



HAL
open science

Evaluation de la durabilité et des processus d'adaptation des exploitations agricoles familiales en lien avec les ressources en eau souterraine et le développement des filières agricoles : cas de la plaine du Saïs (Maroc)

Mariem Baccar Ben Lamine

► To cite this version:

Mariem Baccar Ben Lamine. Evaluation de la durabilité et des processus d'adaptation des exploitations agricoles familiales en lien avec les ressources en eau souterraine et le développement des filières agricoles : cas de la plaine du Saïs (Maroc). Sciences agricoles. Montpellier SupAgro; Institut agronomique et vétérinaire Hassan II (Maroc), 2017. Français. NNT : 2017NSAM0018. tel-01848725

HAL Id: tel-01848725

<https://theses.hal.science/tel-01848725>

Submitted on 25 Jul 2018

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

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



**Institut agronomique et
vétérinaire Hassan II**



SupAgro Montpellier

Thèse en cotutelle

Présentée en vue de l'obtention du grade de

Docteur de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat

Domaine : sciences agronomiques et agroalimentaire

UR01 : Systèmes de culture, territoires, environnement et développement des filières de
production végétale

ET

Docteur du Centre International d'Etudes Supérieures en Sciences Agronomiques

Ecole doctorale : GAIA

Filière doctorale : Ecologie fonctionnelle et sciences agronomiques (EFSA)

UMR : Innovation CIRAD

Par :

Mariem Baccar Ben Lamine

**Evaluation de la durabilité et des processus d'adaptation des exploitations agricoles
familiales en lien avec les ressources en eau souterraine et le développement des
filières agricoles : cas de la plaine du Saïs (Maroc)**

Soutenue le 6 Juillet 2017 devant le jury composé de

Elies Hamza	Professeur, INAT Tunisie	Président & Rapporteur
Ali Daoudi	Maître de conférences, ENSA Alger	Rapporteur
Fatima Zahid	Professeur, ENA de Meknes	Examinatrice
Jean-Yves Jamin	Chercheur, CIRAD	Examineur
Ahmed Bouaziz	Professeur, IAV Hassan II	Directeur de thèse
Pierre-Yves Le Gal	Directeur de recherche, CIRAD	Directeur de thèse

« Rien n'est permanent, sauf le changement. »

Héraclite d'Ephèse

Remerciements

La thèse, le doctorat, ou encore Philosophiæ Doctor (Ph.D.) est un travail de recherche qui s'inscrit dans la durée, constituant une tranche de vie de son auteur ; et qui implique de nombreuses personnes, se retrouvant ainsi de manière fortuite ou non, dans ce parcours. Bien qu'il me sera très difficile de remercier tout le monde, j'aimerais mettre en avant dans ces remerciements, certaines de ces personnes, dont la générosité, la bonne humeur et l'intérêt manifestés à l'égard de ma recherche, m'ont permis de mener cette thèse à son terme.

En premier lieu, je tiens à remercier mes directeurs de thèse qui ont cru en moi, qui m'ont permis de progresser dans mon parcours « de chercheuse en herbe » et m'ont soutenue à travers la panoplie de problèmes que j'ai pu rencontrer.

Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements à Pierre-Yves Le Gal qui fut pour moi un directeur de thèse, attentif et disponible. Sa compétence, sa rigueur scientifique et sa clairvoyance m'ont beaucoup appris. Cette triade sera un moteur dans mon parcours de chercheuse. J'aimerais également lui transmettre mes remerciements pour son respect sans faille des délais « serrés » de relecture des documents que je lui ai adressés.

Je remercie également mon co-directeur de thèse, Monsieur Ahmed Bouaziz, pour son soutien, ses précieux conseils, ses contacts très utiles, son sens de la diplomatie ainsi que la confiance qu'il m'a accordée en acceptant d'encadrer ce travail doctoral. J'ai été extrêmement sensible à ses qualités humaines d'écoute et de compréhension tout au long de ce travail doctoral.

Je remercie vivement Messieurs Elies Hamza et Ali Daoudi d'avoir accepté de participer à mon jury de thèse en tant que rapporteurs.

Ce travail n'aurait pu être mené à bien sans la disponibilité, les connaissances et l'accueil chaleureux que m'a témoigné Patrick Dugué. Je tiens à le remercier de m'avoir fait part de son expérience du 'Saïs', qui m'a permis d'avancer dans cette recherche. Il m'est impossible d'oublier Marcel Kuper pour les discussions enrichissantes et son aide précieuse pour ma recherche. Je souhaite exprimer ma gratitude envers Monsieur Mohamed Gafsi pour le temps qu'il m'a consacré pour l'adaptation de la méthode IDEA, la visite des agriculteurs, la relecture de certains chapitres de la thèse ainsi que pour son accueil à l'ENSFEA de Toulouse.

Je tiens à remercier sincèrement celles et ceux qui ont accepté de me consacrer une part de leur temps, et qui m'ont apporté leur éclairage, que ce soit au CIRAD, à l'IAV, à l'INRA de Rabat et Meknès ou à l'ENA de Meknès.

Par ailleurs, ce travail n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide de différents acteurs de terrain. Je pense aux agents des DPA et DRA, aux agents des centres de travaux agricoles et en particulier aux agriculteurs que j'ai eu l'occasion d'interroger et qui m'ont ouvert leur porte, leur coeur et étaient ma famille au Maroc.

Evidemment, durant ce travail, j'ai connu des hauts et des bas, mais heureusement que ma famille et mes amis étaient là pour me changer les idées. Ils ont tous cru en moi et maintenant j'y suis ! Alors merci : Omar, Nahla, Mustapha, Slim, Salma, Ommi Zai, Hadhoud, Radhia, Zied, Walid, Yosra, Meriam, Malek, Ahmed, Za, Loubna, Souhaya, Marion, Luc et Karim.

Lectrices infatigables, Radhia et Yosra Ben Lamine, se sont attelées à la relecture des différents chapitres, traquant les coquilles avec une patience et une bienveillance hors pair. Je leur en suis profondément reconnaissante.

Enfin, je remercie mon cher époux Omar, pour son soutien quotidien indéfectible et son enthousiasme contagieux à l'égard de mes travaux comme de la vie en général et pour la bande originale de la thèse, qu'il jouait tous les soirs sur sa guitare.

Ces remerciements ne peuvent s'achever, sans une pensée pour mes premiers fans: mes parents. Leur présence et leurs encouragements sont pour moi les piliers fondateurs de ce que je suis et de ce que je fais.

Je dédie cette thèse à Nahla.

Résumé

Les modèles d'agriculture basés sur un recours massif aux ressources non renouvelables et l'intensification des systèmes de production montrent, des limites susceptibles de remettre en cause l'objectif commun de développement durable. Pourtant ces modèles agricoles se développent dans la plaine du Saïs, notamment dans les exploitations agricoles familiales. Ils apparaissent par le développement de filières rémunératrices conduites intensivement à travers l'irrigation et un faible accompagnement technique. Cette dynamique a conduit à une surexploitation et une pollution des nappes souterraines et à la fluctuation des prix des produits agricoles. La durabilité des exploitations familiales, se trouve ainsi questionnée, d'autant que la politique agricole de l'Etat marocain encourage les agriculteurs à l'intensification. Ce questionnement général a été décliné en trois sous-questions de recherche, abordant chacune la durabilité des exploitations agricoles familiales sous un angle différent. Ces sous-questions ont été explorées sur un même échantillon de 40 exploitations, choisies pour leur diversité de système de production, en mobilisant différents outils d'analyses.

La première sous-question analyse la durabilité des exploitations agricoles sous l'angle de leurs dynamiques d'évolution depuis 60 ans. Sept types de trajectoires d'évolution ont été identifiés en fonction de plusieurs moteurs internes et externes aux exploitations. Ces trajectoires ont débouché sur trois principaux types actuels d'exploitations se différenciant par leurs activités de production. T1 regroupe des exploitations proches du système traditionnel initial, sur des terres n'ayant pas d'accès à l'eau; T2 rassemble des exploitations ayant accès à l'irrigation et maintenant une diversité de productions; T3 rassemble des exploitations spécialisées.

La deuxième sous-question cherche à évaluer la durabilité des exploitations agricoles familiales et à en formaliser les déterminants, en mobilisant un regard de chercheur. Cette analyse s'est basée sur une méthode d'évaluation de la durabilité (IDEA), adaptée au contexte du Saïs. La durabilité environnementale dépend de la diversification des activités et de l'autonomie de l'exploitation, la durabilité socio-territoriale est liée au degré d'engagement de l'agriculteur dans les dynamiques territoriales, et la durabilité économique est fonction du système de production et des facteurs structurels de l'exploitation. Cependant, la tendance générale montre un antagonisme entre durabilité environnementale et durabilité économique.

La troisième sous-question explore les perceptions qu'ont les agriculteurs du concept de durabilité et la manière dont elles se traduisent dans leurs stratégies de gestion. Un premier groupe d'agriculteurs perçoit la durabilité à travers la combinaison entre rentabilité et maintien des ressources naturelles de l'exploitation. Ils mettent en œuvre une stratégie de sécurisation du revenu à l'aide de pratiques peu intensives. Un deuxième groupe lie la durabilité à la rentabilité et l'adaptation aux changements externes à l'exploitation. Ils appliquent une stratégie de valorisation de la flexibilité de l'exploitation pour saisir les opportunités du milieu. Enfin, un troisième groupe perçoit la durabilité à travers la réalisation d'un modèle agricole moderniste. Ils réalisent une stratégie entrepreneuriale par la maximisation de leur revenu.

Cette étude montre à la fois des points de divergence et de convergence sur le concept de durabilité et sa mise en œuvre en agriculture, entre chercheurs et agriculteurs par exemple sur les pratiques de production ou l'accès aux ressources naturelles. Pour combler cet écart de perceptions entre les différentes parties prenantes, des mesures de régulation environnementale, de vulgarisation et d'accompagnement doivent être envisagées collectivement, par les agriculteurs, les autorités et la recherche.

Mots clés : durabilité, agriculture familiale, trajectoire d'évolution, évaluation de la durabilité, perceptions, Maroc

Abstract

Agriculture based on the massive use of non-renewable resources and the intensification of production systems show its limits, which question this development path. Yet this agricultural model has been developed in the Saïs plain, particularly in family farms. This development has resulted in the development of income-generating sectors that are intensively managed, with few technical supports. This dynamic has led to a groundwater overexploitation and pollution, and price fluctuations of agricultural products. The sustainability of family farms is questioned, especially since Moroccan agricultural policy encourages an intensive development path. This issue has been studied based on three sub-questions, each addressing the sustainability of family farms from a different perspective. These sub-questions were investigated thanks to a sample of 40 farms, chosen for their diversity of production systems. We used different tools for the data analysis.

The first sub-question dealt with the sustainability of farms related to their evolving dynamics over the past 60 years. Seven pathways were identified based on several internal and external drivers. These pathways have resulted currently in three main farm types, differing in their production activities. T1 includes farms close to the original traditional system, based on land without a groundwater access; T2 gather farms cultivating a diversity of irrigated productions; T3 gather specialized farms.

The second sub-question aims to evaluate the sustainability of family farms and to formalize its determinants, by mobilizing a research viewpoint. This analysis was based on a sustainability assessment tool (IDEA), adapted to the context of Saïs. Environmental sustainability depends on the diversification of activities and farm autonomy degree; socio-territorial sustainability is linked to the degree of farmer involvement in the territorial dynamics; and economic sustainability depends on the production system and the farm' structural factors. However, general trend shows an antagonism between environmental and economic sustainability.

The third sub-question explores farmers' perceptions of sustainability and how these perceptions influence their management strategies. A first group of farmers perceives sustainability through the combination of profitability and farm natural resources preservation. They implement a strategy of income security and low intensive practices. A second group links sustainability to profitability and adaptation to farms external changes. They implement a strategy of farm flexibility to seize opportunities. Finally, a third group perceives sustainability through modernist agricultural model. They implement an entrepreneurial strategy, based on maximization of income.

This study shows both divergence and convergence viewpoints of sustainability concept and its implementation in agriculture, between researchers and farmers, for instance on production practices or access to natural resources. To fill this gap between the various stakeholder's perceptions, environmental regulation, extension and accompanying measures must be considered collectively by farmers, authorities and researchers.

Key-words: sustainability, family farming, evolution pathways, sustainability assessment, perceptions, Morocco

لمخص

إنّ النموذج للزراعي القائم على الاستخدام المفرط للموارد لا يغير الاتجاه، وتلحقه نظم الإنتاج قد أظهرت تأثيرات سلبية. هذا النموذج للزراعي يمكن أن يؤثر على أهداف التنمية المستدامة. رغم ذلك، اعتماد هذا النموذج على سبل سري، وقد شملها ضوابط يمارسها المزارعون. مثل تطورات جوهريّة ظهور قطاع اتصالاتية وبخسة وتكثُر الملبس على الريّ وتفقير إلى المدخلات الكيماوية والانتشار السريع. أدت هذه التغيرات إلى سبل غلال المفرط للموارد الطبيعية وتوثيق المياه الجوفية بصفة خاصة. لهذا، من الضروري تطوير طرق حثيئة حول مدى استدامة الممارسات الزراعية. هذا التطور يفتح أبواباً جديدة من أجل النموذج الكميّ، بما يتناسب مع هذا التمسك بالقيم التقليدية التي لا تتغير مع تغير أولئك من أجل مقارنتها بالممارسات الزراعية الحديثة من زاوية خنثية. لقد تمّت دراسة عن قنصل 40 من عائلات المزارعين، لتغيير التبن وعناظمه والمهاتج بناءً على سبل لتجول في خنثية.

