsi que l'équipe d'encadrement Groundwater Arena, qu'il me tient à cœur de remercier.

Les nombreuses données dans ce travail n'auraient pu être récoltées sans le concours des différents acteurs locaux. Je tiens en particulier à remercier l'APC De El Ghrous, M'ziraa et Ain Naga, les SDA, la DSA, Université de Biskra, CRSTRA et finalement je tiens à remercier également tous les agriculteurs de Biskra.

Et que tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.

MOHAMED

Table des matières

Liste des figures.....	7
Liste des tableaux.....	9
Liste des abréviations	9
Chapitre 1. Introduction générale	12
1.1. Introduction.....	12
1.2. Problématique	16
1.2.1. Les technologies d'irrigation : une offre uniforme face à une demande multiple et évolutive	16
1.2.2. Une conception d'innovation linéaire remise en cause	17
1.2.3. Des initiatives et des adaptations locales	19
1.2.4. Manque de connaissances des processus de l'innovation en agriculture	21
1.2.5. Objectifs et hypothèses de la thèse.....	24
1.3. Les transformations des modèles agricoles	25
1.3.1. Le modèle d'agriculture oasisienne.....	26
1.3.2. La transition aux nouvelles agricultures sahariennes	27
1.3.3. La plasticulture de Biskra	28
1.4. Description de la zone d'étude.....	31
1.4.1. Situation géographique	31
1.4.2. Relief	32
1.4.3. Le sol.....	32
1.4.4. Synthèse climatique.....	33
<i>Diagramme ombrothermique de Gaussen</i>	33
<i>Climagramme d'Emberger</i>	34
1.4.5. Potentialités en eau.....	35
<i>Répartition des points d'eau</i>	36
<i>Le volume d'eau soutiré par nappe et par usage</i>	36
1.4.6. Choix de la zone d'étude	37
1.5. Méthodologie et cadre d'analyse	38
Axe 1 : analyse des trajectoires des jeunes agriculteurs et leurs capacités d'innovation.....	39
Axe 2 : Analyse technique de la technologie d'irrigation	39
Axe 3 : Analyse des interactions et les dialogues entre les concepteurs et les utilisateurs finaux	39
1.6. Organisation de la thèse	42
Chapitre 2. Mobilités des jeunes ruraux pour intégrer les nouvelles agricultures sahariennes (Biskra, Algérie).....	46
2.1. Introduction.....	47

2.2. Méthodologie	48
2.3. Résultats	50
2.3.1. Rôle des jeunes dans les différents systèmes de maraichage sous serre.....	50
<i>Système mobile de front pionnier : point d'entrée des jeunes, produisant capital et savoir-faire</i>	<i>51</i>
<i>Système « fixe » intensif : le propriétaire revient, moins d'opportunités pour les jeunes.....</i>	<i>52</i>
<i>Système Hyper-intensif désormais accessible aux jeunes métayers</i>	<i>53</i>
2.3.2. Trajectoires des jeunes agriculteurs : des mobilités géographiques et socioéconomiques	53
2.3.3. La mobilité des jeunes facilite l'innovation : réingénierie des systèmes d'irrigation au goutte à goutte	56
2.4. Discussion et conclusion	58
Chapitre 3. La « Fabrique de l'innovation » : l'innovation incrémentale menée par l'utilisateur des systèmes d'irrigation au goutte-à-goutte dans Sahara algérien	62
3.1. Introduction.....	63
3.2. Study area and research approach	64
3.3. Results.....	65
3.3.1. Transitional “pooled” farming systems requiring constant innovation	65
3.3.2 Re-engineering the drip irrigation systems to adapt them to decentralised mobile farming system	69
<i>Multiple advantages of one adaptation: water tower for regulation and water management</i>	<i>70</i>
<i>The fertigation systems: Adaptations and transfer between small-scale and large-scale farms ..</i>	<i>72</i>
3.3.3. Enabling innovation in local innovation systems: the role of other actors	74
<i>A farmer-led distributed innovation system mobilising 18,000 to 26,000 potential innovators... 74</i>	<i>74</i>
<i>Input sellers stimulated farmer-led innovation (new varieties, access to credit, etc.): market-driven farming systems and innovation.....</i>	<i>75</i>
<i>The role of the state, enabling innovation through subsidies, experiments, and infrastructure ...</i>	<i>78</i>
3.4. Discussion.....	78
3.4.1. Farmer-led innovation versus low cost prefabricated kits: what makes the difference?	78
3.4.2. Perimeter of innovation and mobility of actors	79
3.4.3. The incremental innovation factory: building innovation and innovators	80
3.5. Conclusion.....	81
Chapitre 4. Le pouvoir de la traduction : les dialogues de l'innovation dans un contexte d'innovation menée par les agriculteurs au Sahara algérien.....	83
4.1. Introduction.....	84
4.2. Research approach and case study.....	86
4.2.1. Research approach	86
4.2.2 The case study	89
<i>a) Study area and farming systems</i>	<i>89</i>

<i>b) Farmers and the different back-office actors</i>	89
4.3. Results.....	92
4.3.1 Three instances of drip irrigation innovation	92
<i>a) Introduction of the technology (1991-2000)</i>	93
<i>b) Developing an innovation network but targeting the wrong actors (2001-2008)</i>	94
<i>c) The innovation factory (2009 to today)</i>	98
4.3.2. Four dialogue channels for technical innovation between the front and back-office.....	101
<i>a) Experimentation channel</i>	102
<i>b) Feedback channel</i>	102
<i>c) Promotion channel</i>	102
<i>d) Sales channel</i>	103
4.3.3. Market development: constant improvement and power shifts in the innovation network ...	103
<i>a) Seeds: the monopoly of the multinationals</i>	105
<i>b) Drip irrigation: the influence of the farmers</i>	106
4.4. Discussion.....	107
4.4.1. Two-way dialogues between smallholders and designers through innovation intermediaries	107
4.4.2. Translation as power: open innovation versus crypted technology	110
4.5. Conclusion.....	112
Chapitre 5. Le retour des jeunes agriculteurs au pays : reprise de la vie au nord et retour d'expériences	114
5.1. Introduction.....	114
5.2. Méthodologie	115
5.2.1. Zone d'étude	115
5.2.2. Enquêtes et échantillon	118
5.3. Résultats	119
5.3.1. Trajectoires types des jeunes agriculteurs	119
<i>Partir à deux reprises : adapter les objectifs à la réalité du terrain</i>	119
<i>Retour forcé : « mes frères n'ont pas supporté les conditions de vie »</i>	122
<i>Un retour après 20 ans : « j'ai décidé de rentrer pour être plus proche de ma petite famille »</i> .	124
<i>Un milieu hostile : « à Biskra le risque est grand »</i>	125
5.3.2. Étapes de voyage des jeunes agriculteurs en mobilité	127
<i>Avant le départ</i>	127
<i>Pendant la mobilité</i>	129
<i>Le retour au pays</i>	131

5.3.3. Le développement des liens entre le territoire d'origine et les nouvelles destinations des jeunes en mobilité.....	132
5.4. Discussion.....	134
5.4.1. Les facteurs favorisant/freinant la mobilité.....	134
5.4.2. Raisonner l'agriculture ou raisonner sa vie ?.....	135
5.5. Conclusion.....	136
Chapitre 6. Conclusion générale.....	139
6.1. Conclusion générale.....	139
6.1.1. La capacité d'adaptation et de diffusion de l'innovation de l'utilisateur à travers les mobilités des jeunes agriculteurs.....	140
6.1.2. Quand les petits agriculteurs innovent : un système d'innovation multi-niveaux.....	142
6.1.3. Participation au dialogue international de l'innovation : la force de la traduction.....	143
6.1.4. Retour d'expériences des jeunes agriculteurs.....	146
6.2. Pistes de recherche et enseignements pour le développement.....	147
6.2.1. Possibilités d'application du cadre d'analyse sur d'autres domaines d'innovation.....	147
6.2.2. L'innovation technique et institutionnelle : quelles interactions entre les adaptations techniques et le bricolage institutionnel ?.....	148
6.2.3. Développement des outils d'évaluation des innovations techniques et d'apprentissage des pratiques des agriculteurs.....	149
6.3. Du transfert à la traduction : Quel modèle de développement faut-il promouvoir ?.....	150
Activités scientifiques.....	154
Références Bibliographiques.....	157

Liste des figures

Figure 1. Quelques composantes d'un système d'irrigation goutte à goutte à Biskra

Figure 2. Évolution (en ha) des superficies de maraichage sous serres à Biskra

Figure 3. Situation géographique de la Wilaya de Biskra

Figure 4. Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Biskra durant la période 1995 – 2012

Figure 5. Localisation de la région de Biskra sur le Climagramme

Figure 6. Carte de répartition des points d'eau Biskra. (ANRH, 2011)

Figure 7. Situation Géographique des communes d'Elghrous, Ain Naga et M'ziraa dans la wilaya de Biskra

Figure 8. Cadre d'analyse du réseau sociotechnique autour des systèmes d'irrigation

Figure 9. Enjeux de pouvoir entre les acteurs du réseau socio-technique

Figure 10. Organisation de la thèse

Figure 11. Carte de situation des régions étudiées

Figure 12. Les origines des jeunes agriculteurs migrant vers Biskra

Figure 13. Mobilités socio-économiques des jeunes ruraux

Figure 14. Système de fertigation décentralisé à l'unité de serre

Figure 15. Situation of the study area: Biskra, Algeria

Figure 16. Relations between different actors on the same farm

Figure 17. The hierarchical organisation of the drip irrigation system used in farming systems in Biskra

Figure 18. Schematic diagram of a water tower

Figure 19. Micro fertigation units

Figure 20. Positioning and connections between the back-office actors

Figure 21a. The State subsidized drip irrigation systems of the second instance

Figure 21b. The local customised drip irrigation system that emerged during the third instance

Figure 22. Abandoned filter systems from the subsidised irrigation systems in Biskra

Figure 23. The innovation highway into the global scheme of the back office

Figure 24. Number of farmers vs. back office agents in Biskra

Figure 25. Situation géographique des communes Damous et Gouraya

Figure 26. La topographie accidentée de Damous et limites des Oued Damous et Harbil

Figure 27. Le maraichage sous serres à Damous entre l'Oued et la plage

Figure 28. Photos des ouvriers marocains entretenant la tomate dans une serre canarienne

Figure 29. Diversification des activités -combinaison élevage-plasticulture- à Tipaza

Figure 30. Accès à l'eau par des puits collectifs sur la plage de Damous

Figure 31. Photo d'habitat de jeunes agriculteurs à Biskra

Figure 32. Transplantation dans une pépinière de plants de tomates à Damous

Figure 33. Exemple des alliances dans le réseau sociotechnique

Liste des tableaux

Tableau 1. La répartition par usage du volume total soutiré de l'ensemble des aquifères dans la région de Biskra

Tableau 2. Caractéristiques de l'échantillon d'agriculteurs interrogés

Tableau 3. Trois systèmes de maraîchage sous serre à Biskra

Tableau 4. Innovation instances and the different actors involved

Tableau 5. Drip irrigation parts: origin and suppliers

Tableau 6. Annual consumable inputs in horticulture (per greenhouse)

Tableau 7. Échantillon des jeunes agriculteurs

Liste des abréviations

ABHS : Agence du Bassin Hydraulique du Sahara

ANAT : Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques

ANSEJ : Agence nationale de soutien à l'emploi des jeunes

DRE : Direction des ressources en eaux

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations

ITDAS : Institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne

MADR : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural

MIJARC: International Movement of Agricultural and Rural Youth

PNDA : Plan national de développement agricole

€ : euro

US\$: dollar américain

mm : millimètre

m : mètre

km : kilomètre

ha : hectare

Laboratoires où la thèse a été préparée :

- Maitrise de l'eau en agriculture, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Hassan Badi, El Harrache-Alger
- Gestion des ressources en eau, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Madinat Al Irfane, B.P.6202, Rabat-Maroc
- UMR G-Eau ; CIRAD, 361, rue JF Breton 34398 Montpellier cedex 5, France

Thèse réalisée avec le soutien de l'IRD/Cirad

Chapitre 1

Introduction Générale

Chapitre 1. Introduction générale

1.1. Introduction

Des connaissances scientifiques et empiriques pour concevoir des systèmes techniques

Cette thèse est inscrite en cotutelle entre l'École Nationale Supérieure Agronomique d'Alger et l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II de Rabat. Ces deux écoles agronomiques réputées constituent une source de référence de connaissances dans le domaine de la recherche agronomique au Maghreb. Leurs départements de Génie Rural sont appréciés par leurs approches interdisciplinaires et leurs contributions aux projets de développement rural et de protection de l'environnement dans les deux pays.

Comme pour tout domaine, pour concevoir des systèmes techniques, il existe deux modes de connaissances, scientifiques et empiriques, qu'il faut mettre en synergie (Girard & Navarrete, 2005). D'une part, les connaissances scientifiques visent à expliquer des processus biophysiques ou sociaux suivant des méthodologies conçues par la communauté des chercheurs. Ces méthodes se veulent souvent être génériques et applicables d'un contexte à l'autre. D'autre part, les connaissances empiriques des acteurs locaux sont fondées sur les résultats d'expériences dans lesquelles des pratiques techniques sont mises continuellement à l'épreuve. Les connaissances empiriques se construisent par des échanges au sein de la communauté des praticiens (Darré, 1996). Ce dernier mode de connaissances est adapté aux moyens dont disposent les agriculteurs et leurs conditions locales (Dugué et al., 2006). Pourtant, les deux modes de production de connaissances se rencontrent peu (Girard & Navarrete, 2005). Les auteurs du livre « Agronomes et innovations » (Caneill, 2006), qui résume les débats annuels – les entretiens du Pradel - d'un cercle d'agronomes, proposent ainsi d'associer les deux modes de connaissances pour trouver des solutions innovantes.

A l'échelle internationale, c'est au début des années 1970 que des agronomes et des économistes mesurent le manque de pertinence des modèles linéaires de transfert d'innovation – de la recherche vers les utilisateurs –, conçus sans prendre en compte les finalités des agriculteurs et les conditions concrètes de l'insertion d'innovations techniques dans les systèmes de production (Papy, 1998). En partant du principe que les agriculteurs doivent avoir « *des raisons de faire ce qu'ils font* », lesquelles il conviendrait de comprendre, la recherche agronomique inverse alors le cheminement de la recherche sur l'innovation (Papy, 1998).

En effet, Osty & Landais (1993) considèrent les pratiques des agriculteurs comme une solution à un problème et le rôle des agronomes est alors d'élucider ce problème et lui donner

une consistance théorique (Papy, 1998). C'est pour cela que les pratiques (agricoles ou dans notre cas d'irrigation) sont l'entrée privilégiée dans beaucoup d'études agronomiques. Les agronomes ont souvent cherché à avoir accès aux «*façons de voir les choses*» des agriculteurs pour comprendre leurs décisions à travers leurs pratiques (Mathieu et al., 2007). Les innovations des petits agriculteurs dans la préparation du sol et de désherbage sur différentes cultures au Cameroun, rapportées par (Dugué et al., 2006), en sont un bon exemple.

L'agronome se préoccupe alors des problèmes techniques de l'agriculteur, reconnaît l'intérêt des connaissances empiriques de l'agriculteur et les valorise pour construire un système de règles de décisions pour les systèmes de cultures pratiqués. En plus, l'agronome ne peut pas ignorer le caractère social du processus de l'innovation (Papy, 2004). En réalité, l'agriculteur est un être social, il participe à des collectifs d'échanges techniques, des réseaux, des organisations où il peut influencer ou être influencé. Les agriculteurs évoluent dans un environnement social spécifique, parce qu'ils ont un rapport pratique avec l'agriculture. Les agriculteurs n'ont pas le même point de vue sur la technique que les chercheurs agronomes. Leur façon de construire la réalité est différente : c'est essentiellement pour savoir comment juger et conduire les choses qu'ils vont élaborer des connaissances empiriques (Mathieu et al., 2007).

Pour cela, l'appel aux sciences sociales dans des démarches pluridisciplinaires est important pour rapporter de telles connaissances. Dans cette collaboration, les sciences sociales apportent leur connaissance des structures sociales au sein desquelles se distribuent les connaissances et les décisions, se construisent des apprentissages collectifs, se génèrent de nouvelles solutions. De notre côté, en tant qu'agronomes spécialisés en génie rural, nous apportons nos connaissances des itinéraires techniques des cultures et des systèmes agraires et l'analyse technique des systèmes d'irrigation mis en place, ainsi que les impacts des pratiques sur l'environnement.

Les recherches sur les conceptions des agriculteurs, à travers l'observation et l'analyse de leurs pratiques, peuvent ainsi, par le point de vue complémentaire qu'elles apportent sur la réalité, ouvrir des voies pour la recherche agronomique et élargir le champ de recherche. Elles peuvent ainsi constituer un préalable à l'élaboration de nouveaux projets de recherche en agronomie. Sans doute, pourront-elles aussi faire évoluer les frontières des disciplines agronomiques dans une posture interdisciplinaire (Mathieu et al., 2007).

Rencontre de l'ingénieur avec le paysan innovateur

L'eau en agriculture, et en particulier l'irrigation en goutte à goutte, était au cœur de mes intérêts durant de mon parcours académique et professionnel. Un parcours qui a commencé par un ingéniorat en hydraulique agricole à l'ENSA, ensuite un Master spécialisé en irrigation et maîtrise de l'eau à l'IAV Hassan II, et puis un magister sur les systèmes d'irrigation innovants à l'ENSA. J'ai eu la chance de visiter et de travailler sur plusieurs terrains au Maghreb, en particulier, la Mitidja en Algérie, le Gharb au Maroc et la plaine de Kairouan en Tunisie. Malgré la diversité des situations et des pratiques, il y avait toujours cette ambition des agriculteurs à s'adapter face aux difficultés. Entre le master et le magister, j'ai été actif dans une entreprise spécialisée dans la mise en œuvre des programmes de développement agricole et la conception des systèmes irrigués où j'ai assisté à des paysans fous de joie pour un kit solaire qu'on leur installe mais où j'ai aussi observé des périmètres irrigués livrés clé en main puis abandonnés par les bénéficiaires pour une raison ou une autre. Ce qui m'a emmené dans cette thèse à repenser, d'un côté, à ce que l'ingénieur propose clé en main et ce qu'il ignore lors de la conception de la technologie, face à la diversité des situations. Et d'un autre côté, aux capacités des agriculteurs à s'impliquer dans la conception et l'adaptation des technologies.

En 2013, sur le terrain de Biskra dans le Sahara algérien, *en tant qu'ingénieur*, j'ai été confronté à des systèmes d'irrigation en goutte à goutte très différents de ceux que j'avais étudié à l'école et conçu dans ma pratique professionnelle. Le maraichage sous serres était irrigué en goutte à goutte, quelque chose que nous pensions maîtriser avec notre casquette d'ingénieur hydraulicien. A l'intérieur de la serre le système d'irrigation ressemblait bien au système goutte à goutte que nous connaissions : des gaines perforées branchées sur une porte rampe en polyéthylène. En revanche, à l'extérieur, nous ne trouvions plus nos repères en termes d'infrastructures dans l'absence de bassin d'accumulation, de station de tête, et des organes de régulation etc.

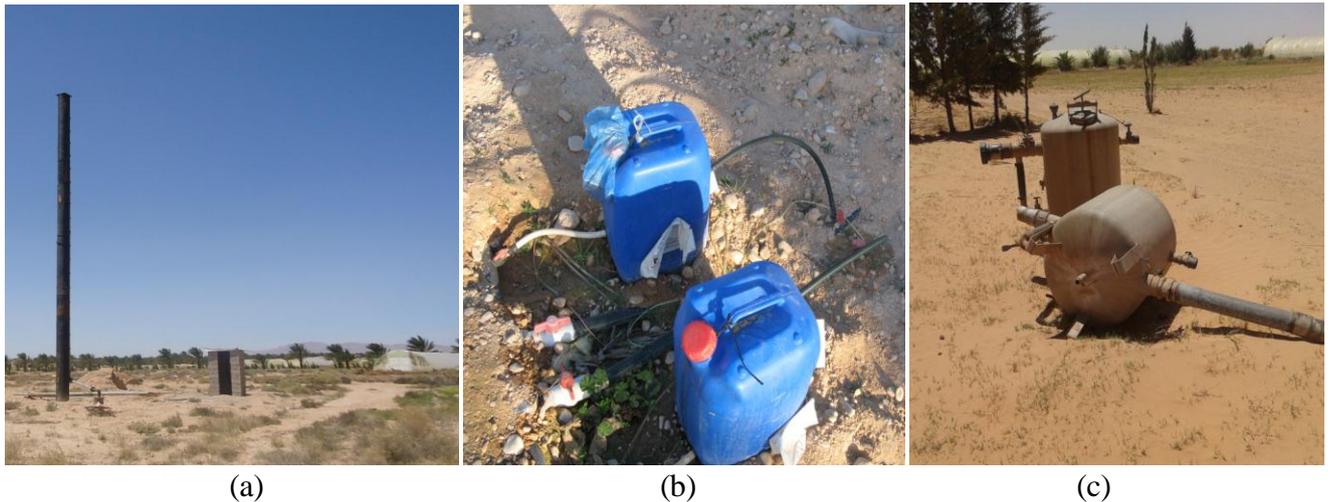


Figure 1. Quelques composantes d'un système d'irrigation goutte à goutte à Biskra (enquête, 2^{ème} semestre 2013)

Je me souviens avoir dit à un paysan à l'ouest de Biskra que je ne voyais ni le bassin d'accumulation ni la station de fertigation ni les filtres. Et j'ai eu une réponse de cet agriculteur qui m'a rendu un peu perplexe. Pour le bassin, il m'a montré une colonne en acier d'environ 10 m d'hauteur (fig. 1a). Pour le système de fertigation, un jerrican bleu à l'entrée de la serre (fig. 1b) et enfin pour le filtre, il m'a dit qu'il fallait aller le chercher dans le désert ! (fig. 1c). En effet, les filtres avaient été abandonnés par les agriculteurs car ils considèrent que l'eau est claire et ces filtres ne font que diminuer la pression utile.

Ma réflexion alors portait autant sur le fonctionnement de ces ouvrages ou les composantes du système d'irrigation que sur la question : qui sont derrière ces actes de réingénierie sur un système supposé être standardisé, pratique et fonctionnel ? D'après le même agriculteur, ce système était conçu par « *jmaatna* », c'est à dire notre groupe. Ce groupe en fait est l'ensemble des acteurs locaux ayant participé d'une manière ou une autre à l'élaboration de ce système d'irrigation, à la fois la conception, l'amélioration et la diffusion. Les acteurs locaux innovent donc collectivement à travers ce qu'appelle la littérature sur l'innovation un réseau sociotechnique « *dans lequel l'objet technique va circuler* » (Akrich et al., 2002a).

Au cours de mon parcours, à travers les rencontres avec les acteurs de terrain, j'ai développé un intérêt pour les débats sur l'innovation liés à l'irrigation en particulier pour les aspects des pratiques, d'ingénierie et de la gestion de l'eau. Tout un questionnement a progressivement émergé sur la base des rencontres sur le terrain et mes explorations des débats sur l'innovation dans la littérature. En commençant par les acteurs ou les utilisateurs qui participent à cette plateforme d'innovation ouverte où l'utilisateur peut réaliser des actes de réingénierie sur le système d'irrigation. Ensuite, sur la conception des objets techniques (les éléments innovants

des systèmes d'irrigation) et la manière par laquelle ces objets sont diffusés. Et en dernier, les réseaux sociotechniques qui se sont construits autour de ces innovations. Les connaissances empiriques sont basées sur les pratiques des agriculteurs et l'influence de leur environnement biophysique et socio-économique. Suivant le raisonnement de Papy (1998), le rôle d'un agronome spécialisé en génie rural serait, en premier lieu, d'apporter des connaissances techniques des systèmes d'irrigation et de leur fonctionnement pour analyser les décisions prises par les paysans à partir de l'observation des adaptations apportées au système d'irrigation. En deuxième lieu, d'évaluer la pertinence locale de ces adaptations en impliquant les acteurs de l'innovation et l'Etat. Les nouvelles initiatives qu'elles soient étatiques ou privées pourraient alors valoriser ces connaissances et les intégrer pour permettre des processus d'innovation plus réussis.

1.2. Problématique

1.2.1. Les technologies d'irrigation : une offre uniforme face à une demande multiple et évolutive

Bien que les chercheurs et les praticiens aient reconnu les avantages de l'irrigation au goutte-à-goutte et sa promotion intensive au cours des deux dernières décennies, l'adoption mondiale reste inférieure à 4% de la superficie totale des terres irriguées (Commission internationale de l'irrigation et du drainage (CIID, 2012)). Ceci malgré les efforts des ingénieurs pour repenser les systèmes d'irrigation goutte à goutte pour les rendre plus simple, moins coûteux et utilisable à petite échelle, tout en préservant les avantages de la technique.

Garb & Friedlander (2014) ont exploré les raisons de ce résultat décevant du potentiel mondial de l'irrigation goutte à goutte, en focalisant sur un contexte spécifique : l'introduction des kits de goutte à goutte à bas coût en Afrique de l'Ouest. Ils ont imputé le « *transfert échoué* » de l'irrigation goutte à goutte dans ce contexte à une inadéquation entre l'offre de l'ingénierie et la demande des utilisateurs. Dans notre cas, le Sahara algérien, nous assistons plutôt à un scénario inverse où l'agriculture irriguée se développe de façon rapide avec une utilisation massive du goutte à goutte, créant de nouvelles frontières agricoles (Kuper et al., 2016). Biskra, comme d'autres Wilayas du Sud, est connue aujourd'hui pour sa dynamique de frontière agricole à travers le maraichage sous serre (Amichi et al., 2019; Côte, 2002). Biskra, les possibilités agricoles attirent beaucoup de jeunes et investisseurs venant de tout le pays, car c'est une activité très rentable, mais aussi un moyen de promotion socioprofessionnelle (Amichi et al., 2015). Cette situation a impulsé de nouvelles dynamiques agricoles et a permis d'intégrer des jeunes dans l'agriculture à travers des mobilités

géographiques sur des centaines de kilomètres. Il s'agit en général de jeunes métayers et locataires venant du Nord du pays et des régions voisines avec l'ambition d'une mobilité socioprofessionnelle.

Sur le terrain de Biskra le goutte à goutte s'est diffusé rapidement et la superficie irriguée en goutte à goutte s'est multipliée par cinq durant les quinze dernières années. Ceci a plus ou moins coïncidé avec les programmes de développement agricole du gouvernement algérien (par exemple, le PNDA : Programme National de Développement Agricole de 2000), par lesquels les systèmes économes ont été subventionnés. Le paradoxe est que les systèmes que nous avons trouvés sur place n'étaient pas les mêmes que les systèmes, dits « conformes », subventionnés par l'Etat. C'étaient plutôt des systèmes ayant fait l'objet d'une réingénierie par des acteurs locaux, comme nous l'avons indiqué précédemment, tout en étant influencés par ces systèmes conformes.

La situation rencontrée à Biskra fait écho à des recherches récentes montrant une diffusion rapide de l'irrigation au goutte à goutte dans différents pays partiellement en dehors des circuits formels, adaptée puis adoptée par une large gamme d'agriculteurs pour une diversité des systèmes de production, et dans différents contextes biophysiques et socio-économiques (Venot et al., 2017). A propos de cette diversité de contextes qui nécessite – selon notre hypothèse – une diversité de systèmes de goutte à goutte, Waters-Bayer et al. (2009b) indique qu'en comparant l'offre standardisée et la demande diversifiée et évolutive, il y a très peu d'ingénieurs et il n'y a tout simplement aucun moyen qu'ils peuvent générer la variété des innovations et adaptations nécessaires pour répondre à cette diversité des besoins.

1.2.2. Une conception d'innovation linéaire remise en cause

Le modèle de processus d'innovation le plus connu dans le temps était le modèle linéaire, également appelé modèle du stage-gate system (Cooper, 1990). Celui-ci est fondé sur une hypothèse de non-interaction entre les producteurs de l'innovation (en particulier la recherche) et les utilisateurs. Il se présente alors sous la forme d'une succession de phases de recherche, de développement, de production et de commercialisation. Entre ces phases sont intercalées des phases de prise de décision dans le but de continuer ou arrêter le processus d'innovation (Tomala et al., 2001). La division en phases est arbitraire, puisque le processus d'innovation est supposé évolutif et continu.

Le modèle d'innovation linéaire a été beaucoup critiqué depuis les années 1970. Certains auteurs disaient même que finalement celui-ci n'a existé que sous forme de modèle analytique

(Edgerton, 2004). Ce modèle d'analyse est unidirectionnel et n'intègre pas les diverses et complexes interactions et feedbacks qui peuvent venir à chaque étape du processus d'innovation. C'est un modèle qui ne prend pas en considération l'apprentissage par l'usage (*learning by using*), qui structure les retours d'expériences des utilisateurs, ou l'importance des utilisateurs pilotes (*lead-users*) qui participent à l'élaboration de nouveaux produits (Von Hippel, 1976, 1998).

Fondé essentiellement sur le rôle prééminent de la science (recherche fondamentale), le modèle linéaire oublie que les innovations peuvent s'appuyer sur des bases de connaissances non scientifiques, en particulier les savoirs pratiques, et sur les apprentissages et les coopérations des acteurs. Le modèle paraît décrire de façon adéquate certaines innovations radicales, mais moins bien les innovations incrémentales qui sont plus rapides dans la mise au point et plus fréquentes dans l'économie réelle (Tomala et al., 2001). Ce sont bien ces innovations incrémentales qui nous intéressent dans cette thèse.

Beaucoup d'auteurs examinent le devenir des techniques proposées par la recherche mais peu se penchent sur les processus d'innovation paysanne (Dugué et al., 2006). Darré & Mathieu (2007) se demandent ce qui explique l'intérêt aujourd'hui porté par des agronomes au savoir-faire des agriculteurs et la requalification que ceux-ci tirent de la légitimité scientifique qui leur est ainsi reconnue ? et s'il s'agit d'un changement dans la conception et l'analyse du processus d'innovation, avec la découverte du rôle actif qu'y tient le praticien et le passage, de ce fait, d'un schéma « linéaire » descendant à un schéma « en boucles » ?

Freeman (1995) a mis au point la vision selon laquelle l'innovation doit être comprise comme un processus interactif, et non comme un processus linéaire dans lequel l'innovation est issue automatiquement des efforts de R & D. Le concept de « système d'innovation » a été introduit dans les années 1980 (Lundvall, 1985). C'est un concept développé dans le domaine scientifique des études d'innovation qui permet d'expliquer la nature et le rythme des changements technologiques (Smits, 2002). Dans cette littérature, l'innovation est considérée comme un processus interactif et d'apprentissage complexe (Klerkx & Leeuwis, 2008). Le système d'innovation est considéré alors comme la combinaison de différents facteurs économiques, sociaux, politiques, organisationnels, et institutionnels, qui influencent le développement, la diffusion et l'utilisation d'innovations (Edquist, 2006; Poncet et al., 2010). Les systèmes d'innovation sont des cadres de compréhension de l'innovation qui sont devenus populaires, en particulier parmi les décideurs et les chercheurs en innovation. Le concept de système d'innovation souligne que la circulation de la technologie et de l'information entre les

individus, les entreprises et les institutions est la clé d'un processus d'innovation. Il contient les interactions entre les acteurs nécessaires pour transformer une idée en processus, produit ou service sur un marché (Lundvall, 1985).

Selon Jacobsson & Johnson (2000), l'approche du système d'innovation a été appliquée à plusieurs niveaux d'analyse et à plusieurs types de produits. Certains prennent le pays comme unité d'analyse (*les systèmes d'innovation nationaux*), et montrent que la structure institutionnelle et la structure de la production nationale influencent les choix technologiques. D'autres se concentrent plutôt sur les *systèmes d'innovation régionaux*, sur une échelle plus grande qu'une ville et plus petite que la nation. Ces systèmes sont souvent qualifiés comme permettant la diffusion rapide du savoir, où nous pouvons croiser des petites et grandes entreprises ou laboratoires (Agrawal et al., 2014). D'autres encore étudient depuis quelque temps des réseaux industriels dans lesquels des entreprises entretiennent des relations durables. Enfin, certains auteurs se concentrent sur les *systèmes technologiques*, des systèmes d'innovation construits autour de technologies ou de produits spécifiques. Ce dernier système semble cohérent pour notre étude sur les systèmes d'irrigation goutte à goutte et du réseau d'acteurs autour de cette technologie à savoir les agriculteurs, les intermédiaires de l'innovation et les industriels. Ce qui nous emmène lors de notre analyse à croiser d'autres acteurs ainsi que différents niveaux d'analyse des systèmes d'innovation à savoir régional, national et international.

1.2.3. Des initiatives et des adaptations locales

Dans la vision systémique de l'innovation, les acteurs de l'innovation peuvent être des acteurs locaux : les agriculteurs, les intermédiaires de l'innovation et les entrepreneurs ruraux (artisans, par exemple) impliqués dans « *l'innovation du deuxième ordre* », c'est à dire des adaptations dans des technologies conçues et élaborées ailleurs. Ces acteurs « *réécrivent la grammaire de l'innovation, changent les connaissances pertinentes et même les objectifs pertinents des innovations* » (Knicker et al., 2009). Il y a un débat émergent dans la littérature sur l'innovation menée par les agriculteurs dans la petite agriculture familiale, en particulier en Afrique, fournissant des « *nouvelles perspectives sur le rôle joué par les réseaux d'innovation des petits exploitants dans le secteur agricole* » (Spielman et al., 2011). Ce débat fait le lien avec les discussions récentes sur l'innovation ouverte où de multiples acteurs interagissent et adaptent les systèmes à des conditions spécifiques, même si ce débat concerne plutôt le secteur industriel (Chesbrough, 2003). « *L'innovation dirigée par les agriculteurs* » reconnaît les connaissances et le savoir-faire locaux des agriculteurs (Scoones & Thompson,

2009), ainsi que la capacité des acteurs locaux à élaborer des options spécifiques à chaque région et à s'adapter rapidement à l'évolution des conditions (Waters-Bayer et al., 2009b).

Ce débat fait aussi le lien avec l'attention récente portée au développement de la petite irrigation privée, souvent qualifiée de « spontanée », « non planifiée » ou « anarchiste », mais qui se développe rapidement et est fait d'innovations locales rapides : « *pilotée par les exploitants, elle répond à une véritable demande de la part des petits exploitants et un important potentiel de réduction de la pauvreté et du développement rural* » (de Fraiture & Giordano, 2014). Les superficies sous irrigation privée sont dans de nombreux pays plus importantes que les systèmes d'irrigation publics : « *Les petits exploitants de l'Asie du Sud ont développé trois fois plus de terres irriguées en 30 ans que l'impérialisme constructive avait en 150 ans, et ils ont repris l'initiative d'irrigation de l'état* » (Shah, 2009). C'est aussi le cas dans le Sahara algérien où l'agriculture se développe de façon rapide créant de nouvelles frontières agricoles (Kuper et al., 2016). L'agriculture de frontière dans le sud algérien fournit ainsi l'occasion d'étudier le rôle et les implications de l'innovation menée par les agriculteurs sur les dynamiques agricoles. Cette agriculture est particulièrement intéressante comme contexte d'étude puisqu'elle est en plein expansion, elle évolue très rapidement, et elle intègre continuellement de nouveaux (jeunes) agriculteurs et autres acteurs locaux (Amichi et al., 2015). Ces jeunes agriculteurs, souvent en mobilité géographique, sont attirés par la rentabilité de cette agriculture et par les possibilités d'ascension socioprofessionnelle (Ibid.).

Spielman et al. (2009), en phase avec la littérature sur le système d'innovation, suggère la nécessité d'approches plus innovantes et moins linéaires pour comprendre la transformation technologique des petits exploitants, tenant compte de l'entrée de nouveaux acteurs, l'apparition de nouvelles technologies et la présence de nouvelles forces sur le marché, en particulier lorsqu'ils sont combinés avec de nouvelles pressions économiques et démographiques. A Biskra, après l'introduction des nouvelles technologies de l'irrigation par les grands agriculteurs, les petits agriculteurs ont ainsi adapté ces technologies à leurs propres contextes, par exemple en concevant les micro-unités de fertigation (Naouri et al., 2014). Sur cette frontière agricole, nous faisons l'hypothèse ici que la capacité d'innovation des agriculteurs est au centre de l'évolution rapide des systèmes agricoles. C'est le cas pour les systèmes d'irrigation et les pratiques, que les agriculteurs ont adaptés à la structure des exploitations agricoles, aux conditions du sol et de l'eau spécifiques et aux exigences du marché (Ibid). Dans la littérature, ceci est dénommé innovation pilotée par l'agriculteur (*farmer-led*) ou par l'utilisateur (*user-led*), ce qui est lié à l'idée que l'innovation (ou même la

capacité d'innovation) s'est « *démocratisée* », ce qui voudrait dire que « *les utilisateurs des produits et des services - firmes ou consommateurs - sont de plus en plus en mesure d'innover pour eux-mêmes* » (Von Hippel, 2005).

Dans notre cas qui concerne l'irrigation en goutte à goutte à Biskra, de nouveaux acteurs et de nouvelles stratégies apparaissent constamment et ces acteurs expérimentent continuellement de nouvelles adaptations des dispositifs d'irrigation. Ceux-ci ne sont pas toujours adaptées à la diversité des besoins des agriculteurs. La sélection parmi ces nouvelles adaptations permet alors la « *survie du plus fort* » dans un environnement hautement concurrentiel. Néanmoins, si ces processus d'innovation locaux transforment les technologies en agriculture, ceux-ci sont méconnues à la fois par la communauté académique et par les décideurs.

1.2.4. Manque de connaissances des processus de l'innovation en agriculture

La sociologie des sciences et techniques (STS) offre un cadre particulièrement adapté à l'analyse des relations entre techniques et société. Ce courant de pensée se fonde notamment sur des analyses ethnographiques de laboratoire menées par Latour & Woolgar (1979), portant sur l'analyse des « faits » scientifiques. Ils proposent une nouvelle perspective sur les processus d'innovation, qui étaient analysés dans le passé selon la théorie du transfert linéaire. Aujourd'hui, la recherche travaille plutôt sur la notion de *réseaux sociotechniques*. Plusieurs chercheurs, notamment Law (1999), Callon (1990) et Latour (1990), ont développé ces perspectives de la technologie en tant que système hétérogène enraciné socialement saturé de relations de pouvoir (Garb & Friedlander, 2014). La théorie acteur-réseau (ANT : Actor Network Theory) propose ainsi une vision processuelle, performative et relationnelle des réseaux sociotechniques, popularisée par le Centre de Sociologie des Innovations et ses travaux ayant réinterrogé les visions classiques de l'innovation (Akrich et al., 2006).

Latour (1987) a dit qu'une connaissance, un fait, une nouveauté technique se stabilise et se développe au travers de l'association et de l'assemblage, par son initiateur, d'acteurs humains et non-humains au sein des réseaux sociotechniques. Le succès d'une innovation, selon ce courant de pensée, tient à l'étendue et à la solidité du réseau dans lequel l'innovation est insérée. « *L'innovation, c'est l'art d'intéresser un nombre croissant d'alliés qui vous rendent de plus en plus forts.* » (Akrich et al., 1988). Benouniche et al. (2016) montrent ainsi comment les artisans locaux se sont fait enrôler par les agriculteurs dans l'amélioration des dispositifs d'irrigation au goutte à goutte au Maroc. A leur tour, ces artisans enrôlent d'autres

agriculteurs, adoptant ces systèmes d'irrigation, qui sont adaptés à leur situation, expliquant la diffusion rapide du goutte à goutte.

Callon (1987) définit la sociologie de la traduction, comme l'ensemble des tâches et étapes visant à constituer et stabiliser le réseau sociotechnique à travers les quatre étapes de la traduction : la problématisation, l'intéressement, l'enrôlement et la mobilisation. Il explicite cette notion grâce à l'histoire de la constitution d'un savoir scientifique sur les coquilles Saint-Jacques dans la baie de Saint-Brieuc dans un contexte de pêche intensive et la crainte d'un déclin de la production. Callon montre que la sociologie de la traduction permet de mieux appréhender les rebondissements du processus d'innovation par une meilleure connaissance des réseaux sociotechniques en jeu, puisque les acteurs et l'objet technique se construisent simultanément, au travers de « *mécanismes d'ajustement réciproque de l'objet technique et de son environnement* » (Akrich, 2006).

Dans le passé, Schumpeter (1934) a mis en exergue le rôle de l'entrepreneur, « *cet être d'exception, qui jouant sur deux tableaux, celui de l'invention et celui du marché, sait amener une intuition, une découverte, un projet au stade commercial. Il est le médiateur, le traducteur à l'état pur, celui qui met en relation deux univers aux logiques et aux horizons distincts, deux mondes séparés mais qui ne sauraient vivre l'un sans l'autre.* » (Akrich et al., 1988). Le temps de cet entrepreneur schumpétérien est révolu, puisque l'économie moderne ne saurait dépendre de quelques hommes providentiels, et il a été « *remplacé par une foule d'intervenants diversifiés* » (Akrich et al., 1988). D'après Akrich (1987), « *l'innovateur n'a pas plus qu'un autre de contact privilégié avec le réel ; il n'a jamais en face de lui l'utilisateur futur de son objet, mais seulement une enfilade de médiateurs dont il ne peut savoir à l'avance si ce sont de bons ou de mauvais médiateurs* ». Ces médiateurs, Akrich et al. (2002b) vont les nommer des porte-paroles. L'accumulation de ces porte-paroles des acteurs impliqués constitue un acteur-réseau auquel il convient de faire traverser sans se déliter les différentes épreuves auxquelles se confronte un objet technique. Pour maintenir cette cohésion, les auteurs font appel à la notion d'intéressement, l'objet devant fonctionner comme un objet-frontière capable de réunir les acteurs d'une manière où chacun estime y trouver son intérêt (Coutant, 2015).

Dans ces négociations et dans une vision du réseau sociotechnique ayant remplacé l'entrepreneur schumpétérien, un élément devient de plus en plus central : la traduction. Akrich et al. (2006) la définissent comme « *l'ensemble des négociations, des intrigues, des actes de persuasion, des calculs, des violences grâce à quoi un acteur ou une force se permet*

ou se fait attribuer l'autorité de parler ou d'agir au nom d'un autre acteur ou d'une autre force ».

Les approches acteur-réseau (Akrich et al., 2002a; Callon, 1986; Law, 1992) proposent de conceptualiser les relations au sein du réseau sociotechnique. Elles considèrent la technologie comme faisant partie des réseaux sociotechniques dans lesquels des objets, des personnes, des pratiques et des discours se lient et se forment. Si ces approches ont le mérite d'analyser les objets techniques et le réseau social sur un pied d'égalité (van der Kooij, 2016), elles font souvent l'impasse sur les subtilités de la partie technique, dans notre cas le système d'irrigation goutte à goutte. D'où l'intérêt de m'intéresser en tant qu'agronome spécialisé en génie rural à la fois à l'objet technique (en particulier les adaptations faites au système d'irrigation goutte à goutte) et aux interactions de l'objet avec les acteurs actifs dans le réseau d'innovation.

Au cours de la dernière décennie, l'adoption de l'irrigation goutte à goutte à faible coût (dite *low-cost*) en Asie et en Afrique est devenue un sujet d'attention dans la littérature (Namara et al., 2007). De nombreuses études (Garb & Friedlander, 2014; Kulecho & Weatherhead, 2006a; Wanvoeke et al., 2015) ont fait état de l'échec de l'adoption du modèle de transfert linéaire de technologie d'irrigation goutte à goutte à faible coût en Afrique. Garb & Friedlander (2014) ont associé la faible adoption des systèmes d'irrigation goutte à goutte en Afrique de l'Ouest au transfert linéaire d'artefacts statiques. Selon eux, les « kits » d'irrigation goutte à goutte ne permettaient pas aux acteurs locaux de s'engager activement dans la traduction de la technologie, et donc de son adaptation continue aux conditions locales. Enfermer la technologie dans une boîte noire empêche ces acteurs de devenir des alliés, selon les termes d'Akrich, dans la production, la diffusion et l'utilisation de la technologie. Au contraire, les concepteurs de ces kits ont eu l'ambition de proposer une technologie universelle pour une diversité d'usages dans un contexte évolutif. C'est précisément cette ambition, liée à une conception linéaire de l'innovation, qui serait la cause de l'échec constaté dans l'adoption du goutte à goutte dans les cas étudiés en Afrique de l'Ouest (Garb & Friedlander, 2014; Wanvoeke et al., 2017).

Nous visons dans cette thèse en particulier à engager le débat sur la traduction de la technologie. Nous proposons de prendre l'angle opposé d'analyse de Garb & Friedlander (2014), qui ont examiné l'absence d'adoption de la technologie d'irrigation à cause d'une conception linéaire du transfert de l'innovation en Afrique de l'Ouest. Nous avons pour ambition d'examiner le « succès » d'un processus d'innovation mené par des petits

agriculteurs dans le Sahara algérien. Ces agriculteurs ont coproduit des systèmes d'irrigation goutte à goutte peu coûteux en impliquant les acteurs locaux qui sont connectés à des réseaux d'innovation à l'échelle régional, national et même international. Les systèmes d'irrigation goutte à goutte innovants ont ensuite été largement diffusés auprès des petits et grands exploitants.

1.2.5. Objectifs et hypothèses de la thèse

L'objectif de cette thèse est d'analyser les différentes voies suivies par les acteurs locaux en mobilités pour la production, l'utilisation et la diffusion des innovations techniques des systèmes d'irrigation en particulier le goutte à goutte au profit de petits agriculteurs. L'hypothèse principale de la recherche est que les processus d'innovation technique sont mis en œuvre dans des réseaux dynamiques hétérogènes où la *traduction* permet de produire continuellement des dispositifs techniques adaptés à la diversité des situations. Dans ces réseaux, de multiples interactions ont lieu entre les technologies d'irrigation, les agriculteurs porteurs de l'innovation et les acteurs locaux, qui sont en dialogue permanent avec les acteurs des systèmes d'innovation régional, national et international. La compréhension des processus d'innovation dans ces réseaux est un moyen important pour expliquer la transformation des systèmes agricoles.

Par le développement d'un cadre d'analyse mobilisant les sciences agronomiques, hydrauliques et les sciences sociales s'intéressant à l'innovation, nous essayerons de comprendre comment les petits et grands agriculteurs, ainsi que les acteurs du *back office*, c'est à dire les acteurs entourant et facilitant la production agricole en amont et en aval, interagissent dans la traduction des normes internationales à la diversité de situations locales dans un environnement d'innovation distribuée. La question principale de la thèse a été formulée comme suit :

❖ Comment les petits agriculteurs en mobilités (géographiques et socioéconomiques) contribuent à la traduction et au transfert des innovations dans et au-delà des Systèmes d'Innovation Locale ?

Pour répondre à cette principale question de recherche, trois questions spécifiques de recherche ont été formulées.

Premièrement, nous avons pour objectif d'analyser les trajectoires d'insertion socioprofessionnelle des jeunes en mobilités en intégrant l'agriculture Saharienne, en particulier le maraichage sous serres à Biskra. L'analyse de leur capacité d'innovation et de

façonnage des nouvelles formes d'agriculture Saharienne, nous amène à poser la question suivante :

- *Comment se construisent les capacités d'innovation des jeunes agriculteurs à travers les mobilités géographique et socioprofessionnelle ?*

Deuxièmement, nous nous intéressons à l'analyse de l'innovation technique du système d'irrigation goutte à goutte. Nous analysons les différentes innovations que les petits exploitants ont pu réaliser sur les composantes des systèmes d'irrigation goutte à goutte. Cet objectif sera abordé à travers la question suivante :

- *Quelles sont les adaptations techniques et organisationnelles opérées dans les systèmes d'irrigation dans des conditions locales différenciées et changeantes ?*

Troisièmement, nous avons voulu caractériser le dialogue entre les industriels internationaux et les petits exploitants (utilisateurs), impliquant des intermédiaires de l'innovation, pour traduire la technologie d'irrigation goutte à goutte aux échelles locale et régionale et identifier les jeux de pouvoir entre les différentes parties. La question qui se pose ici est la suivante :

- *Quels dialogues peut-il y avoir entre les producteurs et les utilisateurs du goutte à goutte pour traduire la technologie aux conditions locales ?*

Quatrièmement, nous nous intéressons aux jeunes agriculteurs venus au sud, qui sont de retour au nord du pays, ayant quitté le système de production intensif du sud. Nous analysons les trajectoires de ces jeunes pour comprendre leur implication transitoire dans la plasticulture de Biskra, les facteurs favorisant/freinant leurs mobilités et le modèle d'agriculture dans lequel ils s'engagent au retour. Cet objectif sera abordé à travers la question suivante :

- *Quelles sont les facteurs déterminant les mobilités des jeunes agriculteurs et leurs perspectives après leur départ de Biskra ?*

1.3. Les transformations des modèles agricoles

Biskra comme ailleurs dans le Sahara algérien a subi plusieurs transformations de son paysage agricole. D'un modèle d'agriculture oasisienne souvent qualifiée de traditionnelle, en passant par les palmeraies modernes d'Oued Rhir pendant la colonisation, jusqu'aux modèles d'agriculture Saharienne promus depuis la deuxième moitié du 20^{ème} siècle. Ces transformations ont été accentués par l'accès massif à l'eau souterraine par pompage et la

création de nouvelles frontières agricoles, avec une agriculture combinant le palmier dattier en monoculture et du maraichage sous serres intensif (Côte, 2002; Khiari, 2002; Lakhdari & Dubost, 2011).

1.3.1. Le modèle d'agriculture oasienne

L'agriculture dans les régions sahariennes a longtemps reposé sur le modèle d'agriculture oasienne où le palmier dattier est intégré dans une agriculture à plusieurs étages et organisé autour d'un point d'eau, du fait de ses capacités d'adaptations dans des conditions difficiles. Ce modèle s'est construit dans le temps et s'adapte continuellement aux changements biophysiques et socio-économiques. L'écosystème étagé fût à la base de la pérennité de vie des populations dans ces régions, du fait qu'il offrait non seulement les dattes mais aussi l'habitat et la pratique d'autres cultures.

Sur le plan agronomique, le palmier dattier offre un microclimat favorable à une polyculture vivrière (céréales, fourrages, maraichage, cultures condimentaires, arboriculture et viticulture) en association avec un élevage caprin et ovin du type familial. L'oasis n'a pas été seulement un « *lieu habité isolé dans un environnement aride ou plus généralement hostile dont la localisation est liée à la possibilité d'exploiter une ressource, notamment l'eau, pour la pratique de l'agriculture irriguée* » comme le précisent Lévy & Lussault (2003), mais elle a aussi servi de relais au commerce caravanier (Hadeid et al., 2018). Depuis la fin de ce commerce vers la fin du 16^{ème} siècle, beaucoup d'oasis sont entrées dans une phase de déclin. En plus de la production de dattes, les autres spéculations étaient pratiquées à des fins d'autoconsommation et de quelques échanges commerciaux au niveau des marchés locaux. L'agriculture oasienne a contribué à satisfaire les besoins alimentaires des populations (Bisson, 2003).

Dubost & Larbi-Youcef (1998) s'interrogeaient il y a deux décennies sur la disparition de l'oasis, base vivrière traditionnelle des Ksour, et sur le fait que l'économie de subsistance laissait progressivement la place à l'économie du marché. Pourtant, Côte (2002) montrait que, paradoxalement, les nouvelles formes d'agriculture saharienne ne pouvaient émerger qu'en présence de « *solides paysanneries* » comme c'est le cas dans la région de Biskra. Partout ailleurs, la promotion de la mise en valeur saharienne a plutôt été vécue comme un échec (Otmame & Kouzmine, 2013). Dans un tel milieu hostile, les capacités d'adaptation de ces paysanneries semblent plus que nécessaire pour produire et vivre.

1.3.2. La transition aux nouvelles agricultures sahariennes

Dans les extensions en dehors des oasis, rendues possibles grâce à un accès à l'eau souterraine pompé, la priorité de l'irrigation et du travail est généralement donnée au palmier dattier. Le premier de ses atouts est sa formidable adaptation aux climats et aux milieux arides. Le palmier dattier qui avait un rôle d'offrir un microclimat à d'autres cultures est devenu une culture principale, souvent en monoculture, dans le paysage Saharien. Les palmeraies productrices de dattes à haute valeur marchande, en particulier la *Deglet Nour*, ont fait leur apparition. Des exploitations phoenicoles en monoculture appartenant exclusivement à des colons ont été créées d'abord principalement dans la Région de l'Oued Righ, répondant à des objectifs de production orientés principalement vers la variété commerciale de la *Deglet Nour* (Côte, 1998; Lakhdari & Dubost, 2011). Mais ces variétés ont aussi été introduites dans les oasis traditionnelles (Hamamouche, 2017). Pour insister sur la vigoureuse dynamique agricole de la culture phoenicole, un seul chiffre : le nombre de palmiers est passé de 5.5 à 12 millions entre 1955 et 2000 (Côte, 2002) et ensuite à 18,6 millions en 2016 dans le Sahara algérien (MADR, 2017).

L'agriculture saharienne connaît depuis la seconde moitié du 20^{ème} siècle un net développement, une diversification et une ouverture vers le reste du pays. Il s'est développé une « agriculture de marché » qui répond à deux logiques, l'une de proximité, c'est-à-dire qui s'ancre dans l'espace saharien, l'autre plus globale qui noue des relations avec l'ensemble du pays (Kouzmine, 2003). Dès lors s'est particulièrement développée de nouveaux modèles d'agricultures en lisière ou à distance des anciennes oasis, dont certains poussés par une politique publique visant à atteindre une suffisance alimentaire. Après l'indépendance, l'État a promu l'agriculture Saharienne, basée sur l'exploitation des ressources en eau souterraines, en particulier la céréaliculture irriguée par des pivots en tant que spéculation stratégique (Dubost, 1991). Par la suite, et grâce à la rencontre des politiques publiques avec l'initiative privée, s'est développé le palmier dattier en monoculture avec la variété lucrative *Deglet Nour*, ainsi que le maraichage suivant un calendrier complexe tout au long de l'année, en plein champ, ou protégé sous serres qui « freinent les vents et réduisent l'évapotranspiration » pour la production de primeurs (Côte, 2002). Ce dernier modèle, s'est développé sur des territoires spécifiques, en général proches de grands foyers de consommation, comme les Ziban, avec une ouverture vers le marché national.

L'amélioration des réseaux routiers est un facteur clé du développement de cette agriculture de marché. Par la rapidité croissante des échanges, elle a permis une diffusion plus facile des

productions fragiles et périssables comme les légumes et les fruits. La diversification de la production agricole est liée en partie à de nouvelles formes de mise en culture et d'irrigation (Côte, 2002). La « *plasticulture* » se développe, culture sous des tunnels de plastique standardisés (8 m x 50 m), où l'on cultive tomates, courgettes, poivrons, etc.

L'agriculture saharienne, en pleine transformation, est basée sur un potentiel énorme en ressources en eau et de capital humain. Cette paysannerie, très attachée à sa terre, et qui a au cours du temps capitalisé des savoir-faire, des techniques spécifiques adaptées au milieu constitue le pilier majeur de ce renouveau de l'agriculture saharienne. Cependant, cette agriculture attire aussi de nombreux acteurs extérieurs pour apporter capital, savoir-faire et main d'œuvre (Amichi et al., 2015). Aussi cette agriculture, est caractérisée par de nombreuses faiblesses, instabilité des ressources hydrauliques, fragilités économiques, et les risques liés au climat (Kouzmine, 2003).

1.3.3. La plasticulture de Biskra

Depuis le milieu des années 1980, la région de Biskra a diversifié sa vocation agricole, passant d'une agriculture oasisienne vers une production quasi-exclusive de dattes associée au maraichage tout au long de l'année (Dubost & Larbi-Youcef, 1998). Plus précisément depuis l'avènement de la mise en œuvre de la loi relative à l'Accession à la Propriété Foncière Agricole (APFA) en 1983, le développement agricole a permis un accroissement substantiel de la base matérielle de production et l'apparition de nouveaux systèmes reposant sur des techniques intensives en l'occurrence la culture sous serre, appelée localement « *plasticulture* », orientée essentiellement vers l'économie du marché. Dans ce contexte, les activités de recherche et de développement relatives au maraichage ont été définies, aussi bien pour les cultures sous serre que celles de plein champ (ITDAS, 2013).

Les légumes ont toujours eu leur place dans l'oasis, mais en très petite quantité, sur des parcelles minuscules, pour l'autoconsommation. Ce qui est nouveau est l'orientation de certaines régions sahariennes vers la production intensive du maraichage sous serre pour des primeurs. Ces systèmes maraîchers, inconnus dans les oasis traditionnelles, sont un fait récent, développé dans certains territoires spécifiques, ayant une large ouverture sur les marchés de consommation (Côte, 2002).

Grace à un ensemble de facteurs le maraichage sous serre ou « la plasticulture » a connu un développement rapide et massif dans plusieurs régions des Ziban : l'abondance d'eau, le climat saharien assurant des cultures de primeurs, et la proximité du Tell permettant l'écoulement de

la marchandise. Le programme d'accession à la propriété foncière (APFA) en 1983 a fait le reste en ouvrant le foncier à ceux s'engageant dans la mise en valeur agricole (Khiari, 2002).

Cette nouvelle dynamique repose exclusivement sur l'exploitation des eaux souterraines. Dans les zones arides où les précipitations se trouvent en dessous de l'isohyète de 200 mm, et face à des ressources hydriques superficielles limitées, l'exploitation des eaux souterraines reste le seul moyen pour parvenir à la satisfaction des divers besoins (Haouchine et al., 2010). L'existence d'un bon capital foncier, d'importantes ressources en eaux souterraines et un climat aride offre des conditions optimales permettant la précocité des produits.

Cette situation a impulsé de nouvelles dynamiques et a attiré de nouveaux acteurs - ouvriers, métayers et locataires - apportant capital, savoir-faire et main d'œuvre. Ces acteurs sont en général jeunes et porteurs d'innovations telles que le goutte à goutte en irrigation. Ils sont aussi initiateurs de nouvelles formes et modèles d'agriculture productifs et itinérants méconnus et invisibles aux yeux de l'Etat. Ces nouvelles dynamiques agraires qui reposent sur les eaux souterraines ne sont pas propres à l'Algérie, mais sont observés dans d'autres contextes désertiques en Afrique du Nord et au Moyen Orient, et même de façon plus générale à une échelle internationale (Moench, 2004; Shah, 2009). Shah (2009) parle d'une nouvelle économie agricole, née de l'exploitation des eaux souterraines pompées (le *groundwater economy*).

Cependant, le contexte de Biskra a ceci de particulier que le boom agricole continue à se dérouler sans ralentissement apparent depuis plus de 20 ans. Le développement du maraichage sous serres à Biskra s'accélère même (fig. 2). Cette figure (courbe globale) montre la vitesse de développement des superficies du maraichage sous serres mais aussi son accélération à partir de 2011. Une dynamique portée par des agriculteurs en mobilité (Amichi et al., 2015; Naouri et al., 2014). Souvent les nouveaux agriculteurs, porteurs de ces agricultures, sont peu connus, et très peu d'études décrivent leurs pratiques. Le recours à l'eau se fait à partir de forages informels, la location est pratiquée sur un foncier peu sécurisé et leur savoir-faire est particulièrement empirique. Ainsi, l'ensemble des stratégies qui régissent ces nouvelles dynamiques, est défini dans un cadre social et économique très local et informel.

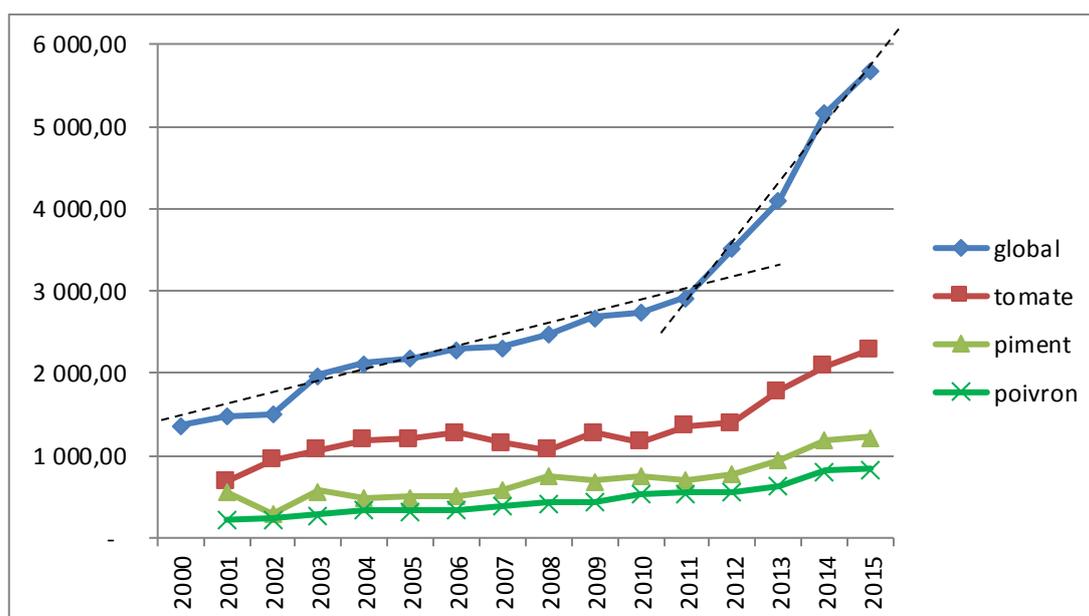


Figure 2. Évolution (en ha) des superficies de maraichage sous serres à Biskra (MADR, 2017)

A l'échelle régional des Ziban, le paysage agricole est loin d'être uniforme. A l'Ouest de Biskra, la commune d'El Ghrous connaît un système maraicher sous serre qui tend à se déplacer pour conquérir de nouvelles terres et laisser la place au palmier dattier en monoculture (Amichi et al., 2015). A l'Est, les communes de Mziraa et Ain Naga connaissent une intensification du maraichage sous serres, associée à des cultures de pleins champs et aux grandes cultures. Les premiers travaux dans la région font le constat d'adaptations perpétuelles des différentes composantes de la plasticulture (système d'irrigation, serre, pratiques agricoles et d'irrigation) par une diversité d'agriculteurs pour permettre cette expansion spatiale, et améliorer leurs systèmes de production. La plasticulture a ainsi pu trouver un terrain favorable pour se développer et attirer beaucoup d'agriculteurs et ouvriers, de différentes régions du pays, pour travailler dans la région et même investir dans le domaine. Dans les termes d'Akrich et al. (1988), les différents objets de la plasticulture, dont fait partie le goutte à goutte, ont su attirer un grand nombre d'alliés intéressés par la production, l'utilisation et la diffusion de la technologie, en l'adaptant à la diversité de besoins (évolutifs) des agriculteurs.

1.4. Description de la zone d'étude

1.4.1. Situation géographique

La wilaya de Biskra, capitale des *Ziban*, est située au Sud-Est de l'Algérie et plus exactement dans la partie Est du Sahara septentrional. Elle se trouve à une altitude de 124 m, sa latitude est de 34,48°N et une longitude de 05,44°E.



Figure 3. Situation géographique de la Wilaya de Biskra

Elle est limitée au nord par la wilaya de Batna, au nord-Est par celle de M'Sila, au sud par la wilaya d'El-Oued et au sud-Ouest par celle de Djelfa, elle s'étend sur une superficie de 216 712 km² (Monographie de la wilaya de Biskra, 2011).

Elle forme une région de transition du point de vue morphologique et bioclimatique. Ce passage se fait subitement au pied de l'Atlas saharien. Biskra, souvent appelé la porte du désert, constitue une zone charnière entre le sud et le nord algérien. Elle bénéficie des avantages climatiques du Sahara pour la production des primeurs tout en restant proche des villes du Nord du pays qui constituent un grand marché pour écouler la production agricole.

1.4.2. Relief

La wilaya de Biskra constitue la transition entre les domaines atlasiques plissés du Nord et les étendues plates et désertiques du Sahara au Sud. On passe d'un relief assez élevé et accidenté au nord à une topographie de plateau légèrement inclinée vers le Sud.

Le relief de la région de Biskra est constitué de quatre grands ensembles géographiques (ANAT, 2006) :

- **Les montagnes** : situées au nord de la région presque découvertes de toutes végétations naturelles (El-Kantra, Djemoura et M'Chounech).
- **Les plateaux** : à l'ouest, ils s'étendent du nord au sud englobant presque les daïrates d'Ouled Djelal, Sidi Khaled et une partie de Tolga.
- **Les plaines** : sur l'axe El-Outaya-Daoucen, se développent vers l'est et couvrent la quasi-totalité des daïrates d'El-Outaya, Sidi Okba, Zeribet El- Oued et la commune de Daoucen.
- **Les dépressions** : dans la partie sud-est de la wilaya de Biskra, (Chott Melghigh).

Les plateaux et les plaines constituent un potentiel foncier important au développement agricole, car ils ne nécessitent pas de grands travaux d'aménagement et nivèlement, que ça soit pour la mise en place de palmeraies ou du maraichage sous serres. Les exploitations de plasticulture sont installées généralement à proximité du réseau routier connecté aux agglomérations et marchés de gros.

La région de Biskra est drainée par une série de Oueds dont les plus importants sont Oued Djedi, Oued Biskra, Oued El-Arab et Oued El-Abiod. Souvent, la délimitation de la région de Biskra se fait en deux secteurs, qui correspond bien au développement du maraichage sous serre :

- La région Est que l'on appelle Zab Echergui où se développe la plasticulture intensive associée aux cultures maraichère de plein champ et grandes cultures ;
- La zone Ouest que l'on dénomme Zab El Gherbi où les serres sont en mobilité laissant de la place au palmier dattier en monoculture.

1.4.3. Le sol

L'étude morpho-analytique des sols de la région de Biskra montre l'existence de plusieurs types de sols. D'après des études pédologiques réalisées par Khachai (2001), les sols de la wilaya de Biskra présentent les caractéristiques suivantes :

- Les zones de montagne du Nord sont le siège de la formation des sols peu-évolués et peu fertiles.
- Les régions Sud sont surtout caractérisées par les accumulations salées, gypseuses et calcaires. Le sud-ouest est favorable pour la *Deglet Nour*. Les terres sont donc exploitées quelques années en plasticulture et puis converties en palmier dattier.
- Les régions Est sont définies par les sols alluvionnaires et les sols argileux fertiles. La région Est est plutôt favorable au maraîchage.
- Enfin, la plaine située au Nord-ouest de Biskra où les sols argileux-sodiques irrigués par les eaux fortement minéralisées.

1.4.4. Synthèse climatique

La synthèse climatique consiste ici à présenter la période sèche et la période humide par le biais du diagramme ombrothermique de Gaussen, ainsi que l'étage bioclimatique des régions d'étude grâce au climagramme pluviothermique d'Emberger. Elle montre comment le maraîchage sous serre a été favorisé par les conditions climatiques de la zone.

Diagramme ombrothermique de Gaussen

Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN met en évidence la notion des saisons humide et sèche. La figure 4 présente en abscisse les mois et en ordonnée les températures (T) et les précipitations (P) ayant une échelle double pour les premières tel que $P = 2 T$.

GAUSSEN considère qu'il y a une sécheresse lorsque les précipitations mensuelles exprimées en millimètres sont inférieures au double de la température moyenne mensuelle exprimée en degrés Celsius (Dajoz, 1971).

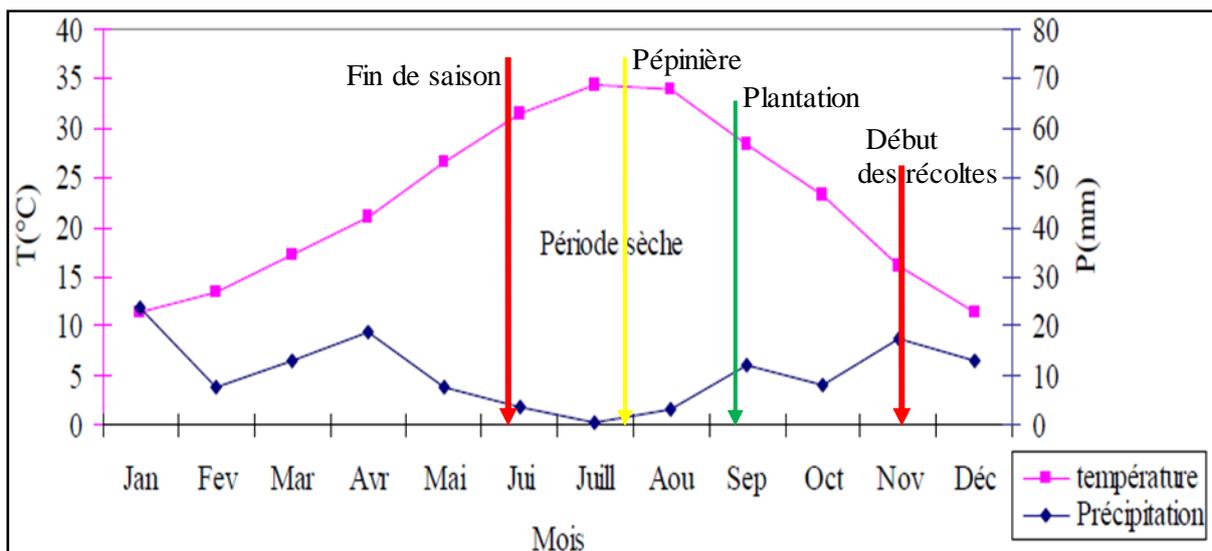


Figure 4. Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Biskra durant la période 1995 – 2012.

L'analyse du diagramme montre que la période sèche dans la région de Biskra durant la période 1995 à 2012 s'étale presque sur toute l'année, elle est plus accentuée en été. Si nous superposons le calendrier cultural des tomates sous serres, par exemple, sur le diagramme, nous constatons que la saison de culturale est durant la période où les températures sont plus les convenables pour développement de la culture. La période des températures extrêmes (juillet-aout) complique la production agricole, ce qui explique pourquoi la préparation des pépinières se fait généralement plutôt dans le Nord du pays (Alger, Boumerdes et Tipaza) et non pas sur place.

Climagramme d'Emberger

La formule du quotient pluviométrique d'Emberger a été modifiée par Stewart (1969) et est comme suite :

$$Q = 3,43 \times P / M - m$$

- P : les précipitations annuelles en mm.
- M : la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud.
- m : la moyenne des températures minimales du mois le plus froid.

Pour une approche bioclimatique de la région de Biskra durant la période de 1995 à 2012, la valeur de ce quotient est de 16,38 où P est égal à 129,44 mm ; M à 36,4 °C et m à 9,3 °C.

En rapportant cette valeur sur le climagramme d'Emberger (Fig. 5) la région de Biskra se situe dans l'étage bioclimatique saharien à hiver chaud, ce qui est important pour la production de primeurs, et se caractérise par des précipitations faibles, de fortes températures, une grande luminosité et une évaporation intense.

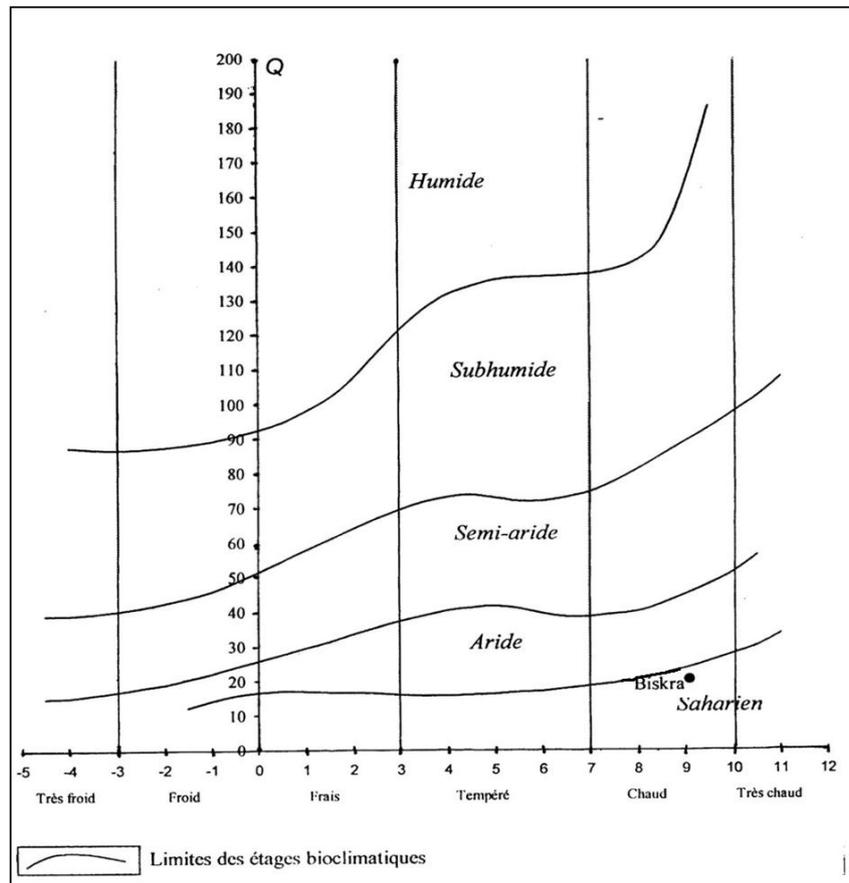


Figure 5. Localisation de la région de Biskra sur le Climagramme.

1.4.5. Potentialités en eau

Eaux souterraines abondantes, réseau hydrographique important et existence de deux barrages, la région des Ziban recèle donc d'énormes potentialités en eau. La wilaya de Biskra, qui englobe une grande partie des Ziban, comprend trois grands sous bassins : la vallée d'oued Djeddi, la cuvette d'El Outaya et la plaine de Biskra. Le potentiel de la wilaya est de l'ordre de 2113,86 Hm³/an dont 96,6% (soit 2042,43 Hm³/an) des potentialités proviennent des eaux souterraines (ANRH, 2010). En termes d'utilisation des ressources, 873,1 Hm³ d'eau étaient exploités en 2012 dont 710,28 Hm³ (soit 81%) pour l'agriculture (ABHS, 2012), sur une superficie totale irriguée de 102 503 ha (MADR, 2012).

La wilaya de Biskra présente plusieurs réservoirs aquifères d'importance, bien distincte de par leur constitution lithologique, leur structure géologique et les facilités d'exploitation qu'ils présentent. La lithologie et les considérations hydrodynamiques permettent d'individualiser 4 unités aquifères principales :

- La nappe phréatique du Quaternaire

- La nappe des sables du Mio-pliocène et Pontien
- La nappe des calcaires et de l'Eocène inférieur et Sénonien
- La nappe des grès du Continental Intercalaire

Répartition des points d'eau

Amichi et al. (2019) ont réalisé un inventaire des forages dans la commune d'El Ghrouss. Sur les 1320 forages recensés, seulement 200 étaient autorisés formellement. Le recensement de forages exploités n'est jamais exact à cause des forages informels. Selon Daoudi et al. (2017), la wilaya de Biskra compte 17 000 forages, dont 8000 seulement réalisés avec l'autorisation des autorités compétentes. La carte ci-dessous représente la répartition des points d'eau dans la wilaya de Biskra :

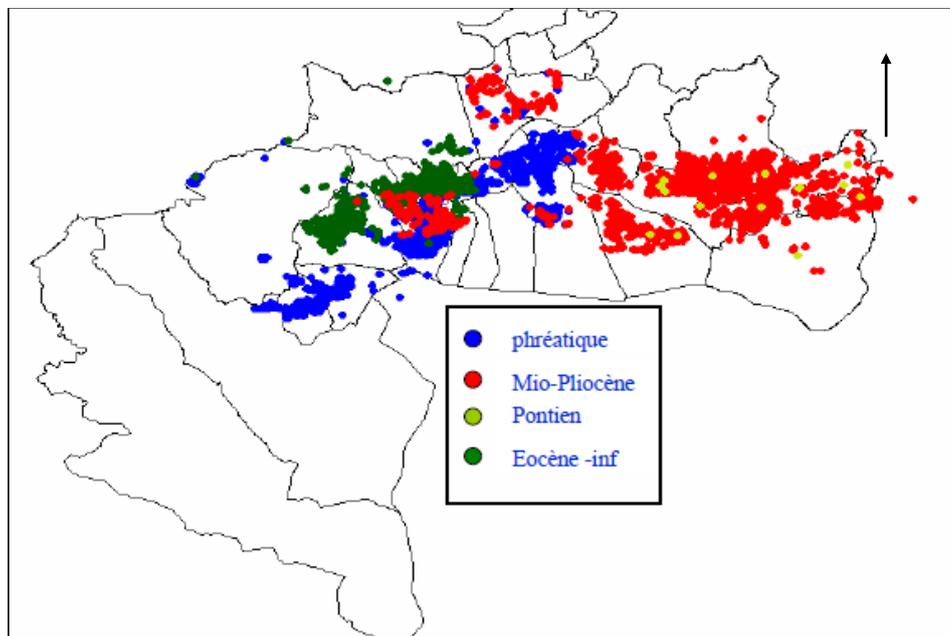


Figure 6. Carte de répartition des points d'eau Biskra. (ANRH, 2011)

Le volume d'eau soutiré par nappe et par usage

Selon la Direction des Ressources en Eau (DRE), la grande partie du volume exploité des nappes est mobilisé par le secteur agricole. La nappe Mio-pliocène seule représente les 47% du volume total ; ensuite vient celle de l'Eocène inférieur avec 28%, la nappe du quaternaire avec 12% et enfin l'Albo-barrémien 7%. Le volume pompé du reste des nappes est insignifiant et ne correspond qu'à 6% du volume total mobilisé pour l'irrigation. La répartition par usage (exprimé en %), du volume total soutiré de l'ensemble des aquifères est présenté en tableau 1.

Tableau 1. La répartition par usage (exprimée en %) du volume total soutiré de l'ensemble des aquifères dans la région de Biskra

	Irrigation	Alimentation en Eau Potable (AEP)	Industrie
Pourcentage (%)	89.39	10.47	0.13

Source : DRE Biskra, 2015

1.4.6. Choix de la zone d'étude

Dans cette étude nous nous intéressons au système de production du maraichage sous serres. Notre choix a abouti sur la base de plusieurs critères. Premièrement, c'est un système irrigué en vaste majorité en mode goutte à goutte. Deuxièmement, il est considéré comme un système d'entrée pour les différentes catégories d'agriculteurs, petits et grands, métayers ou locataires... (Amichi et al., 2015), où nous pouvons rencontrer plusieurs situations socio-économiques et organisationnelles à l'intérieur des exploitations concernées par ce système de production. Troisièmement, cette agriculture en plein expansion est orientée vers un marché de primeurs demandeur et concurrentiel. Cette situation va pousser les agriculteurs à être plus performants et donc innovants, ce qui peut intéresser aussi des acteurs économiques de la filière : fournitures d'intrants, conception des systèmes irrigués ou serres, etc.

Sur la base des statistiques communiquées par les services agricoles et à dire d'experts, l'objectif est de travailler sur les zones où il y a eu un fort développement de la plasticulture et qui représentent la diversité des modèles de plasticulture (Naouri et al., 2014). Nous avons abouti au choix de trois communes : El Ghrous pour le Zab Gharbi, et M'ziraa et Ain Naga pour le Zab Chergui (fig. 7). Les deux plus gros marchés de légumes à Biskra se trouvent dans ces communes à savoir : le marché d'El Ghrous et le marché de Mziraa (au Sud de la commune).

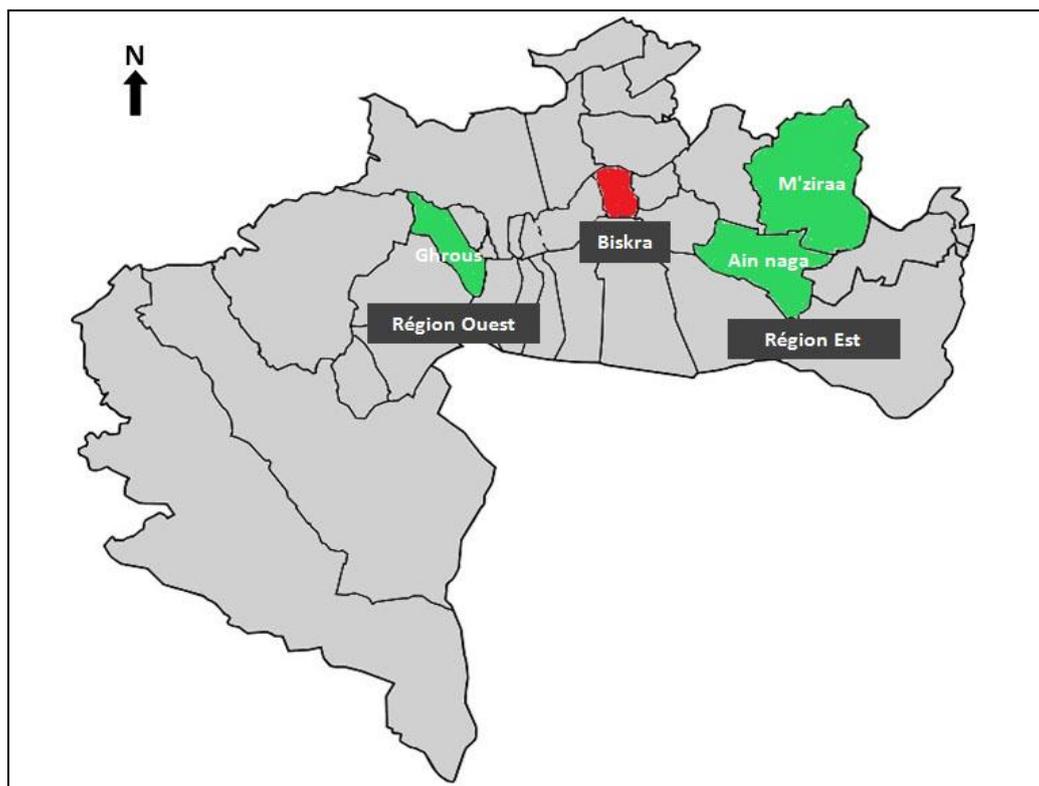


Figure 7. Situation Géographique des communes d'Elghrouss, Ain Naga et M'ziraa dans la wilaya de Biskra.

1.5. Méthodologie et cadre d'analyse

Nous avons établi un cadre d'analyse pour étudier les processus d'innovation ouverte dans la plasticulture à Biskra. Ceci en tenant compte des facteurs importants du changement technologique ; de la croissance rapide des marchés ; des nouveaux régimes économiques tels que la libéralisation du commerce international et de l'intégration du commerce régional ; la croissance de l'investissement privé et l'appropriation des connaissances, des informations ; et de la technologie. La figure 8 montre l'organisation du cadre d'analyse qui met, en premier lieu, au centre de l'analyse le réseau sociotechnique à savoir les principaux acteurs - les agriculteurs utilisateurs de ces technologies, les fabricants ou industriels et les intermédiaires reliant ces acteurs - en lien avec les systèmes d'irrigation utilisés dans la plasticulture. En deuxième lieu, les principaux axes d'analyse : a) l'analyse des trajectoires et des capacités d'innovation des agriculteurs, b) l'analyse technique de la technologie d'irrigation, et c) l'analyse des stratégies de développement et des solutions des industriels. Et enfin, les processus faisant objet de notre analyse pour chaque axe : a) le processus de l'innovation technique local menée par les agriculteurs, b) les adaptations des fabricants, et c) la traduction de l'innovation.

Axe 1 : analyse des trajectoires des jeunes agriculteurs et leurs capacités d'innovation

Cet axe d'analyse est dédié principalement à l'analyse des trajectoires des jeunes agriculteurs, utilisateurs des systèmes d'irrigation dans le maraichage sous serres. Ceci englobe l'ensemble des catégories des agriculteurs impliquées dans le maraichage sous serres à savoir : métayers, locataires et les propriétaires. Nous étudions un ensemble de trajectoires socioprofessionnelles de jeunes (Sumberg et al., 2012) qui intègrent ce modèle agricole en pleine expansion. Nous avons étudié, d'un côté, leur accès aux ressources productives (eau, terre, capital) et leur rôle dans le façonnage de nouveaux systèmes de production sous serre. Le point d'entrée de l'analyse était les pratiques agricoles et les pratiques d'irrigation (Darré et al., 2007; Papy, 1998). D'un autre côté, nous avons analysé leur capacité d'innovation, en particulier en relation avec l'objet technique du goutte à goutte (Klerkx et al., 2009; Sumberg et al., 2012) et de génération du capital financier et technique indispensable pour la poursuite de leurs parcours d'ascension socioprofessionnelle.

Axe 2 : Analyse technique de la technologie d'irrigation

Dans cet axe d'analyse nous focalisons sur les technologies d'irrigation, en mobilisant notre expertise de génie rural pour analyser les adaptations réalisées sur les systèmes d'irrigation goutte à goutte (Goldberg & Shmueli, 1970). Nous avons décomposé les systèmes d'irrigation en systèmes de régulation, de fertigation et de distribution et nous avons analysé les nouvelles composantes individuellement d'un point de vue hydraulique (Goldberg et al., 1976) dans l'objectif de comprendre les raisons des adaptations, leurs utilités et les conditions permettent la réingénierie de la technologie. Ceci en tenant en compte des configurations proposées par les concepteurs à travers les systèmes d'irrigation subventionnés promus dans le cadre des programmes de développement ou par les fabricants et les innovations menées par les acteurs locaux et qui connaissent une large diffusion.

Axe 3 : Analyse des interactions et les dialogues entre les concepteurs et les utilisateurs finaux

Nous analysons les stratégies de développement des fabricants des équipements d'irrigation de goutte à goutte, en mobilisant la littérature sur l'innovation, et en particulier la théorie de l'acteur-réseau (Akrich et al., 1988; Callon, 1986). Celles-ci sont mises en œuvre pour comprendre et répondre aux besoins des agriculteurs à travers les interactions et les dialogues entre les concepteurs et les utilisateurs finaux. Nous étudions les dialogues de la traduction de la technologie (Garb & Friedlander, 2014; Hermans et al., 2013) et les rapports de forces dans

les différentes instances du processus de l'innovation : problématisation, intéressement, enrôlement et mobilisation (Callon, 1986), tout en mettant en évidence le rôle des différents intermédiaires de l'innovation (Klerkx et al., 2009) dans l'amélioration de la technologie d'irrigation goutte à goutte.

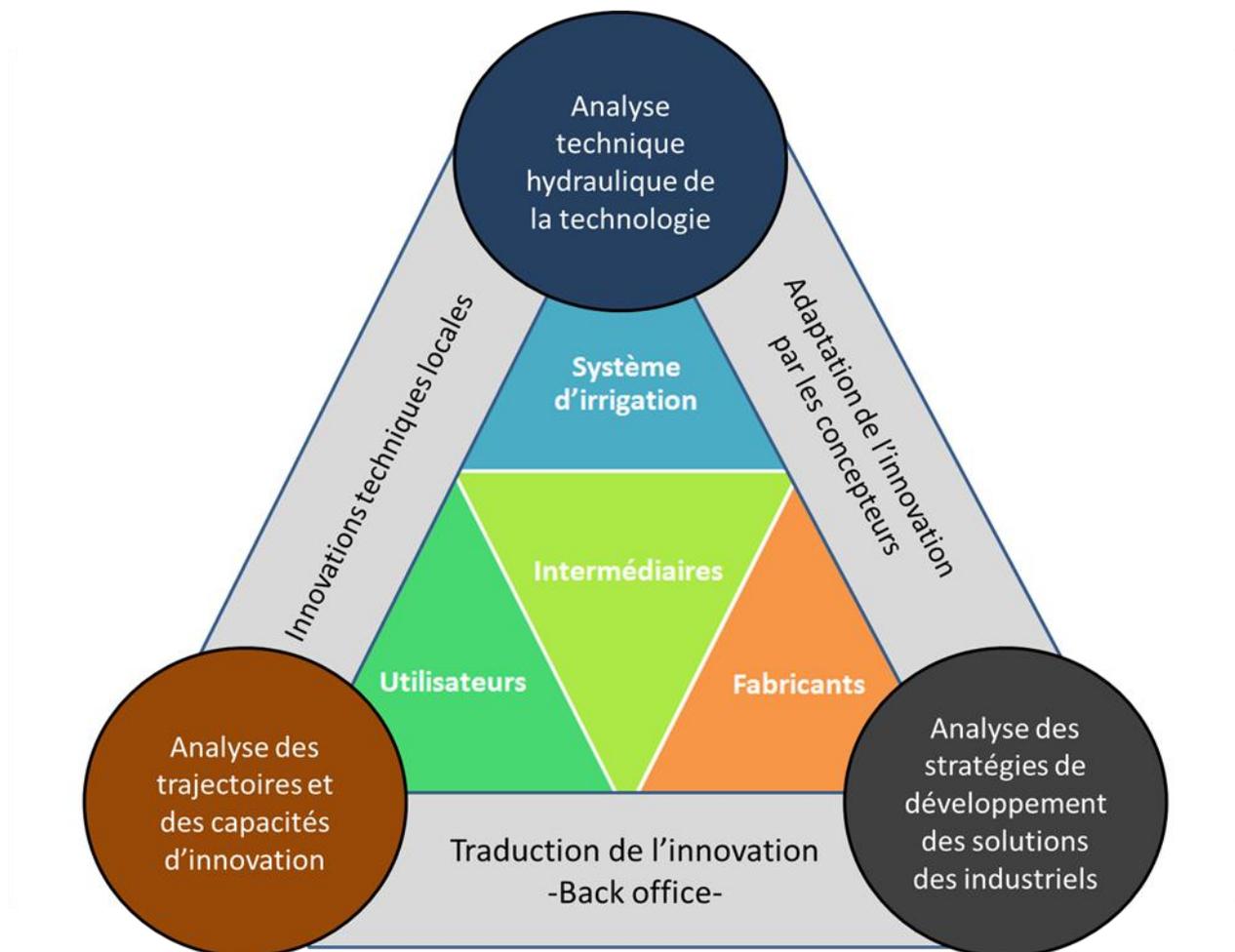


Figure 8. Cadre d'analyse du réseau sociotechnique autour des systèmes d'irrigation

Les petits exploitants ont des objectifs multiples et évolutifs lors de l'adoption de nouvelles technologies d'irrigation, y compris les économies d'eau, l'amélioration de la productivité agricole et l'amélioration des moyens de subsistance. A Biskra, nous n'avons pas assisté à toute l'historique du processus de l'innovation autour du goutte à goutte, un processus qui a commencé il y a plusieurs années. Pour cela, nous avons utilisé l'approche de l'historique de l'innovation comme une méthode d'enregistrement et de réflexion sur les processus d'innovation qui fait partie d'un processus plus large d'apprentissage institutionnel et de changement.

Selon Nelson & Winter (1982), l'apprentissage organisationnel est fondé sur des routines selon des processus d'essais et erreurs aboutissant à une capacité à résoudre des problèmes. Notre cadre d'analyse met en lumière les relations complexes entre les différents acteurs et la nature d'apprentissage organisationnel des agriculteurs que ce soit de leur environnement (environnement économique, concurrents), de soi-même (expérience, innovation ou erreurs passées) ou de leurs partenaires (alliances, partage de connaissances). Dans ce sens, nous avons opté pour une analyse qualitative du fonctionnement de exploitations agricoles des jeunes en mobilités et leurs pratiques pour la compréhension du rôle des mobilités dans la diffusion de l'innovation et le développement des capacités d'innovation.

Ce cadre d'analyse rend aussi visible les conséquences de la configuration de ces systèmes d'innovation ouverte. Les conséquences sociales et environnementales à travers les trajectoires des jeunes et leurs perceptions quant à leur avenir dans les modèles de production intensifs. Les conséquences économiques sont en lien avec la génération des capitaux et l'évolution du marché de la plasticulture. Enfin, l'évolution de la technologie devient visible, ainsi que les multiples adaptations apportées au système d'irrigation goutte à goutte.

Nous avons mobilisé l'approche d'analyse du réseau sociotechnique (Akrich et al., 2002a; Callon, 1990; Latour, 1990; Law, 1999) qui nous permet d'étudier les interactions entre les systèmes d'irrigation, les utilisateurs, les fabricants et les intermédiaires, en fournissant des outils pour visualiser et analyser les relations. Ceci à travers une matrice croisant les acteurs impliqués dans chacune des étapes du processus de l'innovation (problématisation, intéressement, enrôlement et mobilisation) avec les instances du calendrier de construction de l'innovation. Dans le contexte de l'innovation, cette approche fournit une méthodologie pour caractériser, mesurer et cartographier les relations entre les acteurs et analyser les changements dans ces relations et les flux des connaissances. Nous avons estimé qu'il est aussi important de comprendre le mécanisme des jeux de pouvoir dans les réseaux sociotechniques pour comprendre comment se gèrent les tensions entre les acteurs producteurs de solutions innovantes que ce soit les concepteurs ou les agriculteurs (fig. 9). A travers cette approche, nous avons analysé des interactions et des dialogues entre les différents acteurs, depuis les utilisateurs finaux jusqu'aux fabricants, pour l'amélioration de la technologie d'irrigation au goutte à goutte tout en les comparant avec les autres domaines d'innovation dans la plasticulture : semences, engrais et produits phytosanitaires.

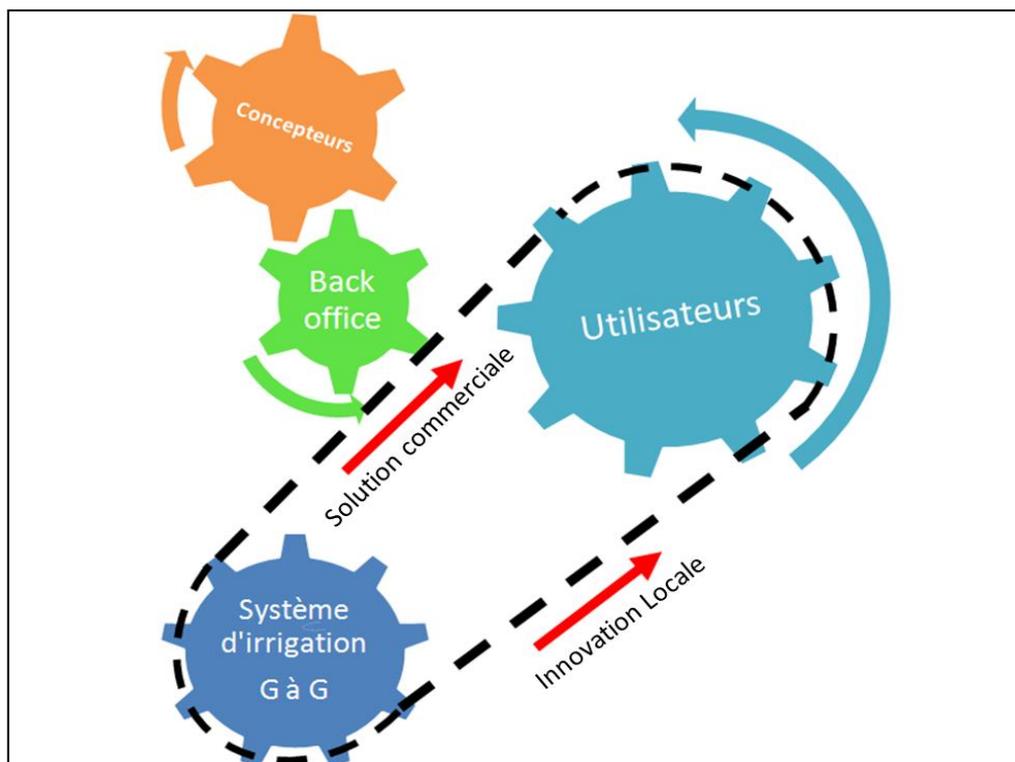


Figure 9. Enjeux de pouvoir entre les acteurs du réseau socio-technique

En utilisant l'analyse descriptive comme un catalyseur pour débattre le changement avec les différents acteurs concernés, nous avons fait appel à une combinaison de nos connaissances en sciences agronomiques et hydraulique agricole pour comprendre les pratiques des agriculteurs et le fonctionnement des systèmes d'irrigation dans les exploitations agricoles avec un cadre d'analyse mobilisant l'approche d'analyse du réseau sociotechnique pour la compréhension du processus d'innovation et les interactions dans le réseau sociotechnique. Ceci nous a aidé à répondre à la question principale : Comment les petits agriculteurs en mobilités (géographiques et socioéconomiques) contribuent à la traduction et au transfert des innovations des systèmes d'irrigation dans et au-delà des Systèmes d'Innovation Locale ?