تطرق أولئك المزارعين إلى تغيير الممارسات الزراعية الحديثة من خلال تطويرها الهيدرونيك على مدار السنين السبعة الماضية. تمّت بحسب سبعة من الممارسات الطبيعية، ونيت على عدة محركات دلخية وخارجية للضوابط الزراعية الحديثة. هذه الممارسات تضمنت إلى ثلاثة أنواع من الممارسات الكميّة، ذات أربط قنصلية خنثية. يتضمن النوع الأول ضوابط شبيهة بظنظام التوليد، وتفقير إلى المياه الري. النوع الثاني يفسر مضمون اتصالاتية بتقريب المياه الري، وتحتوي على تنوع في المهاتج. والنوع الثالث يفسر مضمون اتصالاتية ذات خصائص خنثية.

السؤال المبرر على المزارعين هو: كيف يمكن تغيير الممارسات الزراعية الحديثة ليراز محذرتها، لتتنادى في البحوث. ويعتمد هذا التغيير على طوق قنصيم (التدامة) (إ.د.ي.أ: IDEA) التي تبسطت لتلائم مع سبل سري. لهذا، يجب أن يكون التغيير في الممارسات الزراعية الحديثة في إطار الاتفاقيات الكميّة. أملاً بحدوث التغيير، فإنّ التغيير في الممارسات الزراعية الحديثة، فإنّ التغيير في الممارسات الزراعية الحديثة.

يهدف السؤال المبرر على المزارعين لتبسيط الممارسات الزراعية الحديثة، فمفهوم التدامة الكميّة، فمن عكسها على الممارسات الزراعية الحديثة، فإنّ التغيير في الممارسات الزراعية الحديثة، فإنّ التغيير في الممارسات الزراعية الحديثة. هذه المجموعة لها سبل قنصيم قنصيم، أيّ أن يدخل عبر الملبس زرعية غير كميّة، لتبسط الممارسات الزراعية الحديثة. هذه المجموعة من الممارسات الزراعية الحديثة، فإنّ التغيير في الممارسات الزراعية الحديثة، فإنّ التغيير في الممارسات الزراعية الحديثة. هذه المجموعة من الممارسات الزراعية الحديثة، فإنّ التغيير في الممارسات الزراعية الحديثة، فإنّ التغيير في الممارسات الزراعية الحديثة.

تبرز هذه الدراسة على الختلافات في الممارسات الزراعية الحديثة، فمن الملبس الكميّة في الممارسات الزراعية الحديثة، فإنّ التغيير في الممارسات الزراعية الحديثة، فإنّ التغيير في الممارسات الزراعية الحديثة. هذه المجموعة من الممارسات الزراعية الحديثة، فإنّ التغيير في الممارسات الزراعية الحديثة، فإنّ التغيير في الممارسات الزراعية الحديثة. هذه المجموعة من الممارسات الزراعية الحديثة، فإنّ التغيير في الممارسات الزراعية الحديثة، فإنّ التغيير في الممارسات الزراعية الحديثة.

للتممات الأخرى: الانتدامة، المزارع الكميّة، الممارسات لتطوير التبن، الممارسات، المزارع.

Table des matières

Chapitre I : Introduction générale	13
1. Durabilité et enjeux des exploitations agricoles	13
1.1. Emergence et définitions du concept de durabilité	13
1.2. Paradigme de l'agriculture durable	14
1.3. Enjeux de l'agriculture par rapport à l'objectif de développement durable	15
2. Implications méthodologiques pour les recherches sur la contribution de l'agriculture au développement durable	17
2.1. Evaluer la durabilité agricole	17
2.2. Analyser les processus en lien avec la durabilité agricole	19
3. Le contexte de l'étude	20
De l'Indépendance du Maroc à 1980 : Interventions de l'Etat et expériences coopératives.....	23
1980-1990 : Sécheresse, accès à l'eau souterraine et diversification des cultures	24
1990-2014 : Dynamiques d'intensification agricole.....	25
4. Problématique	30
Chapitre II. Environnement partagé et trajectoires diversifiées: les dynamiques des exploitations agricoles familiales de la plaine du Saïs (Maroc)	35
1. Introduction.....	37
2. Material and methods	38
2.1. General context	38
2.2. Farm sampling.....	39
2.3. Data collection	40
2.4. Data analysis	41
3. Results	42
3.1. An evolving context during the past 45 years.....	42
3.2. A combination of factors resulting in three main farm types.....	44
3.3. Diverse farm change dynamics	50
4. Discussion	53
4.1. Access to markets and services.....	54
4.2. Access to production factors	55

4.3. Farm typology: a tool to support adapted public policies?	56
5. Conclusion	57
Chapitre III. Les facteurs déterminants de la durabilité des exploitations agricoles dans un contexte d'intensification agricole croissante	59
1. Introduction.....	61
2. Material and methods.....	62
2.1. The Saïs plain context.....	62
2.2. Farm sampling.....	63
2.3. The assessment methodology.....	64
2.4. Data analysis	65
3. Results.....	66
3.1. Agroecological sustainability is determined by the degree of farm autonomy and diversification.....	66
3.2. Economic sustainability is partially determined by production choices	71
3.3. Socio-territorial sustainability is determined by the farm's openness to the socio-economic environment.....	74
3.4. The different forms of sustainability according to the production systems present on the Saïs Plain	75
4. Discussion	77
4.1. Effects of the sustainability assessment procedure on the nature of the results	77
4.2. The determinants of the farms' sustainability.....	79
4.3. Consideration of sustainability in agricultural policies	80
5. Conclusions.....	81
Chapitre IV. Perceptions de la durabilité de l'agriculture par les producteurs familiaux en situation de raréfaction des ressources : le cas de la plaine du Saïs (Maroc).....	83
1. Introduction.....	85
2. Matériels et méthodes.....	86
2.1. Cadre conceptuel.....	86
2.2. Contexte de l'étude	87
2.3. Echantillonnage et collecte de données	89
2.4. Analyse de données	90

3.	Résultats	91
3.1.	Perceptions du concept de durabilité par les agriculteurs	91
3.2.	Trois types de stratégies de gestion	96
3.3.	Influence des perceptions de la durabilité sur les stratégies de gestion des agriculteurs 101	
4.	Discussion	103
4.1.	Focus sur la durabilité économique et absence de gestion collective des ressources communes.....	103
4.2.	Durabilité environnementale et changement de pratiques	106
5.	Conclusion	107
	Chapitre V. Discussion générale	108
1.	La durabilité vue par les agriculteurs et les chercheurs	108
1.1.	Appropriation et mise en œuvre du concept de durabilité.....	108
1.2.	Les déterminants de la durabilité	111
1.3.	Vers une convergence des points de vue sur la durabilité.....	116
2.	Retours sur les méthodes et limites de l'étude.....	118
2.1.	Une méthodologie basée sur des études de cas.....	118
2.2.	Evaluer la durabilité.....	119
3.	Quels futurs pour les exploitations du Saïs?	120
3.1.	Quelles stratégies futures des agriculteurs ?	121
3.2.	L'accompagnement des agriculteurs vers une perception étendue de la durabilité.....	123
3.3.	Des mesures institutionnelles pour une meilleure durabilité des exploitations agricoles 125	
	Conclusion générale.....	132
	Références	134

Annexes

Annexes	156
Annexe 1. Le Plan Maroc Vert (PMV).....	156
Annexe 2. Transfert d'eau à la plaine du Saïs.....	159
Annexe 3. S'adapter pour durer: diversité des choix stratégiques des agriculteurs familiaux de la plaine du Saïs.....	160
Annexe 4. Assessing family farm sustainability using the IDEA method in the Saïs plain (Morocco).....	163
Annexe 5. Shared environment, diversity of pathways: dynamics of family farming in the Saïs Plain (Morocco).....	178
Annexe 6. Guide d'entretien de la première phase de terrain	193
Annexe 7. Guide d'entretien IDEA.....	199
Annexe 8. The determining factors of farm sustainability in a context of growing agricultural intensification (Appendix).....	206
Annexe 9. Guide d'entretien des stratégies des agriculteurs pour durer	213

Chapitre I : Introduction générale

Dans ce chapitre, nous présentons successivement (i) le concept de durabilité agricole, (ii) ses implications en termes d'évaluation des systèmes de production, (iii) le contexte d'étude de la plaine du Saïs et (iv) la problématique de recherche.

1. Durabilité et enjeux des exploitations agricoles

1.1. *Emergence et définitions du concept de durabilité*

Le concept de « développement durable » (sustainable development) a été mis en avant dans le rapport de la commission Brundtland (WCED, 1987), suite à une prise de conscience des décideurs mondiaux sur la dégradation et la raréfaction des ressources naturelles, et l'accroissement des inégalités sociales (Singh et al., 2009). Cette commission propose une définition faisant référence : « *le développement durable doit satisfaire les besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire les leurs.* » (WCED, 1987). Cette définition standard a été différemment interprétée (Ness et al., 2007). Certains auteurs caractérisent le développement durable par ces dimensions économique, sociale et environnementale (Gómez-Limón et Sanchez-Fernandez, 2010). La durabilité est assurée (i) par la protection et la gestion efficace des ressources naturelles pour la dimension environnementale, (ii) par une viabilité liée à un revenu stable et suffisant assurant le bien-être des populations pour la dimension économique et (iii) par la participation active de la communauté et une équité sociale pour la dimension sociale (Goodland, 1995). D'autres auteurs mettent l'accent sur les dynamiques sociales telle l'amélioration à long terme des conditions de vie des populations (Norton, 1992), ou le caractère intergénérationnel *via* la transmission d'un capital productif suffisant pour les générations futures (Pearce et Atkinson, 1993). Les caractéristiques interdisciplinaires de la durabilité ont également été soulignées (Kajikawa, 2008).

Ces diverses interprétations du concept de développement durable se basent sur différentes valeurs, priorités et objectifs des sociétés impliquées ainsi que sur les choix et les orientations de leurs décideurs (Landais, 1998b). Dès lors qu'elle est soumise à des jugements de valeur (Bell et Morse, 2008), la durabilité apparaît comme un concept faisant débat, à la fois

polysémique et complexe (Gafsi et al., 2006; de Olde et al., 2016a) au point d'être considérée comme le concept contemporain le plus flou et le plus contesté (Bosshard, 2000). Viser un développement durable suppose des transformations institutionnelles, mais aussi individuelles dans la compréhension des processus et l'évolution des pratiques (Gómez-Limón et Sanchez-Fernandez, 2010).

1.2. *Paradigme de l'agriculture durable*

L'application au secteur agricole du concept de développement durable ne génère pas plus de consensus, que ce soit sur la définition de la durabilité agricole ou de l'agriculture durable, ou sur son opérationnalisation (Zahm et al., 2015). La communauté scientifique a produit une multitude de définitions (Lyson, 2002), dont certaines relèvent de l'adaptation de la définition de la commission Brundtland. L'agriculture durable serait basée sur des processus de production économiquement viables, écologiquement acceptables et socialement équitables et inclusifs (Vilain, 2008 ; Hendrickson et al., 2008 ; Sajjad et al., 2014). Certaines définitions insistent sur la dimension environnementale à travers l'amélioration ou le maintien des niveaux de production en valorisant les ressources naturelles (Payraudeau et van der Werf, 2005; Subedi, 2006). D'autres mettent l'accent sur la dimension sociale avec l'utilisation équitable des ressources, le maintien de la stabilité des communautés rurales ou la garantie d'une bonne qualité de vie (Lincoln et Ardoin, 2016). Si l'hétérogénéité des modèles agricoles ancrés dans des territoires avec leurs propres cultures et environnements socio-économiques rend difficile l'existence d'une définition unique applicable à grande échelle (Harwood, 1990), la plupart des définitions se retrouvent autour de la prise en compte des trois dimensions clés (environnementale, économique et sociale) (Lincoln et Ardoin, 2016).

L'opérationnalisation de l'agriculture durable renvoie au choix d'un ensemble de pratiques et de technologies plus respectueuses de l'environnement tout en maintenant la viabilité économique des exploitations agricoles *via* une meilleure efficacité de production (Flora, 1992 ; Hurni, 2000 ; Rasul et Thapa, 2004 ; van der Werf et Petit, 2002) : réduction de l'usage des intrants chimiques susceptibles de nuire à l'environnement ou à la santé des agriculteurs et des consommateurs (lutte phytosanitaire intégrée), intégration plus efficace des processus naturels dans la production (fixation de l'azote, gestion des auxiliaires), accroissement de la diversité des productions par l'intégration entre élevages et cultures, et conservation des sols et des eaux des agroécosystèmes. Toutefois, pour être adoptées, ces pratiques impliquent que

l'agriculteur y trouve un intérêt économique à moyen et long terme et qu'elles soient acceptables socialement (Pugliese, 2001).

Les niveaux d'organisation à considérer dans une approche d'agriculture durable font débat et leur diversité présente une limite de plus à son opérationnalisation (Gafsi et al., 2006). Deux courants de pensée émergent : un premier sous-entend que l'agriculture durable est basée sur un développement aut centrée sur l'exploitation agricole, sans tenir compte de l'environnement naturel, économique et social proche ou lointain (objectif d'autonomisation) ; Le second la présente comme une agriculture contributrice à la durabilité des systèmes plus englobant (système agraire, territoire, région) et prenant en compte les intérêts des autres parties prenantes (Gafsi et al., 2006 ; Terrier et al. 2013 ; Zahm et al., 2015). Ce distinguo amène à considérer deux formes de durabilité de l'agriculture : la durabilité interne qui dépend des choix des agriculteurs, et la durabilité externe qui correspond au développement durable des territoires ruraux où l'agriculture joue un rôle central (Godard et Hubert, 2002).

L'objectif de durabilité des systèmes agricoles amène à considérer les processus biophysiques dans leur contexte socio-économique et de prendre en compte l'ensemble des échelles (Blackstock et al., 2007). Le tout dans une perspective dynamique où compte la capacité des exploitations à se maintenir dans le temps et à s'adapter face au stress ou aux chocs liés aux contextes écologique, social, économique et politique (Hendrickson et al., 2008). L'agriculture durable présente donc une résilience élevée par sa capacité à s'adapter et à se transformer face aux perturbations rencontrées (Berkes et al. 2003 ; Walker et al., 2004 ; Darnhofer, 2014).

1.3. *Enjeux de l'agriculture par rapport à l'objectif de développement durable*

Jusque dans les années 1970, l'accent était mis sur l'intensification des systèmes de production et l'augmentation de la productivité agricole afin d'accroître la sécurité alimentaire (Brady, 1990; Kirchmann et Thorvaldsson, 2000). Les politiques interventionnistes ont poussé à l'introduction à grande échelle des engrais minéraux, des pesticides, de la mécanisation, de l'irrigation et d'autres technologies composant les bases de la « révolution verte » (Tilman et al., 2002). A titre d'exemple, l'utilisation mondiale d'engrais azotés a été multipliée par sept entre 1960 et 1995 (ibid.). L'irrigation a conduit à l'intensification des systèmes de culture et

à l'augmentation des rendements, contribuant à la réduction de la pauvreté et à l'amélioration de la situation sociale des agriculteurs, en particulier en Asie du Sud (Shah, 2009). Dans les années 90, 40% de la production alimentaire mondiale provenait des 16% des terres agricoles irriguées (Gleick, 1993). L'ouverture des marchés et la mondialisation des échanges ont conduit à plus de concurrence entre agriculteurs les amenant à accroître encore leur productivité (Tilman et al., 2002). Ainsi, le modèle de développement agricole issu de la révolution verte privilégiant croissance des rendements et performances techniques, qualifié de « productiviste », a conduit à une forte spécialisation et un accroissement de la taille des structures de production agricoles (Zahm et al., 2015). La monoculture du soja ou du maïs et l'élevage industriel sont les exemples les plus extrêmes du modèle de l'agriculture productiviste (Rundgren, 2016).

Ce modèle « productiviste » a montré d'importants impacts négatifs sur l'environnement, les ressources naturelles, la santé humaine et l'équité sociale (Hendrickson et al., 2008; Sumberg et al., 2013 ; Rossi et Garner, 2014; Duru et Therond, 2015) : perte de biodiversité avec le déclin de la faune et la flore sauvage (Van Dyck et al., 2009; Filippi-Codaccioni et al., 2010 ; Storkey et al., 2012), pollution des nappes et dégradation des sols suite à l'utilisation excessive d'engrais et surexploitation des nappes avec le développement de l'irrigation dans certaines régions du monde (Hoogesteger et Wester, 2015). Les impacts sociaux de ce modèle sont également importants, avec la réduction du nombre d'agriculteurs et d'emplois salariés suite à l'équipement de plus en plus poussé et à l'agrandissement continue des exploitations agricoles les mieux dotées en capital. En Europe, le nombre d'exploitations a diminué de 70 % entre 1960 et 2008 (Bos et al., 2013).

Les impacts négatifs de l'agriculture moderne ont suscité une prise de conscience dans la communauté internationale, qu'ils s'agissent des décideurs, des chercheurs et des associations de défense de la nature. Ils ont amené diverses organisations locales et internationales à définir des mesures pour atteindre l'objectif de durabilité de l'agriculture et plus globalement celui du développement durable des territoires (UNCED, 1992 ; OECD, 1999 ; WSSD, 2002). La question de la transition agro-écologique visant à faire évoluer l'agriculture productiviste vers une agriculture durable est aujourd'hui de plus en plus présente dans les débats politiques et sociétaux (Lemaire et al., 2014). Cette transition vers l'agroécologie doit notamment intégrer les défis auxquels l'agriculture fera face dans les prochaines décennies tels que l'augmentation de la population mondiale qui devrait atteindre 9 milliards en 2050 (Bos et al.,

2013), particulièrement en Afrique et en Asie où l'agriculture devra jouer un rôle vital dans la sécurité alimentaire et la lutte contre la pauvreté (Lee, 2005; Bhutto et Bazmi, 2007, Wright et al., 2012). Par ailleurs le secteur agricole devra s'adapter à des incertitudes croissantes de nature économique (ouverture des marchés, volatilité des prix des intrants et des produits), environnementale (changement climatique, indisponibilité des ressources, accroissements des règlements environnementaux) et sociale (inégalité sociale, tensions ou conflits entre producteurs pour l'accès à la terre et à l'eau, revendications sociales des travailleurs) (Evans, 2009; Darnhofer et al., 2010a; Rueff et al., 2012 ; Wright et al., 2012 ; Bathfield et al., 2015).

Dans ces évolutions, de nombreux auteurs reconnaissent aux exploitations familiales un rôle important pour nourrir la population mondiale, contribuer à la paix sociale et plus globalement au développement durable de la planète (Sourisseau, 2015). De fait, l'agriculture familiale assure des emplois et des revenus à un grand nombre de ruraux (van der Ploeg, 2013). Elle peut être considérée comme plus à même de régler les conflits d'accès aux ressources naturelles face aux phénomènes d'accaparement foncier et de réduction des disponibilités en eau d'irrigation (van Vliet et al., 2015). Par ailleurs, les agriculteurs familiaux présentent une capacité d'adaptation face aux événements inattendus tels que les guerres, les transitions et réformes politiques, les changements économiques, technologiques et sociétaux. Une majorité des exploitations familiales actuelles ont été transmises de génération en génération pendant plusieurs siècles (Darnhofer, 2010). Bien que considérées comme plus résilientes que les exploitations agricoles capitalistes, les exploitations familiales doivent être aidées et accompagnées pour se moderniser afin qu'elles puissent jouer pleinement leur rôle (Graeb et al., 2016).

2. Implications méthodologiques pour les recherches sur la contribution de l'agriculture au développement durable

2.1. *Evaluer la durabilité agricole*

Depuis l'émergence du concept du développement durable, et suite aux inquiétudes grandissantes sur les effets négatifs de l'agriculture « productiviste », plusieurs organisations internationales ont appelé à la création d'outils et méthodes pour mesurer et évaluer la durabilité des systèmes de production (UNCED, 1992 ; Thivierge et al., 2014; Von Wirén-

Lehr, 2001). Ainsi des outils et des méthodes d'évaluation de la durabilité ont été mis au point et expérimentés par des organisations non gouvernementales, la recherche ou des organisations internationales (Hardi et al., 1997). Ces évaluations permettent d'orienter les choix des décideurs afin de définir les actions à entreprendre pour atteindre l'objectif de développement durable ou obtenir un gain par rapport au niveau de durabilité actuel (Bond et al., 2012 ; Bond et al. 2013; Schindler et al., 2015). Ainsi, les effets d'une politique publique, d'un projet ou d'une pratique peuvent être évalués au regard des évolutions de la durabilité des systèmes de production qui en découlent (Pope et al., 2004; Bockstaller et al., 2015).

L'évaluation de la durabilité de l'agriculture concerne différentes échelles, dont les exploitations agricoles et leurs pratiques, en lien avec les débats relatifs aux voies de leur développement futur (Pacini et al., 2003; Van Cauwenbergh et al., 2007; Gibbon, 2012 ; Thivierge et al., 2014). L'objectif est donc d'évaluer la durabilité des systèmes de production actuels afin d'aider (i) les agriculteurs à identifier les forces et les faiblesses de leur exploitation et à éclairer leurs prises de décisions futures (Rodrigues et al., 2010) ; (ii) les conseillers agricoles à identifier les compétences et les outils nécessaires afin de mettre en œuvre de nouveaux systèmes de production et de conseil (Zahm et al., 2008); (iii) les chercheurs, à concevoir des innovations pouvant améliorer la durabilité de l'agriculture *via* des scénarios de changement adaptés aux contextes locaux (Dogliotti et al., 2014) ; enfin (iv) les décideurs politiques à soutenir et encourager les systèmes de production respectueux de l'environnement par des incitations, subventions et aides financières appropriées (van Calker et al., 2008).

Diverses méthodes d'évaluation de la durabilité des exploitations agricoles ont été conçues, selon des approches réductionnistes (simplification de la représentation des processus complexes) ou holistiques (considération des systèmes dans leur ensemble) (Bond et Morrison-Saunders, 2011 ; Bond et al., 2012 ; Schindler et al., 2015). Elles utilisent une variété d'outils tels que les indicateurs, l'analyse multicritère, la modélisation linéaire ou l'analyse de cycle de vie (Ness et al., 2007). Citons pour le niveau « exploitation agricole » AGRO*ECO (Bockstaller et al., 1997; Girardin et al. 2000), MOTIFS (Meul et al., 2008), IDEA (Zahm et al., 2008) ou EVAD (Rey-Valette et al., 2008). La plupart de ces méthodes privilégie une approche statique basée sur des indicateurs biophysiques et socioéconomiques au détriment d'une approche dynamique de la durabilité prenant en compte les stratégies et processus de décision de l'agriculteur dans le temps (Darnhofer et al., 2010b ; Duru et

Therond, 2015). Ces méthodes ont été largement utilisées dans les pays développés (Europe, Amérique du Nord, Australie) (Sadok et al., 2008), beaucoup moins pour les agricultures des pays d'Europe de l'Est, d'Asie, d'Afrique et d'Amérique du Sud (Wustenberghs et al., 2016).

Cette multiplicité de méthodes constitue une limite à l'évaluation de la durabilité car elles produisent des résultats hétérogènes liés à la diversité des définitions de la durabilité et des objectifs poursuivis (van der Werf et al., 2007 ; Bond et al., 2012). En effet, ces méthodes sont construites selon les cas sur des définitions théoriques, empiriques ou législatives de la durabilité ou à partir des points de vue des parties prenantes spécifiques à chaque contexte (Binder et al., 2010). Cette absence de consensus autour du choix et de l'utilisation de ces méthodes est cependant considérée comme une force pour certains, car elle fournit une flexibilité et une capacité d'adaptation de l'évaluation aux contextes étudiés (Pope et al., 2013 ; de Olde et al., 2016a).

2.2. *Analyser les processus en lien avec la durabilité agricole*

Les analyses de la durabilité des exploitations agricoles s'intéressent à l'agriculteur -ses perceptions et représentations-, en lien avec son système de production, dans une approche systémique intégrée et holistique (Meul et al., 2008; Darnhofer et al., 2010b; Paracchini et al., 2015; Bockstaller et al., 2015). De ce fait des actions réalisées sur une partie du système de production affectent souvent d'autres parties ainsi que l'organisation de l'exploitation agricole dans son ensemble et influencent sa durabilité (Norman, 2002). De plus, l'exploitation agricole est considérée comme faisant partie d'un ensemble de systèmes (agraires, territoriaux, de commercialisation) couvrant plusieurs échelles spatiales et se rapportant à des processus agro-écologiques, économiques et socio-politiques (Blackstock et al., 2007). Ainsi, pour un agriculteur, la durabilité est influencée non seulement par les limites et les potentialités de son exploitation mais aussi par les différents facteurs du contexte économique, social et écologique (Darnhofer et al., 2010b).