1.6. Organisation de la thèse

Cette thèse est structurée en six chapitres. Elle commence par une introduction générale, suivie de quatre chapitres traitant les sous-questions de la problématique. Ceux-ci ont fait l'objet de publications scientifiques. La thèse se termine avec une conclusion générale (fig. 10).

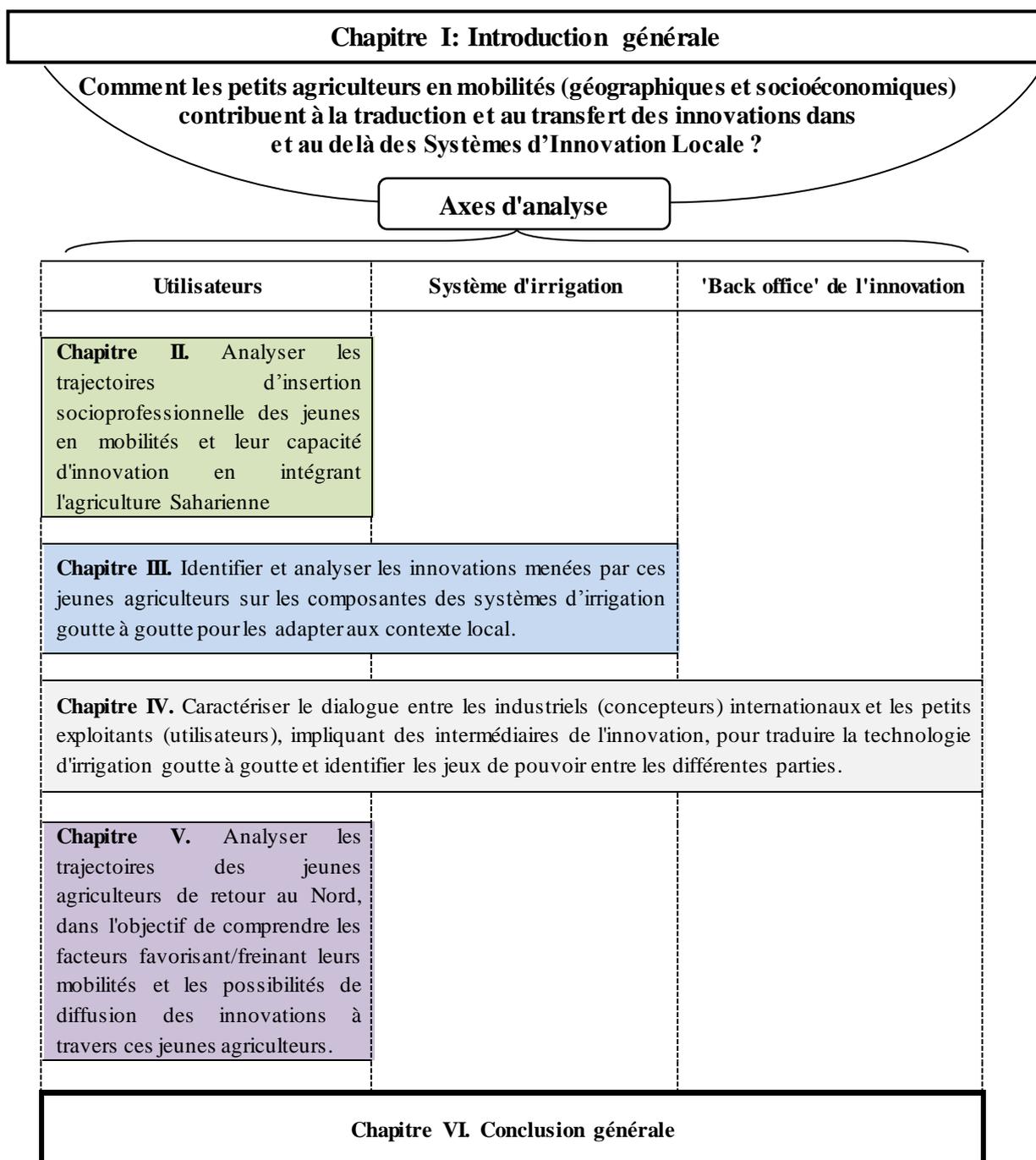


Figure 10. Organisation de la thèse

Le premier chapitre constitue l'introduction générale de thèse. Partant d'un contexte général, nous présentons notre problématique et les objectifs de recherche, nous explorons les domaines de référence de la thèse et proposons un cadre d'analyse à mettre en œuvre.

Dans le deuxième chapitre, nous focalisons sur les trajectoires d'insertion socioprofessionnelle de jeunes ruraux en mobilités (géographique et socio-économique) dans les nouvelles

agricultures sahariennes. L'objectif est d'analyser leurs trajectoires et le fonctionnement de leurs exploitations agricoles et leur capacité d'adaptation et d'innovation. Nous nous sommes intéressés aussi aux interactions avec les jeunes autochtones et le rôle de leurs mobilités dans la diffusion de l'innovation.

Le troisième chapitre s'intéresse aux adaptations techniques des systèmes d'irrigation menées par ces jeunes agriculteurs. L'objectif de ce chapitre est d'analyser l'innovation locale menée par les agriculteurs, dans un contexte de maraichage sous serre particulièrement évolutif. Ce chapitre décrit les différentes adaptations des systèmes d'irrigation goutte-à-goutte en plasticulture à Biskra, notamment des châteaux d'eau construits localement pour réguler la pression et faciliter l'organisation des tours d'eau, et des micro-unités de fertigation desservant les serres individuellement.

Dans le quatrième chapitre, nous avons voulu analyser les dialogues entre les agriculteurs et les fabricants de matériel et commerçants d'intrants du maraichage sous serre. Le but de ce chapitre est d'analyser les multiples dialogues entre les fabricants internationaux et les petits exploitants qui utilisent l'irrigation goutte à goutte et de caractériser les jeux de pouvoir entre les différents acteurs. Ceci dans l'objectif d'identifier les différents intermédiaires impliqués dans les dialogues d'innovation, les canaux de dialogues et les tensions qui peuvent avoir lieu dans ce réseau sociotechnique.

Le dernier chapitre a été consacré à l'analyse des parcours des jeunes agriculteurs qui ont eu une expérience à Biskra et par la suite ont choisi de rentrer à Tipaza. Une analyse des trajectoires depuis le départ jusqu'au retour à la terre d'origine permet de comprendre les facteurs favorisant/freinant la mobilité de ces jeunes et les possibilités de diffusion des innovations et de créations de nouveaux liens entre Tipaza et les nouvelles agricultures Sahariennes. Elle questionne aussi leur engagement dans une agriculture hautement productive et rentable qu'ils délaissent pour aller vers des formes d'agriculture plus raisonnées.

Chapitre 2

Mobilités des jeunes ruraux pour intégrer les nouvelles agricultures sahariennes (Biskra, Algérie)

Ce chapitre a été publié sous forme d'article dans la revue Cahiers Agricultures :

Naouri, M., Hartani, T., & Kuper, M. (2015). Mobilités des jeunes ruraux pour intégrer les nouvelles agricultures sahariennes (Biskra, Algérie). *Cahiers Agricultures*, 24(6), 379-386.

doi:10.1684/agr.2015.0778

Chapitre 2. Mobilités des jeunes ruraux pour intégrer les nouvelles agricultures sahariennes (Biskra, Algérie)

Dans ce premier chapitre, nous proposons de contribuer au débat sur les capacités d'action et d'innovation des jeunes agriculteurs à travers une étude de cas particulièrement intéressant dans la région de Biskra dans le Sahara Algérien. Depuis une quinzaine d'années, la migration de jeunes ruraux du nord de l'Algérie à la recherche de nouvelles opportunités en agriculture dans le Sahara a stimulé l'essor de la production maraichère sous serre. Ce flux va à contre-courant du discours dominant sur le délaissement de l'agriculture par les jeunes ruraux.

Nous étudions dans ce chapitre un ensemble de trajectoires socioprofessionnelles de jeunes qui intègrent à Biskra un territoire agricole en pleine expansion. Des entretiens ont été réalisés avec 42 agriculteurs pour l'analyse de leurs trajectoires et du fonctionnement de leurs exploitations. Les jeunes agriculteurs ont pu accéder aux ressources productives (eau, terre, capital) et façonner de nouveaux systèmes d'agricultures sous serre qui génèrent du capital financier et technique indispensables pour la poursuite de leurs parcours. Les jeunes autochtones apprennent à côté des jeunes du nord venu avec un savoir-faire obtenu dans leurs territoires d'origine.

Nous montrons que les jeunes agriculteurs font preuve d'une forte capacité d'adaptation et d'innovation et facilitent la diffusion des nouvelles techniques du fait de leur mobilité. Ces jeunes améliorent leur statut socioprofessionnel chemin faisant et conjuguent au final leur activité professionnelle en agriculture avec leur vie privée désormais citadine.

2.1. Introduction

Des travaux récents soulignent le délaissement de l'activité agricole par les jeunes ruraux, qui contraste avec un niveau élevé de chômage en milieu rural (White, 2012). En effet, les jeunes ruraux en Afrique ne percevraient pas un avenir prospère dans le secteur agricole, principalement parce que les activités agricoles ne sont pas suffisamment rémunératrices et que les zones rurales manquent d'infrastructures et de services sociaux (MIJARC, 2012). Le même rapport nuance ce propos en disant que beaucoup de jeunes ruraux, très conscients de la situation, sont pleins d'espoir et d'énergie pour renverser la tendance et créer une « nouvelle réalité rurale ». Il est donc important d'analyser les parcours des jeunes ruraux qui s'engagent en l'agriculture en analysant les raisons de la réussite ou échec de leur insertion en tant qu'agriculteur.

Sumberg et al. (2012) montrent qu'il y a peu de travaux sur la question des jeunes en agriculture en Afrique, mais que surtout peu de travaux s'intéressent à leurs capacités d'action et d'innovation. En effet, la plupart des études portent sur les facteurs attirant les jeunes vers la ville, tels que les services d'éducation et de santé ou encore la perspective d'emplois mieux rémunérés et correspondant à un statut social considéré comme plus élevé, ou sur les facteurs écartant les jeunes de l'activité agricole, comme l'accès problématique à des ressources productives (*ibid.*). En outre, ces travaux sous-estiment les mouvements pendulaires des jeunes entre ville et campagne dont le choix de « *partir* » est souvent réversible (Ftouhi et al., 2015). White (2012) propose trois raisons expliquant pourquoi les jeunes se détournent de l'agriculture, que nous mettons en débat dans cet article : 1) la difficulté d'accès aux ressources productives, en particulier le foncier, 2) le faible intérêt des Etats pour la « petite » agriculture et pour la modernisation des infrastructures rurales sociales et productives, 3) la sous qualification de la jeunesse rurale par le système d'éducation, où les compétences agricoles sont négligés et agriculture elle-même déconsidérée comme voie professionnelle.

Dans cet article, nous explorons les parcours de jeunes ruraux, qui tentent de construire un avenir en agriculture par la mobilité géographique. En Algérie, la proportion des moins de 30 ans est estimée à 70% de la population totale et il existe un fort taux d'exode rural. Le gouvernorat de Biskra dans le Sahara Algérien fait figure d'exception avec un taux de croissance démographique annuel d'environ 5% entre 1987 et 2008 selon les chiffres officiels. En parallèle, elle a connu un développement agricole soutenu avec l'expansion de la phoeniciculture et l'émergence de systèmes maraîchères sous serre (Côte, 2011). Nous faisons

l'hypothèse que les jeunes agriculteurs, ceux natifs du Sahara algérien comme ceux venant d'autres régions du pays, contribuent fortement aux nouvelles dynamiques agricoles par leurs mobilités et leurs capacités d'adaptation et d'innovation. Selon Dumartin (1995), la mobilité des jeunes est liée à des étapes d'entrée dans la vie « adulte » et répond davantage à des motifs d'ordre professionnel quand elle se réalise sur de grandes distances. Ces jeunes empruntent de multiples trajectoires dans leur quête d'insertion socioprofessionnelle, qui est une « *condition nécessaire à l'atteinte de l'autonomie financière et affective tout comme elle est une voie quasi incontournable d'accès à la citoyenneté* » (Fournier & Pelletier, 2002). L'objectif de l'article est d'analyser les trajectoires d'insertion socioprofessionnelle des jeunes agriculteurs en mobilité et leur rôle dans le façonnage des nouvelles formes d'agriculture dans le Sahara Algérien.

2.2. Méthodologie

Réputée pour sa production de dattes de grande qualité (la variété *Deglet Nour*), Biskra a connu un développement rapide du maraichage sous serre, de 1370 ha en 2000 à 3524 ha en 2013, ce qui représente près de 90 000 serres selon les statistiques agricoles. L'étude a porté sur deux régions à l'ouest et l'est de Biskra ayant deux dynamiques agricoles différentes (fig. 11). A l'Ouest (commune d'El Ghrous), la dynamique agricole est caractérisée par un système mixte combinant deux logiques d'exploitation: (i) le maraichage sous serre conduit par des locataires et des métayers ayant pour objectifs une accumulation rapide du capital et l'ascension socioprofessionnelle (ii) des propriétaires terriens autochtones visant à terme à développer la production de dattes par l'extension des palmeraies (Amichi et al., 2015). A l'Est (communes de M'ziraa et Ain Naga), la dynamique concerne le maraichage sous serre ainsi que les cultures de plein champ et les céréales irriguées, mais concerne peu le palmier dattier moins rentable dans cette région pour des raisons pédoclimatiques.

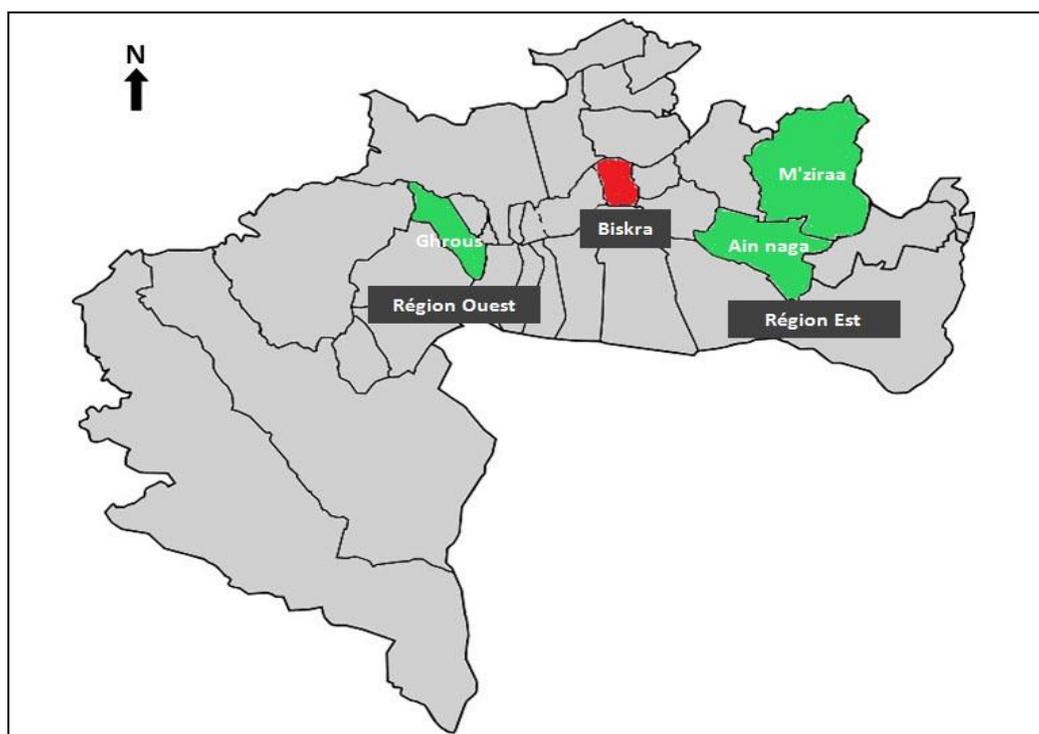


Figure 11. Carte de situation des régions étudiées

Des entretiens ont été réalisés avec 42 agriculteurs entre décembre 2012 et juin 2013 (Tableau 2). Notre échantillon est composé de 22 jeunes agriculteurs âgés de 20 à 35 ans, considérés comme « jeunes » selon la grille de l'ANSEJ (Agence Nationale de Soutien à l'Emploi des Jeunes), et de 20 agriculteurs de plus de 35 ans avec lesquels nous avons discuté de leur trajectoire passée, et qui emploient des jeunes sur leurs exploitations. Nous entendons par « jeunes agriculteurs » les différentes catégories professionnelles en position de prendre des décisions stratégiques sur la conduite de l'exploitation agricole, ce qui exclut les ouvriers agricoles.

Tableau 2. Caractéristiques de l'échantillon d'agriculteurs interrogés.

	Statut de l'agriculteur			Origine		Région	
	Propriétaire	Locataire	Locataire et métayer	Allochtone	Autochtone	Est	Ouest
< 35 ans	11	8	3	11	11	9	13
> 35 ans	18	2	0	7	13	13	7

Ces entretiens ont permis de réaliser une analyse qualitative du fonctionnement de leurs exploitations et les pratiques de production, et d'établir les trajectoires socioprofessionnelles et les perceptions des jeunes quant à leur avenir dans l'activité agricole. Dans chaque région, les agriculteurs ont été sélectionnés pour représenter une diversité de statuts et de trajectoires

socioprofessionnelles : propriétaire (*Moulchi*), locataire (*Kerray*) et métayer (*Fellah*). Beaucoup de jeunes *locataires et métayers* ne sont pas déclarés et pas visibles pour les services étatiques de l'agriculture (Imache et al., 2009). Pour les rencontrer, il a fallu passer par des intermédiaires comme les vendeurs d'intrants, les conseillers et agriculteurs propriétaires.

Nous présentons d'abord l'implication des jeunes agriculteurs dans les différents systèmes de maraîchage sous serre dans la région de Biskra. Ensuite, nous revenons sur les trajectoires socioprofessionnelles et la mobilité géographique des jeunes et ses effets sur les dynamiques agricoles et les processus d'innovation.

2.3. Résultats

2.3.1. Rôle des jeunes dans les différents systèmes de maraîchage sous serre

Le maraîchage sous serre s'est répandu dans la région de Biskra depuis les années 1980 et a dû s'adapter aux divers environnements physiques et conditions socio-économiques des agriculteurs. On trouve alors trois systèmes de maraîchage sous serre (tableau 3).

Tableau 3. Trois systèmes de maraîchage sous serre à Biskra

Système Paramètre	Mobile « front pionnier »	« Fixe intensif »	« Hyper intensif »
Serres	100-240 serres tunnel (400 m ²)	40-50 serres tunnel (400 m ²)	Serres Canariennes (1-6 ha)
Systèmes de culture	Maraîchage sous serre sans rotation pendant 3 ans, puis conversion en phoéniculture par le propriétaire	Maraîchage sous serre en rotation avec cultures de plein champ (fèves, maraîchage, céréales)	Maraîchage sous serre sur palissage sans rotation
Acteurs	Production confiée à des locataires, qui investissent dans des serres et s'associent à des métayers	Les serres appartiennent aux propriétaires qui s'associent à des métayers	Les serres appartiennent au propriétaire ou au locataire ; ceux-ci s'associent à des métayers
Région	Ouest	Est et Ouest	Est
Revenu brut/ha/saison	Propriétaire : 5 400€ Locataire : 54 000€ Métayer : 13 500€	Propriétaire : 54 000€ Métayer : 13 500€	Propriétaire ou locataire : 90 000€ Métayers : 22 500€

Système mobile de front pionnier : point d'entrée des jeunes, produisant capital et savoir-faire

La mise en place de ce système commence par l'investissement d'un propriétaire dans l'accès à l'eau souterraine (forage) et la distribution de l'eau jusqu'aux emplacements de futures serres « tunnels » (8 m x 50 m) sur la parcelle qu'il a défrichée, nivelée puis aménagée. Par la suite, le propriétaire loue les emplacements de serre à des locataires, qui peuvent ou non employer à leur tour des jeunes métayers. Les *locataires* mobilisent des capitaux (location des terres avec l'accès à l'eau, achat des serres en plastique, intrants, prise en charge des métayers) et disposent d'un savoir-faire; ils font appel à des *métayers* disposant d'un savoir-faire ou à des ouvriers journaliers.

Ce système constitue le principal point d'entrée des jeunes, les métayers et les locataires, dans la filière maraichère. Cette entrée est possible grâce à la fourniture aux locataires de facteurs de production (terre, eau) par le *propriétaire* et des intrants à crédit par les grainetiers, en attendant la récolte. Ce système intéresse les jeunes agriculteurs avec un savoir-faire et à la recherche de gains rapides car ils ne sont pas obligés de faire des investissements pour l'accès à la terre et l'eau. Par ailleurs, la location par emplacement de serre (de 400 m² en moyenne) favorise de petits locataires (souvent jeunes) qui n'ont pas encore constitué un capital important. Ce système de maraichage couvre les deux tiers de la superficie cultivée sous serre à El Ghrous permettant la production de la tomate, le poivron, aubergine, melon et pastèque. Par contre, il est presque absent dans la région Est.

Ce système génère des revenus pour tous les acteurs impliqués. Une parcelle pouvant accueillir une centaine de serres (prix de location : 300€/serre/an), permet au propriétaire de rentabiliser en moins de trois ans son investissement dans le forage (20 000€ pour une profondeur de 200 m), l'équipement hydraulique et le défrichement (10 000€/10ha). Les *métayers* reçoivent 1/4 du produit brut, en sachant que le *métayer* peut gérer entre 5 et 10 serres à la fois. Ses frais de séjour (hébergement, nourriture, argent de poche), avancés par le locataire et les frais des ouvriers qu'il emploie sont déduits de sa part. Ses bénéfices nets peuvent s'élever jusqu'à 4 000€ par saison (septembre à juin), ce qui représente le salaire annuel d'un ingénieur de la fonction publique. Les locataires peuvent dégager des bénéfices nets allant jusqu'à 1000€/serre/saison en faisant une rotation tomate/melon, soit en moyenne un tiers de plus que les métayers.

Au delà des revenus dégagés, ce système de production mobilise un grand nombre de jeunes qui se côtoient au quotidien. Sur une parcelle de 10 ha, 30 à 75 jeunes (ouvriers, métayers,

locataires, propriétaires) peuvent être impliqués tout au long d'une saison agricole dans la production maraîchère. Cela permet la production et le partage d'un savoir-faire, constituant ainsi un capital social et de connaissances nécessaires pour le développement socioprofessionnel des jeunes, qui changent rapidement d'endroit et de statut pour saisir d'autres opportunités. Le *propriétaire* commence la reconversion des terres de maraichage en plantation de palmiers dattiers à partir de la 4^{ème} année. Cette opération peut durer jusqu'à 9 ans (3 cycles de location), s'il possède une assiette foncière suffisante pour pouvoir déplacer les locataires à l'intérieur de sa propriété. Il remplace les serres des locataires déplacés par le palmier dattier au fur et à mesure et le système « front pionnier » devient alors le système « fixe ».

Système « fixe » intensif : le propriétaire revient, moins d'opportunités pour les jeunes

A l'Ouest (El Ghrous), ce système couvre environ un tiers de la superficie totale en maraichage. Assez similaire au système « *front pionnier* », le *propriétaire* – très présent sur son exploitation - déplace les serres dans les limites de l'exploitation, en les intégrant dans une rotation comprenant des grandes cultures (l'orge par exemple). Il fait appel à de jeunes *métayers*, mais le nombre de jeunes entrants et sortants n'est pas aussi important que dans le système précédent (nombre de serres limité par ha cultivable, moins de mobilité).

A l'Est, la propriété foncière est exploitée en mode de faire valoir direct ou par location de l'ensemble de la propriété. La location d'emplacements de serre n'est pas pratiquée, ce qui explique l'absence du système « *front pionnier* » associé aux petits locataires. Le propriétaire ou le locataire confie ses serres à de jeunes *métayers* originaires du nord du pays et aux familles "*Chaouis*" berbérophones de régions limitrophes. Le nombre de serres travaillées dépend de la taille de la famille. Les *métayers* bénéficient de 1/3 du produit brut des serres et contribuent au tiers des charges en intrants. L'entrée dans ce système à l'Est comme *métayer* demande donc un capital financier de départ et du savoir-faire, ce qui exclut les nouveaux arrivants avec peu de capitaux. En revanche, les bénéfices sont plus importants et il y a plus de confort pour les *métayers* car les propriétaires leur proposent des petites maisons construites sur l'exploitation. A Ain Naga, et contrairement à Mziraa où la vente de terres aux allochtones n'est pas pratiquée, des investisseurs allochtones (en majorité venant de Batna) qui possèdent des capitaux issus d'activités hors-agricoles (commerce) ont investis à proximité des infrastructures (route nationale, réseau électrique). Ils font appel à des jeunes *métayers* originaires de Tipaza, Blida et de Ain Defla ayant un savoir-faire dans la culture de la tomate et du poivron.

Système Hyper-intensif désormais accessible aux jeunes métayers

La région de l'est n'étant pas favorable pour la datte *Deglet Nour*, les producteurs investissent presque exclusivement dans le maraîchage sous serre. Cela a fait émerger un système de production « *hyper-intensif* » par la mise en place de serres Canariennes pour la production de tomates. Ce sont de grandes serres fixes (1 à 6 ha par serre), caractérisées par la valorisation optimale de la zone couverte à la fois horizontalement et verticalement (culture sur palissage), et une forte résistance au vent. La technologie a été importée de la région du Souss (Agadir, Maroc) en 2009, grâce à l'intervention de techniciens et ouvriers marocains mobilisés pour l'implantation des serres, la conduite des cultures et la gestion des systèmes d'irrigation goutte à goutte.

Quelques grands agriculteurs ont introduit ce type de serres. La surface cultivée a augmenté rapidement : plus de 50 ha installés entre 2010 et 2013 et environ 40 ha en 2014. Au début, ce système était géré par des ouvriers salariés suivant le modèle marocain, mais aujourd'hui les propriétaires font appel à des jeunes *métayers* (2 à 3 par hectare) avec un intéressement à la production équivalent au quart du produit brut. Il y a eu un transfert de savoir-faire des techniciens marocains vers des *métayers* algériens. Dans notre échantillon, trois jeunes *métayers* ont intégré ce système l'an dernier. Très rémunérateur, le mode de faire valoir indirect des serres canariennes attirera probablement plus de jeunes dans l'avenir, car il est moins pénible (meilleures conditions de travail : hauteur des serres, aération, organisation) et mieux rémunéré (environ 50% de revenus en plus par rapport aux autres systèmes).

2.3.2. Trajectoires des jeunes agriculteurs : des mobilités géographiques et socioéconomiques

Le mode de faire valoir indirect est un moyen privilégié des jeunes pour intégrer le maraîchage sous serre. Ces jeunes locataires ou métayers viennent du nord de l'Algérie (Tipaza, Médéa, Ain Defla), connu pour le maraîchage sous serre, des gouvernorats limitrophes *Chaoui* (Batna, Khenchla), steppiques (Djelfa, Boussaada), de la région de Biskra et même du Maroc (fig. 12). Les exploitations mobilisent des jeunes *métayers* selon le type de culture et de savoir-faire. Par exemple, le poivron et piment sont cultivés par les métayers autochtones et les *Chaouis*. Ces derniers travaillent aussi les cultures de plein champ (chou-fleur, fève), surtout à l'est de Biskra. Les *Tipaziens* sont mobilisés pour leur savoir-faire en production de tomate sous serre.

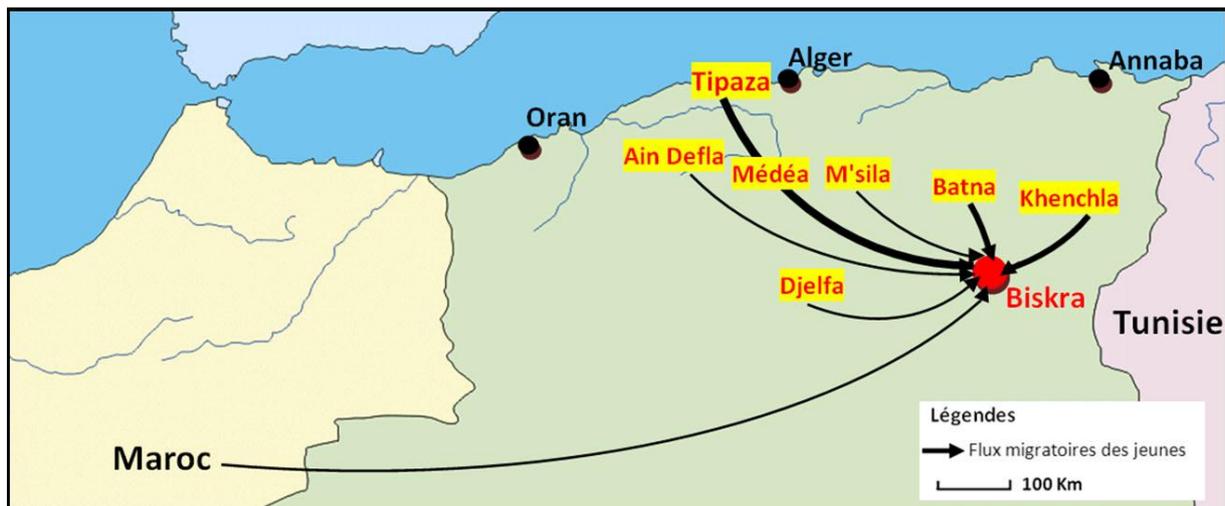


Figure 12. Les origines des jeunes agriculteurs migrant vers Biskra

Amichi et al. (2015) ont schématisé la trajectoire socioprofessionnelle des agriculteurs d'El Ghrous en 5 étapes : *ouvrier, métayer, locataire, propriétaire et phoéniculteur*. Pour devenir *métayer*, l'ouvrier accumule du savoir-faire au contact quotidien avec des *métayers*. Pour devenir *locataire*, le *métayer* accumule un capital suffisant pour acheter quelques serres et louer des emplacements pour celles-ci. Le *locataire* augmente le nombre de serres au fil des années. Dès qu'il dépasse les 10 serres, il recrute un *métayer*. Après 6 à 8 saisons de location, le locataire peut disposer d'un capital financier suffisant pour acheter de la terre et accéder à l'eau. Dans l'idéal, au bout de 10 ans les jeunes *métayers* peuvent ainsi devenir propriétaires terriens. Ils se libèrent alors du travail manuel dans la serre, deviennent gestionnaires et font appel à une nouvelle génération de *métayers* et *locataires*.

Nous observons l'évolution socioprofessionnelle rapide des jeunes agriculteurs surtout à l'Ouest pour des raisons de facilité d'accès au foncier (fig. 13). Huit jeunes agriculteurs ont commencé comme ouvrier. Aujourd'hui, sept sont locataires (trajectoire 5) et le huitième (trajectoire 4) est devenu propriétaire terrien et producteur de dattes. Les étapes semblent les mêmes à l'Est mais l'ascension sociale est plus difficile, car les marchés de la terre et de l'eau ne fonctionnent pas de la même manière. Il y a moins d'opportunités pour des *métayers* débutants, surtout dans les serres canariennes qui demandent un savoir-faire particulier. Ensuite, il n'y a pas de petits locataires à l'Est puisque la location par emplacement de serre ne se pratique pas. Pour devenir locataire à l'Est, il faut donc au préalable avoir accumulé du savoir-faire et du capital ailleurs. Ceci a créé un flux d'aller-retour (fig. 13) entre les deux régions. Les jeunes *métayers* commencent souvent à l'ouest comme ouvrier, deviennent *métayer*, puis sont employés à l'Est en tant que *métayer* qualifié. Un tiers des *métayers* de

notre échantillon à l'Est a déjà une expérience à l'Ouest. Certains *métayers* reviennent par la suite à l'Ouest pour devenir petits locataires avec l'ambition d'investir un jour dans la terre. Dernièrement, certains jeunes préfèrent rester à l'Est comme *métayers* dans le système hyper intensif qui est plus rémunérateur et correspond pour eux à la « modernité ».

Les *propriétaires* à l'Est sont dans une logique d'intensification du maraîchage sous serre - en capital par unité de surface - par la mise en place des serres *Canariennes* et veulent développer à moyen terme d'autres activités rémunératrices (trajectoires 4, 6). *Mourad*, fils d'agriculteur et ingénieur agronome, a commencé comme *métayer*. Aujourd'hui, il possède sa propre exploitation et propose ses services pour l'installation des serres Canariennes et le suivi des cultures. Il a diversifié ses activités en devenant à la fois agriculteur, vendeur d'intrants, conseiller agricole, entrepreneur voire importateur des intrants agricoles. Les fils d'agriculteurs autochtones à l'Est (4 dans notre échantillon) gèrent d'abord les exploitations familiales pour le compte de leur père. Ensuite ils s'installent à leur propre compte en mobilisant le capital et le savoir faire obtenus précédemment.

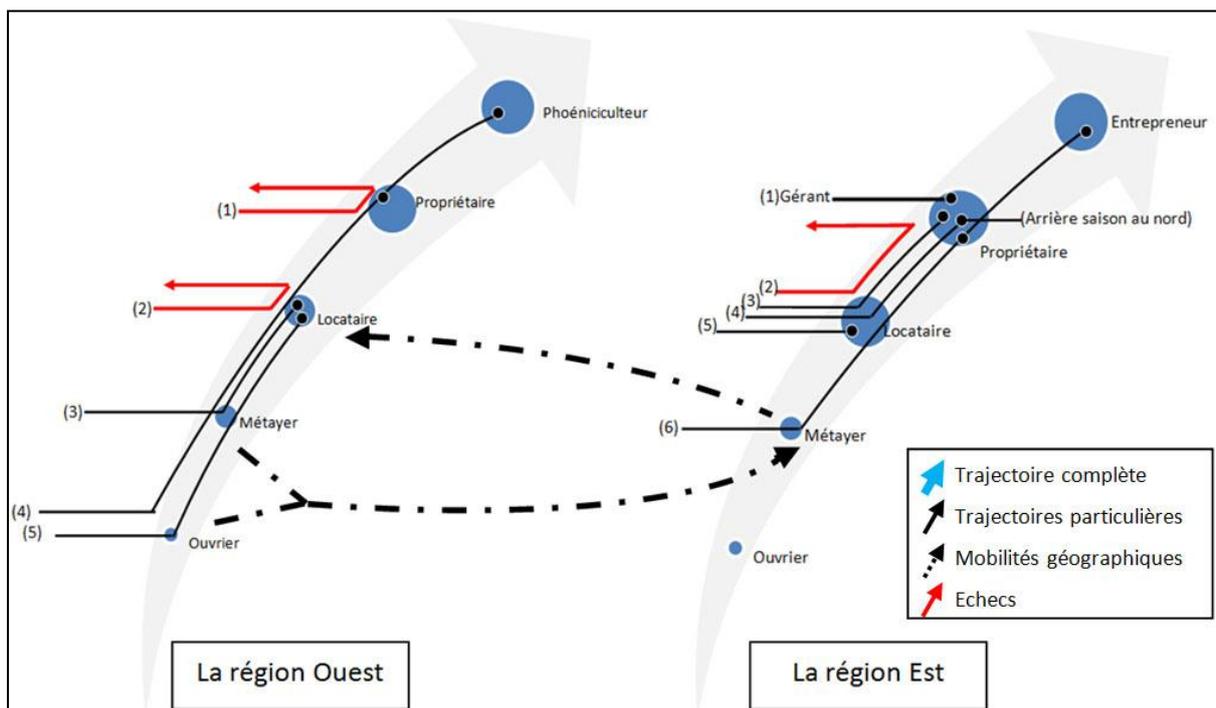


Figure 13. Mobilités socio-économiques des jeunes ruraux, adapté de Amichi et al. (2015)

Tous les jeunes ruraux ne suivent pas nécessairement cette trajectoire schématisée. Les Tipaziens ne semblent pas intéressés par la propriété foncière et la culture du palmier. Ils préfèrent rester *locataires* pour obtenir des revenus conséquents, tout en se libérant du travail (pénible) dans les serres en mobilisant des *métayers*. *Hafidh*, jeune *locataire* possède plus de

130 serres tunnels mais continue à louer la terre. Sa stratégie consiste à toujours exploiter des sols non épuisés à Biskra pour une meilleure production grâce à sa mobilité géographique. Il peut revenir à Tipaza (Nord de l'Algérie) quand il veut et avec un capital financier important.

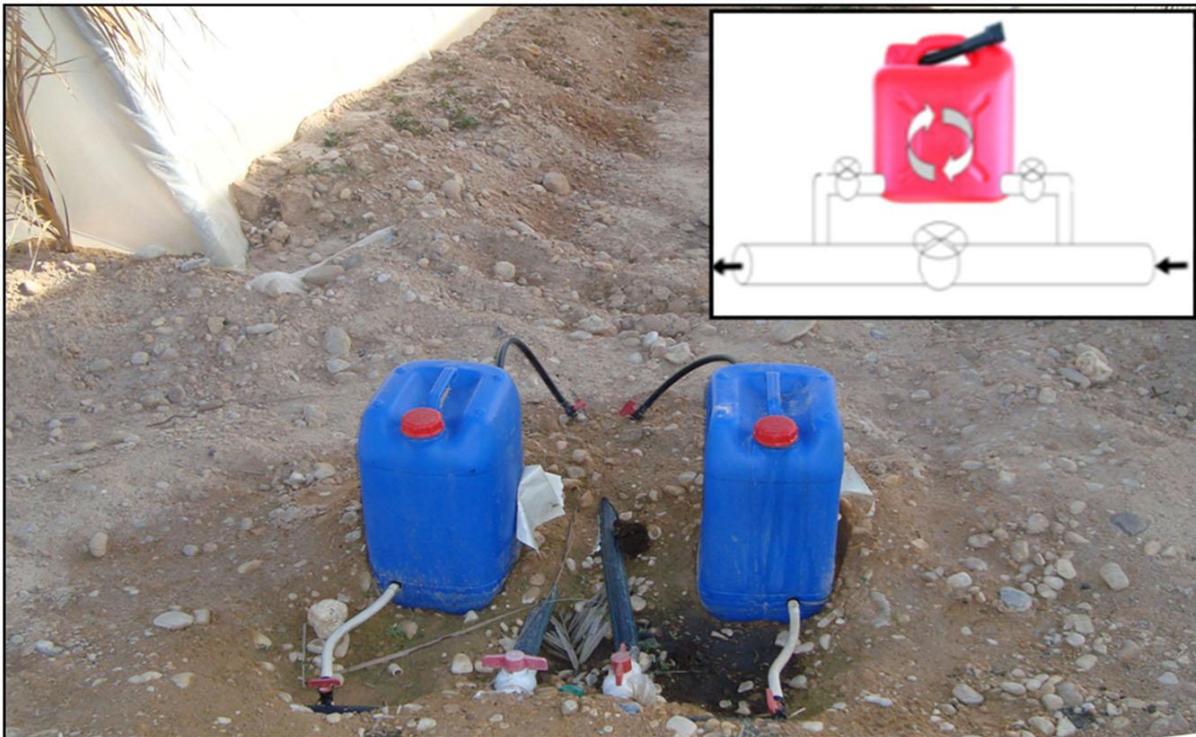
Certains jeunes sont en échec en raison de problèmes financiers ou techniques (trajectoires 1, 2). Le premier était un jeune éleveur de volaille de Batna, qui a voulu investir dans le maraichage sous serre en achetant la terre mais n'avait pas le savoir-faire nécessaire. Il n'a pas pu dégager des bénéfices du maraichage sous serre et a décidé de revendre la terre et revenir à son activité précédente. Le deuxième est un jeune autochtone ingénieur en électrotechnique au chômage. Attiré par le dynamisme de l'agriculture à Biskra, il a d'emblée commencé par exploiter 10 serres en louant les emplacements sans faire appel à un *métayer*. Cette décision lui a coûté tout ce qu'il avait, car il n'a pas pu exploiter les serres convenablement. L'exemple des deux jeunes voulant « griller » certaines étapes, montre l'importance du capital technique et financier obtenus lors des différentes étapes de la trajectoire complète, en particulier en tant que *métayer*.

Il existe aussi des jeunes agriculteurs qui ne veulent pas suivre la trajectoire complète. *Hamid*, ancien éleveur Bovin à Batna, est arrivé à Biskra comme maraicher locataire. Ensuite, il a acheté la terre pour s'installer et diversifier ses activités. Aujourd'hui, il fait de l'élevage et des cultures de plein champ. Il considère que le maraichage sous serres est compliqué et nécessite beaucoup d'effort et présence (main d'œuvre, intrants, commercialisation...).

2.3.3. La mobilité des jeunes facilite l'innovation : réingénierie des systèmes d'irrigation au goutte à goutte

Au début des années 2000, les maraichers commençaient à remplacer leurs systèmes d'irrigation gravitaire par le goutte à goutte. Au début, ils ont continué à apporter des engrais granulés à la main. En 2005, les engrais solubles sont devenus disponibles, incitant les agriculteurs à pratiquer la fertigation. Les maraichers avaient observé la technique de fertigation dans les palmeraies, et voulaient l'adopter dans leurs serres. Toutefois, les unités de fertigation conventionnelles étaient conçues pour une gestion centralisée de l'eau d'irrigation et donc de la fertilisation sur une grande surface, alors que la configuration du maraichage sous serre est particulière avec une multitude d'acteurs partagent une ressource en eau commune (jusqu'à 250 serres/forage) et souhaitant une fertigation gérée de manière décentralisée (par serre).

Les *locataires* à l'ouest ont alors conçu des micro-unités de fertigation à base de petits jerrycans en plastique à l'entrée de chaque serre de 400 m². Ce système fonctionne comme un réservoir de fertigation conventionnel avec un injecteur venturi en parallèle avec la conduite principale (fig. 14). Aujourd'hui, ce système est observé dans toutes les exploitations visitées à l'Ouest, mais aussi dans beaucoup d'exploitations à l'est grâce à la mobilité géographique et socioéconomique des jeunes *locataires* et *métayers* entre les deux régions d'étude.



(El Ghrous, enquête, 2^{er} semestre 2013)

Figure 14. Système de fertigation décentralisé à l'unité de serre

Mohamed, un maraicher propriétaire à l'Est, utilisait une station de tête conventionnelle (filtres, station de fertigation centralisée) pendant 10 ans. Aujourd'hui, il a abandonné ce dispositif pour installer des micro-stations de fertigation recommandées par ses jeunes *métayers*. Plus surprenant encore, les micro-unités de fertigation ont aussi été adoptées dans les grandes serres Canariennes où la fertigation était gérée de manière centralisée au début (station de tête associée aux pompes doseuses des quantités requises d'engrais). Dans ces serres, les propriétaires ne cherchaient pas à décentraliser la gestion, mais plutôt à offrir un système de gestion simple et peu coûteux pour leurs jeunes *métayers*. En outre, les types d'engrais courants sur le marché sont binaires ou tertiaires (constitués de N, P, K et oligoéléments) et ne sont pas adaptés à la technologie automatique centralisée de fertigation.

2.4. Discussion et conclusion

Le développement rapide de l'agriculture saharienne basé sur la plasticulture repose sur l'enrôlement des jeunes allochtones et autochtones par ceux qui disposent des ressources productives (terre, eau, capital) par des arrangements informels. Au premier abord, cela va à contre-courant du débat dans la littérature sur le désintérêt de la jeunesse pour l'agriculture dans les pays du Sud, surtout quand elle est basée sur le travail manuel.

Si nous analysons la situation à travers les trois raisons qui détournent habituellement les jeunes de l'agriculture (White, 2012), les difficultés d'accès *aux ressources productives* sont souvent évoqués. A contrario, l'agriculture qui s'est développée à Biskra est organisée de façon à accueillir des jeunes ruraux en leur fournissant un accès à la terre et à l'eau, et en leur permettant par leurs propres efforts de générer des revenus, puis un capital conséquent. En contrepartie, les jeunes disposent d'un savoir-faire acquis au nord du pays qu'ils mettent à disposition de cette agriculture, puis adaptent au contexte local. Les jeunes agriculteurs ont montré une forte capacité d'innovation, ce qui est le cas également dans d'autres agricultures pionnières, par exemple à El Oued dans le sud-est de l'Algérie (Côte, 2006). Dans ces contextes ils côtoient des propriétaires, locataires, métayers et ouvriers plus âgés ou du même âge qu'eux, constituant un espace favorable d'apprentissage, d'échange et de production de l'innovation, en particulier grâce à leur mobilité territoriale et leur ascension professionnelle. Non seulement l'innovation en elle-même se diffuse ainsi, mais ce sont surtout la capacité d'innovation et les savoir-faire qui se transmettent. Les jeunes agriculteurs ont contribué à façonner de nouveaux systèmes de production sous serre qui constituent autant d'opportunités économiques leur permettant de progresser sur le plan socioprofessionnel.

La colonisation de nouveaux espaces par des groupes d'agriculteurs aux statuts complémentaires, demande *l'accompagnement de l'Etat* par la mise en place d'infrastructures. L'Etat planificateur et décideur d'hier est devenu aujourd'hui un facilitateur qui observe, facilite et accompagne les dynamiques technico-économiques portées par les producteurs (Brochier-Puig, 2004). En matière d'infrastructures, l'Etat a beaucoup investi dans des actions structurantes dans la région de Biskra: électrification, pistes agricoles, périmètres étatiques avec forages collectifs et subventions pour les forages et équipements à travers les programmes de développement. Des actions spécifiques ont ciblé certaines catégories de jeunes et de petits exploitants, en leur donnant accès à des crédits pour financer des projets agricoles, en particulier à travers les programmes de l'ANSEJ. Cependant, ces actions ciblent en général les seuls jeunes originaires de la région.

Le système éducatif formel déqualifie souvent la jeunesse rurale et déclasse le monde rural : « dans la plupart des pays, la scolarisation formelle... enseigne aux jeunes de ne pas vouloir être agriculteurs » (White, 2012). A Biskra, les jeunes autochtones étaient attirés par la réussite visible des jeunes allochtones venant du nord : « ils arrivent avec leur vêtements enveloppés dans une serviette et repartent avec une voiture pickup Hi-Lux ». Pour eux, les jeunes du nord étaient porteurs de savoir-faire, mais surtout un modèle de réussite socioprofessionnelle. 15 sur 22 jeunes interviewés ont un niveau d'instruction élémentaire (collège) ou plus, mais l'engagement dans l'agriculture représente pour eux une opportunité de construire une « vie adulte ». Une fois engagé en agriculture, l'instruction formelle est mobilisée de façon pragmatique par les jeunes (lire les notices d'utilisation des produits phytosanitaires, par exemple), qui concentrent désormais leur attention sur l'apprentissage des savoir-faire relatif au maraichage sous serre.

L'agriculture n'est plus perçue comme un déclassement pour les jeunes ruraux, elle est devenue un moyen de développement socioprofessionnel. D'ouvrier, un statut d'exécutant qui ne mobilise que sa force de travail, il devient *métayer ou locataire*, voire même *propriétaire* et donc quelqu'un responsable de ses actes et ayant un métier. A Biskra, le maraichage sous serre est très rémunérateur. La plupart des interviewés visent donc à la fois une amélioration de leur revenu et un meilleur statut socioprofessionnel. Etre *métayer* dans le maraichage sous serre – ce qui représente un travail et des conditions de vie dures et pénibles – est souvent comparé au service militaire : "*c'est difficile, mais temporaire et un passage vers une vie plus aisée quand on devient locataire ou propriétaire*".

De par le monde différents facteurs éloignent les jeunes des zones rurales. Il s'agit notamment des possibilités d'éducation des enfants et d'autres services sociaux, et de façon plus générale l'attraction de la ville (Sumberg et al., 2012). A Biskra, la distance entre les exploitations agricoles (lieu de travail) et les agglomérations (lieux de vie) est relativement petite. Ces agglomérations disposent d'écoles, services de santé, cafés, salles de jeux, restaurants, et de Cyber cafés et télévision satellite et sont connectées avec le monde extérieur. Les systèmes d'agriculture à Biskra permettant aux jeunes de gravir progressivement l'échelle socioprofessionnelle font qu'ils se libèrent progressivement du travail manuel, en le déléguant à une nouvelle génération de (jeunes) métayers et ouvriers, et qu'ils nouent une forte relation à la ville. Ils vont dans les agglomérations pour s'approvisionner en intrants, commercialiser des productions et pour leurs loisirs. Ce lien crée un certain confort pour les jeunes qui

veulent rester connectés au monde citadin. La réussite pour eux c'est de prendre la pickup pour aller à l'exploitation le matin et revenir en ville dans sa voiture citadine le soir.

Chapitre 3

La «Fabrique de l'innovation»: l'innovation incrémentale menée par l'utilisateur des systèmes d'irrigation au goutte-à-goutte dans le Sahara algérien

Ce chapitre a été publié dans un livre collectif :

Naouri, M., Hartani, T., & Kuper, M. (2017). The 'innovation factory': user-led incremental innovation of drip irrigation systems. In J. P. Venot, M. Kuper & M. Zwarteven (Eds.), *Drip Irrigation for Agriculture: Untold Stories of Efficiency, Innovation and Development* (pp.266-285). New York, NY: Taylor & Francis.

Chapitre 3. La « Fabrique de l'innovation » : l'innovation incrémentale menée par l'utilisateur des systèmes d'irrigation au goutte-à-goutte dans Sahara algérien

Nous postulons dans ce chapitre que l'innovation des systèmes d'irrigation goutte à goutte menée par les agriculteurs peut être mieux adaptée pour répondre aux exigences des petits exploitants. Cependant, l'échec des Kits du goutte à goutte low-cost devient de plus en plus évident, vu qu'ils ne sont pas adaptés à l'évolution des besoins des petits exploitants. Le but de ce chapitre est d'analyser l'innovation menée par les agriculteurs dans un milieu particulièrement évolutif.

L'étude a porté sur les innovations d'irrigation goutte à goutte sur un échantillon de 42 agriculteurs dans les zones horticoles les plus importantes dans la région de l'étude. Les résultats de l'étude ont révélé différentes adaptations des systèmes d'irrigation goutte à goutte, en particulier les châteaux d'eau fabriqués localement pour la régulation de la pression et l'organisation de tours d'eau, et les micro-unités de fertigation, qui alimentent les serres individuellement. Grâce à la grande mobilité des acteurs entre les types d'exploitations agricoles, principalement des métayers. Les innovations d'irrigation goutte à goutte ont voyagé entre les utilisateurs et les utilisations, dans lequel s'est instauré une certaine stabilisation des systèmes d'irrigation goutte à goutte en produisant des normes locales.

3.1. Introduction

Drip irrigation is increasingly promoted for smallholder agriculture in Asia and Africa and the adoption of low-cost drip irrigation equipment has recently been the subject of increased attention in the literature (Namara et al., 2007). Most of this literature focused on the promotion of low-cost drip irrigation kits and their potential contribution to poverty alleviation (Polak et al., 1997). However, the use of the kits, which is generally based on linear innovation processes, has met many problems (Kulecho & Weatherhead, 2006a; Wanvoeke et al., 2015) : “*the failed uptake of drip irrigation in many sub-Saharan African countries can be viewed as a consequence of the transfer of static physical artifacts into new contexts lacking similar local systems into which these could be absorbed and evolve (re-innovated)*” (Garb & Friedlander, 2014). Similarly, Verma et al. (2004) explained the “limited growth” of drip irrigation among smallholders in India by the fact that a “package” was provided which did not match the farmers’ needs. As a counter example, these authors show that, although aggregated areas under drip irrigation remain small, non-conventional, locally invented, disposable low-cost drip irrigation systems spread rapidly. Elsewhere, there is also increasing evidence for local innovation processes catering successfully to small-scale farmers installing and running drip irrigation. In Morocco, for example, there has been rapid diffusion of drip irrigation to smallholders, who collectively “*domesticated*” a technology that was initially not meant for them (Ameur et al., 2013). Such farmer-led innovation favoured and was supported by the emergence of an informal support sector, able to adapt drip irrigation systems to the specific and evolving needs of smallholders (Benouniche et al., 2014). Despite the fact that drip irrigation is now being adopted by an ever-wider range of smallholders for a diversity of cropping systems, and in different bio-physical and socio-economic contexts (Venot et al., 2014), these local innovation processes, like the ones documented in India and Morocco, have not received much attention.

In this chapter, it is postulated that user-led incremental innovation can be particularly suited to meeting the dynamic and diverse requirements of smallholders. Smallholders play a very active role in steering this process in close interaction with other local actors. Innovation is defined as the interactive process of developing and implementing a new idea, technique, know-how or institution (de Sardan, 1995; Van de Ven et al., 1999). Innovative local actors can respond to diversified demand by proposing creative composite irrigation systems which incorporate the evolving needs of different farmers, and which can be modified at any stage. This is characteristic of a local innovation environment where multiple actors interact and

adapt systems to specific conditions (Chesbrough, 2003). Farmer-led innovation, or more generally user-led innovation, thus relates to the idea that innovation is being “*democratized*”, and that “*users of products and services—both firms and individual consumers—are increasingly able to innovate for themselves*” (Von Hippel, 2005). ‘Farmer-led innovation’ acknowledges the local knowledge and know-how of farmers through more inclusive approaches (Scoones & Thompson, 2009), enhancing the capacities of local actors, and developing locally specific options, which are capable of rapidly adapting to changing conditions (Waters-Bayer et al., 2009b).

The specific objective of this chapter is to analyse the different innovations smallholders may make to drip irrigation systems in a context of rapidly changing farming systems. Our hypothesis is that user-led innovation enables the diffusion of drip irrigation to a wide range of farmers, as local actors *translate* international drip irrigation systems to local situations (Garb & Friedlander, 2014).

3.2. Study area and research approach

The study was conducted in the Biskra region, situated in the arid Algerian Sahara (fig. 15). In a context of favourable agricultural markets and state support, a groundwater-based agricultural boom has taken place over the past 30 years with the rapid expansion of palm groves and greenhouse horticulture (Côte, 2002). Mostly irrigated with drip irrigation, greenhouse horticulture increased rapidly from 1370 ha in 2000 to 5165 ha in 2014 (almost 130,000 greenhouses, where each greenhouse measures 8 m by 50 m). The study focused on three agricultural municipalities, with a total area of 174 km², reputed for their high horticulture greenhouse activity. The first, called El Ghrouss, is located 60 km to the west of Biskra and is characterised by a mixed system of date palms and greenhouse horticulture irrigated by drip irrigation. The other two municipalities, M’ziraa and Ain naga, are located 30-40 km to the east of Biskra, and are specialized in greenhouse horticulture and field crops also irrigated by drip irrigation.

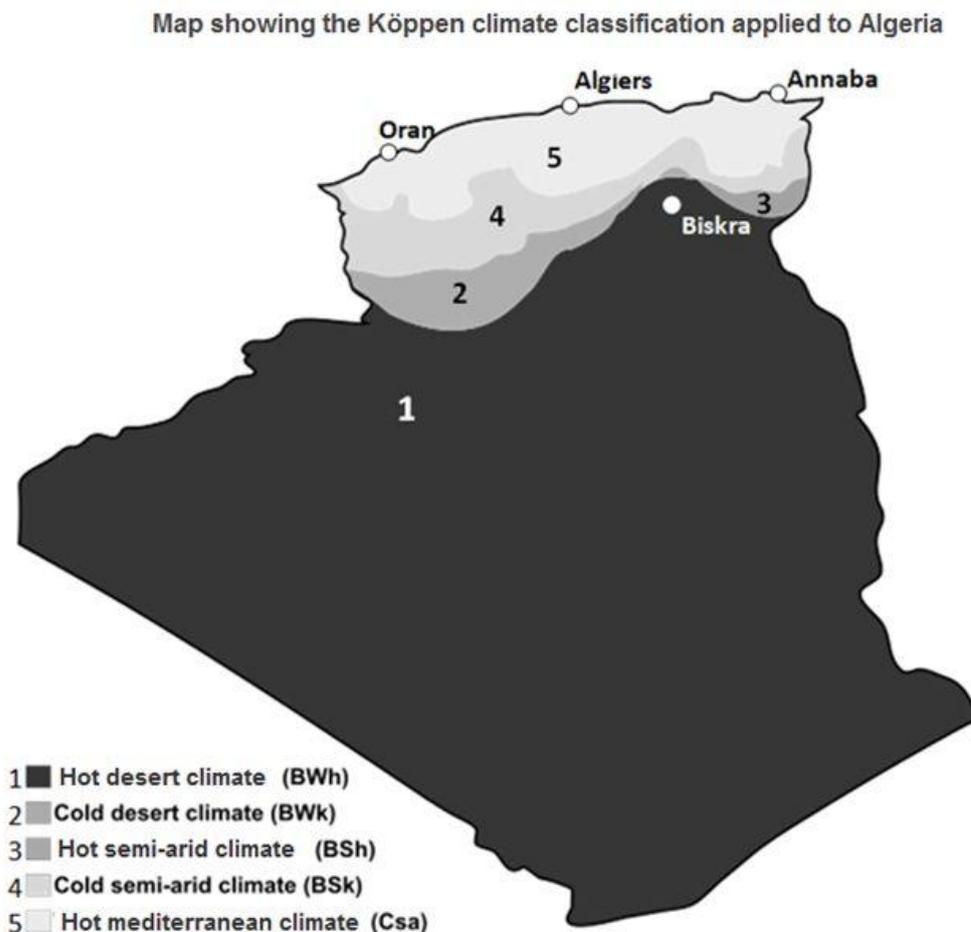


Figure 15. Situation of the study area: Biskra, Algeria - Based on the updated world map of Köppen-Geiger Climate Classification by Peel et al. (2007)

The surveys were carried out between December 2012 and June 2013. Forty-two interviews were conducted with a range of different farmers (landowners, lessees, and sharecroppers). The interviews focused on identifying: 1) the farming system, including the farmers relation with the land (owner, lessee or sharecropper), the cropping pattern (mono-cropped, multiple crops), the number of greenhouses, the source of capital (personal, credit, subsidies), 2) access to groundwater: collective or individual, which generally results generally in a situation of, respectively, limited or full access to irrigation, 3) the modifications made to the components of the drip irrigation systems.

3.3. Results

3.3.1. Transitional “pooled” farming systems requiring constant innovation

Before the introduction of drip irrigation, crops in greenhouses in Biskra were irrigated by gravity (*Al Amla*). According to the farmers, this system required large volumes of water, was labour intensive and allowed considerable growth of weeds inside the greenhouse. This

resulted in an increase in the cost of irrigation and inputs, and limited the irrigated area that could be served by one tube-well. For these reasons, since 2010, all the farmers in our sample and the vast majority of greenhouse horticultural farmers have adopted drip irrigation. In the case of rented lands, a landowner has to provide land and water to lessees, and the more efficient lessees are in their use of water, the more land the landowner can rent out. In this context, landowners are requiring the lessees to use drip irrigation as it enables them to rent out more land.

In the mid-1990s, a few large landowners introduced drip irrigation kits, which catered to 10 greenhouses, in the area. After these first tests, other farmers tried to adopt this mode of irrigation but failed. They had difficulty with the irrigation practices, the equipment was not always suited to the local context (rigid drip lines, for instance, did not suit the farming systems which involve changing location), and drip irrigation was very costly. In 1998, companies supplying agricultural inputs again introduced drip irrigation in the region, this time providing drip irrigation tubing with in-line emitters. They provided this equipment to some local greenhouse farmers, who were well known in the area for their horticultural performance. These experiments showed that drip irrigation was of potential interest for greenhouse horticulture, but the farmers required a lot of follow-up as they still had many technical difficulties.

In the early 2000s, the government initiated the National Agricultural Development Program (PNDA), which allowing farmers to gain access to very generous subsidies (up to 100%) for tube-wells, plantations, and drip irrigation systems. Even though these subsidies mostly targeted and benefited palm groves, this government programme enabled farmers to gain experience in drip irrigation, and encouraged companies selling inputs (seeds, fertilizers, pesticides) to include drip irrigation systems in their catalogue.

These three consecutive complementary initiatives prepared the way for the adoption of drip irrigation by a considerable number of farmers, including smallholders. It was probably the arrival of lessees and sharecroppers from the north of Algeria from the early 2000s onwards that spearheaded the later boom in greenhouse horticulture associated with the use of drip irrigation. The new arrivals were interested in the land and water resources available in Biskra, as well as the possibility of producing early-season tomatoes which would fetch higher prices. They had experience in tomato production in greenhouses associated with drip irrigation. Because drip irrigation had already been tested in the area, they were able to find everything they needed for greenhouse agriculture (greenhouses, drip irrigation systems,

agricultural inputs), and themselves contributed the expertise. Greenhouse horticulture consequently spread rapidly throughout the study area together with drip irrigation, confirming the new agricultural image of a region that was previously mainly reputed for the production of dates.

These rapidly evolving dynamics are based on a complex farm structure with many different actors on the same farm, including landowners, lessees, sharecroppers and labourers working together and pooling different resources (capital, land, water, labour; figure 16). Naouri et al. (2015) identified three different horticultural farming systems in the area. The ‘mobile frontier’ farming system is the classical greenhouse farming system in the area based on the mobility of greenhouses which move to new unexploited land every three years as this intensive farming system exhausts the soils. This system accounts for two thirds of the area under greenhouses. Greenhouse “tunnels” (8 by 50 m) associated with drip irrigation enable the production of tomatoes, bell peppers, aubergines, and watermelons. Usually, the landowner clears and levels the land and installs a tube well. The landowner then contracts with one or more lessees, who rent in the land including access to water. The lessees set up the greenhouses and contract with sellers to obtain seeds, fertilisers and pesticides, using credit facilities. These lessees then engage sharecroppers who generally take responsibility for 5-10 greenhouses. Typically, 30-40 sharecroppers are present on the same farm, and have collective access to the tube well. They use the land without crop rotation. After three years of cultivation, the land is abandoned due to declining fertility. Lessees and sharecroppers move on and colonise new unexploited land.

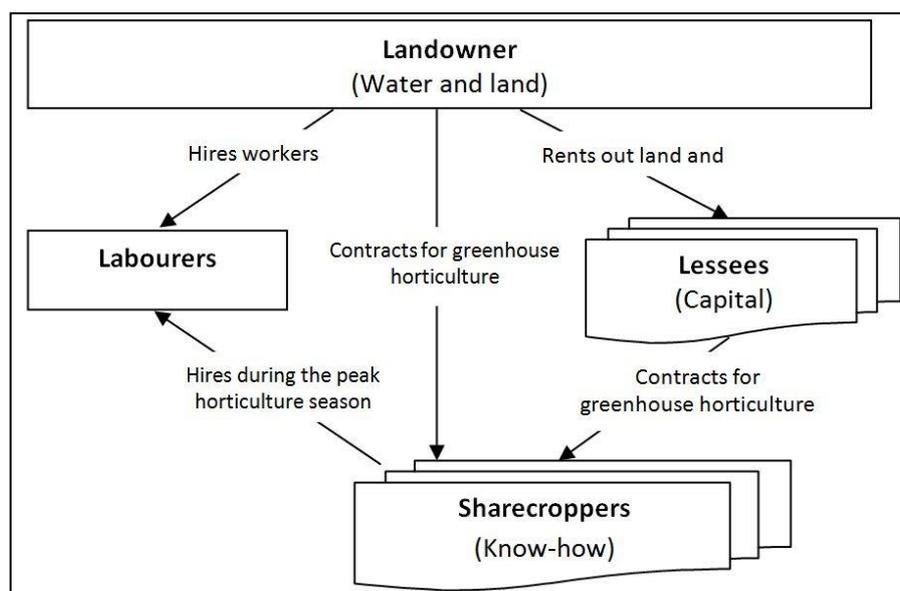


Figure 16. Relations between different actors on the same farm

During this time, the landowner accumulates capital and may decide to invest more permanently? in the land. Landowners usually finance the planting of palm trees by investing the rent they obtained from horticulture. Horticultural land is thus progressively transformed into palm groves. The 'mobile frontier' is transformed into an intensive "fixed" farming system, which currently applies to about one third of the total number of greenhouses in Biskra. The greenhouses, drip irrigation systems and agricultural practices are quite similar to those in the 'mobile frontier' farming system, but the landowner's objective is to gradually replace the greenhouses by date palms after the third year (in El Ghrouss). In the east (M'ziraa and Ain naga), there is no 'mobile frontier' farming system. Landowners prefer fixed farming and invest directly in greenhouse horticulture, which is associated with field crops like beans or barley in rotation, to continue greenhouse horticulture on the farm (between 30-50% of the farm). If the landowner rents out the land, only one lessee is generally involved. The farms are managed directly by the landowner or by a single lessee with the help of sharecroppers (not more than 10 greenhouses per sharecropper). In all cases, the landowner is much more present on the farm than in the case of the 'mobile frontier' farming system.

The third farming system is a high-tech hyper-intensive farming system using Canarian and Almeria greenhouses (each greenhouse covers 1-6 ha) with a lifespan of 30 years. Characterised by the full exploitation of the covered area both horizontally (by using the space otherwise lost between tunnel greenhouses) and vertically (tomato plants can grow to a height of 4 m rather than only 2 m in tunnel greenhouses), and very intensive horticultural production, this farming system is used by large-scale farmers, who hire sharecroppers to do the work. These greenhouses are resistant to the strong winds in the area. This farming system requires very precise agricultural practices, and the greenhouses are equipped with sophisticated drip irrigation systems. Only a few farmers use such greenhouses, but the area concerned is increasing rapidly. In 2009, there were only two greenhouses, each covering 1 ha, while in 2014 more than 90 ha were covered with these greenhouses, and in 2016, 250 ha.

These three farming systems enable 1) continuous access to resources (land, water, capital) for new young sharecroppers, who often come from hundreds of kilometres away and have no financial capital of their own, 2) these young farmers to acquire financial capital and technical skills and continue their upward professional mobility (Naouri et al., 2015) (fig. 16). Indeed, it is this socio-professional mobility along with relatively high profits that encourages these young farmers to get involved in these farming systems.

The systems rely on distributed organisation characterised by decentralised management and high mobility of actors (lessees and sharecroppers). The lessees move their greenhouses every three years because soil fertility drops after the third season. The sharecroppers are hired for only one season, and can thus change to another lessee or if they have enough capital, become lessees themselves. The number of greenhouses is increasing rapidly and the actors constantly prospect for new land and associations with other actors. Finally, farmers continually adapt their short-cycle cropping systems to the agricultural markets. For instance, when tomato prices drop towards the end of the season, farmers may dig up their tomato plants and plant melons instead. Biskra has two national markets for agricultural products. It is the only region in Algeria which provides vegetables to 40 million people on domestic markets during the winter. On these national markets, the farmers' margins are generally high because they sell their produce directly to traders who come from all over the country, and thus no intermediaries are involved.

3.3.2 Re-engineering the drip irrigation systems to adapt them to decentralised mobile farming system

The farming systems described above are characterised by a multi-layered and distributed management, by the high geographical and social mobility of its actors and by strong connections to agricultural markets. The drip irrigation systems had to adapt to these farming systems, as the classical configuration (single owner, centralized command etc.) of drip irrigation systems was not appropriate (fig. 17). First, many actors were organised around a single tube-well, and used the same irrigation system. The actors on the farm shared the investment in the drip irrigation system. The landowner owned the tube well, water tower, main lines and main valves. The lessee owned the sub-main lines, the fertigation units and the drip lines. To the east of Biskra, the lessees even shared the cost of the drip lines with the sharecroppers. These actors made many adaptations. They removed and replaced some parts and accessories, such as the accumulation tank and filters, which they deemed unnecessary. Second, the hierarchical management of the system materialises the sharing of responsibilities between actors. This means that each actor has a specific domain of intervention, for example a landowner is responsible for operating the tube well and delivering water to the main lines. The landowner therefore, does not intervene at lower levels in the irrigation system. Within a given level of organisation, specific actors will be active and all of them experiment to improve the functioning of the system for their specific requirements. Notably, the drip system had to make it possible to manage the water and associated fertilisers at the level of

each greenhouse rather than the more classical centralised control system. Third, due to the high mobility of the actors, some parts of the irrigation system were made mobile (main lines) and others are disposable (drip lines).

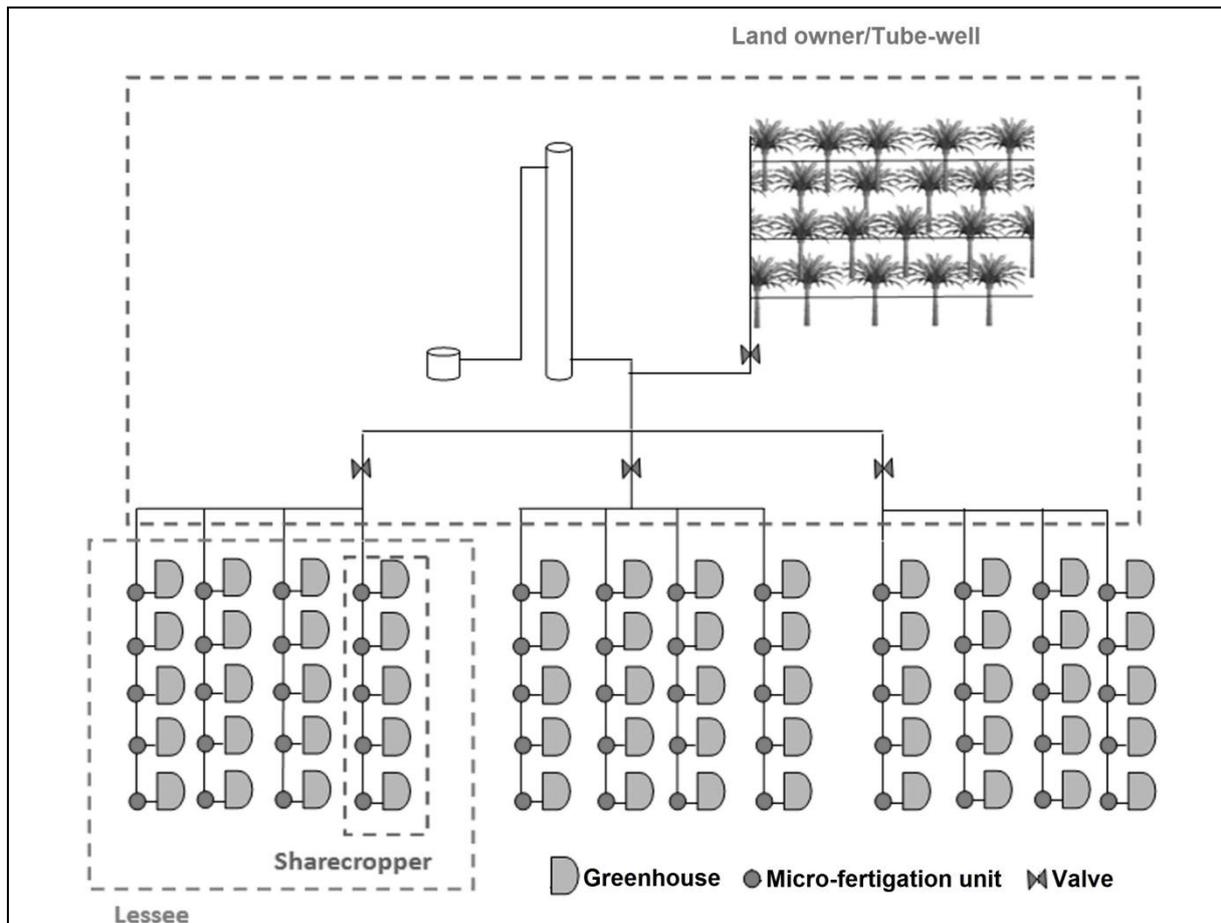


Figure 17. The hierarchical organisation of the drip irrigation system used in farming systems in Biskra

Two different local innovations are presented here: the water tower, used as a regulation system, and micro-fertigation units for the decentralised management of fertigation.

Multiple advantages of one adaptation: water tower for regulation and water management

The water tower (as the farmers call it), is one of the most notable innovations in the area. The water tower is made of an iron pipe up to 500 mm in diameter and around 10 m in height the farmers obtain second hand from petrol companies (fig. 18).

The water tower has an overflow opening at the top to indicate any dysfunction of the system, i.e. when the water pressure exceeds the height of 10 m (1 bar), the overflow can be seen from a distance. The water tower is placed next to the tube-well and connected to the tube-well by an external pipe to the top of the tower. The water is delivered from an opening at the

bottom of the tower to the piped system that transports the water to the greenhouses. The water tower simplifies irrigation management in a complex farming system with multiple actors. After the calibration of the system, each lessee knows his water turn. The sharecropper opens the valves to supply water to his greenhouses. If there is an overflow at the top of the tower, he can open additional valves. If the pressure is low in the drip lines, he can close some valves without having to go to the tube well to increase the flow rate. The water tower plays the role of an indicator, and encourages the users to respect the rules. If the water tower overflows, it means that someone forgot to open valves for his greenhouses, and if a sharecropper observes the pressure has dropped in the drip line, he can check by closing the valves and watching if the water tower overflows or not.

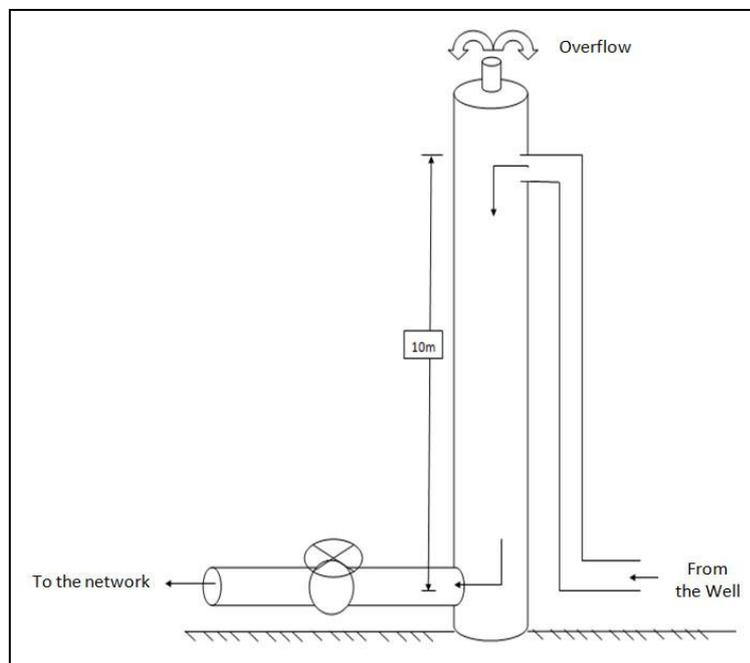


Figure 18. Schematic diagram of a water tower

Water towers like this appeared in the mid-1990s, even before the introduction of drip irrigation systems. At the time, they were used in gravity irrigation to deliver water to the different farm plots. The first water towers were made of stacked oil barrels, and their maximum height was 4 to 5 m. Later, when farmers started using drip irrigation, they continued to use water towers. However, they increased the height to 10 m to provide sufficient pressure for all the drip lines, and they replaced the barrels by tubes. In this way, landowners were also able to use the water tower as a substitute for the horizontal pump which is generally used to provide sufficient pressure for drip irrigation.

The water tower is both a pressure regulator, and a management device. It protects the submersible pump in the tube well against high pressure (more than 1 bar) by overflowing. At the same time, it provides water at a constant pressure to the drip irrigation system, which is thus also protected against variations in pressure. Such variations may be due to problems in the energy supply, but also to irrigation operations by the multiple water users (lessees and sharecroppers) who may make mistakes when transmitting the water turn.

Most tube wells serve 10-40 farmers (in general lessees or sharecroppers) with 100-400 greenhouses. The use of the water tower has made it possible decentralize the management of irrigation water, and to introduce a 'water turn' (quite similar to the way water is distributed in the gravity irrigation system). At the beginning of the season, the landowner and lessees hold a meeting to draw up the irrigation programme and to calibrate the irrigation system. The rules are clear, every greenhouse has two irrigation rotations of three hours per week and the irrigation system is switched off for maintenance one day a week. The landowner stipulates that the system has to be shut down between 5 pm and 11 pm due to the high electricity rate.

During the course of this meeting, the lessees test the water pressure to see how many greenhouses can be irrigated simultaneously. The sharecroppers check there is enough pressure in the drip lines. Often two to three sharecroppers have their water turn at the same time. For example, in one of the farms that was monitored in this study, the tube well delivered water for 10 greenhouses at the same time. The landowner rented out land for 180 greenhouses, which he divided into six groups (10 greenhouses x 6 groups a day x 2 days of irrigation a week).

The fertigation systems: Adaptations and transfer between small-scale and large-scale farms

Starting in the year 2000, farmers replaced their gravity irrigation systems with drip irrigation. In the first few years, they continued to apply fertiliser manually. It was only in 2005 that soluble fertilizers became widely available, prompting farmers to start fertigation. Lessees and sharecroppers had observed fertigation in palm groves, and were eager to use it for greenhouse horticulture. However, the fertigation units in palm groves had been designed for centralised fertigation management, whereas greenhouse sharecroppers wanted to be able to manage the fertigation for each greenhouse separately.

Sharecroppers consequently adapted small jerry cans to be used as micro-units of fertigation. The jerry cans are located at the entrance of each 400 m² greenhouse (fig. 17). The flow of water within the canister mixes the fertilizer to be introduced in the irrigation network in the

greenhouse. The new system works like a conventional fertigation tank. The partial closure of the valve located in the middle (fig. 19) increases the flow rate of water in the pipe, thus causing a partial vacuum injection of the solution in the canister.

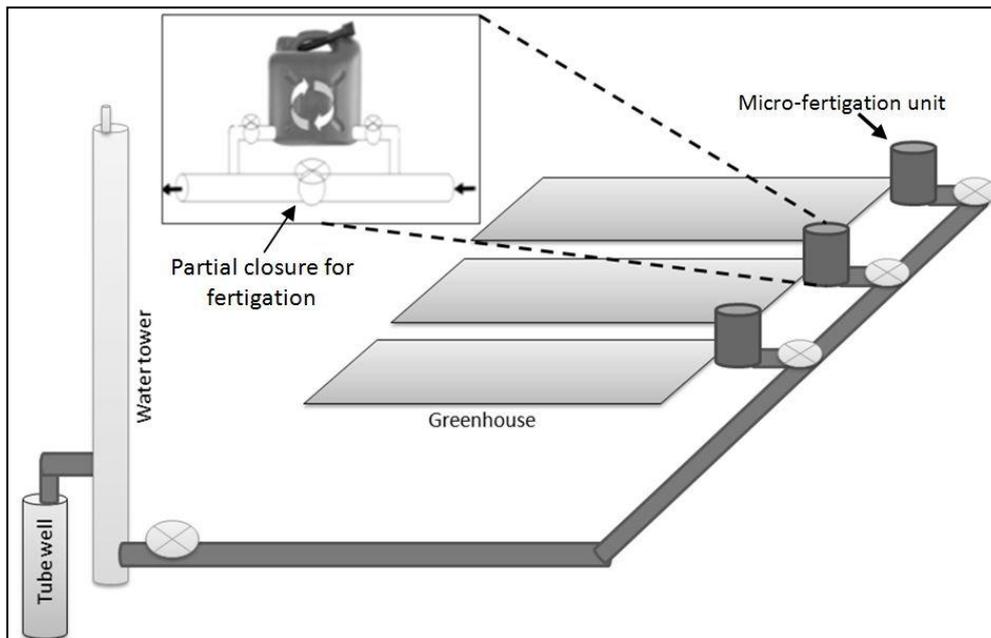


Figure 19. Micro fertigation units

This facilitates fertigation, as sharecroppers often cultivate different crops with different needs, in different greenhouses. The system was thus adopted for technical and agronomic reasons, but also for financial reasons as the cost of fertilisers for each greenhouse and for each sharecropper can be calculated at the end of the season. The micro-fertigation units were developed, tested and improved by the sharecroppers, falling within what can be called their innovation perimeter inside the shared farming systems.

The sharecroppers had also an important role in the diffusion of this technique. Thanks to their mobility, knowledge of the model spread throughout the entire region of Biskra through a process of learning and knowledge application. Interestingly, this innovation was not only used for small greenhouses. Recently, the big farms in the east also adopted the technique for their large-scale Canarian greenhouses, when the large-scale farmers hired sharecroppers who often came from the region west of Biskra. The first Canarian greenhouse was installed in the Biskra region in 2009. It was imported from Morocco as a complete sophisticated package, and was deconstructed by the local actors. In this system, fertigation was managed by a conventional system, composed of fertigation tanks associated with pumps that measure the required amounts of fertiliser. Those who used this type of greenhouse considered that the fertigation system was expensive and too complicated for local sharecroppers. In addition, the

market for fertigation inputs was not really suited this technology, as premixed fertigation elements (NPK) made the dosing pumps unnecessary.

Sharecroppers again adapted the system by installing a 100 litre fertigation unit each hectare under greenhouse using the same technique they had used for the micro fertigation units. The sharecroppers thus contributed their knowledge of small-scale green housing horticulture to these large-scale sophisticated farming systems. This was the case of all greenhouses in our sample, and even the fully equipped Canarian greenhouses are now using the modified system.

3.3.3. Enabling innovation in local innovation systems: the role of other actors

A farmer-led distributed innovation system mobilising 18,000 to 26,000 potential innovators

Farmers seek to improve the efficiency of their production systems but also their working conditions by progressively adapting the components of greenhouses, in our case the drip irrigation system, and adopting both local and external improvements. They experimented in stages and made adjustments as needed to seize opportunities which arose or to deal with constraints. According to the agricultural administration, in 2014, there were around 130,000 greenhouses in Biskra. Based on an average of five to seven greenhouses per sharecropper and counting landowners and lessees, this means that there were around 18,000 to 26,000 actors potentially able to make changes in the study area.

These farmers can be considered as local innovators. They conducted small-scale experiments to gradually improve the technology. The users then evaluated their consequences and reorganised their farm operations whenever necessary, thereby producing local references for greenhouse techniques. In addition, local farmers developed learning skills and acquired know-how in the process. They were able to develop new agricultural farming systems like the intensive frontier farming system with collective access to water resources and decentralised management of drip irrigation systems. These adaptations or innovations were created in a distributed manner. Each actor in this system faced the constraints of everyday farming within his perimeter. Landowners were concerned by the functioning of the tube-well and the regulation system, which prompted them to install the water tower. The lessees and sharecroppers were concerned by water distribution and fertigation, which led to the invention and application of micro fertigation units. Production, dissemination, and use of innovation networks showed a distributed configuration.

Input sellers stimulated farmer-led innovation (new varieties, access to credit, etc.): market-driven farming systems and innovation

While the local adaptations of drip irrigation can be considered farmer-led innovation, the role of the other actors should not be underestimated. The dynamic farming systems created a demand for technical and organisational support from sellers of inputs and private engineers and technicians. There are many actors in the (competitive) market for inputs who support the different farming systems. Two types of actors in particular should be mentioned. First, local retailers provide inputs to land owners and lessees (60 retailers for about 130,000 greenhouses). These retailers also provide credit facilities and they play a very important role in the financing of greenhouse horticulture. In addition, they give advice to farmers and may visit the greenhouses in the case of crop diseases and pests or other problems. Being at the interface between farmers and (inter)national inputs companies, these retailers are the nodes in this innovation network, connecting the actors and transmitting new ideas. In the case of new seeds, products or technologies proposed by companies, the retailers are the best way to promote them, as they are in direct contact with the farmers. For example, when a new drip line was introduced, in order to promote them, retailers provided better credit facilities, whereas previously, the farmers had to pay cash for the drip lines. The farmers also have confidence in the local retailer. When a farmer tries out new practices or adapts his equipment, he will share the information with his retailer. Inversely, when a problem arises, the retailer is the second person a farmer will ask for a solution (after his neighbour). The retailer helps the farmer find a solution or asks other retailers in other regions for help, or, if this is the first time the problems have arisen, they ask the company to find a solution elsewhere. Second, larger companies provide inputs and advice to local retailers, but also have development agents, mainly young engineers or technicians, in the field for direct contact with the farmers. Around 25 agricultural engineers ensure the permanent local presence of these companies in a two-way approach: they are aware of the problems farmers face in the field, without the information being filtered by the retailers, and they can experiment their own inventions. They organise days of technical training days for both farmers and retailers, and visit greenhouses at the request of retailers. These input retailers not only sell products but also give practical advice to farmers. This advice is free of charge, but is part of a strategy to market their products. The companies' strategy is not only to give occasional advice, but also to conduct experiments in the farmers' greenhouses. Farmers who have a good reputation for the performance of their horticulture and are well-known among

fellow farmers are thus approached. The experiments may be the introduction of new seeds, the application of plant protection products, or the implementation of techniques such as drip irrigation.

Originally, these companies supplied conventional drip irrigation systems to farmers. These systems were more suited to individual large-scale farms, but the input retailers allowed small-scale horticultural farmers, especially lessees, access to all the different components of drip irrigation systems. They sold the components separately, so the farmers had the choice of creating or adapting their own drip irrigation systems. The companies also carefully monitored the adaptations to the irrigation systems made by the farmers thanks to feedback from the retailers. The retailers worked closely with the farmers to solve the different problems that arose with drip irrigation. For example, the drip line was progressively adapted to the needs of the farmers by providing more discharge with less operating pressure, closer spacing of the emitters, and emitters better suited to situations where there is a lot of sand in the irrigation water. As the companies are in competition, today, there is a wide range of drip lines to respond to the different situations encountered in the field.

Box 1. How agricultural markets determine drip irrigation performance at field level?

In a context of increasing water scarcity, the performance of irrigation systems is a growing concern. Engineers classically evaluate irrigation performance by measuring (1) the irrigation efficiency, i.e. how much water is beneficially used by the plant (including water necessary for leaching salts) as a percentage of the total irrigation volume applied, and (2) the irrigation uniformity, i.e. how uniformly the irrigation water is distributed to the crop. As far as drip irrigation is concerned, theoretical reference values of 90% in terms of efficiency and uniformity are frequently quoted. However, these figures generally refer to new irrigation equipment and to measurements in experimental stations, but do not account for farmers' practices and constraints.

A study was conducted on the performance of drip irrigation systems used for horticulture (mainly tomato) in 25 greenhouses (8 m x 50 m) belonging to 13 farmers in field conditions in Algeria's Sahara. Irrigation practices were monitored and the discharges of individual drippers were measured along the crop cycle to determine the irrigation efficiency and the irrigation uniformity. Here, only the results on distribution uniformity (DU) are presented. DU values at field level changed during the cropping season as a result of multiple factors at farm and regional levels, including groundwater management, competition between crops

and market prices. The results show that DU values at the field level are comprised between 50% and 70%. The lack of filter systems and the use of soluble fertilizers led to clogging of drip emitters, explaining a quick degradation of DU values along the crop cycle. Interestingly, in some greenhouses an improvement of DU values was observed. Farmers perceived the impact of clogging on the growth of plants and renewed the disposable drip irrigation lines (sometimes twice a year), thereby increasing the DU values.

At the farm level, a considerable difference in DU values were observed for farmers having an individual or a collective access to groundwater. In case of a collective tube-well, farmers carefully manage irrigation and take a keen interest in the state of their equipment. These farmers obtained higher values of DU, typically around 70%. Another important factor determining irrigation practices is the presence of competing crops on the farm. For example, during the early and mid-season of tomatoes, there was much pressure on water resources, as everybody wanted to irrigate. Towards the end of the season, the pressure on water resources is much less as only a few farmers plant a second crop (e.g. melons). This means that the irrigation performance is not a crucial issue anymore for farmers and DU values typically decrease. Finally, at the regional scale, the prices of tomatoes on agricultural markets determined whether farmers wanted to accelerate or slow down the ripening process. Irrigation supplies play a determinant role in this. When prices were very low, farmers even stopped irrigating their crops towards the end of the season, as they had already gained sufficient money with earlier harvests.

Irrigation performance is a dynamic process with large variations along the cropping season and influenced by many factors beyond strict crop water requirements, such as the organization of the farming systems and market prices. It is recommended not to take the theoretical figures of irrigation performance for granted, but rather to carefully analyse the factors determining irrigation performance in the field to determine opportunities for water saving in agriculture.

Khalil Laib, Tarik Hartani and Sami Bouarfa

The role of the state, enabling innovation through subsidies, experiments, and infrastructure

At first sight, the state appears to be absent from the greenhouse dynamics, which appear to be mainly driven by private initiatives. However, the state has frequently played a role in initiating and accompanying agricultural development, even though the official actors such as agricultural extension agents are not directly involved in the innovation process. The state, therefore, played more of an enabling than a direct role. The state allowed access to land on the basis of the well-known slogan that the land belongs to “those who work the land” (in particular the 1983 Law on the Access to Agricultural Land Ownership). It also facilitated access to groundwater through deep tube-wells, which were subsidized in the early 2000s. The state developed agricultural markets, enabling the marketing of greenhouse horticulture. In addition, the state was involved in funding development projects and promoting new technologies including drip irrigation. From 2000 onwards, public subsidies for drip irrigation encouraged private actors to settle in Biskra to sell drip irrigation systems (as well as to provide advice and support). Finally, the government provided facilities to these new agricultural regions, which had become of national importance, by developing basic infrastructure, including roads and electricity networks. Due to the strong agricultural dynamics around greenhouse horticulture, the state is increasingly acknowledging and promoting the private dynamics of developing this type of horticulture.

3.4. Discussion

3.4.1. Farmer-led innovation versus low cost prefabricated kits: what makes the difference?

In the literature, there has been a wide call for cheaper (low-cost) equipment for small-scale farmers, and different authors have reported on the success or failure in the introduction of such equipment (e.g. Garb & Friedlander, 2014; Kulecho & Weatherhead, 2006a). However, these were generally centrally designed standardized drip irrigation kits, which were then proposed to farmers despite recent evidence of many failures, and non-adoption, for instance in West Africa (Garb & Friedlander, 2014). This was also the case in our study area where at first, standardized drip irrigation systems were promoted. Their failure to be adopted by farmers was due to the fact that they were not appropriate to the physical context and existing farming systems, and also because there was no support sector and not much know-how and experience. By contrast, farmer-led innovation focuses on user needs and on the practical aspects of using the equipment mobilizing locally available equipment. This study showed

how farmers (landowners, lessees, sharecroppers) in the Algerian Sahara themselves, with the support of a dynamic support sector, adapted conventional drip irrigation systems to a wide range of uses and users in the context of a rapidly growing greenhouse horticultural sector. These adaptations enabled farmers to acquire cheaper drip irrigation systems, but were also related to specific technical and management constraints in a context of pooled access to productive resources with multiple and highly mobile actors, intensive high-value farming systems with frequent interactions with the support sector, and shared water management. However, smallholder-led innovation in drip irrigation only took off only once drip irrigation had been adopted by large-scale date palm growers and the supply sector had developed sufficiently to provide the hardware necessary for the development of suitable drip irrigation systems.

The users put together their own drip irrigation systems using reusable parts (dripper lines) and got rid of certain components (filters and basins, for example). They were more flexible and mobile, which suited the lessees and sharecroppers. Drip irrigation in itself turned out to be a good investment for all actors. The landowner could rent out more land through more efficient irrigation, thus providing opportunities for more lessees. In addition, drip irrigation reduced the labour requirements both in terms of agricultural practices (weeding for example) and irrigation. The sharecroppers were thus able to manage more greenhouses. This generated financial capital for all the actors involved in these hierarchically organised farming systems. Interestingly, the support sector readily accepted the important role of farmers in local innovation systems and adapted their commercial range of products to the changing needs of farmers. In comparison, the literature on small-scale and low-cost kits proposed by NGOs in Africa generally report on prefabricated rigid systems, which prevent the user from participating in the development of adapted and dynamic systems. This led, for example, to the design of very small-scale kits which required the continued presence of users in the field (Wanvoeke et al., 2015).

3.4.2. Perimeter of innovation and mobility of actors

The innovation process of drip irrigation in our case study mimicked the distributed organisation of the farming systems (fig. 17), which confined each actor to a specific perimeter of innovation. The sharecroppers, for example, intervened only from the secondary drip lines to the emitters at the crop level, as the other parts of the system were under the responsibility of landowners or lessees. However, the innovations travelled with these sharecroppers to other locations and other farming systems. This is illustrated by the example

of the fertigation units, which were developed by sharecroppers for small-scale greenhouses (400 m²) but also travelled to the large-scale Canarian greenhouses located 80-120 km away where the sharecroppers also went to find work (Naouri et al., 2015). On the other hand, the regulation system (water tower, basin), developed by landowners to the west of Biskra, did not travel to the east. Landowners to the east of Biskra were aware of this regulation system, but they did not think they required these water towers, as their farming systems are less distributed and involve fewer actors. While this appears to be an objective reason why this innovation did not travel, its non-diffusion may also be linked to the fact that the landowners in the west – the innovators – did not farm in the east.

Interestingly, the high mobility of actors - and hence of their innovations – over hundreds of kilometres challenges the usual observation that farmer-led innovation in one locality can seldom be replicated elsewhere (Waters-Bayer et al., 2009b). In our case, some innovations, such as the fertigation systems, travelled over a large distance within the same farming systems, and were also adopted in other farming systems, thanks to the geographical mobility of, for instance, sharecroppers. In addition, there was also a rapid upward shift in the social mobility of the actors. The high profitability of the farming systems enabled sharecroppers to become lessees in the period of only a few years and even landowners a few years later (as they acquired the means to invest in a tube well). Socio-professional mobility allowed today's sharecroppers more scope for the application of their technical capital and also enabled the entry of new generations of innovators. Socio-professional mobility facilitated the shared understanding of the different actors on the requirements of, for example, the water management system. When sharecroppers become landowners, they already understand the needs of sharecroppers and lessees, thereby extending the perimeter of innovation.

3.4.3. The incremental innovation factory: building innovation and innovators

Adapting drip irrigation to local situations was shown to have gone through many steps. Farmers have a sense of observation, replication and re-engineering. They stripped existing high-tech equipment to keep only the vital minimum. In the beginning, they used drip irrigation as a distribution system to deliver water from the tube-well to plants. In a second step, different actors experimented different options, some taken from conventional systems such as the fertigation units used in palm groves, and implemented them within their perimeter of innovation. The adaptations were tested and gradually improved through re-engineering. In the next step, selected innovations that were considered to be efficient were used in places which were not those where they originated by other users, who might, in turn

tinker with them. These innovations were not restricted to these farming systems, but travelled further due to the high geographical and socio-professional mobility of the actors. These innovations were thus put through different improvement tests. In the transfer process, only what “worked” and was applicable was kept. For example, fertigation units grew in scale and the water tower failed to find a place in the new farming systems such as the hyper intensive farming system relying on Canarian greenhouses.

No innovation is permanent: a solution to a given problem does not remain valid for ever and the conditions for farmers are constantly changing (Waters-Bayer et al., 2009b). When networks of users are involved in the development of the technology and when they are not considered mere users of black-boxed technology, the technology is continuously adapted. The dynamics of greenhouse horticulture involving a wide range of very dynamic actors who interact at a small scale provides fertile ground for farmer-led innovation. Their social and geographical mobility turned lessees into landowners and sharecroppers into lessees looking for new sharecroppers or trained labourers. During their careers, they thus built a capacity of adaptation and comprehension of technologies and of their use and functionalities. This means that greenhouse dynamics not only produced innovations but also actors capable of innovating and of adapting technologies in new situations.

3.5. Conclusion

This study has shown how local innovation disseminated over hundreds of kilometres not only thanks to the geographical mobility of the actors, but also to the socio-professional upward mobility of labourers, sharecroppers, lessees and landowners. These actors accumulated know-how and organisational skills, and took with them not only the innovations themselves, but also the capacity to innovate, when they moved on. These actors are not transferring “static physical artifacts into new contexts” (Garb & Friedlander, 2014) but rather their expertise and adaptive management skills.

Chapitre 4

Le pouvoir de la traduction: les dialogues de l'innovation dans un contexte d'innovation menée par les agriculteurs au Sahara algérien

Ce chapitre sera publié sous forme d'article dans la revue Agricultural Systems :

Naouri, M., Hartani, T., & Kuper, M. (upcoming). **The power of translation: innovation dialogues in a context of farmer-led innovation in the Algerian Sahara**

En cours d'évaluation (Agricultural Systems Journal)

Chapitre 4. Le pouvoir de la traduction : les dialogues de l'innovation dans un contexte d'innovation menée par les agriculteurs au Sahara algérien

Dans ce chapitre, nous montrons les liens entre les agriculteurs et fabricants d'intrants du maraichage sous serre à travers les dialogues d'innovation. Le but de ce chapitre est d'analyser les multiples dialogues entre les fabricants internationaux et les petits exploitants qui utilisent l'irrigation goutte à goutte et de caractériser la lutte de pouvoir entre les différents acteurs.