L'hétérogénéité des comportements des agriculteurs face aux objectifs de développement durable (en particulier dans le choix des pratiques) a suscité une prise de conscience des chercheurs sur l'importance du cadre socio-économique et culturel dans lequel évolue les agriculteurs (Schoon et Te Grotenhuis, 2000; Shucksmith et Herrmann, 2002, Ahnström et al., 2008). La compréhension des comportements et stratégies des agriculteurs face à la durabilité

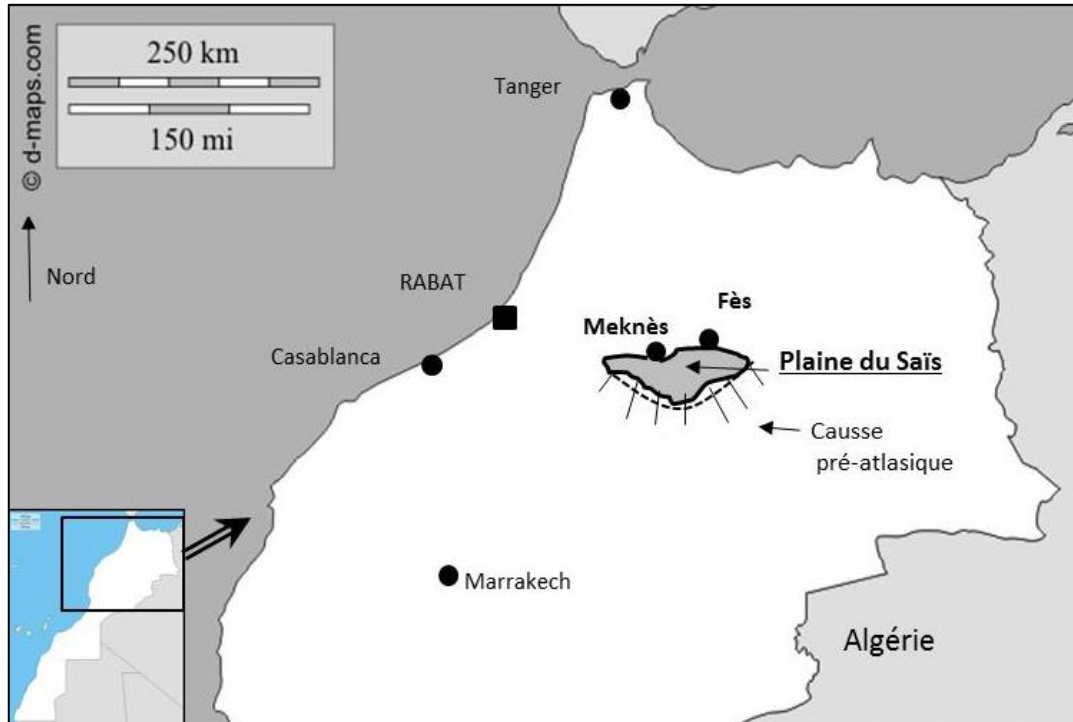
amène à étudier leurs préférences et perceptions en lien avec leurs activités agricoles (Fairweather et Hunt, 2011; Lincoln et Ardoin, 2016). L'exploitation doit être comprise comme une unité composée de l'agriculteur avec ses compétences, ses objectifs, ses valeurs (Gafsi et Brossier, 1997) et de différents autres sous-systèmes tels que les systèmes de culture ou d'élevage, de transformation ou de commercialisation (Fairweather et Campbell, 2003).

L'introduction de la perspective temporelle apporte une dimension supplémentaire à l'analyse de la durabilité en attirant l'attention sur les phénomènes intergénérationnels, et sur les compromis entre gains à court terme et préoccupations à long terme (Kajikawa, 2008). La manière dont l'exploitation co-évolue avec son environnement (filiale, territoire, région, pays) par l'adaptation et le changement conditionne sa durabilité (Holling, 2001 ; Rammel et Van den Bergh, 2003 ; Smit et Wandel, 2006). Les théories évolutionniste « Evolutionary theory » (Darnhofer et al., 2010a), de la résilience (Walker et al., 2004) ou du comportement adaptatif (Petit, 1981 ; Chia et al., 2015) visent à explorer ces dynamiques et interactions entre l'exploitation et les niveaux englobants. A partir de cette réflexion, différents chercheurs, se sont penchés sur (i) l'étude des stratégies des agriculteurs pour atteindre leurs objectifs de durabilité (Darnhofer, 2010; Ryschawy et al., 2012; Lemaire et al., 2014; Bathfield et al., 2015; Iglesias et Garrote, 2015), et (ii) sur l'étude des trajectoires d'évolution des exploitations (Bouaziz et Soufi, 1989 ; Choisis et al., 2012; Ryschawy et al., 2013), afin de comprendre les processus par lesquels les agriculteurs se sont adaptés lors des crises passées. Cette compréhension fournit des éléments sur la manière dont les agriculteurs se préparent à vivre les prochaines évolutions du contexte afin de « mieux durer » (Cialdella et al., 2009).

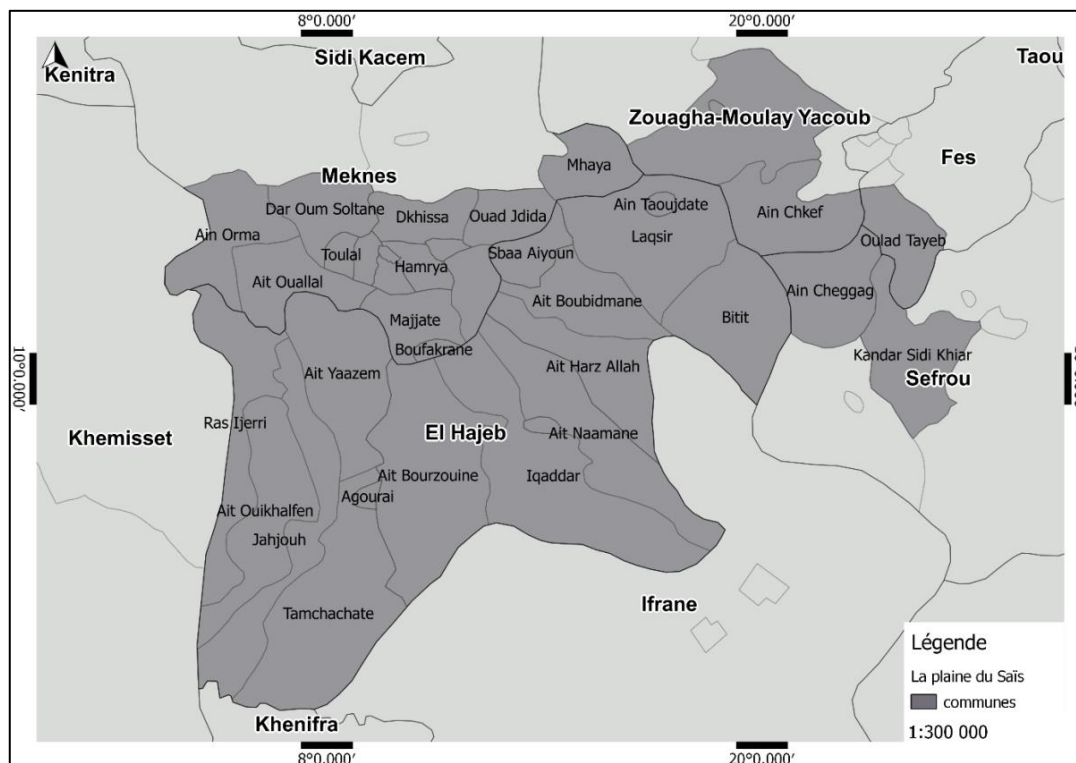
3. Le contexte de l'étude

L'étude a été conduite dans la plaine du Saïs située au centre nord du Maroc (Cartes 1 et 2). Cette plaine couvre 220 000 ha et se caractérise par un potentiel agricole élevé en raison de la présence de sols fertiles et des aquifères souterrains à moyenne profondeur encore abondants (Berriane, 2002). Trois types de sols sont caractéristiques de la zone : les vertisols, les sols calcimagnésiques et les sols fersiallitiques (Touhtouh et al., 2014) qui sont réputés fertiles du fait de leur texture à dominante argileuse et de leur profondeur. Le système aquifère est constitué par une nappe superficielle et une nappe profonde (Faysse et al., 2012), dont l'exploitation permet de sécuriser l'irrigation des cultures face à un climat semi-aride de type

méditerranéen, avec des précipitations annuelles moyennes d'environ 500 mm (Figure 1) et une variabilité interannuelle élevée (de 207-677 mm/an pour la période 1980-2010) (monographie DPA Meknès).



Carte 1. Positionnement de la plaine du Saïs dans le centre nord du Maroc



Carte 2. Les différentes communes de la plaine du Saïs (élaboration personnelle)

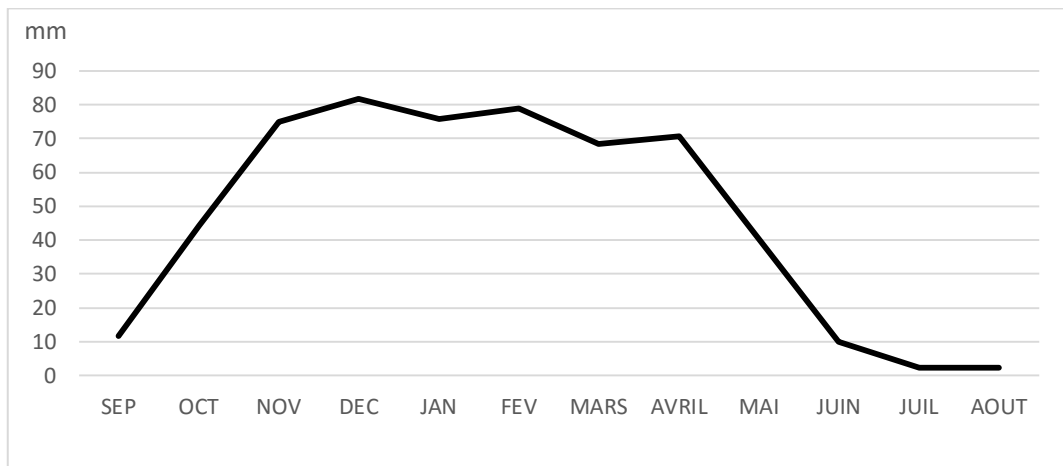


Figure 1. Pluviométrie moyenne mensuelle de 1980 à 2010, dans la région de Meknès (source : monographie DPA Meknès)

La plaine du Saïs présente une diversité de systèmes de production et de niveaux de revenus entre agriculteurs la rendant intéressante pour étudier la durabilité des exploitations agricoles. Cette diversité est le fruit d'une relative hétérogénéité des structures de production au moment de l'Indépendance (1956), combinée à une évolution graduelle de l'environnement des agriculteurs depuis 60 ans (Figure 2). Trois grandes périodes de changement peuvent être distinguées.

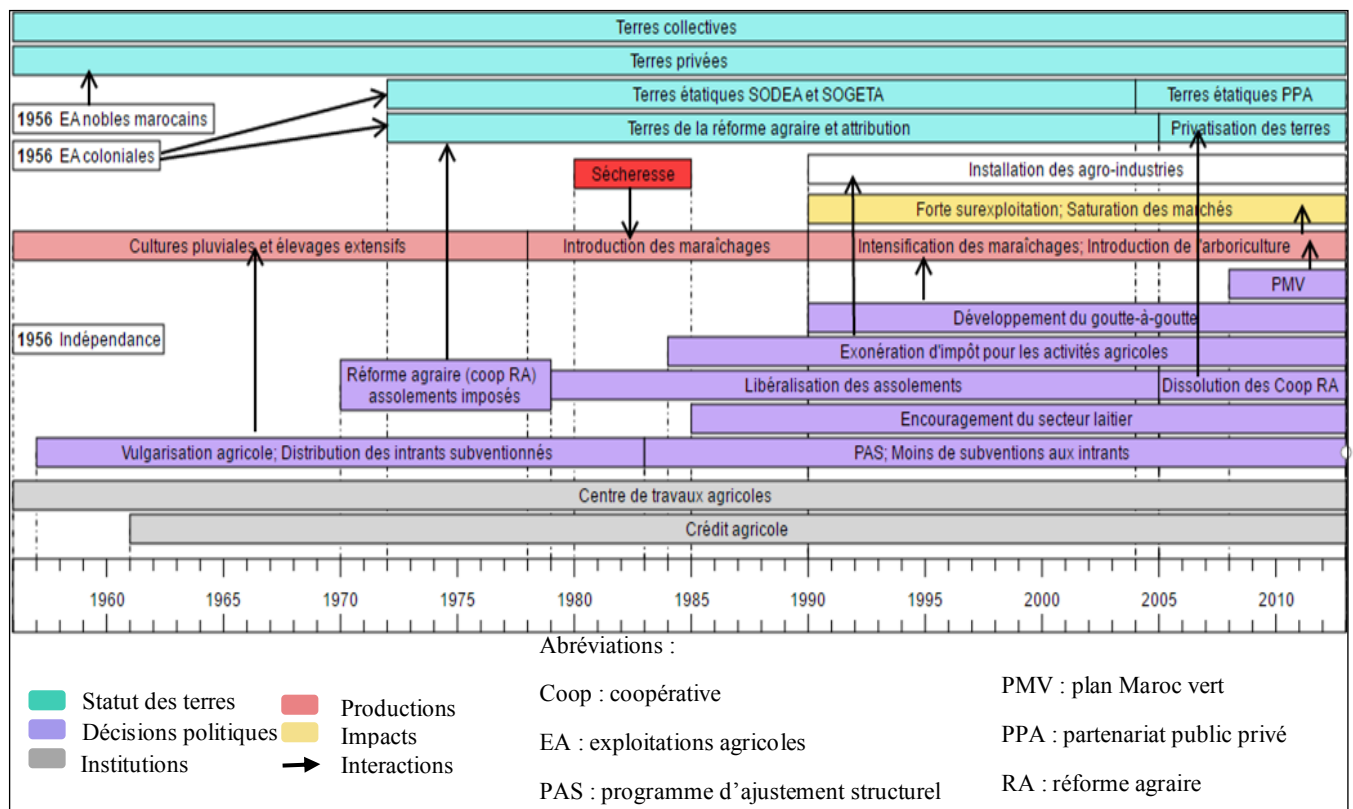


Figure 2. Principales évolutions observées dans la plaine du Sais de 1956 à 2013 (élaboration personnelle)

De l'Indépendance du Maroc à 1980 : Interventions de l'Etat et expériences coopératives

Après l'Indépendance en 1956, l'Etat marocain a récupéré les terres exploitées par les colons dans le cadre du mouvement de « marocanisation » (Bouderbala et al., 1974). Environ une moitié de ces terres est passée sous gestion étatique, sous la forme de deux sociétés de production : l'une pour les terres plantées d'arbres fruitiers (Sodea) et l'autre pour les terres réservées aux cultures annuelles (Sogeta) (Bouderbala, 1999). L'autre moitié des terres nationalisées a fait l'objet d'une réforme agraire et a été attribuée à des petits agriculteurs, des ouvriers agricoles ou des anciens combattants qui souhaitaient bénéficier d'une structure de production viable. L'attribution d'une surface cultivée en pluvial comprise entre 10 et 12 ha en fonction de la fertilité du sol avec un peu d'élevage permettait de faire vivre une famille. Ces attributaires n'avaient qu'un droit d'usufruit de ces terres, droit transmissible à un héritier, souvent la mère ou le fils aîné (Bouderbala et al., 1974). Ils devaient obligatoirement adhérer aux coopératives de la réforme agraire créées en 1972 pour la mise en valeur de ces terres.