Nous avons pu identifier les différents intermédiaires de l'innovation impliqués dans les dialogues d'innovation sur l'irrigation au goutte-à-goutte, qui représentent "back-office de l'innovation". Ces intermédiaires gèrent une grande partie du processus de traduction en plus de fournir des intrants agricoles aux agriculteurs. Alors que les fabricants internationaux passent par ces intermédiaires, ils visent également à entretenir un dialogue direct avec les utilisateurs finaux (agriculteurs) afin de prédire les orientations futures de la dynamique agricole et de rester compétitifs. Deuxièmement, nous avons montré qu'une traduction technologique durable nécessite des canaux de dialogue stables et actifs dans les deux sens entre les concepteurs et les utilisateurs finaux. Troisièmement, les réseaux d'innovation ne sont pas libres de conflits, car il y a une lutte continue pour le pouvoir entre les différents acteurs. L'élément clé de cette lutte de pouvoir est le contrôle du processus de traduction de la technologie. Plus vous contrôlez la traduction, plus vous êtes puissant dans le système d'innovation.

4.1. Introduction

Agricultural innovation systems are social constructs which emerge from multiple interactions between “*components of farming systems, supply chains and economic systems, policy environments, and societal systems*” in dynamic, complex and non-linear ways (Klerkx et al., 2012 : 458). Innovation systems are qualified as complex systems, which are open to information flows, can self-organise and have a propensity to exhibit scaling properties (Fischer & Fröhlich, 2013; Katz, 2006). Within the innovation networks, multi-scale – from local to global – connections are established between the users and designers as well as between actors at the same scale (Klerkx & Leeuwis, 2009), thereby bringing together increasingly globalised and very local actors in the same network (Bunnell & Coe, 2001; Von Hippel, 2005). On the one hand, knowledge and technology design is increasingly centralised in large-scale international companies where the innovations are produced by designers and seen as crypted objects to be used by users who are considered as adopters. On the other hand, “*a global player must be capable of a considerable measure of empathy and must create more local embedding and networking, and consequently a more precise working knowledge of a certain region becomes an essential operating condition*” (Braczyk & Heidenreich, 1998): 414). In other words, global players (designers, manufacturers) and local actors have to translate their language, their problems, their identities and interests to others in order to bring the market and the technology together (Akrich et al., 2002a). This process of “translation” (Callon, 1986) is an increasingly collective activity, which favours “*interaction, permanent comings and goings, all types of negotiation which allow for rapid adaptation*” (Akrich et al., 2002a): 189). These permanent interactions and negotiations in agricultural innovation systems enable the actors to collectively react to fluctuations, avoid pitfalls and seize opportunities. Nevertheless, there is continued tension between the designers and engineers who promote a new technology, and the users, who adapt the technology to their own context and, in so doing, challenge the network in which the technology is embedded. The process of translation, as Callon (1986) recalls, is a process in which the power relations between actors play out and where dissidence and treason are never far away, for example when certain actors divert from the obligatory passage points: “*Dissidence ... brings into question some of the gains of the previous stages. The displacements and the spokesmen are challenged or refused*”.

Regarding agricultural innovation systems in Africa, Waters-Bayer et al. (2009b): 239) state that farmers “*have been doing most of the experimentation, innovation and adaptation in*

agriculture and natural resource management since time immemorial”, thereby inverting the classical innovation logic (from lab to market). Indeed, there is simply no way that the limited number of scientists and engineers working on agriculture can generate the range of necessary innovations and adaptations to such a diverse range of (changing) situations. There is thus increasing recognition of local innovation, that is, the process by which groups in a given locality “*discover or develop and apply improved ways of managing the available resources*” which build on and expand the boundaries of their indigenous knowledge (Waters-Bayer et al., 2009b): 239). In the literature, this is referred to as ‘farmer-led’ or ‘user innovation’, linked to the idea that innovation is being “democratised”, where “users of products and services—both firms and individual consumers—are increasingly able to innovate for themselves” (Von Hippel, 2005 : 1). From this perspective, farmers are not only users, but also producers of innovation and are actively involved in the process of translation (Akrich, 1998). Alongside other private or public agents, farmers can therefore be active as innovation intermediaries, supporting the innovation process by providing information, knowledge, advice, funding, or by acting as mediators (Howells, 2006; Poncet et al., 2010). The role of innovation intermediaries in innovation networks is increasingly recognised (Klerkx & Leeuwis, 2009). Innovation intermediaries help to define and articulate the needs of the end-users, create links with external knowledge and service providers, and implement business and innovation strategies (Bessant & Rush, 1995). The hypothesis we examine in this paper is that these intermediaries play an active and crucial role in the multi-scale, multi-actor process of translation. Collectively, they represent what can be called the ‘back-office’ of farmer-led innovation.

In a particularly interesting paper, Garb & Friedlander (2014) linked the failed uptake of drip irrigation systems in West Africa to the linear transfer of static artefacts - the drip irrigation “kits” - which did not enable local actors to engage in translating the technology. As an alternative option, these authors suggest stimulating local innovation systems to constantly (re)perform the technology. In recent decades, the adoption of low-cost drip irrigation in Asia and Africa has attracted considerable attention in the literature (Namara et al., 2007). Many authors (e.g.(Garb & Friedlander, 2014; Kulecho & Weatherhead, 2006b; Wanvoeke et al., 2015) have reported on the failed uptake of the top-down drip irrigation technology transfer model in Africa. This aim of this paper is to contribute to the wider debate on the translation of technology and the drip irrigation uptake in Africa, using a case study that represents an innovation process almost diametrically opposed to the unsuccessful technology transfer

reported by Garb & Friedlander (2014). We examine the case of incremental user-led innovation of low-cost drip irrigation in the Algerian Sahara, where local and international innovations have been rapidly diffused, corrected, adapted and re-diffused in a continual process of translation (Naouri et al., 2017). We conducted a survey of a multilevel network - from local to international - of actors in which informal organisation predominates.

This paper analyses the process of technology translation of drip irrigation for smallholders. The aim of this study was to characterise the dialogue channels and identify the instances of translation between the international manufacturing industry, innovation intermediaries and smallholders. The study was conducted in Biskra, where greenhouse horticulture has expanded rapidly over the last 20 years. We focus on drip irrigation technology and compare our findings with farming inputs (especially seeds) to identify the power shifts between the different actors of the innovation networks.

4.2. Research approach and case study

4.2.1. Research approach

Our approach was inspired by, and builds on, the recent literature on technology translation (e.g. (Garb & Friedlander, 2014; Hermans et al., 2013), which extends some of the methodological advances of the sociology of translation (Callon, 1986; Law, 2008) with the aim of providing useful insights for the analysis of innovations in-the-making (Akrich et al., 2002a). Technology translation is, first, about tailoring a technology to meet specific local needs, but, second and perhaps more important, about developing local innovation networks than can support the adopted technology and help it address local needs (Garb & Friedlander, 2014). The success of drip irrigation is *“undergirded by the existence of a complex, extended, and in many cases taken-for-granted network needed for the technology to “work” (ibid.)*. Indeed, the failure of many technology transfer projects in Africa is related to the absence of a cohesive socio-technical network supporting this technology, as the technology moves away from its original context (Venot et al., 2014) or *“script”* (Akrich, 1991). We analysed the interactions and dialogues between the different actors, from manufacturers to farmers, and specifically highlighted the role of the different innovation intermediaries in creating a local innovation system around drip irrigation technology, which is essential for successful greenhouse horticulture. In so doing, we were able to identify the occurrence of the four moments of translation (Callon, 1986) in each innovation instance by which specific actors (in Callon’s case, researchers, and in our case, international manufacturers) seek to impose their

“definition of the situation”, and thus affirm themselves as translators in innovation networks: (1) problematisation, in which these translators seek to become *“indispensable to other actors in the drama by defining the nature and the problems of the latter and then suggesting that these would be resolved”* if these actors would stick to the programme they recommended (the so-called ‘obligatory passage point’); (2) intersement, which is a series of processes by which the translators aim to *“lock the other actors into the roles that had been proposed for them in that programme”*; (3) enrolment, defined as a *“set of strategies”* in which the translators seek *“to define and interrelate the various roles they had allocated to others”* further developing the alliances initiated during the moment of intersement; and (4) mobilisation, which is a set of methods used to ensure that *“supposed spokesmen for various relevant collectivities were properly able to represent those collectivities and not betrayed by the latter”* (Callon, 1986). We then compared the innovation processes of drip irrigation with those ongoing in another essential component of greenhouse horticulture – seeds – handled by the same intermediaries.

Our empirical approach was based on: (1) observations made over a 5-year period (from 2013 to 2017) of exchanges between different actors involved in the local drip irrigation innovation system. During this period, we also documented all the adaptations made to drip irrigation systems and analysed farmers’ irrigation practices to understand why these adaptations were made, (2) semi-structured interviews and the mapping of actors. Each actor was asked to map the actors with whom he/she was interacting and to identify the nature of the interactions (purchase/sales, advice, working relationship etc.), taking the relational, spatial and temporal dimensions into account, and (3) official documents of the agricultural subdivision. By combining the use of different methods (observations, individual interviews, mapping carried out by actors, secondary data) and by interviewing different categories of actors, we were able to cross check and triangulate the information collected. First, we interviewed farmers who had been active in (co-) producing the drip irrigation systems that have been widely adopted in the study area. Next, we interviewed intermediaries who were mainly involved in the innovation process as ‘carriers’ rather than as sources of innovation (Klerkx & Leeuwis, 2009). These carriers of innovation play a major role in the inputs market, credit facilities and the transfer of innovations in the study area, and indeed in the translation process, as we will show in this paper. These actors were identified by starting from the relations farmers have with such intermediaries in the field and moving up to the level of international manufacturers. We interviewed 42 ‘back-office’ actors at three main levels: (a) 20 retailers

who run local inputs businesses, (b) four regional distributors and 10 regional representatives of distribution companies i.e. development and sales engineers who provide technical advice to farmers and are responsible for the promotion of company products, (c) five representatives of national distribution companies and three representatives of international manufacturers in Algeria. We also interviewed 42 farmers, including two farmers who were amongst the earliest users and co-producers of drip irrigation systems. Finally, we interviewed two technicians from the public agricultural services who have been involved in the innovation process in the past decade. The semi-structured interviews covered three topics:

- The organisational set-up of the 'back office'. At the beginning of each interview, the interviewee was asked make a sketch of the process by which a manufactured product ends up in the hands of the farmer. Next, the interviewee indicated his position and described his role in this process. The relations and interactions the interviewees had with other actors were also identified during the interview.
- The innovation process. Two main objects, drip irrigation and other inputs (in particular seeds, but also pesticides and fertilisers), included in the innovation process were discussed with interviewees with a particular focus on the moment in time when the translation occurred (problematization, intersement, enrolment and mobilisation).
- The socio-technical network. Each actor was asked about their technical and financial relations with the actors with whom they were connected. The history of this network and types of exchanges were recorded.

Based on these interviews and on our observations, we analysed the process of translation by identifying the different actors (who is doing what?) who were active in the four moments of translation (how and why does the translation take place?), based on the hypothesis of a stable network of actors with open dialogue in which technology translation enables the wide diffusion of drip irrigation systems. We first identified three main instances in the history of drip irrigation innovation in the study area and for each instance, we describe the occurrence of the four moments of translation. Second, we analysed the role of intermediation in the innovation process based on the functional organisation of the back office and identified four channels of dialogue for technological translation. Third, for each object, we analysed the balance of power between the actors during the innovation process.

4.2.2 The case study

a) Study area and farming systems

The study was conducted in the Biskra administrative department, which covers 20,986 km² in the Algerian Sahara, and is famous for its archipelago of oases and the production of date fruits. According to data of Biskra's agricultural subdivision, in 2015, 4.28 million date palms produced 370 000 tons of dates (MADR, 2015a). Outside the oases, the climate is arid (less than 100 mm of annual rainfall) with high temperatures and light amplitude enabling early production of fruit and vegetables. Since the 1990s, greenhouse horticulture based on drip irrigation systems using pumped groundwater has developed rapidly in the region. Biskra farmers grow tomatoes, bell peppers, melons and aubergines under greenhouses for the Algerian market in the winter (more than 40 million consumers). Biskra has two main national wholesale markets where farmers can sell their products to traders who come from all over the country. Biskra also has a dense supply network for inputs, mainly hybrid seeds sold by multinational seed companies, fertilisers and pesticides (generally imported), and equipment, including drip irrigation systems. The area under greenhouses has multiplied by four in the last 15 years and in 2016 accounted for 6 250 ha (equivalent to 150 000 greenhouses, as each greenhouse measures 8 by 50 m), according to data from Biskra's agricultural sub-division. Our study focused on this farming system, which has a particular hierarchical farm structure (Naouri et al., 2017). Different actors are active on the same farm, including the landowner, lessees, sharecroppers and labourers working together and pooling different resources (capital, land, water, know-how, labour; see Amichi et al., 2015; Naouri et al., 2015).

b) Farmers and the different back-office actors

Figure 20 shows the relations between local and global actors of the drip irrigation innovation system.

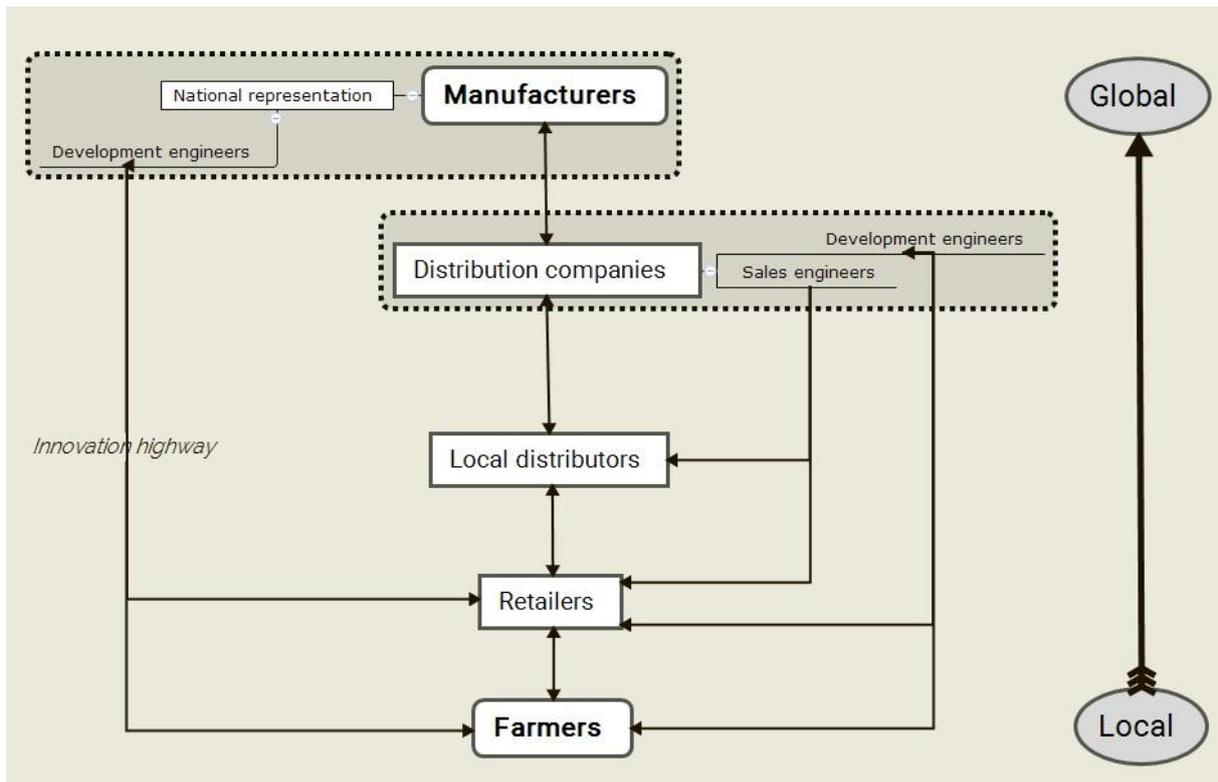


Figure 20. Positioning and connections between the back-office actors

- ***Farmers***

At first glance, it is not easy to identify who is a farmer and who is not, in the complex and dynamic greenhouse horticulture farming systems of Biskra. Landowners who rent out plots may be formally identified as such by the state agricultural services, but may not be recognised as such by the dynamic retailers of the sector. For these intermediaries, farmers are those who are actively involved in the greenhouses and who do direct business with them. This category generally comprises i) lessees, who rent in the land from landowners, invest in greenhouses and purchase farm inputs, ii) sharecroppers, who bring in their expertise and work force, and iii) the few landowners who contract directly with sharecroppers (without a lessee). Interestingly, classical innovation language is used by some of the global players when classifying farmers in “leaders” and “followers”. Leaders are early adopters of innovation as they want to keep ahead of the others, and are known to other farmers for their high agricultural performance level. Intermediaries are very keen to do business with these farmers, as they consider they have influence over other farmers. Followers are smaller-scale farmers who generally take advice from the retailers on crop management and keenly observe the leaders’ practices.

- ***Local retailers***

Retailers (locally referred to as *grainetiers*, literal meaning: seed merchants) are dealers in inputs. In 2016, there were more than 60 retailers in the study area. They supply inputs (seeds, fertilisers, pesticides) and irrigation equipment, and provide technical support to farmers. At the same time, the retailers provide feedback to the companies about the problems farmers meet. Annual turnover ranges from US\$ 50 000 to US\$ 1 000 000 per retailer. They are considered as the main intermediaries between the global companies and local farmers. Retailers provide informal credit to “*creditworthy and valued customers*”, that is, those farmers who have a reputation as good horticultural producers who will be able to reimburse a credit, while other farmers pay in cash for these inputs (Lejars et al., 2017).

- ***Regional distributors***

Regional product distributors ensure the distribution of inputs supplied by different (inter)national distribution companies to local retailers. Each regional distributor has a network of local retailers who promote new products and innovations. In fact, most regional distributors were originally retailers themselves and became distributors thanks to their relationships with the (inter)national distribution companies. Some distributors offer financial facilities to young retailers who are setting up in the production areas. There were seven distributors in Biskra in 2016. The three biggest are located in the city centre while the others chose to be close to the production zones, 30-60 km east and west of the city.

- ***Contractors***

These are regional construction entrepreneurs usually involved in public works. They only get involved in agricultural services contracts when there is a public call for grants, for example in the case of drip irrigation, tube-wells or subsidised greenhouses.

- ***(Inter)national distribution companies***

More than 25 companies were represented in Biskra during the study period. These companies are national and, in some cases, even international players. Through regional antennas, they analyse and articulate the demand of regional markets and provide solutions, often by watching experiments conducted in production areas elsewhere in the world, for instance, bumble bees used for tomato pollination in Belgium.

In the field, the distribution companies were represented by their development and technical sales engineers. These agricultural engineers were generally graduating of local universities employed by the distribution companies. Development engineers have three main missions (a) to test new products in the field, (b) to pass on feedback from the field to the company, (c) to promote new products to farmers. They are in direct contact with farmers, in particular with the farmers they consider ‘leaders’, and with retailers. The mission of the technical sales

engineers is product sales and promotion. They are in permanent contact with both distributors and local retailers to persuade them to sell their products by providing financial advantages and technical arguments. These engineers have no direct relationship with farmers.

- *International manufacturers*

Manufacturers here refer to the companies which design and produce equipment, including drip irrigation systems, or agricultural inputs. These companies are mostly multinationals acting at the international level.

4.3. Results

4.3.1 Three instances of drip irrigation innovation

The translation processes related to drip irrigation innovation in Biskra were analysed through a matrix based on the history of drip irrigation innovation in the study area crossed with the innovation translators and the target actors (Table 4). Three innovation instances were identified when technology translation, i.e. problematisation, interessement, enrolment and mobilisation, occurred.

Table 4. Instances of innovation and the different actors involved

	Instances of innovation		
	Introduction of the technology (1991-2000)	Developing the innovation network (2001-2008)	The innovation factory (2009-today)
Technology	<ul style="list-style-type: none"> • Drip irrigation kits for 10 greenhouses 	<ul style="list-style-type: none"> • Drip irrigation kits for date palm • Greenhouses with disposable drip irrigation kits 	<ul style="list-style-type: none"> • Locally customised drip irrigation systems
Target actors	<ul style="list-style-type: none"> • Farmers (leaders) 	<ul style="list-style-type: none"> • Public partners • Farmers (landowners) 	<ul style="list-style-type: none"> • Farmers (landowners, lessees, sharecroppers)
Translators	<ul style="list-style-type: none"> • Development engineers of distribution companies 	<ul style="list-style-type: none"> • National and international distribution companies 	<ul style="list-style-type: none"> • Farmers and back-office actors: manufacturers, distributors, retailers and contractors

a) Introduction of the technology (1991-2000)

At the time, there were less than 1 000 ha of greenhouses, and few actors active in the back-office. Only three retailers were working with the distribution companies' engineers and with the public fertiliser distribution company. Also, the farming systems were not as complex as today. Most farms were individual farms comprising five or less greenhouses using surface irrigation and were managed by family members. However, the market was growing and Biskra became known by traders as an early vegetable market. Some farmers increasingly invested in greenhouses because they made a good profit catering to the increasing demand. However, with the increasing number of greenhouses, surface irrigation became harder for farmers. Local retailers and engineers from the distribution companies were connected to (inter)national innovation systems and were also in direct contact with certain farmers interested in new technologies, ideas or knowledge, to whom they referred as 'leaders'. The

farmers leaders were unable to increase the number of greenhouses as surface irrigation management was labour-intensive and qualified labour was lacking.

In this first instance, the translation process began with the development engineers problematising the irrigation problems faced by these farmers: “*Current (surface) irrigation systems slow down the development of your business as farmer. You cannot extend the number of greenhouses beyond 10 due to high labour requirements*”. Development engineers established themselves as obligatory points of passage (Callon, 1986) by playing the role of translators. In 1991, development engineers gave three farmers, considered as leaders, free drip irrigation kits, imported from France, designed to be used for five years. The system was composed of a filter and fertigation system, PVC lines and rigid drip lines with integrated drippers, along with free technical advice and seeds of new varieties. By promoting the use of this kit through farmer leaders, the aim of the development engineers, at this moment of intersement, was to diffuse the kits and detach farmers from surface irrigation and enrol them in the drip irrigation network.

However, their intentions during the first instance were hampered by several issues. First, the problem described by development engineers, i.e. the maximum possible number of greenhouses per farm was 10, only concerned a minority of farmers at the time. Second, there was no mature innovation network to support such a new technology, including the capacity to adapt the technology to local conditions. Third, the farmers were not satisfied with the technology in the first place. They complained that the drip lines were rigid, the system could not be moved around and the spare parts were not available on the market. The investment cost was high (US\$1 400/kit, i.e. \$140 per greenhouse), relative to the price of the whole greenhouse, which was less than \$400. Today, this ratio has changed considerably: the cost of the greenhouse structure has increased to \$1 500, whereas a drip irrigation system for a greenhouse costs less than \$50, i.e. 3% of the total cost of the equipment rather than 26% at that time.

b) Developing an innovation network but targeting the wrong actors (2001-2008)

Ten years after the drip irrigation technology was introduced, the area had changed considerably. First, greenhouse horticulture proved to be very lucrative, which led to a market-based agricultural boom. The farm structure was transformed from individual farms to more complex configurations. Landowners with insufficient capital to invest in greenhouse horticulture, informally rented out the access to water and land to a new category of farmers,

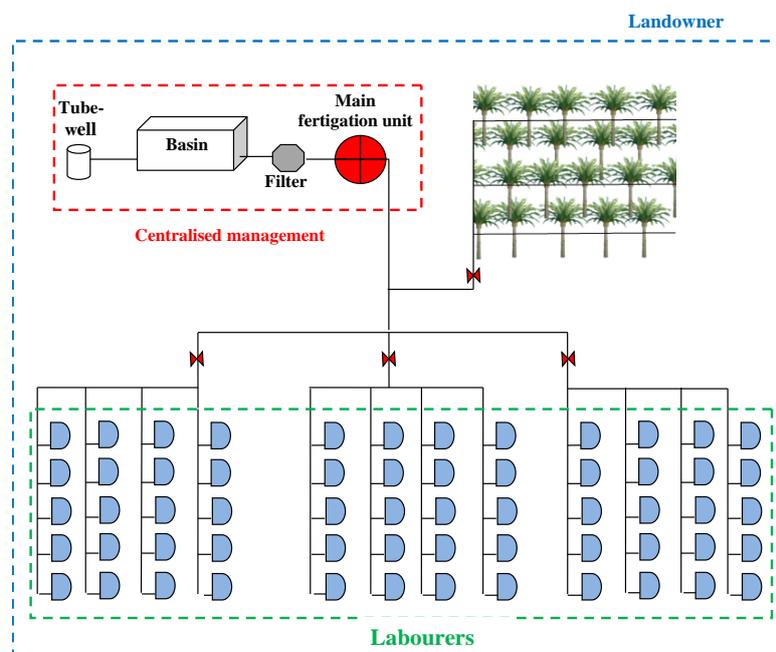
'lessees', who were not recognized by the government. Landowners provided irrigation water to increasing numbers of lessees through collective tube wells, rendering efficient irrigation even more important, and farmers were faced with the fact that surface irrigation limited their expansion. Second, many policy reforms were being introduced in Algeria; the Algerian economy was opened to the private sector and national and foreign import/export firms appeared for goods and for professional and industrial equipment (Abbas, 2012). As a consequence, private firms were established at the local level, but connected to (inter)national firms. Third, inspired by the Integrated Water Resources Management paradigm, which promotes equitable and sustainable resources use through a coordinated development and management of water, land and related resources. the Algerian government introduced new water policies from 1996 onwards. At that time, following problems of supplying drinking water to the fast-growing cities, a debate about water scarcity had arisen, and the state was called on to find solutions.

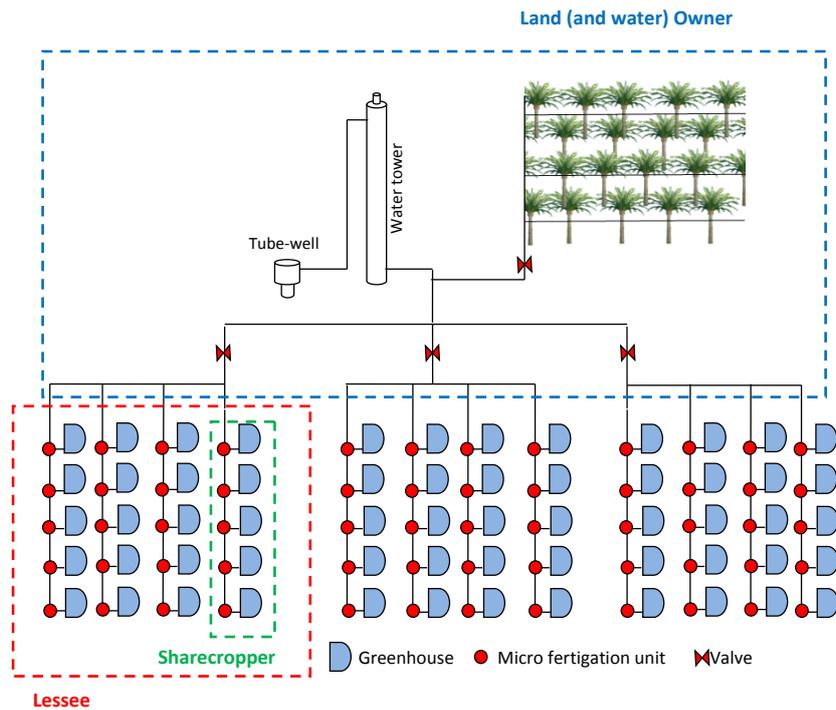
(Inter)national distribution companies then problematised the issue of water scarcity. On the one hand, they told the state that drip irrigation systems were more efficient than surface irrigation. Promoting drip irrigation could therefore help to solve the problem of water scarcity. Distribution companies argued that more efficient use of agricultural water would free up water for the cities. In parallel, they continued their discussion with farmers in Biskra about the potential of drip irrigation, which would enable farmers to increase the number of greenhouses served by each tube-well.

A few years later, the price of oil went up, allowing the Algerian government to launch the National Agricultural Development Programme in 2003 to stimulate the agricultural sector. Water use efficiency was one of the main components of this programme, which took the form of public subsidies for drip irrigation. During this moment of interest, distribution companies encouraged the State to attract farmers to drip irrigation through such grants. Farmers in Biskra were interested in the grants, which constituted a package: greenhouses, irrigation equipment and date palms. These dynamics enabled the development of a local innovation network related to drip irrigation, enrolling contractors, fitters, retailers, but also some national investors (manufacturers of drip tapes, for instance). These different actors actively promoted the technology in order to be part of this public initiative. The number of greenhouses increased rapidly by 7.2% per year, and the surface area of palm groves, in

particular the high value *deglet nour* variety, increased by 9.2% per year over the same period (MADR, 2015a).

However, the grant option only concerned landowners, as these were the formal actors officially known by the State. Other potential users (lessees or sharecroppers), who were the main actors of greenhouse horticulture, had no land title and were consequently excluded from the grants. With hindsight, in so doing, the distribution companies, which can be considered here as translators, targeted the wrong category of actors. By considering the subsidizing State as their client, which would then distribute the technology to its clientele (landowners), without involving the local retailers who were mediators in all other aspects of greenhouse horticulture (seeds, fertilizers, pesticides and equipment), the national distribution companies (i) excluded the main farming actors of greenhouse horticulture, i.e. lessees and sharecroppers, and (ii) developed a closed supporting innovation network which only existed as long as the State was willing to subsidize drip irrigation. Moreover, by ignoring the new hierarchical and complex structure of horticultural farms, which was invisible to the State, the drip irrigation systems were designed for individual farms with a centralised regulation and fertigation system (fig. 21a). As most landowners were not active in greenhouse horticulture and the subsidies were a way to obtain either date palms or greenhouses, the majority of drip irrigation systems were either discarded or installed for date palms. Only two out of the 42 farmers we interviewed used subsidized drip irrigation in their greenhouses.





**Figure 21a. The State subsidized drip irrigation systems of the second instance; Fig 21b
The local customised drip irrigation system that emerged during the third instance**

Many landowners obtained access to the grants and hence to irrigation equipment, but their farm structure had already changed and the subsidised drip irrigation system (fig. 21a) did not fit the new farm structure. The greenhouses were owned by lessees and managed by sharecroppers growing a diverse range of vegetables, and targeted irrigation and fertigation practices were required for each individual greenhouse. The proposed centralised irrigation and fertigation regulation was therefore incompatible with local practices. Many parts of the subsidised irrigation equipment were quickly discarded and ended their life in the desert (fig. 22). Meanwhile, farmers (lessees and sharecroppers) were searching for solutions by making some adaptations to the drip irrigation system. The different components were available and farmers had become interested in drip irrigation, but the support network was busy elsewhere with the State programme.



Figure 22. Abandoned filter systems from the subsidised irrigation systems in Biskra

c) The innovation factory (2009 to today)

During the third instance of drip irrigation innovation, no more subsidies were available for drip irrigation and distribution companies were looking for new clients. They finally acknowledged, one, the actual farm structure, and two, the existing network of local retailers (connected to all greenhouse farmers) as obligatory passage points in the booming horticultural sector. The distribution companies then tried to reformulate a multi-scale problematisation statement - why drip irrigation was important – for all categories of farmers (landowners, lessees and sharecroppers). However, distribution companies had not realised that farmers were already working on their own translation process. Farmers were experimenting in adapting the drip irrigation technology, by designing decentralised regulation, distribution and fertigation systems (see figure 21b). This can be considered as the problematisation moment, when farmers reacted to the strong constraints of surface irrigation and formulated three avenues of action. First, irrigation and fertigation management had to be decentralised, to supply water and fertilisers to each individual greenhouse. Second, as a consequence, as many farm actors were now involved in the irrigation system, the tube well and the pump needed to be protected against fluctuations in discharge and pressure. Third, due to the high mobility of the lessees and sharecroppers, who often relocated the greenhouse or left the farm after two or three years, the cost of the system would need to be as low as possible.

During the moment of interessement, a simple low-cost drip irrigation system (fig. 21b) was designed, with some variations depending on the users and the uses (for a detailed description

of this drip irrigation system (see Naouri et al., 2017). Each category of farmer on a given farm only dealt with innovation in the part of the irrigation system the farmer concerned used. Landowners wanted to protect their tube well from variations in pressure and in collaboration with the local fitters, designed an appropriate device - the so-called water tower – instead of the more traditional basins. Lessees and sharecroppers designed decentralized fertigation and distribution systems using jerrycans and valves made locally. The local contractors and retailers understood what was happening and contributed to the emergence of a local innovation network. They searched for other suppliers with more competitive prices for pumps, drip tape and accessories than the price of the kits offered by distribution companies, which had copied the kits distributed in the framework of public subsidies during the second instance (table 5). In close collaboration with farmers, local contractors thus minimised the cost of the drip irrigation system. Retailers were also adapting their offer by proposing proximity credit for farmers and spare parts to customise irrigation systems.

Table 5. Drip irrigation parts: origin and suppliers

Parts	Origins	Suppliers
Pump	Italy and China	Hydraulic companies
PVC and PEHD tubes	Local manufacturers	Plastic manufacturers
Accessories	Italy and China	Plastic importers
Drip lines	France and Italy	Distribution companies

An ‘innovation factory’, that is, a socio-technical network involving thousands of farmers and hundreds of service providers gradually stabilised (moment of intersement). This open network improved the technology for different uses and disseminated it to different users. In a cruel twist, the contractors who had contributed to creating the network, were gradually excluded from the network, as spare parts became increasingly available. Farmers were supplied directly by retailers with credit and installed the system on their own. Regional distributors in turn supplied the retailers with the drip irrigation components. By tailoring the technology to local needs and enrolling local actors, farmers reorganised the local innovation network related to the drip irrigation system. For example, the elimination of basins, filters and centralised fertigation units excluded contractors and manufacturers of this innovation network.

At the same time, by co-conceiving the water towers and micro fertigation units they brought new actors (local fitters and jerrycan manufacturers) into the local innovation network. The network became stable and it was too late for the distribution companies to introduce alternative drip irrigation systems. They then chose to focus on providing the drip lines and had to give up on the other components that had been discarded and replaced by alternative options by the local innovation network. Local retailers and regional distributors, carriers of innovation, were no longer accepting filters or fertigation units from the national distribution companies, as they had no clients for them. Farmers imposed their view of what the drip irrigation system should be. According to a former development engineer, “*the system was not up to standard and it was our fault. We originally introduced our standards [complete drip irrigation kits] and were unable to offer the farmers a suitable system that worked at lower cost*”. Instead, farmers used a very basic system put together by farmers and local fitters.

Interestingly, the innovation factory also produced local actors capable of innovating in other conditions (Naouri et al., 2017). Sharecroppers generally move regularly to other farms and/or farming systems or even with farms in other regions, and demonstrate considerable innovation initiative. For example, when sharecroppers shifted from small-scale greenhouses to the large-scale Canarian type greenhouses in the eastern part of Biskra, they increased the size of the micro-fertigation units they knew so well and replaced the classical centralised fertigation systems in these farms with their enlarged micro-units (Naouri et al., 2017).

Drip irrigation gained wider acceptance and was used by more and more farmers. During the last moment of translation (mobilisation), all the actors accepted their roles and understood each other. Farmers took responsibility for adapting and diffusing the technology. Despite the diverse status of landowners, lessees and sharecroppers, there is quite a remarkable homogeneity in the profiles, resources and constraints within each category of farmers, making the innovations applicable to large numbers of farms. Also, sharecroppers are extremely mobile, accelerating the diffusion of the innovations. Intermediaries were searching for ways to support the local innovation system by adapting the greenhouse horticulture package to the new drip irrigation system. For example, by providing soluble fertilisers or plastic mulch, which was also a way of confirming they were abandoning support for surface irrigation. A coalition of development engineers and local retailers encouraged all actors on the farm (sharecroppers, lessees and landowners) to adopt drip irrigation through proximity advice and credit facilities. Dialogue channels stabilised and became very active.

4.3.2. Four dialogue channels for technical innovation between the front and back-office

Figure 23 is a schematic diagram of the multi-scale connections between the different actors at local, regional, national and international levels. This diagram concerns not only drip irrigation equipment, but also the other products supplied to farmers: seeds, fertilizers and pesticides.

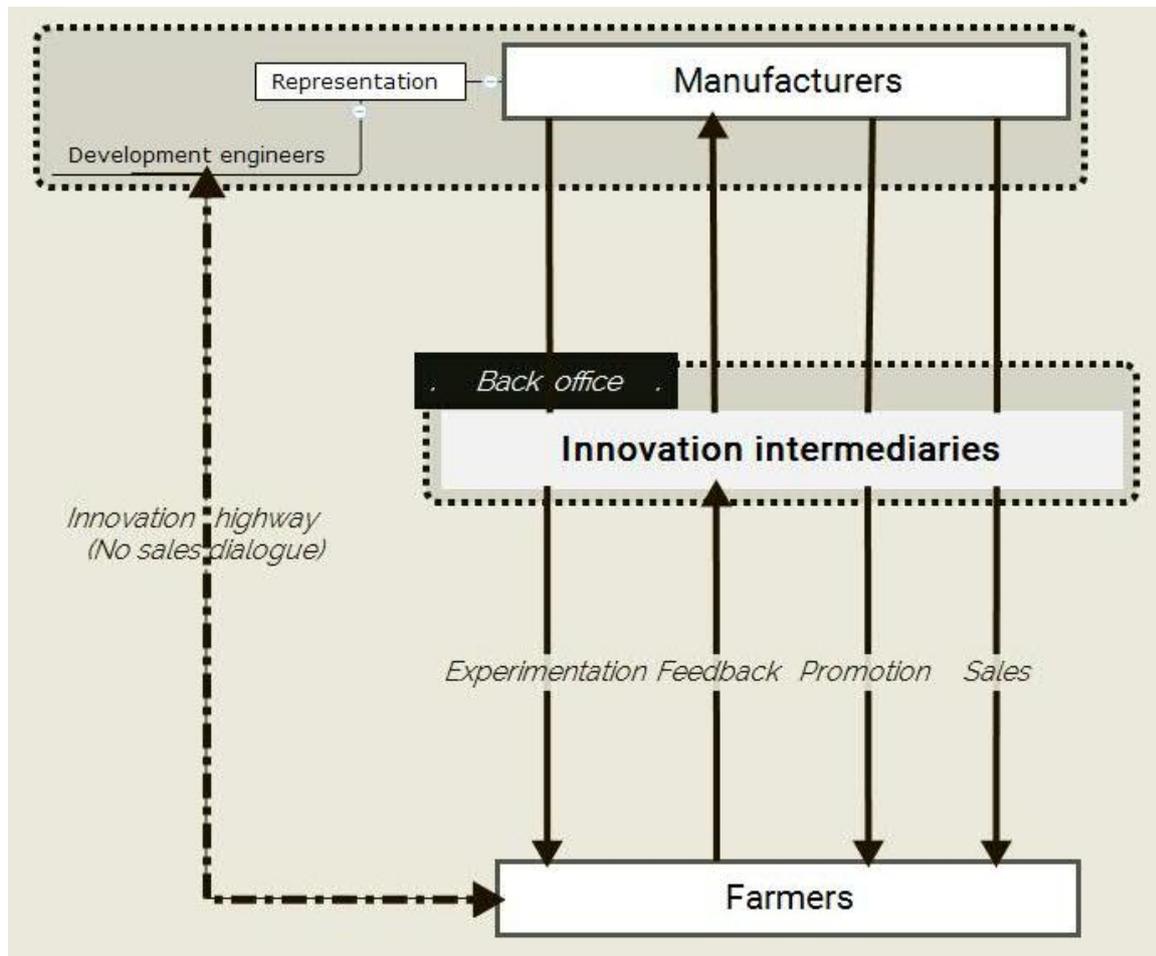


Figure 23. Four dialogue channels and an ‘innovation highway’, enabling the interactions between (inter)national, regional and local actors on innovation

At first glance, the diagram appears to be organised hierarchically moving from the international to the local level. In practice, two-way innovation dialogues were at the heart of the translation process. The actors in the network were connected by four dialogue and exchange channels, which developed progressively during the translation process. We identified the channels by monitoring adaptations to the technology during the interactive process, as well as through the mapping exercise with the actors.

a) Experimentation channel

The problem statement formulated by the distribution companies was continually updated through regular market analyses aimed at understanding contemporary agricultural problems or to seize new opportunities. An experimentation channel was set up on this basis (fig. 4). The manufacturers, who had been contacted by the distribution companies, proposed different solutions (new seeds, more suitable drip lines, etc.) which were then tested by the companies using this channel. The distribution companies' development engineers then conducted the first trials at local experimental stations: five companies out of 20 had their own experimental stations in the area.

Promising solutions were then tested in real conditions. This was first done in collaboration with the farmer leaders who were provided with other products, and compensated for production losses if need be. The experiments were then continued on a small farm belonging to one of the farmers the companies called 'followers' with the help of retailers. In return, if the innovation worked, the retailers who collaborated had exclusive rights to sell the product.

b) Feedback channel

The farmers provided regular feedback on the different innovative solutions. Their feedback went through the same experimentation channel but in the opposite direction, i.e. up to the manufacturer (fig. 4). If the feedback was positive, the distributor negotiated with the manufacturer the volume of products to be provided and launched the sales promotion campaign. If the feedback was negative, they discussed options for improvement and reopened the experimental channel. Existing products are evaluated continuously by the farmers. There may be problems with the products themselves or they may no longer suit the users' needs. This prompts the back-office actors to find solutions to the farmers' problems.

c) Promotion channel

The different distribution companies employ more than 20 sales engineers in the area, who are in contact with regional distributors and with local retailers who collaborate with the development engineers. When the innovation is ready for sale, they promote it through the promotion channel (fig. 4). Technical advice and sample products are provided to collaborating retailers. At the same time, a final test of the product is then conducted with some farmer leaders at a larger scale. At the end of the season, a technical meeting for a specific product is organised for farmers and business partners. The local farmers are usually

asked to think about a trade name for the product to give it more local credibility before the sales channel is opened.

d) Sales channel

When a potential product is identified after a series of dialogues, the distribution companies usually ask the manufacturer for an exclusive sales contract for Algeria. In return, the distribution company agrees to sell the quantities specified in the contract. Demand for the product is generally low during the first season of sales of the product. Credit and price reductions are offered to promote the new product. The technical sales engineers will work with regional distributors to ensure the successful introduction of the product on the market. Three regional distributors almost exclusively supply the Biskra market with inputs. The distribution companies assess the importance of a distributor according to the number of loyal retailers the distributor has as clients. The distributors are important for the companies because they guarantee the solvency of the retailers. Distributors receive credit facilities from the distribution companies, who pass them on to retailers, who in turn provide informal credit to certain farmers (Lejars et al., 2017). These farmers will reimburse the retailers after harvest. This informal credit system is instrumental in the success of the sector. Similarly, profit margins, which take the method of payment and delay into account, are negotiated within this chain of actors.

As competition increased after the second instance of innovation, international manufacturers also recruited local representatives. In parallel with dialogue channels with the intermediaries of innovation, they opened a direct dialogue channel with farmers, which can be considered an ‘innovation highway’ (figure 4), by recruiting young engineers based in the Biskra area.

4.3.3. Market development: constant improvement and power shifts in the innovation network

The number of farmers increased from less than 5 000 in the early 1990s to more than 30 000 in 2015. The increase in the number of innovation intermediaries followed and even overtook the increase of the number of farmers, in particular after 2000. The ratio of the number of innovation intermediaries to the number of farmers increased from 1 to 500 farmers in 1990 to 1 to 100 in 2015 in a competitive market. We identified three categories of intermediaries (a) agents of companies present locally: development engineers, sales engineers, experimental technicians; (b) local retailers; (c) support staff, including warehouse labourers, delivery agents etc.

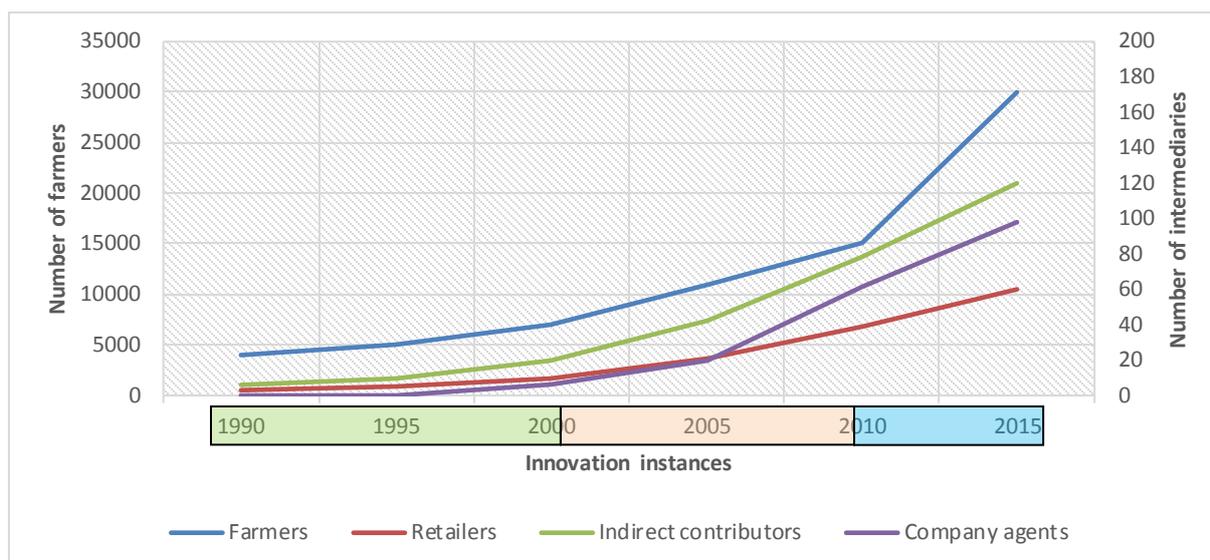


Figure 24. Number of farmers vs. back-office agents in Biskra

Figure 24 reflects the strong market development and the increase in competition over the years. In particular, distribution companies recruited more local agents. The ratio of company agents to retailers increased from 0 to 1.6 agent/retailer. Since the beginning of the 2000s, the companies have been more present in the field in order to remain competitive and to meet the farmers' needs. Based on the relative costs of the inputs for a single greenhouse, we estimated the inputs market of the Biskra greenhouse horticulture to have an annual turnover of up to US\$50 million (table 6).

Table 6. Annual costs of inputs in horticulture (per greenhouse of 8 x 50 m)

	Seeds	Fertilisers	Pesticides	Irrigation equipment
Cost (in US\$)	105	120	110	40
Percentage of total cost (%)	28	32	29	9

Average calculated on the basis of data from 20 retailers (2016)

Some of the main international chemical and seed companies are thus increasingly present locally in order to understand the rapidly evolving farming environment and to remain competitive on the market. This contrasts with our analysis of international irrigation companies, presented above, which are less present at the local level. Paradoxically, on the

one hand, seeds, which used to be a local genetic heritage supported by local networks are today managed by multinational breeders. On the other hand, drip irrigation systems created by engineers in distant countries and meant to remain in their hands, have become a farmer-led innovation, handled by a local innovation network.

a) Seeds: the monopoly of the multinationals

During the third instance of innovation, the local innovation network not only supported irrigation equipment, but also the other innovation domains including seeds. The choice of a variety is influenced by the criteria requested by the farmers and the requirements of the market: yield, disease resistance, resistance to transport and appearance. The innovation carriers problematised these requirements and introduced hybrid seeds instead of the local varieties. The support network for seeds is far more important than the irrigation innovation network in monetary terms. As market competition increased farmers became increasingly integrated in the new network supporting hybrid seeds, abandoning more classical seeds. The innovation carriers were continuously providing the market with new hybrid varieties and testing them in the field. The development engineers play an important role in maintaining the support network.

Market needs change with time and even successful hybrid seeds may become obsolete by losing their disease resistance, for example. The innovation carriers developed a network of actors to continually renew seeds on the market. Through the dialogue channels, they receive feedback from the farmers about the market needs and specific farming problems, such as diseases, fragility of fruits etc. They contact the breeders who produce new seeds to respond to new requirements. The development engineers then test these new seeds in selected farmers' greenhouses to compare them with the reference seeds already on the market. If the seeds meet the requirements, then a technical event will be organised. Before the event, a notice is posted at the retail outlets to invite farmers to see the new hybrid seed. At the end of the event, farmers are asked to give a name to the new hybrid seed to establish local credibility.

The hybrid seeds can be called an encrypted innovation that is only usable once and detained by the multinational breeders who control the sales channel. In contrast to irrigation systems, the farmers are not in a position to challenge the work of the breeders but are in a situation of dependence on these companies within the innovation network. The farmers and the market certainly influence the translation process, but as soon as the companies meet these needs, the

rules change. The companies control the prices, the quantities and the methods of payment. This results in significant annual margins, as the companies impose sales for cash with no credit facilities. Sales of seeds are one way to balance the company's cash flow, as it enables these companies to provide credit facilities for fertilisers and pesticides, for which there are more competitors.

b) Drip irrigation: the influence of the farmers

During the translation process in the drip irrigation innovation network, relationships between actors gradually stabilised and each accepted the role of the others. Farmers were interested in drip irrigation during the second instance, but the local innovation network did not support active horticultural producers. During the third instance, farmers reacted by adapting the irrigation technology, by removing some of the components and replacing them by others. By discarding the standard filter and fertigation systems provided by international manufacturers, and by designing micro-fertigation units with local craftsmen, farmers not only redesigned the hardware, but also redesigned the local innovation network that comes with these parts. They also prompted further change. For example, after the rapid diffusion of the micro-fertigation units, retailers proposed new formulas of liquid fertilizers that were suitable for use with these units.

Once local standards were enacted, only drip lines were purchased from international manufacturers. None of the alternatives proposed by manufacturers –whether imported or not – has been able to replace the home-made fertigation units or the regulation systems so far. The local innovation network driven by farmers was too efficient. The distribution companies limited their dialogue on drip irrigation to drip lines because the farmers already took care of the other components of the irrigation system and had incorporated other actors in the local innovation network.

Thanks to the fact that farmers had succeeded in tailoring the drip irrigation systems and the innovation network to suit local conditions, they were now in a position of strength and were able to create strong competition for drip lines among distribution companies who were keen to obtain a share of Biskra's drip line market, which represented more than five million US\$ per year (estimated based on the data of table 3 multiplied by the number of greenhouses). Distribution companies proposed new drip lines at competitive prices and additional options like integrated filters. However, recently the farmers again took the initiative and changed the design of the drip irrigation system. Increasingly served by collective tube-wells, farmers

needed drip lines that function at a high flow rate at low pressure, thus prompting a new cycle of competition among manufacturers.

4.4. Discussion

4.4.1. Two-way dialogues between smallholders and designers through innovation intermediaries

The technology translation process in Biskra established an active two-way dialogue between farmers and manufacturers, revealing continuous shifts and transformations of the goals and interests of the different protagonists and of the technology (Callon, 1986). The innovation intermediaries played an important role as carriers of innovation (see Klerkx & Leeuwis, 2009), that is, they were not at the origin of the innovation, but they actively participated in the translation of the innovation from the manufacturer to the farmer and vice-versa (Buzelin, 2007). This long-standing innovation system, ongoing for the past 25 years, is characterised by multiple exchanges and feedback mechanisms. During the first two instances (introduction of the technology, 1991-2000, and development of the innovation network, 2001-2008), drip irrigation was not suited for use in greenhouses. The drip irrigation translation process was blocked by issues related to the technology or to the innovation network that was supposed to support the technology. First, the support network was not sufficiently mature or efficient in responding to the farmers' demands and to the technical shortcomings of the technology in the first instance. Second, the technology proposed by manufacturers under the government programme was not suited to the structure of the farms. By only pursuing incorporation in the government programme, the distribution companies developed a support network that targeted the wrong actors. During these instances, these translators did not manage to rally the horticultural farmers or even get them enrolled in the translation process. They also excluded the local retailers from their innovation network. This confirms the findings of Garb & Friedlander (2014) who explained that translation is not only about adapting irrigation technology but first and foremost, about establishing an innovation network that can support the transferred technology. Nevertheless, the intermediaries continued to provide useful feedback to both the farmers and the manufacturers, and these instances turned out to be preparation for the third instance.

During the third instance, a farmer-led innovation emerged around a series of artefacts (artisanal fertigation units, water towers to regulate pressure; see Naouri et al., 2017), linked to a series of organisational improvements (the organisation of water turns, for example). The

power of this “innovation factory” was related, first to the endless creativity of thousands of farmers adapting the technology and developing a lively support network, and second, to the rapid diffusion of innovation to fellow farmers, once the network was stabilised. Wilson (2008) underlines the importance of the different resource capacities and priorities of different farmers in a typical agricultural area and argues that transition at farm level is a complex non-linear process that is consequently somewhat unpredictable. In Biskra, one of the factors which facilitated the diffusion of innovations was the relative homogeneity of farmers’ resources and constraints within each farming category, in particular among sharecroppers.

In multi-actor innovation networks, interests and goals may diverge and interplay may vary between different actors at different scales. In a situation of innovation uncertainty, trust is an important parameter (Nooteboom, 2013). In Biskra, trust is something that is continuously negotiated by the different intermediaries and farmers. The retailers and even the development engineers usually either originate from the area or have long experience in greenhouse horticulture in the area (Naouri et al., 2015). But this is not sufficient. Lejars et al. (2017 : 1599) report that in informal production chains, such a professional network depends on a “*multitude of small exchanges that limit the risk for each actor and make it possible to build and maintain networks*”. To create mutual trust, retailers need to gain credibility by regularly providing good quality inputs along with credit facilities and by giving pertinent advice to farmers on agricultural and irrigation practices. Then again, the retailers carefully check the reliability and solvency of the farmers they take on as clients. They also observe their farming practices to see whether their advice is being heeded and have no qualms about stopping credit facilities if they observe practices they deem incompatible with “good” horticultural production. The retailers thus progressively created a relationship with the farmers based on loyalty, which makes the network more solid. Retailers are able to provide these services by developing a dense network of professional relations with the next level up in the system, i.e. the regional distributors, who in turn, liaise with distribution companies known to provide good quality products, credit facilities and advice. In this way, the intermediaries act like glue holding the network together, creating trust and solving problems (Klerkx & Leeuwis, 2009).

The different actors help construct the innovation network and enable its continuous adaptation, thereby ensuring the sustainability of the innovation system (Rycroft & Kash, 2004). Working with a self-organised innovation system, to which they also contributed, is clearly an asset for manufacturers. The Biskra innovation system, which extends from the

retailers up to distribution companies, connecting the local and (inter)national context, provides appropriate technical advice and financial assistance. Intermediaries play an important role in putting in place informal credit facilities in Biskra, which are based on their local relations of trust (Lejars et al., 2017). This has not been the case in West Africa, where equipment for smallholders has mostly been financed by NGOs and where the goals of the organisations, manufacturers and smallholders did not converge (Garb & Friedlander, 2014; Wanvoeke et al., 2015).

When the massive diffusion of drip irrigation in Biskra is compared to the failed uptake of drip irrigation kits by smallholders in West Africa, one of the main differences that emerges is the presence of active back-office actors who ensure continued dialogues and negotiations with local farmers about drip irrigation standards. These dialogues are crucial because the continuous re-invention and up-dating of the technology require a living innovation network to meet the needs of local users. The lack of adoption and adaptation of the drip irrigation technology in the two first instances of innovation are evidence for the importance of targeting the right actors and developing stable dialogues with them to maintain the process of translation.

The ratio of intermediaries to farmers in Biskra has increased from 1/500 to 1/100 in the past 25 years. During the second instance (development of the innovation network), the distribution companies had their own engineers in the field in numbers that even exceeded the number of retailers. In parallel with the existing circuit that included the intermediaries, manufacturers established direct dialogue with the end users. They did not want to completely depend on the intermediaries for translation and also wanted more rapid feedback. Like retailers, these key actors are an essential component of the network because all the four channels of innovation pass through them. However, a channel like a sales channel cannot be managed by international manufacturers in a highly informal context like Biskra, where there are up to 30 000 farmers, most of whom are sharecroppers and lessees that do not have formal land tenure and are not formally established. Moreover, the turnover of these farmers is high. This requires active micro-management enabled by developing close working relations with a multitude of actors. The stable elements in this shifting environment are, therefore, the different back-office actors, in particular the local retailers and the regional distribution companies. These two actors play a major role in the long-term two-way dialogue between manufacturers and farmers. By promoting local intermediaries, the dialogue between farmers

and designers can keep up with the very rapid expansion of greenhouse horticulture. At the same time, local innovation systems are promoted and global players can learn from the local users and perhaps extrapolate the knowledge elsewhere.

4.4.2. Translation as power: open innovation versus crypted technology

Our analysis of two different objects around which the innovation systems were organised (drip irrigation and seeds) revealed the power relations at work between the different actors. Crypting technology in standard packages can be understood as a specific strategy used by manufacturers to obtain a dominant position in an innovation network where the technology cannot be separated from the network in which it is embedded. The first instance of drip irrigation innovation in Biskra can be compared to the standardised photovoltaic kits developed by French manufacturers for the 3rd world market (Akrich et al., 2002a). The kits were crypted, in other words, their technical content delimited a specific script or scenario of use and users, and African manufacturers, with whom strategic alliances could have been developed, were excluded from the innovation network by the design choice made by the engineers (Akrich, 1991). They had imagined a linear transfer model and failed to ensure an efficient support network for the technology. The same thing happened with the introduction of low-cost drip irrigation in West Africa (Garb & Friedlander, 2014; Kulecho & Weatherhead, 2006b; Wanvoeke et al., 2015). In contrast, in Biskra, different alliances were progressively created to facilitate dialogue between drip irrigation manufacturers and farmers. However, the translation process during the third instance was led by farmers, who tailored the technology to meet their own needs and, in the process, also tailored the network. Farmers disassembled the drip irrigation system, which had originally been promoted as one whole package, thereby also splitting up the support network into several smaller networks linked to each component. Removing the filters or centralised fertigation units was not only a technical act, it also led to the exclusion of the networks related to these components. This meant that manufacturers lost control of the design of the drip irrigation system, which was taken over by local actors. Farmers gained power in the innovation network by interesting and enrolling new actors to co-produce and update low cost drip irrigation systems. International manufacturers were left only with the development and provision of drip irrigation tape to farmers (via the retailers), which became the main item over which they still maintain control.

In contrast to drip irrigation, international seed breeders are in complete control of the development and sales of seeds in Biskra. They used local intermediaries and farmer

“leaders” to understand the needs of the market, test and then promote their hybrid seeds as crypted objects. The seeds remain under the control of the breeders, so their regional and local allies (distributors, retailers) can, in turn, use that power in their interactions with farmers to sell other items such as fertilisers and pesticides, which they sell as a package.

Even if drip irrigation and seeds involve many of the same actors, the power relations between actors differed considerably in the two cases. Farmers were obliged to give up their control over seeds when they abandoned the local seeds network, as they did not have the technical capacity to develop local seeds. The support network for hybrid seeds is so developed and active that it rapidly caters to the changing needs of farmers and agricultural markets.

However, power is not only invested in decrypting crypted packages but also in having the translation capacity to develop an efficient support network. In the case of the drip irrigation system, the farmers understood how to re-engineer the drip irrigation system and even to adapt it to other situations. Moreover, they established a local innovation network which was more efficient than the one originally set up by the manufacturers for the State subsidy programme. Farmers imposed their view of what a drip irrigation system should be and manufacturers did not dispose of a functional network to propose credible alternatives. Such instances reveal a raw struggle for power. Manufacturers gave up their control over some components of the drip irrigation system, which meant losing a market share. However, even though they lost these components, manufacturers were selling even more of the other components of the system, especially drip lines, due to the success of drip irrigation.

According to Callon (1986), it is important to define how actors can remain faithful to their alliances in power relationships. Callon showed how the process of translation broke down when scallop fishermen in St Brieuc Bay no longer respected earlier alliances. Local retailers in Biskra were seen to play an important role as intermediaries between farmers and the other back-office actors. These retailers have strong alliances with both farmers and manufacturers at the same time. By playing the role of spokespeople for farmers and manufacturers, they simultaneously ensured stable dialogue for open innovation and encrypted objects.

According to Geels (2004), socio-technical systems change because of activities and (strategic) games between actors. The notion of ‘playing games’ also highlights the fact that social (inter)actions in the context of innovation regimes are not necessarily harmonious. Different actors do not have the same power or strength. They have unequal resources

(money, knowledge, tools) and opportunities to achieve their aims and to influence social rules. The framework leaves room for conflict and power struggles. After all, something is at stake in these games.

4.5. Conclusion

This paper analyses the process of translation of drip irrigation technology in an innovation system in which different channels of dialogue between smallholders and international manufacturers were created and maintained by a wide range of innovation intermediaries. Robust multi-scalar innovation systems are based on stable two-way dialogue channels which favour continuous translation, and do not exclude local actors from the innovation network. We have shown how international manufacturers favoured direct contact with farmers, but innovation intermediaries were vital to ensure the different innovation dialogues in the highly informal agricultural value chains concerned.

Innovation networks are not free of conflict, as there is a continuous power struggle between the different actors. While international manufacturers attempted to encrypt the technology, in the case of drip irrigation, smallholders translated technology into open innovation systems. Tailoring the technology was used as an instrument to reorganise the support innovation network and make it more efficient. The key element in this power struggle is controlling the translation process.

Chapitre 5

Le retour des jeunes agriculteurs au pays : reprise de vie au nord et retour d'expérience

Ce chapitre sera publié sous forme d'article:

Naouri, M., Hartani, T., & Kuper, M. **Le retour des jeunes agriculteurs au pays : reprise de vie au nord et retour d'expérience**

Chapitre 5. Le retour des jeunes agriculteurs au pays : reprise de la vie au nord et retour d'expériences

5.1. Introduction

Une synthèse sur l'engagement des jeunes agriculteurs dans l'agriculture au Maghreb (Amichi et al., 2015), montre que certains jeunes ruraux, surtout masculins, choisissent de pratiquer une agriculture entrepreneuriale dès qu'ils accèdent aux ressources productives. Ces jeunes ne veulent pas s'inscrire dans l'agriculture pratiquée par leurs parents, et la qualifient comme une « *agriculture de misère* » (Quarouch et al., 2015). Ils sont plutôt à la recherche d'une agriculture garantissant des revenus décentés et les comforts d'une vie citadine (Abdellaoui et al., 2015; Collard et al., 2015; Quarouch et al., 2015). Mais en analysant les conditions de travail et d'habitat des jeunes métayers à Biska, on se retrouve dans un environnement de travail pénible et des conditions de vie de précarité. Cette situation peut durer plusieurs années pour ces jeunes agriculteurs (Naouri et al., 2015). C'est un sacrifice et un pari que les jeunes agriculteurs acceptent de prendre, dans l'espoir d'une ascension socio-économique et une vie meilleure comme celle des jeunes qui les ont précédés (Naouri et al., 2015; Ouendeno et al., 2015).

Dans ce chapitre, nous suivons des jeunes de Tipaza au Nord de l'Algérie, très réputés pour leurs connaissances et savoir-faire de la production de tomate sous serre. Les jeunes agriculteurs Tipaziens quittent leurs villages d'origine, car ils ont du mal à accéder aux facteurs de production dans leur région d'origine. La pression sur le foncier est très élevée au Nord, l'accès à eau est de plus en plus compliqué ainsi que l'accès au capital (Naouri et al., 2015). Biskra, avec son agriculture saharienne constitue un Eldorado pour ces jeunes agriculteurs en facilitant l'accès à ces facteurs. Le mode de faire-valoir indirect - couplé à un système de crédit informel - permet l'accès graduel à l'activité agricole de plusieurs milliers de jeunes ruraux, facilitant ainsi le renouvellement générationnel des actifs agricoles (Naouri et al., 2015; Ouendeno et al., 2015). Ces jeunes pour leur part disposent d'un savoir-faire, relatif au maraichage sous serres en particulier celui de la tomate, constitué dans les exploitations de leurs ancêtres. Ce savoir-faire a constitué pour une grande partie des jeunes agriculteurs un passe d'entrée dans cette dynamique agricole Saharienne. Malgré le succès de beaucoup de jeunes du nord dans l'agriculture Saharienne et la place importante qu'ils occupent dans le maraichage sous serres à Biskra, il y a eu toujours des flux de retours vers le

Nord du pays (Naouri et al., 2015). C'est précisément les raisons et les conditions de ce retour que nous voulons décrypter dans ce chapitre. Celles-ci s'inscrivent dans une trajectoire plus longue, en particulier à partir du moment du départ pour Biskra.

Ce chapitre est donc consacré à l'analyse des parcours ces jeunes agriculteurs depuis le départ jusqu'au retour à la terre d'origine. Nous faisons, en premier lieu, référence au travail d'Okali & Sumberg (2012), sur l'engagement des jeunes dans le secteur de production de la tomate au Ghana. Ce travail est intéressant pour cette thèse, car il interroge le devenir, 10 ans après, de jeunes agriculteurs engagés dans l'agriculture entrepreneuriale de la tomate. Le but de ce chapitre est d'identifier les objectifs des jeunes avant le départ vers Biskra et leurs attentes de cette mobilité, les expériences acquises et les contraintes rencontrées à Biskra, et les raisons pour lesquelles ces jeunes agriculteurs ont choisi de retourner à leur terre d'origine. En deuxième lieu, nous allons nous intéresser au devenir de ces jeunes après leurs parcours dans l'agriculture Saharienne minière à Biskra. Une fois de retour au pays d'origine, s'ils choisissent de rester dans l'activité agricole, quel modèle d'agriculture choisissent-ils ? Est-ce qu'ils continuent dans le modèle intensif ou s'orientent-ils plutôt vers un modèle plus raisonné ? L'hypothèse est que la présence de la plupart des jeunes dans le maraichage sous serres au sud du pays est transitoire. Pour ces jeunes agriculteurs, les conditions sont pénibles pour plusieurs raisons : le cadre de vie, une exposition aux produits chimiques, et des conditions climatiques extrêmes. Cette pratique n'est alors qu'une étape pour une accumulation rapide du capital financier pour acquérir une autonomie et accéder à une vie meilleure.

5.2. Méthodologie

5.2.1. Zone d'étude

Les enquêtes ont été effectuées à l'Ouest de Tipaza dans deux communes du littoral, celles de Gouraya et Damous (fig. 25). Notre choix a porté sur ces deux communes, car elles sont considérées comme les communes ayant les plus grands flux de jeunes vers Biskra d'après nos premières enquêtes. Ces deux communes sont connues pour leurs terres fertiles et des pratiques d'irrigation très anciennes, dont les ruines des ouvrages hydrauliques sur les Oued de Damous et Oued Harbil sont témoins (Leveau, 1987). Le village de Damous avait aussi une importance agricole durant la période coloniale, en tant que lieu de la création de la première cave coopérative algérienne en 1905. Lors de la colonisation la ville est nommée 'Duplex' (Barrère, 1957; Isnard, 1947). Le début de la construction du village colonial

Dupleix date de 1896. Il prend naturellement de l'expansion avec la construction d'une mairie, d'une école de deux classes, d'un lavoir et d'un pont traversant l'Oued Damous.

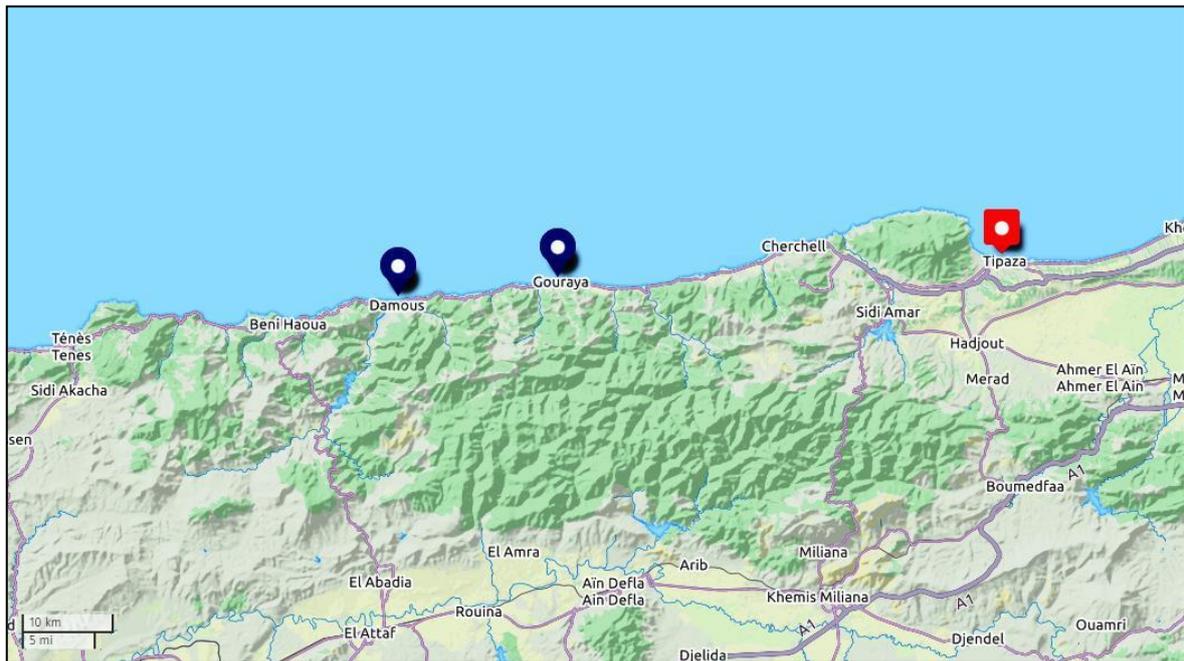


Figure 25. Situation géographique des communes Damous et Gouraya

La région est connue pour sa production de tomates. La tomate d'arrière-saison 'Saint Michel' de cette région fait référence dans tout le pays et comme ces producteurs maîtrisent des itinéraires techniques de cette culture. Ils possèdent aussi un historique de pratique de maraichage protégé ou de primeur, en particulier la tomate depuis les années 1960, grâce au microclimat tempéré sur la côte. La difficulté à laquelle ont été confrontés les maraîchers de la zone concernait la présence du vent. Ils ont alors mis en place une agriculture protégée du vent par la protection sous une plante locale appelée « *Edisse* » : l'agriculture « sous *disse* ». Par la suite, ils ont mis en place des serres avec des structures en bois dans les années 1970 et enfin les serres tunnels en structure métallique introduites dans les années 1980. La pratique du maraichage sous serres se développait alors, mais les terres sont limitées à cause de la topographie accidentée de la région (fig.26). La figure 27 montre comment les agriculteurs ont occupé l'espace disponible. Cette situation limite les opportunités pour les jeunes du village et les pousse à chercher des terres ailleurs s'ils veulent rester dans l'activité agricole.



Figure 26. La topographie accidentée de Damous et limites des Oued Damous et Harbil

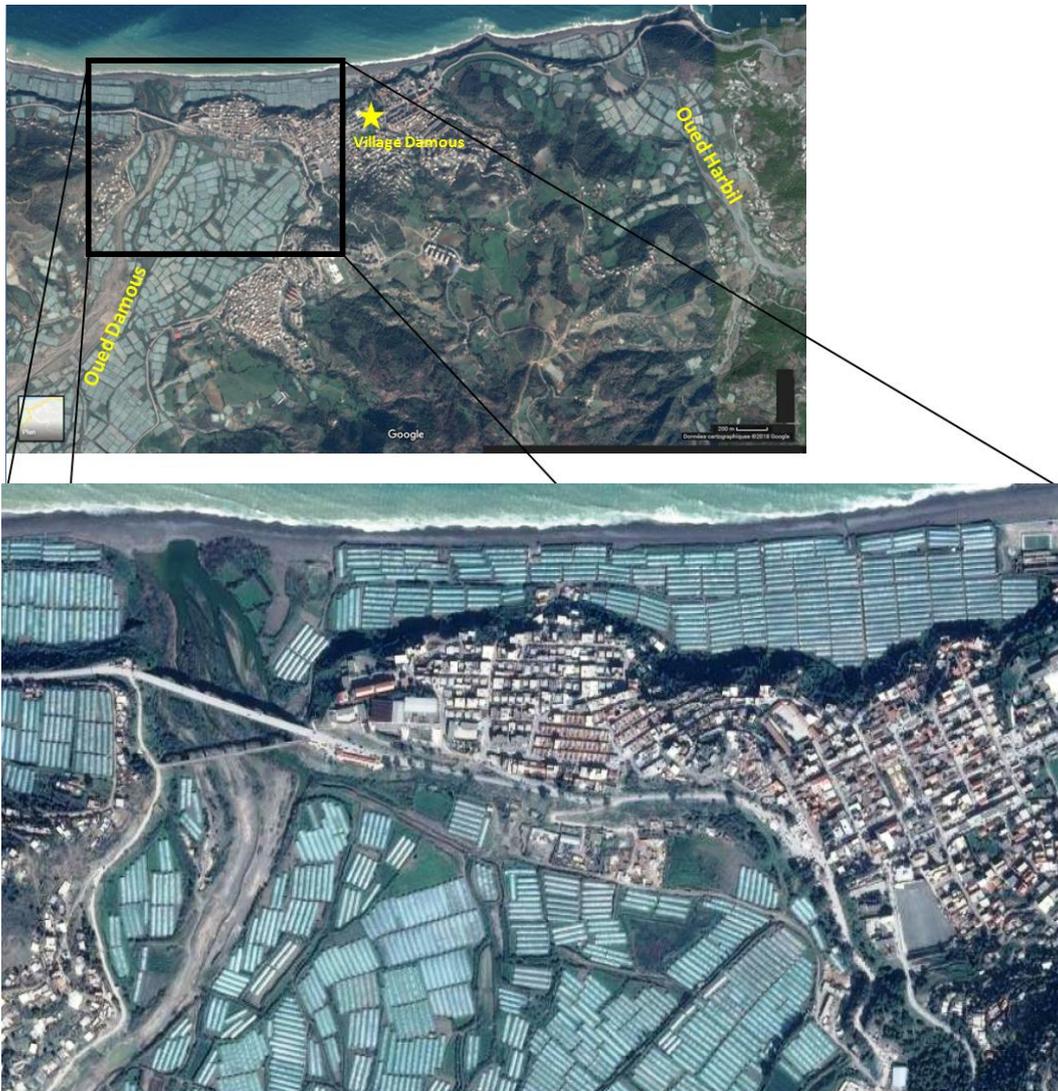


Figure 27. Le marachage sous serres à Damous entre l'Oued et la plage

5.2.2. Enquêtes et échantillon

Les entretiens ont été effectués en septembre 2017. Les jeunes ciblés sont les jeunes agriculteurs Tipaziens qui ont eu une expérience à Biskra et par la suite ont choisi de rentrer à Tipaza. Ceci dans un objectif d'analyser les trajectoires de ces jeunes agriculteurs depuis le départ jusqu'au retour à la terre d'origine, et de caractériser les relations créées entre Tipaza et les nouveaux territoires ainsi que le devenir professionnel de ces jeunes.

Nous avons fixé quatre axes de questionnement sur cette mobilité des jeunes agriculteurs, à savoir : (a) les objectifs fixés par ces jeunes avant le départ vers Biskra et leurs attentes de cette mobilité, (b) les expériences acquises et les contraintes rencontrées à Biskra, (c) les raisons pour lesquelles ces jeunes agriculteurs ont choisi de retourner à leurs terres d'origine, (d) le devenir de ces jeunes une fois de retour au village.

Notre échantillon est composé de 15 jeunes agriculteurs originaires de ces deux communes, dont 4 propriétaires, 3 locataires, 3 journaliers et 4 journaliers avec une activité supplémentaire (tableau 7).

Tableau 7. Échantillon des jeunes agriculteurs

N°	Origine	Statut actuel	Âge	Expérience à Biskra
1	Gouraya	Propriétaire	38	2 ans
2	Gouraya	Propriétaire	44	8 ans
3	Gouraya	Locataire	39	2 ans
4	Damous	Locataire	38	8 ans
5	Damous	Journalier + locataire	36	8 ans
6	Damous	Locataire	43	20 ans
7	Damous	Journalier + transport	33	5 ans
8	Damous	Journalier	29	3 ans
9	Damous	Journalier + élevage	38	4 ans
10	Gouraya	Propriétaire	55	3 ans
11	Damous	Journalier + locataire	38	3 ans
12	Damous	Journalier + locataire	36	3 ans
13	Damous	Journalier	30	4 ans
14	Gouraya	Propriétaire	40	9 ans
15	Gouraya	Journalier	22	1 an

5.3. Résultats

Avant d'analyser les trois étapes de la mobilité des jeunes agriculteurs – le départ, le séjour à Biskra et le retour – nous allons d'abord présenter quelques trajectoires types de jeunes agriculteurs tipaziens. Ce matériau empirique, au plus près de ces jeunes, va éclairer notre analyse. Enfin, ces mobilités créent aussi des liens entre la région de Tipaza et de Biskra, que nous allons mettre en évidence.

5.3.1. Trajectoires types des jeunes agriculteurs

Partir à deux reprises : adapter les objectifs à la réalité du terrain

Hafidh, 36 ans et originaire de Damous avec 8 ans d'expérience à Biskra raconte : « *La première fois que je suis allé à Biskra était en 2005. Mes parents n'avaient pas de terre, on travaillait chez les voisins, les cousins ou dans les concessions. Alors j'ai choisi en 2005 d'aller à Biskra, presque tous les jeunes étaient déjà partis au sud.* ».

Il a rejoint alors un groupe d'amis de Damous avec qui il avait l'habitude de travailler à Damous. Ceux-ci louaient une exploitation avec un forage et bassin à Zribet Eloued (à l'Est de Mziraa). Ils avaient installé une vingtaine de serres irriguées en goutte à goutte. Hafidh apportait un certain savoir-faire : « *A cette époque j'avais plus de 10 d'expérience dans les serres, car j'ai commencé très jeune à l'âge de 12 ans. Malgré ça, Biskra était différente. Par exemple, les serres consomment beaucoup moins de pesticides par rapport à Tipaza mais plus d'engrais et d'amendements, surtout le déchet de volaille.* »

Il avait comme objectif d'accumuler du capital et d'avoir une nouvelle vie plus autonome à Tipaza. Une fois là-bas, les conditions climatiques et de vie étaient très difficile pour lui, surtout les températures extrêmes et le vent de sable. Pour quelqu'un qui a l'habitude d'être en front de la mer et à proximité des commodités cette situation n'était pas très agréable. Cependant, la forte charge du travail et les recettes attendues font oublier un peu ces conditions.

La première saison a été rémunératrice, pour Hafidh et ses amis. Il a travaillé avec ces amis à l'un tiers en participant à un tiers des charges - c'est la règle du côté Est de Biskra- à la différence des "Nassasse" (au demi des recettes 1/2) métayers à Tipaza. Le jeune métayer s'est adapté aux nouvelles règles (le 1/3 de Biskra est plus payant que le 1/2 de Tipaza) et aux nouvelles pratiques (doses d'engrais, pesticides, irrigation..). C'était l'année d'adaptation pour lui.

Les deux années qui ont suivi n'étaient pas comme la première. Sa chance a tourné, il dit : « *la première année peut-être c'était la chance du débutant* », car il a perdu tout ce qu'il avait économisé durant la première année. Le risque du marché a été fatal pour lui. Malgré ça, il a alors tenté sa chance encore une fois. Dans la même exploitation, les autres étaient beaucoup plus déterminés que lui. Selon Hafidh, c'est parce que c'étaient leurs investissements qui étaient en jeu.

La quatrième année, il a travaillé six serres de tomates, toujours à l'un tiers. Le marché était bien au rendez-vous. Pourtant, au bout de cette année il a décidé de rentrer à Tipaza.

« J'ai décidé de rentrer pour ne pas prendre le risque du marché encore une fois. Biskra était comme un jeu au "Poker" si tu gagnes, tu gagnes gros, mais le risque de perdre est grand aussi. »

Une fois à Tipaza, il a demandé une autorisation pour construire une maison rurale. Il a choisi un petit lot de terrain à côté de ses cousins à Oued Harbil -qui possèdent une pépinière- à 5 min du village Damous. Avec l'aide de l'Etat et ce qu'il a économisé à Biskra, il a pu commencer à construire sa propre maison et devenir plus indépendant.

En 2013, il n'avait plus de ressources pour continuer la construction de la maison. Alors il décide de retourner à Biskra pour quelques années. Il a reçu une offre de Biskra chez un agriculteur à Mziraa qu'il a rencontré durant sa première expérience. Cette fois le jeune métayer a changé ses objectifs, il voulait économiser de l'argent pour finaliser la construction de sa maison et commencer un petit projet à Tipaza. Le propriétaire lui a proposé six serres de tomate. Les deux premières saisons n'étaient pas vraiment à la hauteur de ses attentes pour pouvoir retourner à Tipaza, donc il n'avait que le choix de continuer.

Le propriétaire avait installé une serre canarienne, gérée par des ouvriers marocains. Durant ce temps le jeune métayer les a côtoyés et les a aidés dans leurs tâches quotidiennes (fig.28). Il a essayé d'apprendre comment ces serres sont travaillées. La troisième année le propriétaire avait du mal pour reprendre la saison avec les marocains à causes du problème de transport et problèmes réglementaires, en lien avec l'autorisation de travail. Alors le jeune agriculteur avec un autre Tipazien proposent au propriétaire de gérer cette serre canarienne.

« Mes interactions avec les agriculteurs marocains m'ont permis d'acquérir ce qu'il faut pour gérer la serre »



(Mziraa, Enquête, 2^{er} semestre 2014)

Figure 28. Photos des ouvriers marocains entretenant la tomate dans une serre canarienne

Malgré un marché moyen cette année, ils ont eu une bonne production pour dégager un bon bénéfice. Il atteint son objectif et il ne veut plus prendre le risque encore une fois. Alors il décide de rentrer pour compléter la construction de sa maison et pense même à se marier.

En 2016, il rentre à Tipaza et fait ses calculs pour raisonner son activité dans le maraichage sous serres et trouver l'équilibre avec sa vie personnelle. Il a choisi de travailler en tant que journalier dans la pépinière d'un cousin et parfois chez les agriculteurs. Il gagne 1000 Da par demi-journée de travail et il est libre l'autre moitié. Il décide de louer deux serres sur la plage pour les cultiver pour son propre compte. Pour capitaliser, il investit aussi dans quelques chèvres et poulets pour bénéficier du lait et des œufs.

"Dans la demi-journée libre je travaille dans mes serres ou je vais à la mer pour pêcher : un privilège que tu ne peux pas trouver à Biskra ».



(Tipaza, Enquête, 2^{er} semestre 2017)

Figure 29. Diversification des activités -combinaison élevage-plasticulture- à Tipaza

Il trouve cette combinaison équilibrée, il travaille en tant que journalier pour un revenu continu et dans ses serres pour obtenir une recette à la fin de la saison : *« Je gère mieux le risque et je vie en paix. Je vais me marier cette année et me stabiliser, je ne compte plus revenir à Biskra. »*

Retour forcé : « mes frères n'ont pas supporté les conditions de vie »

El Hadj 55 ans, agriculteur de Damous, cultive aujourd'hui la tomate de plein champ "Saint Michel" à Chenoua, Tipaza. Il rêve toujours de revenir à Biskra, s'il avait le choix il ne la quitterait pas.

« Ma première visite à Biskra n'a pas du tout été planifiée... Biskra pour moi était un coin perdu dans le sud Algérien. »

Tout a commencé un jour en février 2012. C'était une journée catastrophique pour les producteurs de tomate au Nord. Il a neigé partout, les agriculteurs avaient peur de perdre leur production. El Hadj était en route pour aller à Mostaganem avec son frère, qui est aussi son associé. Il se souvient très bien de cette nuit, car il faisait très froid en plein saison.

Du côté de Khemis Meliana, ils appellent leur cousin qui était à Biskra, pour savoir s'il n'a pas été touché par cette vague de froid. Ils s'attendaient qu'il leur parle des dégâts et des pertes à

cause du froid. A leur surprise, le cousin leur disait : « *Il fait beau à Biskra.. comme un printemps de Tipaza* ». El Hadj : « *J'étais choqué et j'ai décidé de faire demi tour et aller voir Biskra avec mes propres yeux* ».

Après une longue route avec le froid et la fatigue, ils arrivent à Chaïba, une commune à Biskra. Le climat n'était pas le même, il faisait plus doux. En se rapprochant de Biskra, il faisait encore plus chaud. Le lendemain ils ont commencé à chercher la route de Sidi Okba et puis Ain Naga pour retrouver enfin la grande serre de tomate. Il se souvient très bien des plantes de tomates remplis de fruits à Ain Naga, alors que chez eux ils n'ont même pas la première récolte. Ils apprennent alors qu'à Biskra l'hiver est doux. El Hadj décide d'acheter un terrain et mobiliser ses plus jeunes frères pour travailler avec lui. Il demande alors à son cousin :

« *trouve moi un morceau de terrain.. ça c'est le paradis de la tomate* ».

Il n'a pas quitté Biskra avant de trouver un terrain en exploitant les réseaux de connaissance de son cousin. Après trois jours, il trouve une piste à la commune d'*Oumache*, où il y avait des parcelles pas chères. El Hadj s'est engagé toute de suite sur l'achat de cinq hectares, après qu'il a vérifié que le voisinage a trouvé l'eau et que ça fonctionne. El Hadj et son frère retournent alors à Tipaza pour informer leurs deux jeunes frères qu'ils vont aller à Biskra. Ils ont mobilisé 15 de leurs serres de Tipaza à Biskra.

De retour à *Oumache*, l'eau était leur premier souci. Ils réalisent un forage (sans autorisation) et installent les serres. Après le labour, leurs voisins les conseillent de mettre du fumier de volaille : « *Apparemment c'était important à Biskra car les sols sont très pauvres. Je consultais toujours mes voisins (d'origine Tipazien aussi), ils ont l'expérience à Biskra* ».

Il faisait beau en hiver, mais l'été leur était insupportable. C'était très difficile de préparer la saison en été : « *Il faisait très chaud et nous préparons le sol avec les déchets de poulailler... je me suis douté de ma décision* ». Quand la saison a commencé, il a trouvé toutes les facilités à Biskra : « *le crédit, l'aide des voisins et surtout un marché rémunérateur qui m'a fait oublier l'été de Biskra* ». Tellement la saison était bonne, ils ont payé leurs dettes et ils ont misé le reste sur de nouvelles serres.

La deuxième année, ils ont mis en place 32 serres, 17 de plus que l'année d'avant. La saison était au rendez-vous, leurs efforts ont payé, mais ses jeunes frères, qui faisaient le travail manuel dans les serres, n'ont pas supporté les conditions de vie : vivre au milieu du désert

sans les moindres connexions avec le monde. Pour ces jeunes, c'était trop de peine pour l'argent. La zone des exploitations agricoles d'Oumache en fait est très isolée, le village le plus proche est à 45 minutes voir une heure de route, dont la moitié en piste non aménagée. El Hadj était bloqué face à cette situation : rentrer à Tipaza avec ses frères, car il ne fait confiance qu'à eux, ou rester seul à Biskra.

« J'ai choisi la première option. Bon je n'avais pas vraiment le choix - car je suis le plus grand et pour rester uni je dois rester avec eux »

Il a vendu l'exploitation avec l'équipement à son beau-frère. C'est la raison familiale qui a fait que El Hadj retourne à Tipaza. Derrière cette décision, c'est la pénibilité de la vie en exploitation de plasticulture à Oumache qui en était la raison.

De retour à Tipaza, El Hadj a choisi de cultiver la tomate de plein champ en été et de cultiver des serres avec ses frères en avant saison, mais pense toujours à Biskra : *« Je suis toujours motivé à l'intérieur et je conseille tout jeune d'aller faire l'expérience de Biskra. J'ai appris que la réussite existe. »*.

Un retour après 20 ans : « j'ai décidé de rentrer pour être plus proche de ma petite famille »

Belkacem, 43 ans, vient de Damous. Il se souvient bien des histoires racontées par ses parents sur la tomate « sous-Diss » protégée contre le vent par la plante "Edisse". Il a commencé le travail dans les serres en 1990 dans l'une des dernières serres fabriquées en bois à Tipaza, qui ont laissé la place aux serres en acier galvanisé en 1992-93.

La saison à Tipaza ne commence pas au même moment qu'à Biskra. A Tipaza, par exemple, la tomate commence en janvier-février et la levée est vers le mois d'avril. La levée de l'aubergine a lieu vers le mois de juin-juillet. C'est un grand décalage par rapport au sud. C'est la précocité de la production qui a attiré ce jeune agriculteur à Biskra. Il rendu visite à un cousin qui travaillait à Mziraa, pour voir les possibilités d'intégration dans cette nouvelle agriculture :

« Mon objectif était de passer quelques années à Biskra pour avoir des ressources et fonder une famille... mais je suis resté 20 ans là-bas »

Son cousin, métayer à M'ziraa, lui a proposé d'aller travailler avec lui car le propriétaire voulait installer de nouvelles serres. Il a commencé avec 5 serres, la majorité en tomate - sa spécialité - mais aussi avec du piment et du concombre : *« Les recettes étaient bonnes mais je*

n'ai pas fait des économies à l'époque, j'étais encore jeune ». Il a travaillé 5 ans dans cette exploitation avec son cousin, durant lesquelles il s'est adapté à ce nouveau mode d'agriculture.

En 2002, il travaillait toujours à M'ziraa chez un grand agriculteur (propriétaire) pour produire des tomates sous serre. Après 6 ans à Biskra il irriguait la tomate toujours à la raie. En 2003, des jeunes métayers lui commençaient à parler du goutte à goutte. Certains disaient que le goutte à goutte c'est insuffisant pour irriguer la tomate, mais d'autres disaient qu'on peut travailler plus de serres qu'en ouvrant et fermant la vanne.

En 2004, un locataire originaire de Jijel l'a proposé de travailler pour lui des serres équipées en goutte à goutte. Belkacem a accepté tout de suite, malgré le fait que il n'avait pas d'expérience avec le goutte à goutte. Le locataire l'a rassuré en disant qu'il y avait des Tipaziens avec lui qui connaissent cette technique. Selon Belkacem :

« On a travaillé ensemble pendant 2 saisons, j'ai appris l'utilisation de la technique pour irriguer et fertiliser aussi »

Les deux saisons chez ce locataire étaient bonnes avec des recettes d'environ 500-600 mille Da/net/par saison. Cependant, il a changé d'endroit : *« J'ai voulu découvrir d'autres régions, j'étais un peu nomade »*. En 2006, il travaillé à El Maleh (Sidi Okba) connu par la salinité de la terre comme son nom l'indique. L'année d'après, à Ain Naga dans la vallée de l'Oued, la terre était bonne et le goutte à goutte a facilité la tâche. Malgré des résultats plutôt positifs, Belkacem ne s'est pas attaché à Biskra :

« J'ai choisi de rester métayer, mon objectif n'était pas d'avoir des investissements à Biskra »

En effet, son objectif était de se marier et construire une vie à Damous (Tipaza). Il s'est marié en 2013, mais il a continué à travailler à Biskra pendant 3 ans. La dernière année était à Oumache en 2016, année où il a décidé de rentrer pour être plus proche de sa petite famille. Il raconte que son expérience à Biskra était riche, elle l'a permis de construire la vie qu'il a aujourd'hui, d'apprendre et de partager ce qu'il a appris :

« Cette année j'ai voulu être proche de mes enfants. J'ai loué quelques serres du côté de la plage que je vais travailler pour mon propre compte et je verrais ce que ça va donner ».

Un milieu hostile : « à Biskra le risque est grand »

Abdelkader, 38 ans, est de Gouraya. Ce tipazien est aujourd'hui pépiniériste et possède 4 serres depuis 4 ans. Son aventure à Biskra a commencé en 2003, il était jeune célibataire et

libre de toute responsabilité. Ses amis l'ont proposé d'aller avec eux à Biskra pour découvrir les nouvelles opportunités au sud :

« Ici à Tipaza on exploitait la terre avec nos cousins, alors les opportunités n'étaient pas à la hauteur de mes ambitions. »

En septembre 2003, il décide de partir à Biskra avec deux amis qui avaient déjà quelques années d'expérience là-bas. Ils avaient un réseau de connaissances dans le maraichage sous serres. Ils ont trouvé quelques serres à gérer en tant que métayers chez un propriétaire à El Ghrous. Chacun a pris en charge 6 serres. Malgré les conditions difficiles pour ce jeune habitué à la mer et la cote, la saison et l'ambiance avec les amis étaient bonnes. Il a travaillé à un quart la première saison (un quart de la recette sans participer aux charges). C'était bien mais pas assez pour lui.

Il se rendait souvent au café des "Tipaziens" à El Ghrous en référence aux Tipaziens qui se rencontrent et discutent des nouvelles de l'agriculture et du marché là-bas. Dans ses discussions avec des amis au café, il a appris qu'à l'Est de Biskra le métayer est payé à un tiers avec la participation aux charges. *« C'était très intéressant pour moi car les charges au sud n'étaient pas du tout énormes, si on les compare avec ce qu'on dépense au nord à Tipaza »*.

La saison qui suivait, il a voulu à tout prix se rendre à M'ziraa pour trouver des serres à travailler. Les Tipaziens étaient partout à Biskra, ils lui ont permis de trouver des serres à la limite entre M'ziraa et Ain Naga. Comme il était un peu en retard, il a décidé de cultiver la tomate tardive. Tout allait bien jusqu'à la fin de l'hiver, il a eu une tornade qui a frappé la zone et a pris toutes les serres et de ce fait il a perdu toute la production :

« C'était la fin de Biskra pour moi. Malgré le fait qu'au départ ma motivation était la découverte, Biskra n'est pas pour le tourisme alors j'ai voulu une contrepartie pour mes efforts »

Le problème majeur pour lui c'est que à Biskra le risque est grand, surtout le risque d'un climat hostile. En 2005, il décide de rentrer à Tipaza et retravailler avec ses cousins sur les terres familiales. Ils ont bénéficié d'une exploitation en concession sur la plage et une autre sur l'Oued Gouraya. En 2012, ils ont partagé l'héritage et Abdelkader a pris une parcelle d'un hectare sur l'Oued Gouraya.

Il a cultivé la tomate la première saison. Par la suite, il a remarqué que les agriculteurs Tipaziens passent leurs vacances à Tipaza et préparent leurs plants de maraichage avant de partir. Alors il a décidé de réaliser une pépinière. Il a commencé avec la moitié d'une serre. Aujourd'hui, il possède 4 serres de pépinière et deux employés permanents. Il a un carnet d'adresses dans plusieurs régions en Algérie, mais la haute saison pour lui c'est la période des préparations des plants de tomate, poivron et piment pour Biskra. Ce pépiniériste produit aujourd'hui plus de 350.000 plants de maraichage sous serres.

5.3.2. Étapes de voyage des jeunes agriculteurs en mobilité

Avant le départ

Le maraichage sous abri est bien plus ancien à Tipaza qu'à Biskra. Son histoire remonte à l'époque de l'utilisation des plantes locales appelées localement "*Ediss*" pour couvrir les plantes de tomates supposées être de plein champ pour gagner une quinzaine de jours sur la précocité du produit. Durant l'époque coloniale, l'Algérie était exportatrice de primeurs vers l'Europe. La France était le principal importateur de fruits et légumes. Alger (dont Damous et Gouraya faisaient partie à l'époque) produisait 87% des tomates de primeur mise sur le marché international (Tinthon, 1948).

Depuis des décennies, la demande sur le marché national pousse les agriculteurs de Damous à conquérir le sable des plages après les lits des deux Oueds du village en mettant en place des serres. La pression augmente sur le foncier et les ressources en eau (fig. 30). Le métayage à 1/2 (*Nassasse*) devient de moins en moins rentable pour les jeunes métayers à cause des augmentations des charges de production, en particulier à cause d'une forte utilisation de produits phytosanitaires. Dans ce système, en plus de son travail, le métayer participe à hauteur de 50% des charges de la production.



(Tipaza, Enquête, 2^{er} semestre 2017)

Figure 30. Accès à l'eau par des puits collectifs sur la plage de Damous

Ces jeunes agriculteurs ont grandi dans cette région très réputée par la production de tomates. La majorité des jeunes enquêtés ont travaillé même durant les vacances scolaires dans les champs avant de quitter l'école et travailler à plein temps dans ce métier. Ils maîtrisent des itinéraires techniques de cette culture, possèdent un savoir-faire construit sur des décennies et hérité de leurs parents.