L'encadrement des coopératives et des coopérateurs par les services publics était sous la direction de fonctionnaires, directeurs de ces coopératives. L'assolement était imposé (céréales, fourrages et légumineuses), l'Etat visant à satisfaire les besoins du pays en denrées alimentaires de base. Les coopératives offraient des services aux attributaires en fournissant à crédit les intrants et le petit équipement agricole, en organisant des prestations de travaux mécanisés et en se chargeant de la commercialisation de la récolte. Ce mode de fonctionnement ne s'est pas accompagné d'un processus d'autonomisation des coopérateurs et de renforcement de la cohésion sociale, et à plutôt privilégié l'assistanat (Vitry et al., 2015).

A côté de ces surfaces agricoles issues de la colonisation, coexistaient des terres collectives mises en valeur par des tribus et sous la tutelle du ministère de l'intérieur, ainsi que des exploitations privées (*melk*). La surface cultivée par les *melkistes* était très variables, de quelques hectares pour des agriculteurs de condition modeste ayant, accumulé du capital grâce au travail agricole pour acheter ces terres, à plusieurs dizaines ou centaines d'hectares pour les exploitations appartenant à des notables marocains. Certains de ces exploitants privés

ont acheté des terres à bas prix à des colons voulant échapper au mouvement de « marocanisation » (Bouderbala, 1999).

Durant cette période, les systèmes de production dans le Saïs étaient largement pluviaux et extensifs, à base de céréales, légumineuses et fourrages combinés à de l'élevage ovin et bovin pour valoriser les parcours et les résidus de cultures. Les rares grands propriétaires possédant des droits d'eau à partir des sources autrefois monopolisées par les colons, ont mis en place des cultures irriguées sur de petites surfaces (arboriculture fruitière et un peu de maraîchage) (Jouve, 2006). Par ailleurs, cette période a été caractérisée par une forte présence de l'Etat, visant à améliorer le niveau de production des petites exploitations familiales, largement majoritaires. En effet, l'agriculture a été appuyée par une politique de subvention des intrants et de réglementation des prix d'achat de certaines productions comme les céréales et le lait. Les agriculteurs du Saïs bénéficiaient de cette garantie mais leurs excédents commercialisables, après consommation familiale, étaient quantitativement limités du fait des faibles rendements obtenus en culture pluviale. En vue d'améliorer la technicité des agriculteurs, l'Etat a mis en place les centres de travaux agricoles (CTA) chargés de la vulgarisation agricole, de la formation des producteurs et de la distribution des intrants subventionnés. Il a aussi implanté un réseau des caisses locales de crédit agricole pour le financement de l'agriculture (Akesbi, 2006). Ces caisses de crédit étaient surtout destinées aux membres des coopératives de la réforme agraire qui ont ainsi pu acheter les intrants à crédit. Ces coopératives ont montré des dysfonctionnements liés à la mauvaise gestion du matériel agricole en commun et de l'approvisionnement en intrants. Ces limites ont conduit à la libéralisation définitive des assolements pendant les années 80 ; la gestion de l'exploitation devenant individuelle en fonction des objectifs de l'agriculteur et de sa famille.

1980-1990 : Sécheresse, accès à l'eau souterraine et diversification des cultures

Au début des années 80 plusieurs années de sécheresse ont entraîné d'importantes pertes de récolte et une réduction des effectifs des troupeaux (Stour et Agoumi, 2008). Cet événement a déclenché un mouvement d'investissement dans l'accès à l'eau souterraine par le creusage de puits et l'irrigation, surtout chez les agriculteurs familiaux ayant un peu de capital ou accès au crédit agricole, en particulier ceux des coopératives de la réforme agraire (Ameur et al., 2013). La sécurisation de l'accès à l'eau d'irrigation a permis le développement de la culture d'oignon d'été, éventuellement stocké en hiver, et de pomme de terre de début d'été et de fin

d'automne. Ces deux productions se sont d'abord vendues à des prix élevés (Lejars et Courilleau, 2014), rendant beaucoup moins intéressantes les cultures pluviales à faible marge par ha. Ce désintérêt pour ces cultures s'est accentué avec le désengagement de l'Etat pour la fourniture de services motorisés et de subventions aux intrants lié à l'adoption des programmes d'ajustement structurel dans les années 80.

Néanmoins, d'autres mesures étatiques de soutien à l'agriculture familiale ont vu le jour tel l'appui à la production laitière (développement de l'outil industriel, constitution des coopératives de collecte de lait, subvention pour les génisses de races améliorées) en parallèle aux productions animales traditionnelles (Araba et al., 2001). Pour encourager les investissements en agriculture par des acteurs disposant de capitaux (commerçants, avocats, médecins, etc.), les revenus agricoles ont été exonérés d'impôt (Akesbi, 2006). L'agriculture dans la plaine du Saïs a donc attiré à partir des années 90 et surtout dans les années 2000 de nombreux investisseurs en raison de ses ressources en eau et sol, et de sa proximité avec les villes de Fès et Meknès (Kuper et al., 2016).

1990-2014 : Dynamiques d'intensification agricole

Le retour progressif de l'Etat s'est fait dans un premier temps par la fourniture des subventions à l'irrigation localisée pour les agriculteurs disposant de titre foncier au début des années 1990 (Benouniche et al., 2011). Ces incitations ont été appuyées par la mise en place du programme national d'économie de l'eau et d'irrigation (PNEEI) en 2008 (Belghiti, 2009). Ces initiatives ont conduit au développement du goutte-à-goutte d'abord chez les grands propriétaires terriens et les investisseurs ayant accès à l'eau souterraine, aux subventions et au capital, et peu chez les agriculteurs familiaux.

L'apparition du goutte-à-goutte dans les grandes exploitations a favorisé le développement de l'arboriculture (pêchers, pruniers, raisins de table, oliviers), sous l'impulsion des investisseurs du secteur de l'agro-industrie bénéficiant aussi d'exonérations fiscales sur le revenu agricole (grandes fermes de production de fruits pour le marché national et la fabrication de jus, de vin et de pruneaux et plus récemment d'huile d'olive). Le faible accompagnement institutionnel des petits agriculteurs a stimulé une dynamique des réseaux socio-professionnels, et un transfert des innovations comme le goutte à goutte des grandes vers les petites exploitations (Ameur et al., 2013 ; Dugue et al., 2016). Les ouvriers spécialisés des grandes fermes

fruitières et les vendeurs de matériel d'irrigation, sont devenus des conseillers et installateurs du goutte-à-goutte pour les agriculteurs familiaux, qui ont commencé à bénéficier des subventions après 2010 (Benouniche et al., 2016).

Après 2004, les difficultés de gestion des sociétés publiques agricoles (Sodea et Sogeta) ont conduit l'Etat marocain à mettre en place un programme d'agri-partenariat « public-privé » qui a consisté en la mise en location des terres confiées initialement à ces sociétés (Mahdi, 2014). Les contrats « public-privé » consistent en des baux à long terme (40 à 99 ans) accordés par l'Etat à des opérateurs privés qui s'engageaient sur un plan d'investissement (irrigation, plantation avec des variétés améliorées). Des sociétés de production agricole et des agro-industries de transformation ont ainsi été créées par des investisseurs marocains et étrangers en réponse à cette opportunité (Mahdi, 2014). En 2005, la législation sur les terres administrées par la réforme agraire a été modifiée pour permettre aux attributaires des coopératives de devenir propriétaires de leurs terres moyennant le remboursement de leur dette vis-à-vis de l'Etat et du crédit agricole et le paiement des droits d'enregistrement (Valette et al., 2013). Les attributaires ont alors opté pour la plupart pour la propriété privée, et dans la majorité des cas, les coopératives de la réforme agraire ont été dissoutes. La privatisation des terres n'a pas amené, ces nouveaux propriétaires à investir dans leur outil de production, comme cela avait été souhaité par l'Etat. Elle a plutôt dynamisé le marché foncier en faisant le jeu des investisseurs agricoles et les promoteurs immobiliers en périphérie des villes (Souillard et al., 2017). Certains anciens attributaires ont profité de ce marché foncier très rémunérateur pour vendre une partie de leurs terres (1 ou 2 ha) afin d'investir dans l'équipement d'irrigation pour le maraîchage et ensuite dans l'arboriculture (Kuper et al., 2016). Pour d'autres, surtout en périphérie des villes, la totalité du foncier agricole a été vendue à un prix très élevé.

En 2008, l'Etat signe son retour dans le secteur agricole avec le lancement du plan Maroc vert (PMV). Ce plan vise à faire de l'agriculture marocaine un moteur de croissance et de lutte contre la pauvreté en la dotant de moyens favorisant l'investissement quel que soit le type d'agriculteurs (Akesbi, 2012). Le premier pilier du PMV vise à développer une agriculture moderne, compétitive et adaptée aux règles du marché, grâce à des investisseurs privés organisés autour du modèle d'agrégation. Ces investisseurs, notamment des agro-industriels, exploitent des surfaces suffisantes et agrègent autour d'eux des exploitations petites à moyennes organisées en coopératives, de manière à réaliser des économies d'échelle. Ces

projets doivent privilégier des productions à haute valeur ajoutée et haute productivité (agrumes, olives, maraîchage, horticulture, lait et viande bovine), orientées préférentiellement vers les marchés extérieurs. Le second pilier (dit de l'agriculture solidaire) vise à lutter contre la pauvreté, en augmentant significativement le revenu agricole des agriculteurs les plus fragiles, notamment dans les zones défavorisées. Il s'agit d'accompagner socialement des agriculteurs en difficulté économique à travers trois types de projets : la reconversion, la diversification ou l'intensification (Annexe 1).

Par sa structure, le PMV renforce le dualisme entre l'agriculture familiale et l'agriculture agro-industrielle en affectant environ 80% de ses fonds aux agro-industries produisant, transformant, voire conditionnant leurs produits grâce aux subventions du premier pilier pour les équipements d'irrigation, le matériel agricole et les animaux de races améliorées (Mahdi, 2014 ; Faysse, 2015). Ces subventions et de nouvelles lois et règlements visent clairement à faciliter l'accès à la terre et à l'eau aux nouveaux investisseurs afin que ces ressources soient exploitées intensivement (Kuper et al., 2016). Le dispositif d'agrégation permet théoriquement de faire bénéficier les petites exploitations de ces appuis, mais aucun projet d'agrégation n'a vu le jour dans le Saïs à ce jour. Le pilier 2 du PMV incite ces petites exploitations à se regrouper autour de projets collectifs *via* la création ou la réactivation d'associations ou de coopératives de producteurs. Malgré quelques projets en périphérie du Saïs (plantations d'oliviers, unités collectives de trituration d'olives, plantation de pommiers, four à pruneaux) (Faysse et al., 2014a), le bilan reste mitigé, en raison de la réticence des agriculteurs à se regrouper suite à l'échec des coopératives de la réforme agraire (Bouabid, 2012 ; Vitry et al., 2015).