Le savoir-faire était le seul capital que ces jeunes possédaient, en dehors de leur force de travail. Au village, ceci n'était pas suffisant pour améliorer son statut ou construire un foyer. Le maraîchage sous serres à Damous ne permettait pas l'ascension sociale qu'on connaît à Biskra. Face à ces conditions et dans un contexte où la situation sécuritaire était difficile durant les années 1990, les premiers jeunes agriculteurs sont partis au Sud vers 1993-94 à la recherche des opportunités.

Durant les années 1990, le développement du maraîchage sous serre à Biskra commençait à prendre de l'ampleur. Au début, il s'agissait de serres d'occasion des zones en difficultés qui voyageaient avec les commerçants de gros et qui étaient revendus dans les nouvelles régions promotrices. Les premiers jeunes agriculteurs ont suivi ces serres. Ils passaient devant les exploitations agricoles et demandaient s'ils avaient besoin de main d'œuvre qualifiés ou en allant au marché pour trouver de l'emploi.

Le maraichage sous serres à Biskra était très rémunérateur. La situation des jeunes agriculteurs changeait vite au Sud. Ils racontaient ça à leurs pairs au village quand ils venaient passer les vacances de l'été. Tous les jeunes enquêtés sont partis à travers une autre personne qui était déjà sur place et qui les motivait pour venir. L'objectif principal était de construire le capital financier qui leur permettait de changer leurs situations que ce soit social, professionnel ou matrimonial. Par exemple, Hafidh et Belkacem voulaient devenir plus autonome et construire une famille. Abdelkader avait comme objectif d'avoir sa propre exploitation, et pour Elhadj Biskra était une opportunité pour agrandir le capital familial.

Pendant la mobilité

Une fois sur place, ces jeunes sont confrontés à un modèle agricole intensif qui ressemble à celui au Nord mais dans un contexte différent: (1) un climat Saharien hostile avec des températures extrêmes et des vents parfois violents, (2) des conditions de vie pénible, en particulier pour les ouvriers et les métayers, (3) une organisation collective et de nouvelles règles au sein de l'exploitation agricole sur l'organisation du travail, le partage des frais et bénéfices, l'accès à l'eau etc., et (4) des pratiques agricoles qui diffèrent de celles au Nord.

Le climat conditionne en effet les pratiques des agriculteurs. En plus des pratiques d'irrigation, la gestion des serres est aussi bien différente. Par exemple dans le sud, les grandes amplitudes thermiques entre le jour et la nuit font que les agriculteurs ouvrent et ferment les serres plus fréquemment. Le plastique utilisé doit filtrer plus les rayons solaires que celui utilisé au Nord. L'humidité de l'air est beaucoup moins élevée qu'au Nord, ce qui fait qu'il y a moins d'utilisation de produits phytosanitaires. L'orientation des serres au sud ne suit pas seulement l'exposition solaire, mais aussi la direction des vents dominants. Les jeunes agriculteurs ont dû ajuster les doses des intrants et adapter leurs pratiques aux conditions climatiques locales grâce au contact avec les agriculteurs sur place que ce soit des autochtones ou des allochtones.

Les conditions climatiques n'ont pas seulement affecté les pratiques de jeunes agriculteurs mais aussi leur vie quotidienne. Ils construisent des habitats en utilisant des composantes des structures des serres et des sous-produits du palmier dattier. Pour les plus chanceux, il y a des chambres en parpaing et ciment. Cet habitat précaire très fonctionnel sert à être au plus près des serres pour intervenir plus vite en cas d'urgence, mais c'est aussi un moyen pour réduire leurs dépenses et épargner de l'argent. Malgré les conditions pénibles de vie - pas d'habitat convenable (fig. 31), ni accès aux sanitaires, ...- dans la tête de ces jeunes, c'est n'est qu'une

étape à passer pour atteindre leurs objectifs. L'un de ces jeunes a dit : « *Il vaut mieux vivre un moment difficile pour arriver à l'autonomie, que de vivre tout sa vie dans la misère* ».



(Enquête, 1^{er} semestre 2016)

Figure 31. Photo d'habitat de jeunes agriculteurs à Biskra

L'organisation collective des exploitations que ces jeunes ont trouvé à Biskra les a aidés à s'intégrer et s'adapter plus rapidement. Dans ces exploitations chaque métayer gère souvent environ sept serres. Ces serres font généralement partie d'un groupement de serres irrigué collectivement par un forage, où ils doivent gérer les tours d'eau ensemble. Cette organisation collective fait que les jeunes agriculteurs rentrent en contact avec leurs voisins et de cette manière partagent aussi leurs connaissances, conseils et les nouvelles solutions innovantes entre eux : « *être près de ses voisins -métayers- nous a beaucoup aidé pour s'adapter localement* ».

Les règles de partage des recettes de la production étaient aussi en faveur de ces jeunes. A El Ghrous, la part des métayers est d'un quart des recettes brutes alors qu'ils ne participent à aucun frais de production. A Mziraa, elle est d'un tiers des recettes brutes mais avec la participation à certains frais (engrais, produits phytosanitaires). Avec les prix de vente intéressants sur le marché de gros à Biskra - en moyenne 60 Da/Kg de tomate (Assassi et al., 2017) -, ceci constitue de bonnes recettes pour les jeunes agriculteurs à la hauteur de leurs attentes.

Durant leur mobilité géographique à Biskra ces jeunes ont dû s'adapter aussi à d'autres modèles de plasticulture, par exemple les serres canariennes hyper-intensives et même adapter les

composantes des systèmes d'irrigation goutte à goutte à ce modèle. Les jeunes au retour du pays, gardent des souvenirs, des expériences et des acquis de leurs séjours à Biskra. Malgré la diversité de situations et d'expériences à Biskra la majorité des jeunes enquêtés partagent une même idée sur Biskra : « *c'est qu'ils ont beaucoup appris à Biskra sur le plan personnel et professionnel* ». Certains disaient que Biskra les a rendus plus sages, d'autres qu'ils savourent mieux leurs vies à Tipaza.

Le retour au pays

Ces jeunes ne considèrent pas le retour au pays comme un échec, mais comme une décision raisonnable pour reprendre leurs vies. Les raisons des retours étaient partagées entre les agriculteurs enquêtés. Trois principales raisons reviennent souvent : (1) les obligations familiales, (2) le risque financier élevé de la plasticulture à Biskra (3) les conditions pénibles de vie.

Malgré le fait que l'argent était souvent l'objectif principal de leur engagement dans cette agriculture, à leur retour, ces jeunes estiment leurs acquis sur les plans agronomique et humain. D'une part, les jeunes agriculteurs apprécient le sens de partage et de solidarité entre les jeunes agriculteurs au sein de l'exploitation agricole à Biskra, malgré (ou peut-être grâce à) la difficulté du terrain. D'autre part, ils remettent en cause cette intensification de la pratique de maraichage dans leur vie. Une pratique à plein temps qu'ils qualifient comme très stressante.

Alors les jeunes agriculteurs – ex-métayers de Biskra - choisissent souvent de limiter la présence de la plasticulture dans leur quotidien. En analysant le devenir de ces jeunes, on comprend qu'ils raisonnent leur vie plutôt que le modèle agricole. Ils font le choix de ne pas quitter complètement la plasticulture mais plutôt de la mettre en équilibre avec d'autres activités. Par exemple, Hafidh a assemblé le travail comme journalier à mi-temps dans la pépinière pour les besoins de tous les jours avec la location de serres pour les recettes de la fin d'année et l'élevage de quelques chèvres comme un capital et pour ramener quelques litres de lait le soir à ses parents.

La famille est importante pour ces jeunes, que ce soit l'objectif de fonder une famille ou d'entretenir des liens familiaux. Biskra est plutôt adaptée pour les jeunes célibataires qui peuvent résister aux difficultés de ce modèle de production intensif. Beaucoup des jeunes

enquêtés ont évoqué que s'ils avaient continué de travailler à Biskra, ils n'auraient jamais eu le temps pour leurs familles.

5.3.3. Le développement des liens entre le territoire d'origine et les nouvelles destinations des jeunes en mobilité

Ce qui est intéressant aussi dans le cas de Tipaza, en particulier pour les communes Damous et Gouraya, ce sont les liens créés par les jeunes entre leur territoire d'origine et les nouvelles destinations agricoles. Nous avons constaté qu'au-delà de la mobilité géographique des personnes, il y a eu aussi d'autres formes de mobilités comme les flux des idées et du savoir-faire, des objets innovants et même la capacité d'adaptation. Pour ces jeunes agriculteurs, le fait de retourner à Tipaza n'est pas considéré comme un échec ou un retour à la case de départ. Ils considèrent ce voyage dans le sud plutôt comme une opportunité de partage des idées et d'apprentissage des jeunes agriculteurs. Ils donnent les exemples des pratiques agricoles -en particulier de la tomate- qui ont voyagées avec eux vers Biskra, comme l'utilisation des files tuteurs pour soutenir la plante ou l'effeuillage des plantes pour accélérer le mûrissement des fruits. De l'autre côté, ils ont appris, par exemple, les techniques de couchage de la tomate des ouvriers marocains pour avoir plus de bouquets de fruits. Les micro-unités de fertigation, conçues pour les serres de Biskra, ont aussi trouvé leur place à côté des serres à Tipaza. Comme les objets voyagent, les capacités d'adaptation de ces jeunes voyagent aussi. Si on fait appel à ces jeunes agriculteurs, ce n'est pas seulement pour leur expertise, mais également pour leur capacité à adapter les équipements et les pratiques aux conditions climatiques et socio-économiques locales. Ce qui voyage ici, ce ne sont pas seulement les innovations elles-mêmes, mais aussi la capacité d'innover (Naouri et al., 2017).

Une grande connexion, que nous avons constatée, concerne celle des plants de maraichage produites dans les pépinières de Tipaza et qui suivent les mobilités géographiques des jeunes Tipaziens, comme on a vu avec le récit de vie d'Abdelkader précédemment.

C'est un créneau porteur à Tipaza stimulé par les mobilités géographiques des jeunes issus de cette région. Nous avons rencontré Djamel un pépiniériste de Damous, comme Abdelkader, qui nous a raconté l'histoire du développement de ce créneau. Djamel possède une pépinière à côté de l'Oued Harbil, sur l'autre rive du marché de gros de Damous. Durant les années 1990 sa famille a quitté l'exploitation familiale et a choisi de s'installer dans le village de Damous. Au début des années 2000, il a décidé de retravailler la terre en mettant en place quelques serres. Après quelques années, il a constaté que pas mal de jeunes agriculteurs qui travaillent

dans le sud préparent leurs plants de maraichage dans le nord. Comme le climat à Tipaza est favorable pour préparer les plants tout au long de l'année, il a décidé de se reconvertir en pépiniériste graduellement. En 2011, il a converti toute son exploitation en pépinière. Les jeunes en mobilité, prennent le congé en été en lui confiant la préparation des plants de la nouvelle saison. Les jeunes qui travaillent à l'ouest faisaient aussi leurs commandes à Tipaza, avec néanmoins un décalage dans le temps. L'idée de préparer les plants au nord s'est diffusée aussi aux non-Tipaziens suite aux recommandations des Tipaziens.

Le pépiniériste a développé une technique de transplantation de plants à 2 étapes (fig. 32) pour avoir des plants homogènes en faisant le semis dans une fine couche de tourbe. Par la suite il fait la sélection des plants de mêmes hauteurs et les replante dans les alvéoles. Le résultat consiste en des plants homogènes, appréciés par les agriculteurs.



(Tipaza, Enquête, 2^{er} semestre 2017)

Figure 32. Transplantation dans une pépinière de plants de tomates à Damous.

Le pépiniériste est arrivé au point où son carnet de commande est devenu annuel et pas saisonnier (seulement en été). Trois régions principales sont dans son carnet de commandes : 1) le sud, principalement Biskra, 2) le littoral : Mostaganem, Oran, Tipaza.., et 3) l'intérieur : Chlef, Ain Defla, Djelfa, Boussada etc. Durant la haute saison, en été, il produit jusqu'à 1,5 millions de plants de maraichage sous serre en majorité pour Biskra. Plus d'une centaine d'agriculteurs de Biskra s'approvisionnent chez lui, en plus des revendeurs qui vendent à leur tour les plants aux agriculteurs sur place.

5.4. Discussion

5.4.1. Les facteurs favorisant/freinant la mobilité

Les jeunes agriculteurs venant du Nord n'étaient pas dans une logique de quitter l'agriculture de leur parents dite *de misère* (Quarouch et al., 2015). Leur mobilité géographique était plutôt à cause de la difficulté d'accéder aux facteurs de production dans le nord. Ils étaient à la recherche d'un modèle d'agriculture qu'ils pouvaient intégrer assez facilement, grâce à l'organisation de l'agriculture sous serre à Biskra, avec leur savoir-faire pour ensuite évoluer sur les plans économique et social. Ce modèle d'agriculture était rentable assurant des revenus décents pour pouvoir construire par la suite une vie plus autonome (Abdellaoui et al., 2015). Ces jeunes ont construit cette opportunité dans l'agriculture Saharienne à Biskra, en particulier le maraîchage sous serre. Malgré le succès professionnel pour une bonne partie des jeunes Tipaziens dans cette agriculture en grimpant les échelons socioprofessionnels (Naouri et al., 2015), il y a eu toujours de flux de jeunes qui choisissent de retourner au pays d'origine.

Dans le cas des jeunes Tipaziens, trois principales raisons de retour ont émergé lors de nos entretiens à savoir : la tolérance au risque, les liens familiaux et l'investissement sur place. La tolérance au risque est le facteur le plus important qui influence la mobilité des jeunes agriculteurs. Nous considérons que la tolérance au risque est la capacité de reprendre le maraîchage sous serre à Biskra, après avoir perdu la saison agricole. La perte de la saison peut être due à des baisses des prix au marché ou bien des conditions météorologiques exceptionnelles dans ce milieu hostile (forte vents, gelée...). Huit jeunes agriculteurs sur les quinze de notre échantillon ont quitté Biskra à cause de leur faible capacité à tolérer le risque. Les métayers sont les plus vulnérables au risque que ce soit du marché ou des conditions climatiques exceptionnelles.

Ensuite, vient l'engagement familial comme le mariage ou bien les liens familiaux dans la gestion de l'exploitation agricole. La fondation d'une famille est le deuxième facteur de retour des jeunes après la tolérance au risque. Les jeunes agriculteurs considèrent que l'agriculture Saharienne est plutôt destinée à accumuler rapidement du capital. Ces jeunes considèrent que l'engagement dans les responsabilités familiales (envers la femme et les enfants) limite leur mobilité dans l'agriculture Saharienne, faute de distance et de conditions de vie qui ne permettent pas une vie en famille.

Selon Okali & Sumberg (2012), la tomate au Ghana constituait aussi pour les jeunes hommes et femmes un moyen d'accumulation rapide de capitale. Ceux-ci avaient pour objectif de construire une maison ou investir dans d'autres activités comme le commerce ou même la migration pour les jeunes hommes. Les auteurs ont remarqué qu'avec l'âge l'engagement des jeunes dans la production de la tomate de la saison sèche diminue. Surtout pour les femmes qui disent que les responsabilités domestiques, y compris la garde des enfants et la cuisine, ne sont tout simplement pas compatibles avec le temps et le niveau de gestion requis pour la production de tomates. Pour les jeunes Tipaziens s'ajoute la difficulté de la vie dans le Sahara et la distance entre Biskra et Tipaza qui ne permet pas des allers retours fréquents.

Enfin, les jeunes métayers, qui sont de retour, indiquent que les jeunes locataires ou propriétaires choisissent davantage de rester parce qu'ils ont des engagements financiers. Ceci peut être des investissements matériels comme des serres ou le foncier. Cet investissement augmente leur capacité de tolérer le risque. Il est plus compliqué pour quelqu'un qui a des investissements (serres ou foncier) de rentrer qu'un métayer.

5.4.2. Raisonner l'agriculture ou raisonner sa vie ?

Les objectifs fixés par ces jeunes agriculteurs étaient de construire rapidement le capital financier qui leur permettait de changer leurs situations avec l'ambition de construire une nouvelle vie à travers l'agriculture sous serre à Biskra. Ceci fait écho au « *Quick Money* » dont parlaient Okali & Sumberg (2012) au sujet des jeunes producteurs de tomates au Ghana. Ces jeunes ont essayé d'utiliser leur production de tomates pour accumuler rapidement une quantité importante de capital qu'ils prévoyaient d'utiliser pour mener à bien des projets spécifiques qui les aideraient à démarrer leur vie indépendante. Pour les jeunes Tipaziens, nous avons constaté que l'intention d'ascension sociale dans l'agriculture Saharienne n'était pas l'objectif principal. Leur mobilité géographique était plutôt liée à une intention d'accumuler de l'argent et de le réinvestir à Tipaza dans un projet ou pour améliorer leurs conditions de vie.

Nous nous sommes intéressés alors à leur engagement dans l'agriculture en particulier le maraichage sous serres une fois de retour à Tipaza. Une pratique qualifiée selon ces jeunes de très intensive et pénible. Au-delà des conditions de vie dures dans les exploitations de plasticulture à Biskra, l'exposition aux produits chimiques et la charge de travail importante dans les serres étaient aussi évoquées. Dans le cas du Ghana, les jeunes agriculteurs ont utilisé la production de tomates d'une manière très instrumentale et à court terme pour atteindre leurs

objectifs Okali & Sumberg (2012). Les jeunes Tipaziens étaient plus ou moins dans la même logique, ils voyaient la plasticulture comme pratique temporaire dont il faut raisonner l'engagement à un certain moment de sa vie.

Les jeunes agriculteurs de retour à Tipaza cherchent alors à raisonner leurs vies au lieu de raisonner le maraichage sous serres. Ils choisissent d'être de moins en moins engagés dans ce modèle d'agriculture intensif même à Tipaza. Ils s'engagent dans d'autres activités dans ou en dehors du secteur agricole (transport, commerce...) pour diversifier leurs sources de revenus. Par exemple, Hafidh travaille comme journalier dans les serres de la pépinière et loue deux serres et fait de l'élevage. D'autres ont choisi de mobiliser leur savoir dans le maraichage sous serre, en créant une pépinière (cas de Abdelkader) dont le travail est plus convenable et rentable vue les connexions créées par jeunes Tipaziens avec les autres zones de production dont Biskra fait partie. Raisonner sa vie pour ces jeunes, c'est aussi avoir du temps pour la famille, s'amuser et reprendre une vie citadine plutôt que rural. Le retour à Tipaza n'est pas vu comme un échec pour ces jeunes. C'est un aller et retour d'expérience pour ces jeunes agriculteurs. Ce n'est pas un retour au point de départ mais plutôt un voyage d'apprentissage et de partage avec d'autres agriculteurs.

5.5. Conclusion

Le développement agricole à Biskra s'est construit dans ce milieu hostile à travers un ensemble de mobilités géographiques, sociales, de personnes, d'idées, d'objets et de capacité d'adaptation (Hannam et al., 2006), étroitement liée à bien des égards à la dynamique de l'agriculture locale et à des systèmes de production plus mondiaux (Kuper et al., 2018).

Les mobilités des jeunes agriculteurs est basée sur un système basé sur le parrainage et la solidarité entre ces jeunes. Ce système facilite leurs mobilités et adaptations dans le nouveau territoire saharien. Durant les congés, les jeunes qui sont en mobilité racontent leurs histoires de réussite aux autres ce qui les motive pour partir et tenter leur chance. Les objectifs des jeunes qui veulent intégrer l'agriculture Saharienne est souvent l'amélioration des conditions de vie ou la construction d'un foyer indépendant.

Tous les jeunes enquêtés ont évoqué que les pratiques agricoles à Biskra sont différentes du Nord. Malgré ça ils ont réussi à s'adapter grâce à la communauté des jeunes agriculteurs qui a facilité cette adaptation. Le conseil technique de la part des acteurs de la filière est gratuit à Biskra, en plus, il y a cette sorte de solidarité entre les anciens et les nouveaux arrivants. C'est

cette solidarité qui permet de tenir face au choc des conditions de vie et climatiques difficiles. Ces conditions ne sont donc pas la première raison de retour des jeunes à Tipaza. C'est plutôt le manque de tolérance aux risques financiers du marché et des conditions météorologiques exceptionnelles. En deuxième lieu, l'engagement familial comme le mariage ou l'engagement dans les exploitations familiales. Enfin, les jeunes agriculteurs de retour à Tipaza considèrent qu'après un investissement dans les serres ou la terre (qui implique un changement de statut) il sera plus compliqué de quitter et retourner dans le nord. Le métayer est en effet l'acteur le plus fragile et vulnérable au retour. Après ce voyage pour le « *quick money* » comme Okali & Sumberg (2012) l'appellent, les jeunes Tipaziens montrent une logique similaire à celle des jeunes du Ghana par rapport à leur engagement temporaire dans l'agriculture intensive. La majorité des jeunes qui ont choisi de retourner à Tipaza sont pratiquement tous restés engagés d'une manière ou une autre dans l'agriculture dont certains dans les serres. Les jeunes agriculteurs ont trouvé un moyen de raisonner leurs vies plutôt que raisonner cette agriculture, en s'exposant moins au maraichage sous serres, en diversifiant leurs activités et en prenant leur vie familiale en considération.

Chapitre 6

Conclusion Générale

Chapitre 6. Conclusion générale

6.1. Conclusion générale

A l'instar du développement massif de la petite irrigation privée à l'international, où les superficies développées par les paysans dépassent de loin les superficies des périmètres irrigués publics (de Fraiture & Giordano, 2014; Shah, 2009), nous avons vu, en arrivant au Sahara algérien, le même scénario sur de nouvelles frontières agricoles avec des dizaines de milliers de serres pour la production de primeurs, irrigués en goutte à goutte (Kuper et al., 2016). Nos premières observations ont montré le rôle important que jouent les jeunes agriculteurs, souvent venus de loin, dans la conception, la mise en place et le fonctionnement de systèmes d'irrigation au goutte à goutte dans le maraîchage sous serre. Nous avons alors fixé comme objectif pour cette thèse d'analyser les différentes voies suivies par des petits agriculteurs en mobilités pour produire, utiliser et diffuser des innovations techniques des systèmes irrigués en goutte à goutte. Cette analyse permet de participer au débat émergent dans la littérature sur l'innovation ouverte menée par les petits agriculteurs en interactions avec de multiples acteurs à plusieurs niveaux pour adapter les systèmes (agricoles ou d'irrigation) aux évolutions des conditions locales (Chesbrough, 2003; Scoones & Thompson, 2009; Spielman et al., 2011; Waters-Bayer et al., 2009a).

L'idée que pour concevoir des systèmes techniques qui fonctionnent, il faudra combiner des connaissances scientifiques et empiriques a été le point de départ de notre réflexion (Girard & Navarrete, 2005). En effet, la communauté des agronomes recommande depuis de nombreuses années d'associer ces deux modes de production de connaissances pour trouver des solutions innovantes (Caneill, 2006). Cette considération a été induite par la critique du modèle d'innovation linéaire (de la recherche vers l'utilisateur final, en passant par un certain nombre d'intermédiaires) et le débat sur la conception de processus d'innovation alternatifs depuis les années 1970 pour inverser le cheminement de la recherche sur l'innovation dans le domaine agronomique (Papy, 1998).

En partant du fait que les pratiques des agriculteurs sont une solution à un problème, le rôle des agronomes serait de théoriser ces pratiques (Osty & Landais, 1993; Papy, 1998). En les théorisant, nous ne devons pas négliger le caractère social du processus de l'innovation dans lequel l'agriculteur évolue (Papy, 2004). Notre curiosité des questions des processus de l'innovation concernant les systèmes d'irrigation était alors alimentée par les tensions entre ce

que l'ingénieur conçoit et la capacité des agriculteurs à innover collectivement dans les réseaux sociotechniques (Akrich et al., 2002a). Nous nous sommes questionnés aussi bien sur le fonctionnement des innovations que sur les acteurs derrière les actions de réingénierie sur les systèmes d'irrigation au goutte à goutte à Biskra. Pour cela, nous avons conçu une démarche interdisciplinaire faisant appel aux sciences agronomiques, hydrauliques et sociales pour répondre à ce questionnement.

L'hypothèse principale était que les processus d'innovation technique sont mis en œuvre dans des réseaux sociotechniques, qui sont dynamiques et hétérogènes, et où la traduction permet de produire continuellement des dispositifs techniques adaptés à l'évolution des besoins des agriculteurs. Pour mettre en évidence l'importance et la force du processus de la traduction dans les systèmes d'innovation et ainsi vérifier notre hypothèse, nous allons dans cette conclusion d'abord revenir sur les mobilités des acteurs principaux de l'innovation, les jeunes agriculteurs. Puis, nous revenons sur l'organisation hiérarchique et le partage des responsabilités dans le domaine de l'irrigation entre les différents acteurs. En effet, de multiples interactions vont avoir lieu entre les technologies, les agriculteurs, les acteurs locaux et les acteurs des systèmes d'innovation régional, national et même international, ce qui explique la nécessité de la traduction. Enfin, nous revenons sur le destin des jeunes agriculteurs, très actifs dans le processus de la traduction à Biskra, mais que nous avons retrouvé, pour la plupart, de retour dans leur région d'origine après un ou plusieurs séjours dans le sud. Nous montrons que, d'une part, le processus de traduction à Biskra est continuellement repris par d'autres jeunes agriculteurs et le départ de leurs aînés n'est guère ressenti. D'autre part, certains agriculteurs, une fois de retour, continuent à contribuer, à distance, aux réseaux sociotechniques et au processus de traduction qui permettent la production sous serre à Biskra, par exemple par la mise en place de pépinières pour la production de plants de tomates.

6.1.1. La capacité d'adaptation et de diffusion de l'innovation de l'utilisateur à travers les mobilités des jeunes agriculteurs

La littérature sur les jeunes en Afrique est focalisée sur l'étude des facteurs qui les éloignent du monde rural et de l'activité agricole (Sumberg et al., 2012). Il s'agit souvent de la mise en évidence d'un seul flux donnant l'impression d'un sens unique, de la campagne vers la ville, à la recherche de meilleures conditions de vie. Même dans le cas de ceux analysant la mobilité pendulaire entre la ville et le rural, la mobilité est souvent en direction de la ville, pour des

raisons d'études ou pour accomplir un emploi urbain (Ftouhi et al., 2015). Dans notre cas, nous avons analysé le flux de jeunes venant des petites villes ou de la campagne du nord du pays en direction des frontières agricoles dans la wilaya de Biskra. Sur place, ces jeunes sont installés au plus près des serres, leurs lieux de travail. Dans notre analyse, nous avons mis en avant les capacités d'action et d'innovation de ces jeunes ruraux en mobilité géographique, ainsi que les possibilités d'intégration de ces jeunes dans l'agriculture et leur rôle dans l'innovation et le façonnage des systèmes de production agricole.

A Biskra, l'agriculture n'est plus perçue comme un déclassement par les jeunes agriculteurs. Pour eux, c'est un moyen d'intégration dans la vie active et un passage à la vie adulte « autonome ». Les possibilités d'ascension socioprofessionnel dans le maraichage sous serres, ou d'une vie meilleure, attirent les jeunes et font même oublier les conditions hostiles du Sahara. Du simple ouvrier, mobilisant sa force de travail, on devient *métayer*, avec son savoir-faire, *ou locataire*, après avoir obtenu un certain capital financier, voire même *propriétaire*, si on accède à la terre. Cette mobilité socioprofessionnelle explique leur mobilité géographique, constituant aussi un atout pour la diffusion de l'innovation à la fois à l'intérieur d'une strate socioprofessionnelle (par exemple, les métayers) et entre les différentes strates socioprofessionnelles. En effet, ces jeunes sont devenus les principaux alliés (dans le sens Akrich) de l'innovation technique de l'irrigation en goutte à goutte.

L'organisation au sein des exploitations du maraichage sous serres à Biskra fait en sorte que les jeunes agriculteurs, que ce soient des allochtones ou autochtones, travaillent quotidiennement en collaboration avec d'autres métayers et ouvriers, des locataires et propriétaires, constituant un espace favorable d'apprentissages, d'échanges et de production des innovations, en particulier grâce à leurs mobilités. Les jeunes agriculteurs ont fait preuve de capacité d'innovation en adaptant les systèmes d'irrigation goutte à goutte au contexte de ces exploitations agricoles particulières. En réadaptant ces technologies à d'autres types d'exploitations, ils nous ont montré que non seulement les objets techniques se diffusent, mais aussi et peut-être surtout que les capacités d'innovation voyagent et se transmettent. Les jeunes agriculteurs font preuve d'une forte capacité d'adaptation et d'innovation en contribuant au façonnage de nouveaux systèmes de production sous serre et facilitent la diffusion des nouvelles techniques du fait de leurs mobilités.

L'innovation locale s'est diffusée sur des rayons de centaines de kilomètres grâce à une mobilité géographique combinée à une mobilité socioprofessionnelle des ouvriers, des

métayers, des locataires et des propriétaires. Ces acteurs accumulent un savoir-faire, des compétences organisationnelles et des capacités d'innovation. Ils les emportent avec eux, lorsqu'elles ont évolué.

6.1.2. Quand les petits agriculteurs innove : un système d'innovation multi-niveaux

L'organisation particulière au sein des exploitations agricoles à Biskra se caractérise par une gestion des facteurs de production à plusieurs niveaux, faisant intervenir différents acteurs : les propriétaires de la terre, les locataires, les métayers et les ouvriers. La configuration conventionnelle (propriétaire unique, commande centralisée, etc.) des systèmes d'irrigation goutte à goutte n'était pas compatible avec cette organisation de la production agricole. Les systèmes d'irrigation goutte à goutte ont dû s'adapter à l'organisation de ces exploitations. Les agriculteurs s'organisent généralement autour de forages collectifs et partagent les investissements du même système d'irrigation. Cette situation fait apparaître de nombreuses adaptations, en retirant et remplaçant certaines composantes et accessoires, tels que le réservoir d'accumulation et les filtres, qu'ils ont jugés inutiles.

La gestion hiérarchique et le partage des responsabilités en ce qui concerne le système d'irrigation, fait naître des domaines d'intervention spécifiques à chaque niveau. Ceci a créé un environnement d'innovation distribué où le rôle des jeunes agriculteurs est prépondérant. Chacun est responsable de sa partie du système d'irrigation. Par exemple, le propriétaire de la terre n'intervient pas dans le réseau d'irrigation au-delà des canalisations primaires et secondaires. Au sein du même niveau d'organisation, des acteurs spécifiques seront actifs et tous expérimenteront pour améliorer le fonctionnement du système dans les limites de leur domaine d'intervention. L'exemple le plus concret est la conversion d'un système d'irrigation de contrôle centralisé en un système permettant de gérer l'eau et les engrais associés pour chaque serre. Ce système d'innovation distribué est parmi les clés de la réussite de ce boom du maraichage sous serres à Biskra.

Il y a aussi l'environnement local favorable à l'innovation, qui va connecter les acteurs de l'exploitation agricoles à des niveaux régional et national : le marché compétitif, les acteurs très actifs en amont et en aval de la production et l'État encourageant la production agricole du Sud ont tous joué un rôle important dans la réussite de ces dynamiques. Pour le moment, le marché des primeurs reste très porteur, même s'il y a une très forte volatilité des prix au cours de la saison. Les grainetiers et les distributeurs de matériel d'irrigation stimulent l'innovation

distribuée des systèmes d'irrigation en proposant aujourd'hui les composantes d'un système de goutte à goutte aux agriculteurs au lieu des kits préfabriqués comme celles des ONG en Afrique Sub-Saharienne, qui limitent la participation des utilisateurs dans le développement de la technologie. Les grainetiers à Biskra proposent aussi des crédits fournisseurs informels, et un accompagnement technique gratuit, pour fidéliser leurs clients. Ils participent ainsi au développement du maraichage sous serres en facilitant l'intégration et les mobilités des nouveaux agriculteurs, ce qui rajeunit continuellement les systèmes d'innovation. Enfin, l'État intervient à travers de multiples canaux pour promouvoir la dynamique agricole dans le Sud du pays. La réforme agraire (APFA) de 1983 était un évènement important, libérant l'accès à la terre et l'eau. Elle était suivie par les programmes de subventions comme le PNDA financé par la mise en application du Fonds National de Régulation et de Développement Agricole (FNRDA) en 2000 et la politique de renouveau agricole et rural (Décision FNDIA n°2023 15 décembre 2008) dont la première conférence s'est tenu à Biskra en février 2009 dans l'objectif de construire une politique participative avec les acteurs du secteur agricole. Deux programmes de soutien de la politique de renouveau agricole étaient accordés à la plasticulture et le développement de l'irrigation (y compris les forages, les bassins et les systèmes d'irrigation) à hauteur de 30% du coût d'investissement. Au-delà du soutien financier, l'Etat a montré une certaine permissivité par rapport au forage illicite et a aussi investi dans l'infrastructure à savoir les marchés de gros, l'électrification, les routes et les pistes rurales.

6.1.3. Participation au dialogue international de l'innovation : la force de la traduction

Le système d'innovation local, on l'a vu, est connecté à des niveaux régional, national et même international. Les intermédiaires de l'innovation ont créé et maintenu des canaux de dialogues dans les deux sens entre les petits agriculteurs et les industriels (inter)nationaux. Ces canaux de dialogues favorisent la *traduction* continue de la technologie. Durant le processus de la traduction de la technologie chacun des acteurs cherche à dominer la faculté de traduction pour avoir plus de pouvoir et d'influence dans les réseaux sociotechniques. Cela a poussé certains industriels à trouver des moyens de contacts directs avec les utilisateurs pour comprendre leurs besoins et rester compétitifs sur le marché, mais aussi pour ne pas devenir complètement dépendants des intermédiaires.

Cependant, leur présence à l'échelle locale n'a pas permis aux industriels d'éliminer les intermédiaires car ces derniers sont essentiels pour assurer le maintien des dialogues sur

l'innovation dans les chaînes de valeur agricole informelles. C'est un jeu complexe où un nombre limité d'industriels à besoin de quelques centaines d'intermédiaires pour pouvoir s'adresser à des milliers de petits agriculteurs, tout en assurant un contact direct avec quelques centaines d'agriculteurs (les agriculteurs « leaders ») par le biais de leurs ingénieurs de terrain.

La construction de réseaux sociotechniques et le développement d'une faculté de traduction constituent un travail de longue haleine. Le système d'innovation local autour du goutte à goutte s'est construit progressivement depuis plus de 25 ans suite à de multiples échanges et feedbacks avec des acteurs et équipements à des échelles régionale et nationale. Malgré le fait qu'au cours des deux premières phases (1991-2000 et 2001-2008), le goutte-à-goutte n'a pas été adopté dans les serres, le système ne correspondant pas à la demande locale, les dialogues ont continué avec les petits agriculteurs en attendant que les intérêts convergent.

A Biskra, les entités d'acteurs humain interagissent avec la technologie (acteur non-humain) sont les agriculteurs (métayers, locataires et propriétaires), le *back-office* (intermédiaires : grainetiers et distributeurs) et les industriels. D'après Akrich et al. (1988), l'innovation doit s'intégrer dans un réseau d'acteurs qui la reprennent, la soutiennent, la déplacent. Elle est perpétuellement en quête d'alliés. Dans le processus de la traduction ces acteurs humains sont à la recherche d'alliés pour adopter et diffuser l'innovation. Les acteurs du *back-office* jouaient un rôle de double agent dans ces réseaux sociotechniques. D'un côté, le *back-office* intéresse les industriels par le feedback du terrain pour savoir ce que les utilisateurs veulent et le fait de pouvoir diffuser l'innovation à travers son réseau de loyaux en contre partie des solutions innovantes et de commissions sur les ventes. De l'autre côté, le *back-office* attire les agriculteurs par le crédit fournisseur et l'accompagnement gratuit en contre partie du feedback et la loyauté. Selon le domaine de l'innovation dans la plasticulture (goutte à goutte, semence ou engrais et produits phytosanitaire), les rapports de pouvoir changent et le *back-office* a tendance à s'allier avec ceux qui possèdent le pouvoir de la traduction (Fig. 33).

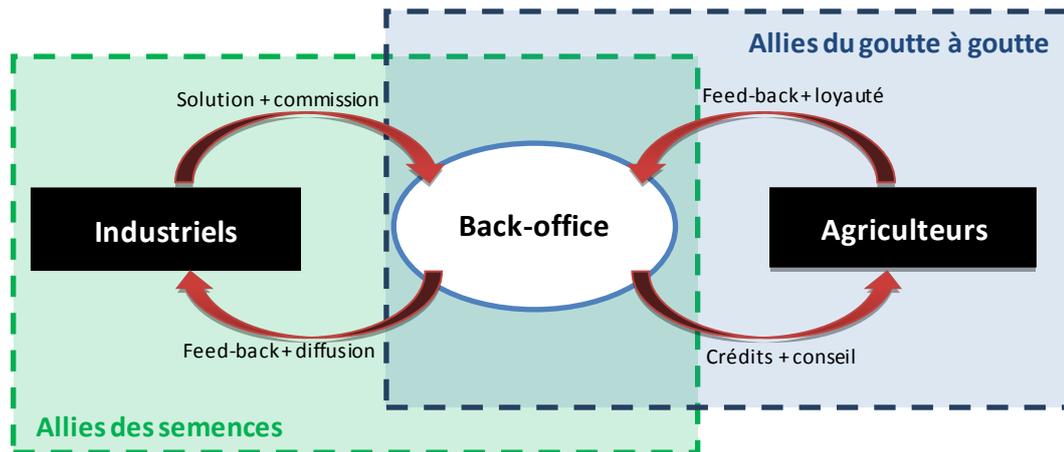


Figure 33. Exemple des alliances dans le réseau sociotechnique

Dans le cas du goutte à goutte, les agriculteurs ont compris les principes du fonctionnement de la technologie en décryptant le système d'irrigation. Ils ont pu dominer la traduction à travers un ensemble d'actions : i) de négociations et solidarités : en négociant avec les fournisseurs sur les composantes qu'ils veulent et celles qui ne veulent pas ; de solidarité entre les agriculteurs actifs dans les mêmes domaines d'intervention sur le réseau d'irrigation favorisant l'apprentissage et le partage des connaissances ; ii) de violence : en abandonnant les bassins et/ou jetant des composantes parfois neuves (filtres) dans le désert ; iii) et enfin d'alliances et de persuasion : en adaptant le goutte à goutte et en s'attribuant l'autorité de parler au nom de la technologie et du back office et lui convaincre que leurs intérêts convergent. La force de la traduction a permis aux petits agriculteurs de participer aux dialogues de l'innovation à l'échelle régional, national et même international. Ce qui rejoint la définition d'Akrich et al. (2006) de la traduction « *...un ensemble des négociations, des intrigues, des actes de persuasion, des calculs, des violences grâce à quoi un acteur ou une force se permet ou se fait attribuer l'autorité de parler ou d'agir au nom d'un autre acteur ou d'une autre force : « vos intérêts sont les nôtres », « vous ne pouvez réussir sans passer par moi »...* ». Ceci nous rappelle aussi le premier jour que nous avons passé avec l'agriculteur du côté Ouest de Biskra qui dit « Jmaatna » ou notre groupe. Selon Akrich et al. (2006), dès que quelqu'un dit « nous », il traduit pour d'autres acteurs dont il devient le porte-parole.

Les réseaux d'innovation ne sont pas exempts de conflits, car il existe une lutte de pouvoir continue entre les différents acteurs. Tandis que les fabricants internationaux tentaient de faire de la technologie d'irrigation au goutte-à-goutte une boîte noire (le système « conforme », « complet » ou « standard »), les petits exploitants ont traduit la technologie en *objets ouverts*

qui n'étaient plus sous le contrôle du concepteur. La traduction de technologie par l'intervention des petits agriculteurs a remis en question certains choix des concepteurs dans le contexte de la plasticulture à Biskra, comme pour les systèmes de régulation ou de fertigation. L'offre des acteurs du *back-office* s'est finalement adaptée aux besoins des petits agriculteurs pour maintenir leurs intérêts dans les autres domaines d'innovation qu'ils contrôlent mieux (semences, produits phytosanitaire, engrais...). Les intérêts convergent ainsi, car le développement des superficies irriguées augmente la demande pour les autres composantes du système.

6.1.4. Retour d'expériences des jeunes agriculteurs

Les jeunes qui ont ainsi réussi à participer au débat international sur le goutte à goutte n'ont pas tous choisi de rester à Biskra. Le choix de quitter cet Eldorado, et retourner à leurs villages, n'est pas considéré comme un échec. Les jeunes agriculteurs de retour à Tipaza voient leurs expériences à Biskra comme une expérience de partage et d'apprentissage où l'objectif est souvent d'atteindre une autonomie sociale et économique. Les pratiques agricoles à Biskra sont différentes de celles du Nord, mais ces jeunes ont réussi à s'adapter grâce à la communauté des jeunes agriculteurs, leurs aînés ou en tout cas ceux qui les ont précédés, à travers le parrainage et la solidarité entre ses membres.

Les conditions de vie à Biskra sont difficiles, mais ce n'est pas la raison du retour des jeunes à Tipaza. C'est plutôt, en premier lieu, le manque de tolérance aux risques financiers, causés par la volatilité des prix du marché et des conditions climatiques exceptionnelles (fortes chaleurs, vents, etc..). En deuxième lieu, l'engagement familial comme le mariage ou l'engagement dans la gestion des exploitations agricoles familiales de leur région d'origine. Troisièmement, la fragilité du statut du métayer, car ils considèrent que sans investissement dans les serres ou la terre le jeune agriculteur est plus exposé à quitter et retourner à son village.

Leur départ de Biskra n'a pas affaibli le boom agricole et les capacités d'innovation restent intacts. La preuve est le développement continu de la plasticulture. En effet, le processus de traduction à Biskra est continuellement repris par d'autres jeunes agriculteurs et le départ de leurs aînés n'est guère ressenti. Le parrainage semble encore fonctionner même des autres régions de l'Algérie, pas souvent connues par la plasticulture. Biskra est devenue la nouvelle référence du maraichage sous serres, avec ces 150.000 serres ou plus, les jeunes en mobilité peuvent apprendre et développer leurs capacités surplace. Pour intégrer, il faut juste avoir la volonté et rejoindre ces alliés.

Une fois de retour les jeunes agriculteurs n'ont pas rompu le lien avec l'agriculture ni avec le maraichage sous serres qu'ils vont pratiquer, comme leurs ancêtres, à Tipaza. En revanche, ils craignent de plus en plus les conséquences probables de leurs expositions aux pratiques agricoles intensives et ils souhaitent disposer de temps pour leurs familles. Ils choisissent donc de raisonner leurs vies et avoir un équilibre entre leur engagement dans l'agriculture et leur vie personnelle ou familiale. Il y a même ceux qui profitent des liens créés par ces mobilités avec le Sahara pour investir dans le créneau des pépinières de maraichage, en faisant voyager les plants de tomates et poivrons vers le sud avec les jeunes en mobilités. Ils continuent ainsi à contribuer, à distance, aux réseaux sociotechniques et au processus de traduction qui permettent la production sous serre à Biskra.

6.2. Pistes de recherche et enseignements pour le développement

6.2.1. Possibilités d'application du cadre d'analyse sur d'autres domaines d'innovation

Dans cette thèse nous avons vu comment les agriculteurs ont pu décrypter les systèmes d'irrigation proposés par des industriels et concevoir des systèmes alternatifs. En assumant des fonctions de la traduction, les agriculteurs ont pu avoir un pouvoir de négociation et de participation active au dialogue sur la configuration du goutte à goutte. Cependant en ce qui concerne les semences, en particulier les semences hybrides, les agriculteurs de Biskra n'ont pas le même pouvoir de dialogue et de négociation. En effet, ces semences ont été conçues non seulement pour améliorer les rendements, mais aussi pour éviter que les agriculteurs produisent leurs propres semences. Ils sont donc obligés d'acheter chaque saison de nouvelles semences auprès des fournisseurs. Pourtant dans la littérature il y a des cas de décryptage des semences même génétiquement modifiées, comme le cas du coton Bt en Inde, souvent pour des questions de coût : « *Les semences illégales contiennent des gènes génétiques officiellement approuvés qui sont rétrocroisés avec des variétés locales conventionnelles, sans le consentement du développeur de semences* » (Raney & Matuschke, 2011). Apparemment en Algérie, certains agriculteurs tentent aussi de sélectionner et conserver des semences à partir des plantes hybrides. Sur le terrain à Bordj Bou Arreridj, nous avons rencontré un agriculteur qui nous a montré des semences de poivron qu'il a sélectionnées à partir des plantes hybrides. Ce qui n'est pas un cas isolé, dernièrement aussi à Ghardaïa, des agriculteurs commercialisent des semences cultivables qu'ils ont eu à partir des semences sensées être des hybrides F1.

En plus de la question sur comment ces agriculteurs ont pu réaliser de tels exploits, il y a aussi le pourquoi dans ce contexte et dans d'autres ? Cette pratique de sélection des semences nous n'avons pas rencontré à Biskra. Plusieurs hypothèses peuvent être faite à ce sujet, par exemple : l'engagement transitoire des jeunes agriculteurs dans la plasticulture, les recettes importantes couvrants le coût des semences, la compétitivité du marché ne laissant pas de place aux prises de risque (une seule semence peut couter plusieurs kilogrammes de tomates aux agriculteurs). Notre cadre d'analyse peut être utilisé pour expliquer le fait de pouvoir/vouloir décrypter la semence hybride dans un contexte spécifique mais pas dans un autre. En faisant appel cette fois-ci à des connaissances scientifiques de la production végétale et de la génétique au lieu de celle du génie rural. Ces connaissances peuvent permettre de comprendre l'aspect technique de sélection de semences tandis que l'approche acteur-réseau apporte une compréhension du rôle et des conditions favorisant l'innovation de l'utilisateur dans ce domaine.

6.2.2. L'innovation technique et institutionnelle : quelles interactions entre les adaptations techniques et le bricolage institutionnel ?

Le processus de la traduction analysé dans cette thèse permet la continuelle production de dispositifs techniques adaptés à l'évolution des besoins des agriculteurs dans une situation changeante. Parmi les questions que l'on n'a pas abordées dans cette thèse, c'est comment l'innovation technique interagit avec l'innovation institutionnelle ? Le concept du bricolage institutionnel dans le domaine de la gestion des ressources naturelles, proposé par Cleaver (2012), peut être utile ici. Le bricolage institutionnel est « *un processus par lequel des personnes s'appuient consciemment et inconsciemment sur les arrangements sociaux et culturels existants pour façonner les institutions en réponse à des situations changeantes* » (Cleaver, 2001). Le résultat des institutions hybrident le moderne et le traditionnel, le formel et l'informel.

La situation très évolutive du maraichage sous serres pousse les acteurs à s'adapter rapidement à la situation changeante, en adaptant de nouvelles et d'anciennes formes d'arrangements : le métayage, la location de la terre et de l'eau, les crédits informels...etc. Ces arrangements qu'ils soient formels ou informels permettent l'utilisation collective des différents facteurs de production dont la ressource en eau souterraine. La question qui peut être posée est si ce sont les adaptations (ou les bricolages) techniques qui influencent les adaptations (ou les bricolages) institutionnelles ou vice-versa ? Est-ce que c'est le façonnage institutionnel autour de l'eau qui pousse les acteurs à adapter les technologies ? ou l'évolution

des technologies qui donne naissance à de nouvelles règles ? Comment ces processus d'innovation technique et de bricolage institutionnelle cohabitent et interagissent ?

6.2.3. Développement des outils d'évaluation des innovations techniques et d'apprentissage des pratiques des agriculteurs

C'est important d'avoir un cadre d'analyse qui permet de théoriser les pratiques des agriculteurs et de comprendre leurs pratiques. Ces pratiques influencent le développement de l'agriculture et la pression sur les ressources naturelles. L'approche que nous avons développée dans cette thèse nous a permis de comprendre comment l'acteur humain évolue dans un réseau sociotechnique et comment il contribue à l'innovation technique. En nous basant sur l'analyse de la technologie, de l'historique de l'innovation et la théorie acteur-réseau, nous pouvons élaborer un état des lieux de l'évolution de l'innovation et déterminer les entrées qui influencent son développement. Ce qui manque, ce sont les outils pour mesurer l'impact de l'innovation ou du réseau sociotechnique sur son environnement et de se projeter dans l'avenir pour/avec certains acteurs et la durabilité des ressources.