Ces éléments de contexte ont conduit à une extension rapide et massive des superficies irriguées en arboriculture fruitière et oléiculture intensive par les grandes exploitations et en maraîchage irrigué dans les plus petites (Ameur et al., 2017). A titre d'exemple, les superficies de pommes de terre et d'oignons ont augmenté respectivement de 25% et 31% entre 2000 et 2014, et les superficies de prunes et de pêches de 184% et 331% pour la même période (Figure 3). Bien qu'impulsé par les investisseurs extérieurs à la plaine du Saïs, le développement de l'arboriculture irriguée a aussi bénéficié aux exploitations familiales, après 2010 pour celles qui disposaient des ressources nécessaires pour investir dans les vergers. Ces dynamiques, basées sur l'utilisation intensive des ressources en eau d'irrigation, l'investissement en matériel et l'usage d'intrants chimiques, font débat pour leurs impacts

environnementaux (Akesbi, 2012 ; Akesbi, 2014 ; Kuper et al., 2016). Ces auteurs notent concomitamment l'absence d'une politique agro-environnementale et de subventions pour améliorer la gestion des ressources naturelles. Certes, les subventions à l'irrigation localisée permettent de réduire les consommations en eau à l'hectare par rapport à l'irrigation gravitaire, mais elles permettent de réduire fortement le temps de travail d'irrigation ce qui permet une augmentation rapide des surfaces irriguées. Cela nécessite le creusement de nouveaux puits et forages (pompage profond avec une pompe électrique immergée) et au total entraîne une forte augmentation des volumes d'eau d'irrigation consommés (Faysse et al., 2012), conduisant à une surexploitation inquiétante des nappes (Quarouch et al., 2014). La diminution annuelle moyenne du niveau piézométrique de la nappe superficielle est en effet estimée à 3m et le déficit à 100 millions de m³ (Agence de bassin hydraulique du Sebou, 2011). Face à cette surexploitation des nappes, l'agence du bassin hydraulique du Sebou, organisme étatique en charge de la gestion des ressources hydriques, n'autorise plus les exploitations agricoles de plus de 5 ha à forer, mais les agriculteurs continuent de le faire illégalement. Parallèlement, l'Etat prévoit un rééquilibrage de la situation de la nappe du Saïs par le transfert de 125 millions de m³ d'eau par an du barrage Mdez situé dans la haute vallée du Sebou (Annexe 2), dont la construction sera achevée en 2019 (Faysse et al., 2012).

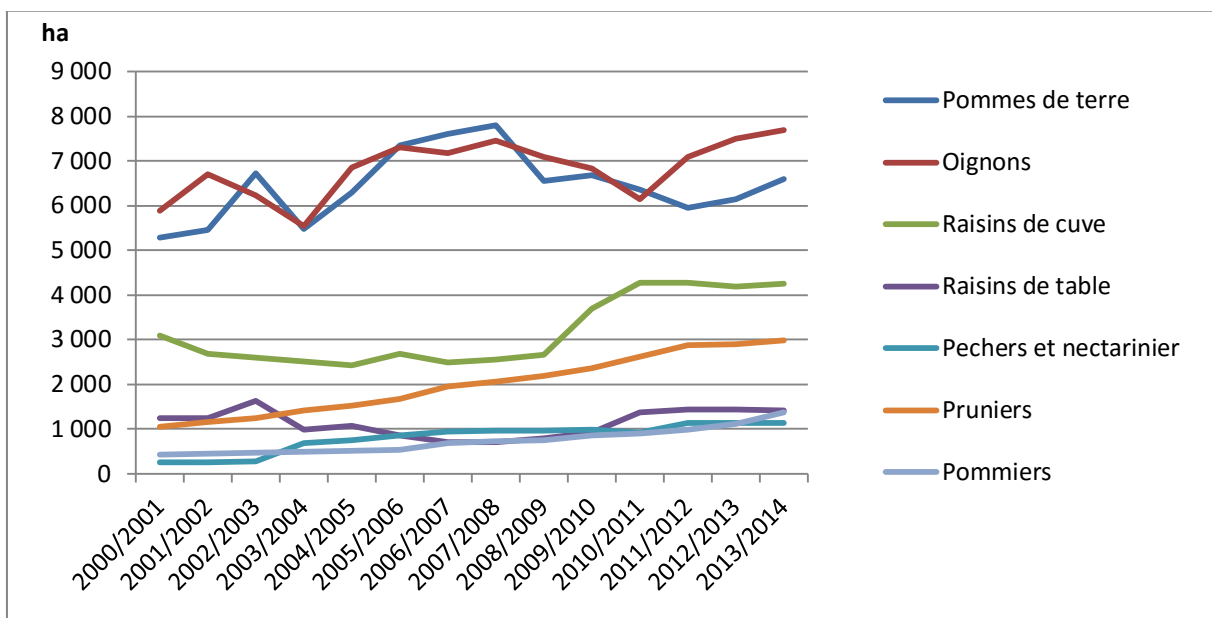


Figure 3. Evolution des surfaces des cultures irriguées pour la période 2000-2014 dans la plaine du Saïs (monographie ministère de l'agriculture et de la pêche maritime)

Avant la concrétisation de cette mesure très coûteuse pour l'Etat, la situation hydraulique des exploitations familiales, ayant peu de capital, apparaît de plus en plus critique car elles ne peuvent pas creuser des forages à la place de leurs puits de moyenne profondeur. Dans ce territoire, elles sont amenées à partager des ressources communes, entre-elles, mais aussi avec les agro-entreprises qui y sont implantées et qui systématiquement forent à grande profondeur. Au-delà de la question de l'accès à l'eau, ces agro-industries apparaissent plus compétitives du fait de leur meilleur accès aux capitaux, aux subventions, aux marchés rémunérateurs et à l'information (Ameur et al, 2017). Cette situation menace non seulement la durabilité des aquifères mais aussi la viabilité des activités des agriculteurs familiaux, car elle entraîne une volatilité des prix des productions irriguées (oignons et pommes de terre et plus récemment des fruits à noyaux) par saturation des marchés locaux et nationaux (Figure 4). Le très faible nombre d'organisations de producteurs fonctionnelles œuvrant pour une meilleure mise en marché et le stockage des productions ne facilite pas l'amélioration de la productivité des exploitations familiales (Bekkar et al., 2009 ; Lejars et Courilleau, 2014).

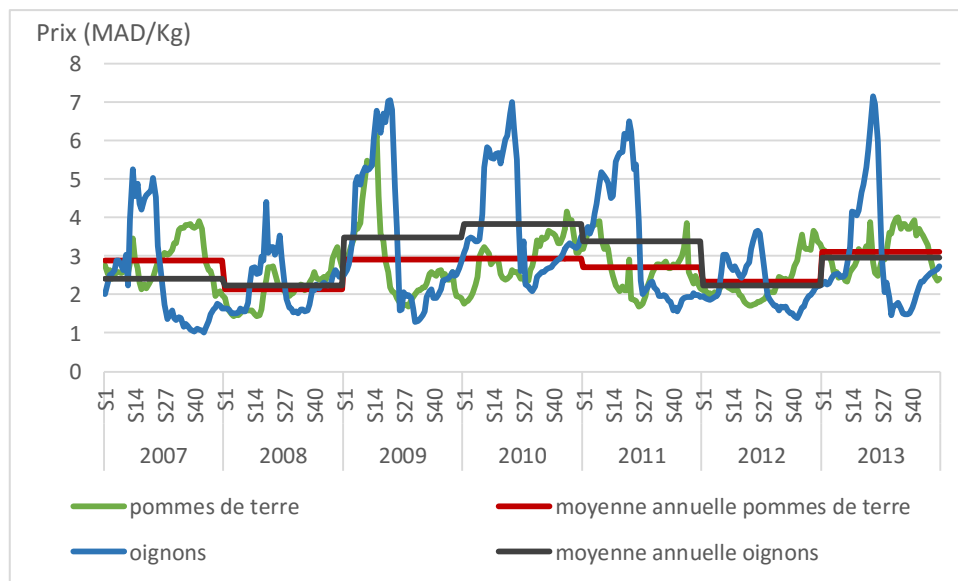


Figure 4. Evolution des prix de l'oignon et de la pomme de terre au niveau national entre 2007 et 2013 (site du ministère de l'agriculture et de la pêche maritime : <http://www.prixagriculture.org/>)

Ce processus d'intensification agricole s'est accompagné d'une fertilisation minérale accrue, particulièrement azotée (Akesbi, 2014), d'une mauvaise gestion de la matière organique et des résidus de récolte (Soudi et al., 2000), d'une grande consommation de produits phytosanitaires (Marouane, 2014) et d'énergie fossile (butane, diesel) nécessaire au pompage

et à la mise en pression de l'eau d'irrigation (Kuper et al., 2016), et le tout en l'absence de surveillance ou de contrôle de l'Etat (Dugué et al., 2014). La pollution des nappes phréatiques par les nitrates provenant des engrais est déjà bien documentée (Keddal et Yao N'dri, 2007 ; Ayadi-Hajji, 2013 ; Marouane, 2014), avec des teneurs en nitrates comprises entre 50 mg/l et 100 mg/l sur 50% des prélèvements (Agence de bassin hydraulique du Sebou, 2011). A ces menaces, s'ajoutent les incertitudes futures liées au changement climatique pouvant affecter les productions pluviales et la disponibilité en eau d'irrigation (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2007).

Dans ce contexte évolutif, la durabilité des exploitations agricoles se trouve questionnée dans ses trois dimensions, économique environnementale et sociale, avec des effets potentiellement différents selon les situations de production rencontrées. Ces questions de durabilité se posent de manière accrue pour les exploitations agricoles familiales, dont les marges de manœuvre en termes d'accès au foncier, à l'eau et aux capitaux sont *a priori* plus contraignantes que celles des investisseurs extérieurs, tout en étant liées à ceux-ci *via* le partage de certaines ressources communes comme les nappes phréatiques.

4. Problématique

Ce travail de thèse a pour objectif d'examiner comment les exploitations agricoles familiales s'approprient le concept de durabilité, en partant de l'hypothèse que les préoccupations économiques sont plus prégnantes pour les agriculteurs que les préoccupations environnementales et sociales qui font partie intégrante du concept. Le concept de développement durable (ou celui de durabilité de l'agriculture) est une construction intellectuelle exogène au monde agricole, avec son cortège de définitions, de méthodes d'évaluation et d'outils d'intervention, mais pour autant les agriculteurs doivent aussi réfléchir aux stratégies qu'ils souhaitent mettre en place s'ils veulent « durer ». Comment leurs perceptions et actions rencontrent-elles ou non les préoccupations et les interrogations des décideurs politiques, de la société civile et des chercheurs quant à la durabilité du secteur agricole ?

Ce questionnement est intéressant, d'une part pour enrichir les débats scientifiques sur le développement durable en prenant en compte les points de vue des agriculteurs, souvent

marginalisés dans les études sur la durabilité et en les confrontant avec ceux des autres groupes socio-professionnels (ingénieurs du développement, chercheurs, décideurs). D'autre part, il permet de participer aux débats politiques dans les situations d'études et au niveau international sur les modèles agricoles à développer, en faisant le lien entre local et global, ainsi qu'au niveau national, grâce à l'exploration des forces et des limites locales au regard de la durabilité et l'intégration des enjeux globaux développés dans la section 1.

Notre choix de mener ce travail, sur les exploitations familiales, est justifié par des arguments tant théoriques que pratiques. En effet, le caractère des exploitations familiales à pouvoir réaliser les objectifs du développement durable, largement débattu lors de l'année internationale de l'agriculture familiale (2014), a motivé notre choix d'étudier spécifiquement cette forme d'agriculture. Par ailleurs, ce choix dans le contexte du Maroc, nous a paru judicieux, étant donné que l'agriculture familiale représente la majorité des exploitations du pays (80% des exploitations marocaines). Enfin, à une échelle plus locale, le Saïs, les exploitations familiales sont plus faciles d'accès que les exploitations capitalistes, dont les propriétaires sont souvent absentéistes.

La plaine du Saïs fournit un contexte stimulant pour s'interroger sur la durabilité des exploitations agricoles familiales et celle des ressources naturelles. De multiples incertitudes menacent en effet la durabilité des exploitations agricoles familiales : (i) environnementales en lien avec la raréfaction et la pollution des eaux souterraines et la baisse de la fertilité des sols (ii) économiques en lien avec le développement non raisonné des filières agricoles (maraîchage, fruit, lait) entraînant une forte fluctuation des prix du marché et (iii) sociale liée au partage des ressources communes, à la qualité de vie des travailleurs et à l'organisation de l'action collective.

Pour répondre à l'objectif principal de la thèse, comprendre « comment les exploitations agricoles familiales s'approprient le concept de durabilité », nous avons décidé de conduire ce travail selon trois sous-questions, traitées chacune dans un chapitre sous la forme d'articles scientifiques. En effet, les trois sous-questions apportent chacune une réponse à l'objectif principal sous un angle différent, et se présentent comme suit :

Sous-question 1 : *Quels sont les processus d'adaptation conduisant des exploitations agricoles présentant il y a 45 ans une certaine homogénéité, à une grande diversité actuelle de systèmes de production ?*

La réponse à cette question permet de répondre à l'objectif principal sous un angle dynamique qui considère la durabilité comme une coévolution des exploitations avec leur environnement (filère, territoire, région, pays). La dimension temporelle attire ainsi l'attention sur les processus d'adaptation passés, afin de comprendre comment les exploitations se sont maintenues dans le temps, comment les agriculteurs ont survécu aux différents changements dans le Saïs et comment ils se préparent aux prochains chocs et aléas.

Il s'agit, dans ce premier chapitre d'identifier la diversité des stratégies de production actuelles des exploitations agricoles du Saïs, ainsi que leurs trajectoires passées pour comprendre les dynamiques et interactions entre les exploitations agricoles et les échelles plus englobantes, ainsi que les moteurs d'évolution. Nous avons pour cela réalisé un diagnostic des systèmes de production présents dans le Saïs aujourd'hui, et une analyse rétrospective pour déterminer les différentes trajectoires d'évolution de ces exploitations. Le traitement de cette question fera l'objet du **chapitre II** qui correspond à un article publié dans la revue « Regional Environmental Change » (DOI 10.1007/s10113-016-1066-4), intitulé « Shared environment, diversity of pathways: dynamics of family farming in the Saïs Plain (Morocco) ».

Sous-question 2 : *Quels sont les déterminants de la durabilité des exploitations agricoles familiales du Saïs ?*

Cette sous-question aborde l'objectif principal, sous un angle statique et permet d'évaluer l'état de durabilité économique, sociale et environnementale des systèmes de production caractérisés dans le chapitre précédent. Ce constat permet d'une part de définir les marges de manœuvre pour une amélioration de la durabilité des exploitations agricoles familiales et de fournir aux différentes parties prenantes (agriculteur, conseillers, chercheurs et politiques), des éléments permettant d'explorer des pistes d'amélioration. Il permettra d'autre part d'enrichir le débat sur le ou les modèles agricoles à soutenir par des éléments concrets, tout en tenant compte des enjeux futurs de l'agriculture.

Ce chapitre se focalise sur l'évaluation de la durabilité (environnementale, sociale et économique) et les impacts du fonctionnement des exploitations familiales actuelles sur l'environnement et les ressources, compte tenu des processus d'intensification, liés aux

cultures de rente et au manque de ressources (eau, terre) qui se manifeste dans la plaine. Ce constat, correspondant au « regard du chercheur », conduira à utiliser une méthode d'évaluation de la durabilité, afin d'identifier les déterminants de la durabilité des exploitations. L'analyse de cette question fera l'objet du *chapitre III* qui correspond à un article soumis à la revue « International Journal of Agricultural Sustainability » et qui s'intitule « The determining factors of farm sustainability in a context of growing agricultural intensification »

Sous-question 3 : *Quelle est la perception de la durabilité des agriculteurs du Saïs et comment cette perception influence leurs décisions, en particulier leurs choix techniques et stratégiques pour la conduite de leur exploitation ?*

La réponse à cette sous-question permet de répondre à la question principale en positionnant l'agriculteur au centre des débats sur la durabilité des systèmes de production et le choix des modèles d'agriculture. La durabilité de l'exploitation agricole et des ressources partagées dépendent de l'agriculteur (ses préférences, objectifs, valeurs) et sa connaissance des limites et des potentialités de son exploitation, ainsi que des différents facteurs du contexte (économique, social et écologique).

Ce dernier chapitre a pour objectif de définir comment les agriculteurs perçoivent la durabilité. Cette réflexion sur la durabilité, du point de vue des agriculteurs, permettra de comprendre leurs préférences et leurs objectifs en lien avec leurs activités agricoles au regard de la durabilité ainsi que les stratégies de gestion associées à leurs perceptions. La contribution des stratégies définit par ses agriculteurs pour assurer la durabilité de l'exploitation (autocentrée) et des niveaux plus englobants et l'implication des agriculteurs dans l'évolution de leur environnement naturel seront discutées. L'analyse de cette dernière question fera l'objet du chapitre IV qui correspond au projet d'article finalisé intitulé « Perceptions de la durabilité de l'agriculture par les producteurs familiaux en situation de raréfaction des ressources : le cas de la plaine du Saïs (Maroc) (Sustainability viewed from farmers' perspectives in a resource-constrained environment) »

Ainsi, même si la réponse à la question principale nécessite un regard global sur les réponses aux trois sous-questions, la lecture des trois chapitres peut se faire de manière indépendante.

Enfin, le *chapitre V* propose une discussion générale et une conclusion concernant les principaux résultats obtenus dans cette thèse. Il s'agit d'une mise en confrontation du point de vue du chercheur et de celui de l'agriculteur concernant la notion de durabilité. Nous discuterons de ces différents points de vue et leurs implications dans l'action. Dans ce chapitre nous nous interrogeons sur l'intérêt et l'utilité des évaluations de durabilité pour les décideurs, la recherche et les producteurs, ainsi que sur les limites des méthodes utilisées. En conclusion, un rappel des principaux résultats saillants de ce travail sera réalisé en plus des conclusions méthodologiques et des principales pistes de recherche proposées pour l'avenir.

Deux communications orales ont été réalisées pendant les travaux de cette thèse :

- 1) S'adapter pour durer : diversité des choix stratégiques des agriculteurs familiaux de la plaine du Saïs ». 2^{ème} séminaire ARENA sur la gouvernance des eaux souterraines au Maghreb. Tunis/Kairouan, 3-6 mars 2015. (Annexe 3)
- 2) Assessing family farm sustainability using the IDEA method in the Saïs plain (Morocco). The 12th European IFSA Symposium, Social and technological transformation of farming systems: Diverging and converging pathways. Newport, 12-15 July 2016. (Annexe 4)

Chapitre II. Environnement partagé et trajectoires diversifiées: les dynamiques des exploitations agricoles familiales de la plaine du Saïs (Maroc)

Ce chapitre a été publié dans la revue Reg Environ Change. DOI 10.1007/s10113-016-1066-4, sous le titre “Shared environment, diversity of pathways: dynamics of family farming in the Saïs Plain (Morocco)” (Annexe 5)

Baccar Mariem^{1,2}, Bouaziz Ahmed², Dugué Patrick¹, Le Gal Pierre-Yves¹

¹ CIRAD, UMR Innovation, 34398 Montpellier Cedex 5, France

² Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, BP 6202 Rabat-Instituts 10100 Rabat, Maroc.

L'article a mis en évidence dans un premier temps la diversité des exploitations rencontrées aujourd'hui dans le Saïs. Trois principaux types ont été identifiés en fonction de leurs activités de production, (i) T1 regroupe des exploitations proches du système traditionnel initial (cultures pluviales et élevage), sur des terres dépourvues d'un accès à l'eau. Deux sous-types sont distingués en fonction de la taille de l'exploitation. (ii) T2 rassemble des exploitations d'une quinzaine d'hectares en moyenne, ayant accès à l'irrigation sur 40% de leur surface cultivée et maintenant une diversité de productions. Deux sous-types ont été identifiés en fonction de différentes combinaisons de cultures. (iii) T3 rassemble les exploitations spécialisées. Leur taille est en générale supérieure à celle de T2, traduisant un processus de capitalisation foncière plus avancée. Trois spécialisations apparaissent : production maraîchère, arboriculture fruitière et production laitière.

Dans un second temps, sept types de trajectoires d'évolution ont été identifiés en fonction de plusieurs moteurs (internes et externes à l'exploitation) activés à différents moments tels que : la sécheresse des années 1980, la disponibilité des eaux souterraines, l'accès au financement privé, l'accès aux marchés de maraîchage, le bétail comme épargne et la prise de terre en association.

Shared environment, diversity of pathways: dynamics of family farming in the Saïa Plain (Morocco)

Baccar Mariem^{1,2}, Bouaziz Ahmed², Dugué Patrick¹, Gafsi Mohamed³, Le Gal Pierre-Yves¹

¹ CIRAD, UMR Innovation, 34398 Montpellier Cedex 5, France.

² Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, BP 6202 Rabat-Instituts 10100 Rabat, Maroc.

³ ENSFEA, UMR LISST-Dynamiques Rurales, 31326 Castanet Tolosan Cedex, France.

Abstract

The sustainability of family farming and its capacity to respond to global changes are widely debated. Based on a survey of 40 farms on the Saïa Plain in Morocco, this article shows how family farms which implemented similar rainfed crop-livestock production systems 45 years ago have evolved differently based on farm characteristics and the variety of natural, economic and political changes they have faced over that time. The survey sample was constructed to cover the wide diversity currently found with regard to the structure, production choices, and access to resources (water, land, capital) of local family farms. Four initial farm types were identified based on their access to land, which ranged from private property to collective land tenure. These farms may be grouped today into three main types based on their production activities: mixed rainfed crop-livestock farms, diversified farms combining rainfed and irrigated crops (vegetables and fruit orchards), and specialised irrigated farms. Seven types of development pathways leading farms from their initially similar to their currently diverse situations were identified. The critical determinants were whether and how farms were able to access water and capital resources to acquire land and innovate with high value crops. This study illustrates that most family farms have capacity to evolve in different ways. However, competition over access to resources (ground water, labour, land) and markets, both between family farms and with locally based agribusiness firms, are a source of uncertainty weighing upon the development dynamics and future of family farms.

Key-words: farm typology; land use; irrigation; diversification; drivers of change

1. Introduction

Family farming is an agricultural production model based on the resources and workers of the family, occasionally complemented by hired workers when the supply of labour falls short of demand (Errington and Gasson, 1994). Family farms involve 98% of all farmers and produce 80% of the world's food (Graeub et al., 2016). The International Year of Family Farming proclaimed by the United Nations General Assembly in 2014 emphasized the status and specific contribution of this form of agriculture in response to global challenges such as food security, managing natural resources and sustainable development (Sourisseau, 2015). The ability of family farms to adapt to economic fluctuations and climate change (Kesavan and Swaminathan, 2014), and their contributions to employment and the vitality of local economies, have also been emphasized (Van der Ploeg, 2013). Nonetheless, family farming is vulnerable to a wide range of shocks, namely: (i) political shocks, with the introduction of structural adjustment programmes in Sub-Saharan Africa (Losch and Fréguin-Gresh, 2013) and the Maghreb (Labonne, 1995) and policies aiming to reduce the use of irrigation in agriculture in order to protect urban water supplies and the environment (Alston and Whittenbury, 2011); (ii) economic shocks due to market competition from agribusinesses (Moreno-Pérez et al., 2011); and (iii) climate shocks, as shown by the occurrence of droughts in Sub-Saharan Africa (Antwi-Agyei et al., 2014).

Family farms react differently to these shocks. Some adapt by innovating technically and socially (Van Der Ploeg et al., 2006), others by diversifying their production (Kahane et al., 2013) or their sources of income by performing non-agricultural work (Barrett et al., 2001). This diversity of responses, together with a diversity of individual contexts in terms of structure (size, equipment, capital), operations (management of production units) and technical and economic performances, is a major feature of family farms (Medina et al., 2015). This must be better understood to facilitate the design of appropriate public policies (Barrientos-Fuentes and Torrico-Albino, 2014), promote innovative approaches to farm management (Oliveira et al. 2013), develop producers' capacities (Collier and Dercon, 2014), and provide support to local stakeholders to achieve sustainable growth targets (Dogliotti et al., 2014).

To understand precisely the strategies of family farmers and the dynamics of their farms, local level analyses seem more suitable (Bernard et al., 2011; Ryschawy et al., 2013) than regional scale statistical studies (Schroth and Ruf, 2014). The present study, based on a survey involving 40 farmers on the Saïs Plain in Morocco, corresponds to the former approach. It analyzes the processes that led family farms with relatively homogeneous production systems to evolve in quite different ways over a 45-year period while facing the emergence of high value-added markets and unequal access to groundwater resources (Ameur et al., 2015b) and public subsidies. After presenting the survey methodology used, the article describes the shared environment in which family farms have developed over the past 45 years, then analyses the diversity of their dynamics within that common context. The consequences of these dynamics for the future of these farms are then discussed.

2. Material and methods

2.1. *General context*

Covering 2200 km² (Annexe 5, Carte), the Saïs Plain has high agricultural potential due to the presence of fertile soils and groundwater aquifers (Berriane, 2002). The climate is semi-arid, with an average annual rainfall of around 500 mm and an interannual variability of 207 to 677 mm/year for the period 1980-2010. Before the 1980s, agriculture was dominated by production systems combining rainfed crops (cereals, legumes, olive and almond trees) with ruminant livestock (sheep, cattle). Since the 1980s there have been several very dry years which greatly reduced rainfed production (Quarouch, 2014). Following these drought years, farmers began to dig wells to develop irrigated crops, mainly vegetables. Over time, the irrigated areas for vegetable crops and then fruit tree crops increased, placing increased pressure on groundwater resources. The deep aquifer of the Saïs has since fallen by 60 metres at certain points (Agence de bassin hydraulique du Sebou, 2011). The emergence of agribusiness, which began in 1990 and is encouraged by the state, has been an important development on the Saïs Plain.

This historical, physical and economic context has played a major role in the evolution of family farms on the Saïs Plain over the past 45 years. Once relatively homogeneous, today family farms in the region have diverse production systems (combination of rainfed crops, irrigated crops and various forms of livestock systems). The farms have evolved in different

ways in response to climate events, varying access to natural resources, and economic developments.

2.2. *Farm sampling*

On the Saïs Plain, a family farm is defined by the presence of a member of the family (usually the father or the elder brother) in charge of organizing the work and making decisions. The family may own all or part of the land (direct land tenure), the remainder being leased or managed in partnership with other land owners on a sharecropping basis. The family members may perform the farm work by themselves or hire labour if necessary. To understand the dynamics giving rise to the regional diversity of farming strategies and pathways adopted by family farms, a comprehensive approach was chosen, combining numerical variables and qualitative information regarding the objectives, operating procedures and performance of each farm surveyed. This methodological approach, based on an in-depth investigation of a few case studies (Eisenhardt and Graebner, 2007), facilitates the comprehension of farmers' reasoning in relation to their strategic choices (Daskalopoulou and Petrou, 2002) and tactical decisions (Bernard et al., 2011).