Des questions sur l'avenir des jeunes dans l'agriculture ou comment apprendre de leurs pratiques agricoles restent posées. Le développement des modèles agricoles, ou même le futur des ressources en eau souterraines, ont aussi besoin de réponses. L'intelligence artificielle et en particulier le « *Machine Learning* », est un champ d'étude qui peut permettre d'établir des modèles pour mesurer d'impact et la prédiction de l'évolution dans le futur.

En agriculture, ce champ d'étude est généralement utilisé dans l'agriculture de précision, par exemple, pour prévoir l'apparition de maladies ou déterminer les besoins en engrais à l'échelle de la plante. Il est souvent utilisé pour améliorer les performances de l'agriculture en se basant sur l'analyse des images et les connaissances scientifiques, sans prendre en considération le caractère social des agriculteurs ou leurs pratiques. Pourtant dans d'autres domaines et dans un champ plus précis « l'apprentissage assisté », certains modèles sont construits sur la base des pratiques des êtres humains qui peuvent être utilisés pour déterminer leurs trajectoires. Alors pourquoi pas les mobiliser pour apprendre des pratiques des agriculteurs et même analyser, de façon prospective, les trajectoires des jeunes agriculteurs. Dans ce domaine l'une des tâches compliquées est de théoriser les problématiques étudiées, notre cadre d'analyse peut être utilisé dans ce but et fournir les entrées pour élaborer les modèles. La combinaison entre notre cadre d'analyse avec l'apprentissage automatique assisté peut être une piste à explorer pour mesurer l'impact de l'innovation en comparant les

changements des pratiques et d'avoir une vision future sur le développement du réseau sociotechnique à travers les trajectoires des acteurs.

6.3. Du transfert à la traduction : Quel modèle de développement faut-il promouvoir ?

La question de la sécurité alimentaire en Algérie constitue une priorité pour les pouvoirs publics depuis l'indépendance. Le développement du secteur agricole et rural est primordial pour répondre à cette stratégie. Comme de nombreux pays en développement, le gouvernement a adopté une politique de réhabilitation du secteur agricole face aux deux contraintes majeures : le foncier et l'accès à la ressource en eau. Plusieurs actions et programmes ont été mis en place : l'APFA, le PNDA et dernièrement le programme de renouveau rural (2009-2014), pour redynamiser le secteur et augmenter les superficies irriguées. Cependant, les modèles de développement adoptés en Algérie étaient souvent basés sur le transfert linéaire, que ce soit dans le Nord ou dans le sud du pays, qui sont parfois en rupture avec le contexte local. Tout d'abord, avec la révolution agraire et les villages socialistes importés de l'union soviétique. Selon Safar-Zitoun (1976) et à travers son analyse de cinq villages socialistes : « *le passage à l'esprit coopératif, par l'adhésion au projet sociale coopératif de l'Etat, a pour condition la rupture avec les structures et groupes de parenté* » ... « *c'est essentiellement un système de normes et codes qui prennent en charge l'individu et restreignent sa liberté de choix* ». Ensuite dans les grands schémas de développement de l'agriculture en Algérie, les actions avec des transferts de technologies sont rigides et basés sur des modèles standardisés. Il s'agit en particulier des grands périmètres irrigués ou des périmètres des concessions agricoles clé en main, des vaches à haut potentiel génétique importées et distribuées aux agriculteurs dans l'ambition de développer la filière de la production laitière. Les échecs de ces projets sont souvent justifiés par la problématique de la maîtrise individuelle et sociale des « packages » technologiques importés (Bedrani, 1978). Dans le cas des systèmes d'irrigation, la subvention des « packages » du goutte à goutte abandonnés dans les vergers de la Mitidja comme à Biskra ou le transfert de la technologie d'irrigation par pivots dans le but de développer les grandes cultures dans le Sahara sont des exemples illustratifs. Le transfert du modèle américain des pivots a ainsi connu un échec dans sa forme de « package ». Ensuite, il a été repris et traduit par les acteurs locaux à El Oued où il a connu une large diffusion multipliant la superficie irriguée dans la Wilaya par (Ould Rebai et al., 2017).

A El Oued, à Biskra et peut être dans d'autres régions en Algérie, les systèmes d'irrigation ont subi une série d'adaptations pour être harmonisés avec les contextes locaux. C'est grâce à la petite et moyenne hydraulique qui représente 80% des superficies irriguées en Algérie que ces dernières sont passées de 350.000 ha en 2000 à plus de 1,26 millions d'hectares en 2015 (MADR, 2015b). Selon le rapport de la (FAO, 2016), 90% des ressources mobilisées dans la petite et moyenne hydraulique en Algérie sont des eaux souterraines. Ceci montre que le secteur est bien dominé par l'irrigation privée à partir des eaux souterraines. Ce scénario ressemble à ce qui se passe en Afrique sub-saharienne ou en Asie où le développement de l'irrigation est plutôt mené par les petits agriculteurs (de Fraiture & Giordano, 2014; Shah, 2009; Woodhouse et al., 2017). La situation dans le Sahara algérien ne fait pas l'exception avec son agriculture saharienne irriguée à partir des eaux souterraines créant de nouvelles frontières agricoles (Amichi et al., 2019). Ce développement massif de la petite irrigation privée est accompagné d'une augmentation significative d'utilisation des systèmes d'irrigation économes en eau. Le gouvernement déclare ainsi que les superficies irriguées avec des systèmes économes en eau est passée de 75.000 ha en 2000 à 639.050 ha en 2015 dont 250.970 ha en goutte à goutte et 388.080 ha en aspersion (MADR, 2015b).

Selon Woodhouse et al. (2017), l'irrigation privée est le résultats de toute une gamme d'interactions entre les producteurs et les agents commerciaux, les agences gouvernementales et non gouvernementales. En lien avec cette thèse le concept de la traduction des systèmes d'irrigation englobe aussi ces interactions entre les acteurs impliqués dans l'innovation technique et la diffusion de la technologie d'irrigation. Il ne s'agit plus du simple fait de transférer une technologie existante, mais au contraire d'aller vers de nouveaux contextes de dialogue et de négociations avec les utilisateurs finaux autour de la technologie. Grâce au pouvoir de la traduction, les agriculteurs ont pu avoir une voix dans ces réseaux sociotechniques. Le résultat consiste en des technologies plus adéquates et adaptées aux situations locales ainsi qu'un développement des capacités des utilisateurs à adapter ces technologies à de nouvelles situations. Ceci représente une réelle alternative au modèle linéaire pour la raison de la diversité des situations et des besoins des utilisateurs et des changements rapides intervenant dans ces situations.

Contrairement aux schémas publics d'irrigation basés sur les potentiels agro-écologiques ou d'irrigation définis selon des critères biophysiques tel que le type de sols ou le climat, les agriculteurs décident d'investir dans l'irrigation privée aussi sur la base des facteurs socio-

économiques locaux (Woodhouse et al., 2017). Comme les intérêts des acteurs locaux et (inter)nationaux ont convergé durant le processus de l'innovation, aujourd'hui les objectifs de l'Etat d'augmenter les superficies irriguées peuvent converger avec ces intérêts. Nous avons constaté à Biskra que la politique de transfert s'est converti en politique d'accompagnement des dynamiques agricoles par des actions structurantes. Pourquoi pas demain adopter une politique de dialogue avec les porte-paroles locaux et valoriser les capacités des jeunes agriculteurs au lieu de transférer des modèles agricoles rigides. Cela voudra dire : i) Rejoindre les réseaux sociotechniques à l'échelle local de manière active et s'impliquer dans les dialogues autour de l'innovation dans les différentes filières de production agricole ; ii) Décentraliser la planification des programmes de développement et intégrer les acteurs locaux dans le processus ; iii) Au lieu de d'importer des « packages » rigides de l'extérieurs, il s'agira de valoriser les connaissances empiriques locales des agriculteurs ; iv) Chercher des moyens pour rajeunir la population impliquée en agriculture et valoriser leurs capacités de « traduction de la technologie ».

Activités scientifiques

Activités scientifiques

Articles et chapitres de livre

- Naouri, M., Hartani, T., & Kuper, M. (2017). The 'innovation factory': user-led incremental innovation of drip irrigation systems. In J. P. Venot, M. Kuper & M. Zwarteveen (Eds.), *Drip Irrigation for Agriculture: Untold Stories of Efficiency, Innovation and Development* (pp. 266-285). New York, NY: Taylor & Francis. (S)
- Kuper, M., Benouniche M., Naouri, M., & Zwarteveen M. (2017). 'Bricolage' as an everyday practice of contestation of smallholders engaging with drip irrigation. In J. P. Venot, M. Kuper & M. Zwarteveen (Eds.), *Drip Irrigation for Agriculture: Untold Stories of Efficiency, Innovation and Development* (pp. 266-285). New York, NY: Taylor & Francis. (S)
- Naouri, M., Hartani, T., & Kuper, M. (2015). Mobilités des jeunes ruraux pour intégrer les nouvelles agricultures sahariennes (Biskra, Algérie). *Cahiers Agricultures*, 24(6), 379-386. doi:10.1684/agr.2015.0778. (S)
- Hartani, T., Naouri, M., & Kuper, M. (2015). L'entrée des jeunes dans l'agriculture: cas du maraîchage sous serre dans les Ziban (Algérie). *Alternatives Rurales*, 69-78. (S)

Communications

- 3ème Séminaire ARENA sur la gouvernance des eaux souterraines au Maghreb - Montpellier, 11-15 octobre 2015.

Présentation d'un poster intitulé: "Mobilités des innovations et des innovateurs: Acteurs, territoires et adaptation technique"

- ICID 2015 Conférence Euro-méditerranéenne sur l'irrigation: Innover pour améliorer les performances de l'irrigation. Montpellier, 11-16 octobre 2015

Présentation oral d'une communication intitulée: "La traduction du goutte à goutte: Quand l'utilisateur prend en charge l'innovation"

- 2ème séminaire ARENA sur la gouvernance des eaux souterraines au Maghreb - Tunis/Kairouan, 3-6 mars 2015

Présentation d'une communication intitulée: Mobilités socioéconomiques et territoriales de jeunes agriculteurs: cas de Biskra "la terre des nouvelles agricultures sahariennes" (Algérie)

- Séminaire Gestion Sociale de l'Eau "GSE" - Moulay Driss Zarhoun/Maroc, 12-15 janvier 2015
- Séminaire Bibliographique sur la GSE organisé dans le cadre du projet ANR GroundWater ARENA "CIRAD-IRD-Université Moulay Idriss"
- Séminaire AFEID -Rabat- Maroc - Octobre 2014 "Les Economies de l'eau dans les systèmes irrigués"

Présentation d'une communication intitulée « Adaptations des systèmes d'irrigation goutte à goutte dans un milieu rapidement évolutif de maraichage sous serre : Cas du Sahara Algérien »

- Quatrième Congrès Mondial des Etudes sur le Moyen-Orient "WOCMES 2014" (Aout 2014)

Présentation d'une communication intitulée « Emèrgence des jeunes dans la production maraichère : cas des Ziban dans le sud de l'Algérie » élaborée dans le cadre du Projet DAIMA

- Séminaire euro-méditerranéen - Biskra - "La gouvernance des eaux souterraines au Maghreb" Décembre 2013

Présentation d'une communication intitulée « Les modèles des plasticultures irrigués des Ziban : Trajectoires, adaptations et migration du savoir-faire » élaborée dans le cadre du Projet Ground Water Arena

Workshops

- Oct. 2013 Tabarka - Tunisie - Scientific writing in English

The aim of the workshop is to help you write a good scientific paper in English

- Sep. 2013 University of Kassel –Allemagne– Workshop

Training on modeling with selected numeric programs, with basic knowledge in soil physics "Hydrus 2D"

Références bibliographiques

Références Bibliographiques

- Abbas, M. (2012). L'ouverture commerciale de l'Algérie. *Revue Tiers Monde* **2**, 51-68.
- Abdellaoui, E. H., Kadiri, Z., Kuper, M., & Quarouch, H. (2015). Composer avec l'État : voies d'engagement des jeunes diplômés dans l'agriculture au Maroc. *Cahiers Agricultures; Vol. 24, No 6 (2015)*.
- ABHS (2012). "Cadastre hydraulique du Bassin versant Chott Melghir (Wilaya de Biskra)." Agence du Bassin Hydraulique du Sahara.
- Agrawal, A., Cockburn, I., Galasso, A., & Oettl, A. (2014). Why are some regions more innovative than others? The role of small firms in the presence of large labs. *Journal of Urban Economics* **81**, 149-165.
- Akrich, M. (1987). Comment les innovations réussissent? *Recherche et technologie*, 26-34.
- Akrich, M. (1991). L'analyse socio-technique. In "Gestion de la recherche" (D. Vinck, ed.), pp. 339-353. Bruxelles, De Boeck.
- Akrich, M. (1998). Les utilisateurs, acteurs de l'innovation. *Éducation permanente* **134**, 79-90.
- Akrich, M. (2006). Les utilisateurs, acteurs de l'innovation. *Sociologie de la traduction. Textes fondateurs*, 253-265.
- Akrich, M., Callon, M., & Latour, B. (1988). A quoi tient le succès des innovations? 1: L'art de l'intéressement; 2: Le choix des porte-parole. In "Gérer et comprendre. Annales des mines", pp. 4-17 & 14-29.
- Akrich, M., Callon, M., & Latour, B., eds. (2006). "Sociologie de la traduction : Textes fondateurs." Presses des Mines, Paris
- Akrich, M., Callon, M., Latour, B., & Monaghan, A. (2002a). The key to success in innovation part I: The art of interessement. *International journal of innovation management* **6**, 187-206.
- Akrich, M., Callon, M., Latour, B., & Monaghan, A. (2002b). The key to success in innovation part II: The art of choosing good spokespersons. *International Journal of Innovation Management* **6**, 207-225.
- Ameur, F., Hamamouche, M. F., Kuper, M., & Benouniche, M. (2013). La domestication d'une innovation technique: la diffusion de l'irrigation au goutte-à-goutte dans deux douars au Maroc. *Cahiers Agricultures* **22**, 311-318.
- Amichi, F., Bouarfa, S., Kuper, M., & Caron, P. (2019). From Oasis Archipelago to Pioneering Eldorado in Algeria's Sahara. *Irrigation and Drainage* **0**.
- 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 (1).
- ANAT (2006). "Monographie de la Wilaya de Biskra ", Biskra, Algérie.
- ANAT (2011). "Monographie de la Wilaya de Biskra ". Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire.
- ANRH (2010). "Etude d'actualisation du plan national de l'eau, Ressources exploitables. Bassin Chott Melghir." Agence Nationale des Ressources Hydriques
- 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 pimeur à Biskra. *Cahiers Agricultures* **26**, 8 p.
- Barrère, P. (1957). Une histoire du vignoble algérien. *Les Cahiers d'Outre-Mer* **10**, 373-378.
- Bedrani, S. (1978). La technologie agricole en Algérie. *Africa Development/Afrique et Développement* **3**, 21-40.

- Benouniche, M., Errahj, M., & Kuper, M. (2016). The seductive power of an innovation: Enrolling non-conventional actors in a drip irrigation community in Morocco. *The Journal of Agricultural Education and Extension* **22**, 61-79.
- Benouniche, M., Zwarteveen, M., & Kuper, M. (2014). Bricolage as innovation: opening the black box of drip irrigation systems. *Irrigation and Drainage* **63**, 651-658.
- Bessant, J., & Rush, H. (1995). Building bridges for innovation: the role of consultants in technology transfer. *Research policy* **24**, 97-114.
- Bisson, J. (2003). Mythes et réalités d'un désert convoité. *Le Sahara, l'Harmattan, Paris*.
- Braczyk, H.-J., & Heidenreich, M. (1998). Regional governance structures in a globalized world. In "Regional innovation systems" (H. J. Braczyk, P. N. Cooke & M. Heidenreich, eds.), pp. 414-440. Psychology Press.
- Brochier-Puig, J. (2004). Société locale et Etat face aux limites de la ressource eau (Nefzaoua, sud-ouest tunisien). In "Environnement et sociétés rurales en mutation : approches alternatives" (M. Picouet, M. Sghaier, D. Genin, A. Abaab, H. Guillaume & M. Elloumi, eds.), pp. 307-321. IRD, Paris.
- Bunnell, T. G., & Coe, N. M. (2001). Spaces and scales of innovation. *Progress in Human geography* **25**, 569-589.
- Buzelin, H. (2007). Translations 'in the making'. In "Constructing a Sociology of Translation" (M. Wolf & A. Fukari, eds.), Vol. 74, pp. 135-169. Benjamins Translation Library, Amsterdam/Philadelphia.
- Callon, M. (1986). Éléments pour une sociologie de la traduction: la domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc. *L'Année sociologique (1940/1948)* **36**, 169-208.
- Callon, M. (1987). Society in the making: the study of technology as a tool for sociological analysis. *The social construction of technological systems: New directions in the sociology and history of technology*, 83-103.
- Callon, M. (1990). Techno-economic networks and irreversibility. *The Sociological Review* **38**, 132-161.
- Caneill, J., ed. (2006). "Agronomes et innovations : 3ème édition des entretiens du Pradel. Actes du colloque des 8-10 septembre 2004," pp. 1-358 L'Harmattan, Paris
- Chesbrough, H. (2003). Open innovation. Boston: Harvard Business School Press.
- CIID, I. C. o. I. a. D. (2012). ICID.
- Cleaver, F. (2001). Institutional bricolage, conflict and cooperation in Usangu, Tanzania. *IDS bulletin* **32**, 26-35.
- Cleaver, F. (2012). "Development Through Bricolage: Rethinking Institutions for Natural Resource Management," Routledge, London.
- Collard, A.-L., Riaux, J., Massuel, S., Raïssi, M., & Burte, J. (2015). « Et si on faisait comme ceux de la plaine ? » Aspirations et limites d'une petite agriculture dynamique en Tunisie centrale. *Cah. Agric.* **24**, 335-341.
- Cooper, R. G. (1990). Stage-gate systems: a new tool for managing new products. *Business horizons* **33**, 44-54.
- Côte, M. (1998). Des oasis malades de trop d'eau? *Science et changements planétaires/Sécheresse* **9**, 123-130.
- Côte, M. (2002). Des oasis aux zones de mise en valeur: l'étonnant renouveau de l'agriculture saharienne. *Méditerranée* **99**, 5-14.
- Côte, M. (2006). "Si le Souf m'était conté: comment se fait et se défait un paysage," Saïd Hannachi.
- Côte, M. (2011). L'Algérie, mondialisation et nouvelles territorialités. *Méditerranée. Revue géographique des pays méditerranéens/Journal of Mediterranean geography*, 77-84.

- Coutant, A. (2015). Les approches sociotechniques dans la sociologie des usages en SIC. *Revue française des sciences de l'information et de la communication*.
- Dajoz, R. (1971). "Précis d'écologie," 2eme Edition/Ed. Dunod, Paris.
- Daoudi, A., Lejars, C., & Benouniche, M. (2017). La gouvernance de l'eau souterraine dans le Sahara algérien: enjeux, cadre légal et pratiques locales. *Cahiers Agricultures* **26**.
- Darré, J.-P. (1996). "L'invention des pratiques dans l'agriculture: vulgarisation et production locale de connaissance," Karthala Editions.
- Darré, J.-P., & Mathieu, A. (2007). Avant-Propos. In "Le Sens des pratiques: conceptions d'agriculteurs et modèles d'agronomes" (J.-P. Darré, A. Mathieu & J. Lasseur, eds.), pp. 11-18. Inra, Paris.
- Darré, J.-P., Mathieu, A., & Lasseur, J. (2007). "Le Sens des pratiques: conceptions d'agriculteurs et modèles d'agronomes," Inra, Paris.
- de Fraiture, C., & Giordano, M. (2014). Small private irrigation: A thriving but overlooked sector. *Agricultural Water Management* **131**, 167-174.
- de Sardan, J.-P. O. (1995). "Anthropologie et développement: essai en socio-anthropologie du changement social," KARTHALA Editions.
- Dubost, D. (1991). Le blé du Sahara peut-il contribuer à l'auto-suffisance de l'Algérie?(Can the wheat grown in the Sahara contribute to algerian food self-sufficiency?). *Bulletin de l'Association de Géographes Français* **68**, 311-320.
- Dubost, D., & Larbi-Youcef, Y. (1998). Mutations agricoles dans les oasis algériennes: l'exemple des Ziban. *Science et changements planétaires/Sécheresse* **9**, 103-110.
- Dugué, P., Mathieu, B., Sibelet, N., Seuge, C., Vall, E., Cathala, M., & Olina, J.-P. (2006). Les paysans innovent, que font les agronomes ? Le cas des systèmes de culture en zone cotonnière du Cameroun. In "Les Entretiens du Pradel, Journées Olivier de Serres" (E. O. d. S.-. FRA, F. R. A. Inra & F. R. A. Ministère de l'agriculture et de la pêche, eds.), pp. 103-122. L'Harmattan, Mirabel, France.
- Dumartin, S. (1995). Mobilité géographique et insertion professionnelle des jeunes. *Economie et statistique* **283**, 97-110.
- Edgerton, D. (2004). 'The linear model' did not exist: Reflections on the history and historiography of science and research in industry in the twentieth century. In "The Science-Industry Nexus: History, Policy, Implications.", pp. 1-36.
- Edquist, C. (2006). Systems of innovation: perspectives and challenges. In "The Oxford Handbook of Innovation" (J. Fagerberg & D. C. Mowery, eds.), pp. 181-208. Oxford University Press, Oxford, United Kingdom.
- FAO (2016). FAO statistics. Food and Agriculture Organization of the United Nations
- Fischer, M. M., & Fröhlich, J., eds. (2013). "Knowledge, complexity and innovation systems." Springer Science & Business Media.
- Fournier, G., & Pelletier, R. (2002). Types et trajectoires d'insertion socioprofessionnelle de jeunes diplômés: Caractéristiques et profil sociodémographique. *Canadian Journal of Higher Education* **32**, 49-84.
- Freeman, C. (1995). The 'National System of Innovation' in historical perspective. *Cambridge Journal of economics* **19**, 5-24.
- Ftouhi, H., Kadiri, Z., El Hassane, A., & Bossenbroek, L. (2015). Partir et revenir au village. Mobilité non permanente des jeunes ruraux dans la région du Saïss (Maroc). *Cahiers Agricultures* **24**, 372-378.
- Garb, Y., & Friedlander, L. (2014). From transfer to translation: using systemic understandings of technology to understand drip irrigation uptake. *Agricultural Systems* **128**, 13-24.

- Geels, F. W. (2004). From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research Policy* **33**, 897-920.
- Girard, N., & Navarrete, M. (2005). Quelles synergies entre connaissances scientifiques et empiriques? L'exemple des cultures du safran et de la truffe. *Natures Sciences Sociétés* **13**, 33-44.
- Goldberg, D., Gornat, B., & Rimon, D. (1976). Drip irrigation: principles, design and agricultural practices. *Drip irrigation: principles, design and agricultural practices*.
- Goldberg, D., & Shmueli, M. (1970). Drip irrigation—a method used under arid and desert conditions of high water and soil salinity. *Transactions of the ASAE* **13**, 38-0041.
- Hadeid, M., Bellal, S. A., Ghodbani, T., & Dari, O. (2018). L'agriculture au Sahara du sud-ouest algérien: entre développement agricole moderne et permanences de l'agriculture oasisienne traditionnelle. *Cahiers Agricultures* **27**, 15005.
- 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.
- Hannam, K., Sheller, M., & Urry, J. (2006). Editorial: Mobilities, Immobilities and Moorings. *Mobilities* **1**, 1-22.
- Haouchine, A., Abderrahmane, B., Haouchine, F. Z., & Nedjai, R. (2010). Cartographie de la recharge potentielle des aquifères en zone aride. *Eurojournals* **45**, 1-13.
- Hermans, F., Stuiver, M., Beers, P., & Kok, K. (2013). The distribution of roles and functions for upscaling and outscaling innovations in agricultural innovation systems. *Agricultural Systems* **115**, 117-128.
- Howells, J. (2006). Intermediation and the role of intermediaries in innovation. *Research Policy* **35**, 715-728.
- Imache, A., Bouarfa, S., Kuper, M., Hartani, T., & Dionnet, M. (2009). Integrating “invisible” farmers in a regional debate on water productivity: The case of informal water and land markets in the Algerian Mitidja plain. *Irrigation and Drainage* **58**, S264-S272.
- Isnard, H. (1947). IV. Vigne et colonisation en Algérie (1880-1947). In "Annales. Histoire, Sciences Sociales", Vol. 2, pp. 288-300. Cambridge University Press.
- ITDAS (2013). "Analyse des systèmes agricoles de la région de Biskra. L'agriculture en zones sahariennes. Bilan de vingt temps d'acquis 1986-2006.."
- Jacobsson, S., & Johnson, A. (2000). The diffusion of renewable energy technology: an analytical framework and key issues for research. *Energy policy* **28**, 625-640.
- Katz, J. S. (2006). Indicators for complex innovation systems. *Research Policy* **35**, 893-909.
- Khiari, A. (2002). Une région pionnière dans le Sahara algérien: El Ghrouss. *Méditerranée* **99**, 27-30.
- Klerkx, L., Hall, A., & Leeuwis, C. (2009). Strengthening agricultural innovation capacity: are innovation brokers the answer?
- Klerkx, L., & Leeuwis, C. (2008). Balancing multiple interests: Embedding innovation intermediation in the agricultural knowledge infrastructure. *Technovation* **28**, 364-378.
- Klerkx, L., & Leeuwis, C. (2009). Establishment and embedding of innovation brokers at different innovation system levels: Insights from the Dutch agricultural sector. *Technological Forecasting and Social Change* **76**, 849-860.
- Klerkx, L., van Mierlo, B., & Leeuwis, C. (2012). Evolution of systems approaches to agricultural innovation: concepts, analysis and interventions. In "Farming Systems Research into the 21st Century: The New Dynamic" (I. Darnhofer, D. Gibbon & B. Dedieu, eds.), pp. 457-483. Springer Netherlands, Dordrecht.

- Knickel, K., Brunori, G., Rand, S., & Proost, J. (2009). Towards a better conceptual framework for innovation processes in agriculture and rural development: from linear models to systemic approaches. *Journal of Agricultural Education and Extension* **15**, 131-146.
- Kouzmine, Y. (2003). L'espace saharien algérien, Dynamiques démographiques et migratoires. *Maîtrise de Géographie, Laboratoire THEMA, Institut de Géographie, Université de Franche-Comté*.
- Kulecho, I., & Weatherhead, E. (2006a). Adoption and experience of low-cost drip irrigation in Kenya. *Irrigation and Drainage: The journal of the International Commission on Irrigation and Drainage* **55**, 435-444.
- Kulecho, I. K., & Weatherhead, E. K. (2006b). Adoption and experience of low-cost drip irrigation in Kenya. *Irrigation and Drainage* **55**, 435-444.
- 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. In "Integrated groundwater management", pp. 583-615. Springer International Publishing.
- Kuper, M., Naouri, M., & Hartani, T. (2018). Agriculture in Motion: Geographical and Socio-professional Mobilities in North Africa s Groundwater Economy. *Meltem* 33-45.
- Lakhdari, F., & Dubost, D. (2011). La situation agricole, vingt ans après les premiers grands projets de mise en valeur du Sahara algérien. *L'eau et ses enjeux au Sahara. Paris: Karthala*, 161-172.
- Latour, B. (1987). "Science in action: How to follow scientists and engineers through society," Harvard university press.
- Latour, B. (1990). Technology is society made durable. *The Sociological Review* **38**, 103-131.
- Latour, B., & Woolgar, S. (1979). Laboratory life: The social construction of scientific facts. *Beverly Hills: Sage*.
- Law, J. (1992). Notes on the theory of the actor-network: Ordering, strategy, and heterogeneity. *Systems practice* **5**, 379-393.
- Law, J. (1999). After ANT: complexity, naming and topology. *The Sociological Review* **47**, 1-14.
- Law, J. (2008). Actor-network theory and material semiotics. In "The New Blackwell Companion to Social Theory, 3rd Edition" (B. S. Turner, ed.), pp. 141-158. Blackwell, Oxford.
- Lejars, C., Daoudi, A., & Amichi, H. (2017). The key role of supply chain actors in groundwater irrigation development in North Africa. *Hydrogeology Journal* **25**, 1593-1606.
- Leveau, P. (1987). Aménagements hydrauliques et utilisation de l'eau dans l'agriculture autour de Caesarea de Maurétanie (Cherchel, Algérie). *Publications de la Maison de l'Orient et de la Méditerranée* **14**, 45-56.
- Lévy, J., & Lussault, M. (2003). Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés. *Belin, Paris*.
- Lundvall, B.-A. (1985). Product innovation and user-producer interaction. *The Learning Economy and the Economics of Hope* **19**.
- MADR (2012). "Statistiques Agricoles Série B." Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Algérie
- MADR (2015a). "Statistiques Agricoles Série B (Agricultural Statistics Series B)." Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (Ministry of Agriculture and Rural Development), Algiers, Algeria

- MADR (2015b). "Stratégie de développement du secteur de l'agriculture, du développement rural et de la pêche 2035 ". Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural
- MADR (2017). "Statistiques Agricoles Série B." Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Algérie
- Mathieu, A., Darré, J.-P., & Lasseur, J. (2007). Un projet d'agronomes : accéder aux conceptions des agriculteurs pour comprendre les pratiques. In "Le Sens des pratiques: conceptions d'agriculteurs et modèles d'agronomes" (J.-P. Darré, A. Mathieu & J. Lasseur, eds.), pp. 19-33. Inra, Paris.
- MIJARC (2012). Faciliter l'accès des jeunes ruraux aux activités agricoles. In "Forum Paysan–Session sur la jeunesse dans le monde agricole".
- Moench, M. (2004). Groundwater: the challenge of monitoring and management. *The world's water* **2005**, 79-100.
- Namara, R. E., Nagar, R., & Upadhyay, B. (2007). Economics, adoption determinants, and impacts of micro-irrigation technologies: empirical results from India. *Irrigation science* **25**, 283-297.
- Naouri, M., Hartani, T., & Kuper, M. (2014). Les modèles des plasticultures irrigués des Ziban : trajectoires, adaptations et migration du savoir faire. In "Séminaire sur la gouvernance des eaux souterraines au Maghreb" (K. M. B. M. Hartani Tarik, ed.), pp. 47-49. s.n., Biskra, Algérie.
- Naouri, M., Hartani, T., & Kuper, M. (2015). Mobilités des jeunes ruraux pour intégrer les nouvelles agricultures sahariennes (Biskra, Algérie). *Cahiers Agricultures* **24**, 379-386.
- Naouri, M., Hartani, T., & Kuper, M. (2017). The "innovation factory": user-led incremental innovation of drip irrigation systems in the Algerian Sahara. In "Drip irrigation for agriculture: untold stories of efficiency, innovation and development" (K. M. Z. M. Venot Jean-Philippe, ed.), pp. 266-283. Routledge, Abingdon, Royaume-Uni.
- Nelson, R., & Winter, S. (1982). "An Evolutionary Theory of Economic Change," Harvard University Press, Cambridge (Mass.)
- Nooteboom, B. (2013). Trust and innovation. In "Handbook of Advances in Trust Research" (R. Bachmann & A. Zaheer, eds.), pp. 106 - 124. Edward Elgar Publishing Limited, Cheltenham, UK.
- Okali, C., & Sumberg, J. (2012). Quick Money and Power: Tomatoes and Livelihood Building in Rural Brong Ahafo, Ghana*. *IDS Bulletin* **43**, 44-57.
- Osty, P., & Landais, E. (1993). Functioning of pastoral farming systems. *Systems studies in agriculture and rural development, INRA, Paris*, 201-213.
- 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. *Cybergeog: European Journal of Geography*.
- 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. *Cahiers Agricultures; Vol. 24, No 6 (2015)*.
- Ould Rebai, A., 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). *Cahiers Agricultures* **26**, 35005.
- Papy, F. (1998). Savoir pratique sur les systèmes techniques et aide à la décision. *La conduite du champ cultivé. Points de vue d'agronomes. IRD*, 245-259.
- Papy, F. (2004). Comment l'agronomie participe au processus d'innovation. In "Agronomes et innovations, 3ème édition des entretiens du Pradel, Actes du colloque des", pp. 8-10.

- Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and earth system sciences discussions* **4**, 439-473.
- Polak, P., Nanes, B., & Adhikari, D. (1997). A low-cost drip irrigation system for small farmers in developing countries *JAWRA Journal of the American Water Resources Association* **33**, 119-124.
- Poncet, J., Kuper, M., & Chiche, J. (2010). Wandering off the paths of planned innovation: The role of formal and informal intermediaries in a large-scale irrigation scheme in Morocco. *Agricultural systems* **103**, 171-179.
- Quarouch, H., Kuper, M., & Lejars, C. (2015). Recevoir la parole des institutions et la leur retourner: parcours agricoles de jeunes ruraux diplômés-chômeurs dans le Saïss-Maroc. *Cahiers Agricultures* **24**, 349-355.
- Raney, T., & Matuschke, I. (2011). Current and Potential Farm-Level Impacts of Genetically Modified Crops in Developing Countries. In "Genetically Modified Food and Global Welfare", pp. 55-82. Emerald Group Publishing Limited.
- Rycroft, R. W., & Kash, D. E. (2004). Self-organizing innovation networks: implications for globalization. *Technovation* **24**, 187-197.
- Safar-Zitoune, M. (1976). Les "villages socialistes" de la révolution agraire en Algérie : l'adaptation sociale à un cadre écologique nouveau, Montpellier.
- Schumpeter, J. A. (1934). Change and the Entrepreneur. *Essays of JA Schumpeter*.
- Scoones, I., & Thompson, J. (2009). "Farmer First Revisited: Innovation for Agricultural Research and Development," ITDG Publishing, Rugby, UK.
- Shah, T. (2009). "Taming the anarchy: Groundwater governance in South Asia," Routledge.
- Smits, R. (2002). Innovation studies in the 21st century;: Questions from a user's perspective. *Technological forecasting and social change* **69**, 861-883.
- Spielman, D. J., Davis, K., Negash, M., & Ayele, G. (2011). Rural innovation systems and networks: findings from a study of Ethiopian smallholders. *Agriculture and human values* **28**, 195-212.
- Spielman, D. J., Ekboir, J., & Davis, K. (2009). The art and science of innovation systems inquiry: Applications to Sub-Saharan African agriculture. *Technology in society* **31**, 399-405.
- Stewart, P. (1969). Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique: quelques réflexions. *Soc Hist Natur Afr Nord Bull* **59**, 23-36.
- Sumberg, J., Anyidoho, N. A., Leavy, J., te Lintelo, D. J., & Wellard, K. (2012). Introduction: The young people and agriculture 'problem' in Africa. *IDS Bulletin* **43**, 1-8.
- Tomala, F., Senechal, O., & Tahon, C. (2001). Modèle de processus d'innovation. In "3ème MOSIM-Conférence Francophone de MODélisation et SIMulation" Conception, Analyse et Gestion des Systèmes Industriels".
- Van de Ven, A., Polley, D. E., Garud, R., & Venkataraman, S. (1999). "The Innovation Journey," Oxford University Press, New York.
- van der Kooij, S. (2016). Performing drip irrigation by the farmer managed Segouia Khrichfa irrigation system, Morocco, Wageningen University, Wageningen.
- Venot, J.-P., Kuper, M., & Zwarteveen, M. (2017). "Drip irrigation for agriculture: untold stories of efficiency, innovation and development," Taylor & Francis.
- Venot, J. P., Zwarteveen, M., Kuper, M., Boesveld, H., Bossenbroek, L., Kooij, S. V. D., Wanvoeke, J., Benouniche, M., Errahj, M., & Fraiture, C. D. (2014). Beyond the promises of technology: A review of the discourses and actors who make drip irrigation. *Irrigation and drainage* **63**, 186-194.

- Verma, S., Tsephal, S., & Jose, T. (2004). Pepsee systems: grassroots innovation under groundwater stress. *Water policy* **6**, 303-318.
- Von Hippel, E. (1976). The dominant role of users in the scientific instrument innovation process. *Research policy* **5**, 212-239.
- Von Hippel, E. (1998). Economics of product development by users: The impact of “sticky” local information. *Management science* **44**, 629-644.
- Von Hippel, E. (2005). Democratizing innovation: The evolving phenomenon of user innovation. *Journal für Betriebswirtschaft* **55**, 63-78.
- Wanvoeke, J., Venot, J.-P., Zuarveeven, M., & de Fraiture, C. (2017). The conundrum of low-cost drip irrigation in Burkina Faso. In "Drip Irrigation for Agriculture: Untold Stories of Efficiency, Innovation and Development", pp. 218.
- Wanvoeke, J., Venot, J.-P., Zuarveeven, M., & de Fraiture, C. (2015). Performing the success of an innovation: the case of smallholder drip irrigation in Burkina Faso. *Water International* **40**, 432-445.
- Waters-Bayer, A., Sanginga, P. C., Kaaria, S., Wettasinha, C., & Njuki, J. (2009a). Innovation Africa: An introduction. In "Innovation Africa: enriching farmers' livelihoods" (P. C. Sanginga, A. Waters-Bayer, S. Kaaria, C. Wettasinha & J. Njuki, eds.), pp. 1-5. Earthscan, London.
- Waters-Bayer, A., van Veldhuizen, L., Wongtschowski, M., Wettasinha, C., Waters-Bayer, A., Kaaria, S., Njuki, J., & Wettasinha, C. (2009b). Recognizing and enhancing processes of local innovation. In "Innovation Africa: enriching farmers livelihoods", pp. 239-254. Earthscan, London.
- White, B. (2012). Agriculture and the generation problem: rural youth, employment and the future of farming. *IDS Bulletin* **43**, 9-19.
- Wilson, G. A. (2008). From ‘weak’ to ‘strong’ multifunctionality: Conceptualising farm-level multifunctional transitional pathways. *Journal of Rural Studies* **24**, 367-383.
- Woodhouse, P., Veldwisch, G. J., Venot, J.-P., Brockington, D., Komakech, H., & Manjichi, A. (2017). African farmer-led irrigation development: re-framing agricultural policy and investment? *The Journal of Peasant Studies* **44**, 213-233.

Titre : Du transfert à la traduction : Analyse des processus de l'innovation ouverte de nouvelles technologies d'irrigation dans le sud algérien

Résumé

Développer la technologie d'irrigation pour une diversité d'agriculteurs et face à une évolution rapide de la demande est une équation difficile à résoudre pour les concepteurs. Cela a remis en question le modèle du transfert technologique linéaire, fondé sur la non-interaction entre les 'concepteurs' de l'innovation (ingénieurs ou chercheurs) et les utilisateurs finaux. Ce modèle d'innovation néglige la puissance des connaissances empiriques basées sur les savoirs pratiques des utilisateurs. Pourtant dans les réseaux sociotechniques où circulent ces connaissances, les innovations incrémentales se développent, se transforment et se diffusent rapidement. A partir du constat de l'échec du transfert linéaire des kits d'irrigation, cette thèse vient participer au débat émergent dans la littérature sur l'innovation menée par les petits agriculteurs, en particulier en Afrique, fournissant une nouvelle alternative pour développer des technologies adaptées à leur situation. Cette étude a été menée dans le Sud-est de l'Algérie, à Biskra, dans une région qui a connu un boom agricole de maraichage sous serre attirant des jeunes agriculteurs en mobilités de plusieurs régions de l'Algérie. Cette dynamique est accompagnée par un développement massif de l'irrigation privée (généralement en goutte à goutte) multipliant la superficie irriguée par cinq au cours des 20 dernières années. L'hypothèse principale de la recherche est que les processus d'innovation technique sont mis en œuvre dans des réseaux dynamiques hétérogènes où la *traduction* permet de produire continuellement des dispositifs techniques adaptés à la diversité des situations. Nous avons développé un cadre d'analyse interdisciplinaire et multiscale, en prenant en considération le caractère social de l'innovation technique et en intégrant les acteurs impliqués des plus locaux au plus globalisés. Ce cadre nous a permis de montrer, premièrement, le rôle des jeunes agriculteurs dans le façonnage de nouveaux systèmes d'agriculture sous serre. Ces jeunes agriculteurs font preuve d'une forte capacité d'adaptation et facilitent la diffusion des innovations du fait de leur mobilité. Deuxièmement, nous avons mis en évidence le caractère incrémental du processus de l'innovation du goutte à goutte. Les différentes innovations des systèmes d'irrigation goutte à goutte à Biskra sont issues d'un processus de réingénierie par les jeunes agriculteurs et diffusées à travers des réseaux d'utilisateurs et d'intermédiaires de l'innovation. Une "fabrique d'innovation" produit aussi bien des innovations techniques, que des acteurs locaux capables d'adapter la technologie à de nouvelles situations. Troisièmement, le système d'innovation du goutte à goutte local est connecté à des niveaux régional, national et international à travers des canaux de dialogues assurant la durabilité de la traduction de la technologie. Ceci n'élimine pas les conflits dans ces réseaux, car la lutte est continue pour le pouvoir de la traduction entre différents acteurs. Quatrièmement, le processus de traduction à Biskra est continuellement repris par d'autres jeunes agriculteurs et le retour de leurs aînés vers leurs régions d'origine n'est guère ressenti. Ces derniers ont choisi de raisonner leurs vies et avoir un équilibre entre leur engagement dans l'agriculture intensive et leur vie personnelle. À travers cette thèse, nous concluons qu'il est important pour l'État de reconnaître la force de la traduction et adopter une politique de dialogue avec les porte-paroles locaux et valoriser les capacités des jeunes agriculteurs comme une alternative au modèle linéaire de transfert technologique.

Mots clés : goutte à goutte, maraichage sous serre, innovation ouverte, réseau sociotechnique, Théorie Acteur-Réseau, Biskra, Algérie.

Title : From Transfer to Translation: Analysis of Open Innovation Processes of New Irrigation Technologies in Southern Algeria

Abstract

Developing irrigation technology for a variety of farmers and for a rapidly changing demand is difficult for designers. This challenges the model of linear technology transfer, which is based on the non-interaction between 'designers' of innovation (engineers or researchers) and end-users. This model ignores the power of empirical knowledge based on farmers' practical know-how. However, in the sociotechnical networks where this knowledge circulates incremental innovations are rapidly developing, changing and diffusing. Based on the finding of the failure of the linear transfer of irrigation kits in Africa, this thesis contributes to the emerging debate in the literature on small farmers-led innovation, providing a new alternative to develop technologies adapted to their situation. This study was conducted in the south-east of Algeria, in Biskra, in a region that has experienced an agricultural boom in greenhouse horticulture attracting young farmers in mobility from several regions of Algeria. This boom was accompanied by a massive development of private drip irrigation, multiplying the irrigated area by five over the past 20 years. The main hypothesis of this thesis is that the processes of technical innovation are implemented in heterogeneous dynamic sociotechnical networks where the translation makes it possible to produce continuously irrigation technology adapted to the diversity of the situations. We have developed an interdisciplinary and multiscale analytical framework, taking into account the social nature of technical innovations and integrating the actors involved in this process from the most local to the most globalized. This framework showed, first, the role of young farmers in shaping new greenhouse farming systems. These young farmers show a strong innovation capacity and facilitate the diffusion of innovations because of their mobility. Second, the results showed the incremental nature of the drip innovation process. Drip irrigation systems in Biskra have been progressively reengineered by young farmers and disseminated through networks of users and innovation intermediaries. An "innovation factory" produced both technical innovations and local actors able to adapt the technology to new situations. Third, the drip innovation system is connected to other regional, national and international levels through dialogue channels ensuring the sustainability of technology translation. This does not eliminate conflicts in these networks, because the struggle is continuous for the power of translation between the different actors. Fourthly, the translation process in Biskra is continually being taken up by other young farmers and the return of their elders to their home regions is hardly felt. They chose to reason their lifestyles and balance their commitment to intensive farming with their personal lives. Through this thesis, we conclude that it is important for the state to recognize the power of translation and adopt a policy of dialogue with local spokespersons and value the capacities of young farmers as an alternative to the linear technology transfer model.

Key words: drip irrigation, greenhouse horticulture, open innovation, socio-technical network, Actor-Network Theory, Biskra, Algeria.

العنوان: من النقل إلى الترجمة: تحليل عمليات الابتكار المفتوح لتقنيات الري الجديدة في الجنوب الجزائري

ملخص :

يعد تطوير تقنية الري لمجموعة متنوعة من المزارعين ومواجهة الطلب المتغير بسرعة معادلة يصعب حلها من طرف المصممين. لقد اظهر هذا محدودية نموذج نقل التكنولوجيا الخطية، استناداً إلى عدم التفاعل بين "مصممي" الابتكار (المهندسين أو الباحثين) والمستخدمين النهائيين. هذا النموذج من الابتكار يهمل قوة المعرفة التجريبية على أساس المعرفة العملية للمستخدمين. ومع ذلك، في الشبكات الاجتماعية التقنية حيث تندفق هذه المعرفة، تتطور الابتكارات الإضافية وتتغير وتنتشر بسرعة. بعد ملاحظة فشل النقل الخطي لمجموعات الري، تأتي هذه الأطروحة للمشاركة في النقاش الناشئ حول الابتكار بقيادة المزارعين، وخاصة في إفريقيا، والتي توفر بديلاً جديداً لتطوير التكنولوجيات تكيف مع وضعهم.

أجريت هذه الدراسة في شرق الجزائر، بالتحديد في بسكرة، في منطقة شهدت طفرة في الزراعة المحمية والتي تجذب المزارعين الشباب من العديد من المناطق الجزائرية. هذه الديناميكية مصحوبة بتطور هائل للري الخاص (عادة ما يكون الري بالتنقيط) و الذي ضاعف المساحة المروية بخمسة مرات خلال العشرين سنة الماضية. الفرضية الرئيسية للبحث هي أن عمليات الابتكار التقني يتم تنفيذها في شبكات ديناميكية غير متجانسة حيث تتيح الترجمة إنتاج تقنيات جديدة بشكل مستمر تكيف مع تنوع المواقف.

لقد قمنا بتطوير إطار تحليل متعدد التخصصات ومتعدد المجالات، مع مراعاة الطبيعة الاجتماعية للابتكار التقني ودمج الجهات الفاعلة المعنية من الأكثر محلية إلى الأكثر عولمة. أتاح لنا هذا الإطار أن نوضح، أولاً، دور المزارعين الشباب في تشكيل نظم جديدة للزراعة المحمية تحت البيوت البلاستيكية. يبرهن هؤلاء المزارعون الشباب على قدرة قوية على التكيف وتسهيل نشر الابتكارات بسبب حركتهم. ثانياً، لقد أبرزنا الطبيعة التدريجية لعملية الابتكار أنظمة الري بالتنقيط. إن الابتكارات المختلفة لأنظمة الري بالتنقيط في بسكرة هي نتيجة لعملية إعادة هندسة من طرف المزارعين الشباب ونشرها من خلال شبكات المستخدمين ووسطاء الابتكار. ينتج "مصنع الابتكار" كلاً من الابتكارات التقنية والجهات الفاعلة المحلية القادرة على تكيف التكنولوجيا مع المواقف الجديدة. ثالثاً، يرتبط نظام الابتكار بالتنقيط المحلي على المستويات الإقليمية والوطنية والدولية من خلال قنوات الحوار التي تضمن استدامة ترجمة التكنولوجيا. هذا لا يلغي النزاعات في هذه الشبكات، حيث أن الصراع مستمر من أجل قوة الترجمة التكنولوجية بين مختلف الجهات الفاعلة. رابعاً، عملية الترجمة التكنولوجية في بسكرة يجري تنفيذها باستمرار من قبل مزارعين شباب جدد يحلون محل الدين سبقوهم. والدين اختاروا التفكير بحياتهم وتحقيق التوازن بين التزامهم بالزراعة المكثفة وحياتهم الشخصية.

من خلال هذه الأطروحة، نستنتج أنه من المهم بالنسبة لصناع القرار أن يدركوا قوة الترجمة التكنولوجية وأن يتبنوا سياسة حوار مع المتحدثين الرسميين المحليين وأن تقدر قدرات المزارعين الشباب كبديل لنموذج النقل الخطي للتكنولوجيا.

الكلمات المفتاحية: الري بالتنقيط، الزراعة المحمية، الابتكار المفتوح، الشبكة الاجتماعية - التقنية، نظرية الفاعل-الشبكة، بسكرة، الجزائر.