Forty farms were chosen to reflect the current diversity of family farms on the Saïs Plain. They were selected using criteria frequently employed in typology studies and considered critical for an understanding of the differentiation process at play in the region (Landais, 1998a; Caballero, 2001; Choisis et al., 2012; Chatterjee et al., 2015), namely: (i) the structure of the farm, in particular the area cultivated and the land tenure, (ii) production choices, in relation with access to markets, cash or food purposes, available capital and labour, and (iii) access to groundwater for irrigation. In the absence of a regional census of farms, officers from the agricultural public services introduced the survey team to a first set of farmers, who then put the team in touch with their acquaintances. The team ultimately was able to contact and interview farmers in 17 of the 29 rural districts on the Plain.

2.3. *Data collection*

The historical and current data on the commodity chains, agricultural policies and economic dynamics of the Plain were collected through interviews with representatives of the agricultural public services and by consulting their activity reports. The 40 farmers selected were each interviewed at least once in 2014. A sub-sample of 20 farmers who were representative of the various production systems in the whole sample were then visited again to collect more precise technical and economic data on their main production activities during the 2013 agricultural season. A second operation was performed in 2015 to determine the development history and pathways since 1970 for the 40 farms, and the forces driving their change. The information collected from the 40 farmers covered five components (Annexe 6):

- (i) the property structure broken down according to land tenure systems (freehold, lease, sharecropping);
- (ii) the choice and combination of production activities including rainfed crops (cereals, legumes, fodder), irrigated crops (vegetables and fruits), and livestock. The numbers of sheep and cattle were recorded according to their breed (local, crossbred or enhanced);
- (iii) individual access to water from the aquifer or springs managed by irrigation organizations, with pumping and irrigation equipment;
- (iv) labour, whether family or from outside the family (permanent or seasonal employees);
- (v) the destination of the products (sale, home-consumption) and the corresponding financial data.

The technical and economic data recorded on the sub-sample of 20 farms covered all of the inputs used on the various crops and in livestock units (quantities and unit prices), the quantities produced, and their selling prices. The averages of the gross expenses per activity calculated on this sub-sample were applied to the other 20 farms to estimate their total gross margin (TGM), calculated by deducting production expenses from the gross revenues of all activities.

2.4. *Data analysis*

Diversity analysis involved qualitatively building two typologies: one concerning the current state of the 40 farms, the other their development pathways since 1970. The farm typology was based on combinations of the three criteria used in the sampling process, while the survey rendered it possible to quantify some variables and link them with farmers' objectives and strategic choices. The choice of production activities made it possible to distinguish between farms according to their degree of specialization. A farm was considered specialised if one activity generated more than 60% of its TGM, and diversified if the farm's TGM consisted of two or three activities each generating over 30% of the TGM. Access to water distinguished rainfed and irrigated farms. Surface area was used only to distinguish between two types of rainfed farms.

The farm types were described using the data collected for each farm. Some variables were converted to provide a basis for comparison between types or relative to other sectors of activity. For instance, the family's food consumption was compared by dividing its monetary value by the farm's total revenues. Annual income per farm was calculated by deducting fixed costs from the TGM (land lease, equipment maintenance, wages of permanent employees). This income was divided by the current value of the SMIG (the official minimum wage, equal to MAD 28,000 per year¹) and adjusted to the number of active family members living on the farm in order to compare it with a standard economic benchmark in Morocco.

The various farm development pathways were aggregated based on a reconstruction of each farm's individual pathway from its origins in the 1970s to the farm's current situation. The 1970s were chosen as the point of departure as a number of quite homogeneous farms were established at that time through an agrarian reform programme. The farm internal changing factors (land ownership, labour, equipment, production) and the external drivers of change were characterized by comparing the farms within a type of pathway and between types while considering the historical context shared by all of the farms.

¹ MAD 10 (Moroccan dirhams) = 0.93€

3. Results

3.1. *An evolving context during the past 45 years*

After Morocco became independent in 1956, the state intervened heavily in the agricultural sector by redistributing the land formerly farmed by French colonists. One-third of this land was allocated to two state-owned production companies, one third was put up for sale to native Moroccans, and the remaining third was allocated at a later date to beneficiaries of an agrarian reform programme. The first land put up for sale was purchased by local dignitaries and agricultural workers who had saved enough to buy a few hectares, leading to the establishment of farms varying in size from 1 to 38 ha. These farms, referred to here as “old private farms” represented 23% of the study sample. Their production systems were based on rainfed crop-livestock combinations. A further land privatization process, which began in the 1970s and continues today, led to the emergence of “new private” farms ranging in size from 3 to 37 ha. The new farmers have diverse profiles, ranging from traders and public servants attracted by tax exemptions on agricultural income or looking for extra income after retirement to agricultural workers. The first of these new farmers implemented the traditional rainfed crop-livestock production system, while those who established their farms later adopted a combination of irrigated vegetables and rainfed crops. From 1990 onwards, some new farmers started directly with irrigated fruit orchards combined with other crops. These “new private” farms accounted for 37% of our sample.

The beneficiaries of the agrarian reform programme, who were allotted the last third of the former French colonial farmland, included smallholder farmers, farm workers and returned servicemen. Beginning in 1972, these allottees were grouped together in cooperatives which were supposed to provide them with partially subsidized access to equipment and inputs. In exchange, crop rotations were imposed (cereals, fodder and legumes on rainfed farms), and the products were marketed by the cooperatives at prices set by the state for certain basic products. The farms operating under this system originally ranged in size between 9 and 14 ha. In this rather homogenous group, farms differed mainly by the kind of livestock raised and herd size (up to 15 cattle and 100 sheep). These farmers were able to invest in irrigation starting in the 1980s after the compulsory cropping pattern was abandoned. These farms accounted for 32% of our sample.

The remainder of our sample (8%) was composed of farmers cultivating collective lands, i.e., land owned collectively by ethnic communities and shared between heads of families on an usufruct right basis (Bouderbala 1999). In this category, land fragmentation from one generation to another has led to decreasing farm sizes, which are today down to 7 ha or less. Their production system was similar to the “old” private farms, with a focus on livestock to benefit from the large pasture areas available on collective lands.

At the start of the 1980s, a drought caused harvest losses. This prompted many farmers with the necessary capital to invest in groundwater and irrigation facilities. These investments allowed the development of onion and potato crops, which were best suited to the climate (the winter cold does not allow a good profit margin on spring vegetables but facilitates outdoor onion storage). At the beginning these productions were sold at high prices, in rotation with traditional rainfed crops. Rainfed crops became economically less interesting, particularly when the state stopped supplying services and subsidizing inputs. Traditional livestock production continued and intensive dairy production expanded with state support (development of industrial facilities, establishment of milk collection cooperatives, subsidies for heifers of improved breeds). From the 1990s onwards, state irrigation subsidies encouraged the development of drip irrigation and an increase in vegetable areas and yields (Benouniche et al. 2011). This programme mainly benefited farmers who owned their land and had access to groundwater and capital. Drip irrigated orchards (peach, plum, table grape, olive) expanded, driven by agribusiness firms enjoying tax exemptions on agricultural income. The establishment of these new commodity chains then benefited family farms which had the resources needed to invest in orchards.

In 2005, the agrarian reform legislation was modified to allow the allottees to become owners of their plots. This privatization permitted the emergence of numerous independent family farms. In 2008, there was a strong return of state intervention in the form of the “Plan Maroc Vert” (“Green Morocco Plan” - PMV). PMV has increased the dualism between agribusiness and family farming, since agribusiness companies, which produce, process and sometimes package their products, have received around 80% of the funds available. However, PMV has included specific support tools dedicated to smallholder farms, mostly subsidies for irrigation and agricultural equipment, and for orchard planting (Akesbi 2012).

The extension of irrigated vegetable and fruit farming over the past ten years has had consequences for the aquifer and markets. While the Saïs Plain had just 900 wells in the 1980s, there were over 12,000 wells and boreholes in 2012, giving rise to an alarming over-exploitation of the aquifer (Quarouch et al. 2014). This situation threatens not only the sustainability of the aquifer but also the viability of farmers' activities (Bekkar et al. 2009). The increase in irrigated production combined with a lack of farmers associations and low long-term storage capacities have contributed to price volatility (fluctuations of MAD 1 to 6 r kg for potatoes and MAD 1 to 7 per kg for onions) on saturated local and national markets (Lejars and Courilleau 2014).

3.2. *A combination of factors resulting in three main farm types*

Three main farm types, each including two or three sub-types, emerged from the combination of the three factors used in the farm sampling. The type of land tenure did not contribute to the definition of the farm types except for collective lands (where farmers do not have access to water and cannot invest in irrigation because they only have usufruct rights). The three types have different objectives, strategies and characteristics (Table 1; Figure 1)

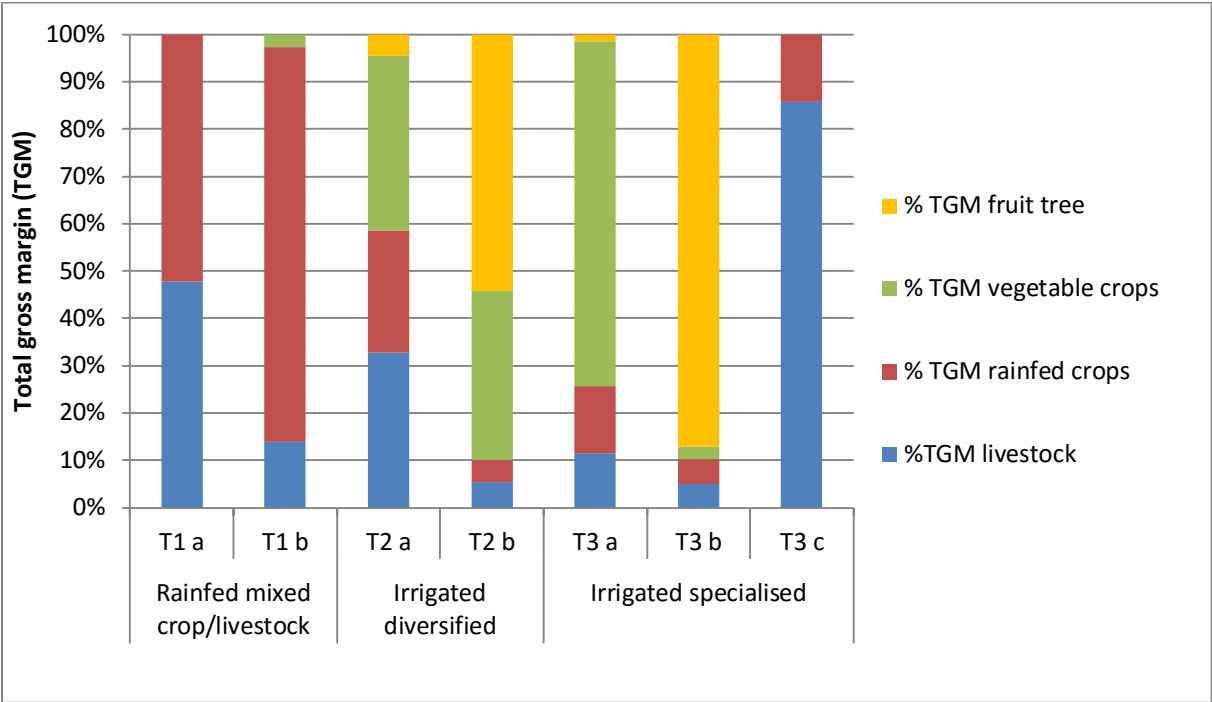


Figure 5. *Combination of production activities by type of farm (average % of the total gross margin per farm)*

T1 comprises farms that have remained close to the initial traditional system, combining rainfed crops and livestock on land deprived of access to water. The rainfed crops include cereals, legumes (faba beans, chickpeas, lentils) and fodder crops (oat, barley and faba beans) to feed their cattle and sheep. T1a comprises small farms (7 ha on average) in a direct or collective land tenure system, which aim primarily to feed their families. They sell surplus products only once the family's home consumption needs have been met. The crops are mostly cereals, with a small area of legumes and a few unirrigated olive trees. The farming system includes a traditional livestock component that contributes 50% of the TGM. The livestock are composed of some sheep and a few local or crossbred cattle (two or three cows) whose milk production does not exceed 1,200 litres/cow. One or two of the calves born on the farm each year are fattened and sold. Herds are fed with collected straw or by grazing on collective lands outside the farm. The small area cultivated per Man Work Unit (MWU²) is unable to support the family. With an income generated per family MWU equivalent to 0.7 times the Moroccan minimum wage (SMIG), the farmers must look for other sources of income off the farm (agricultural labourer or city worker) to cover the family's needs. These farms are hindered from evolving towards more profitable farming systems by a lack of capital for investing in more land or irrigation, their vulnerability to variations in rainfall, and, for some, their collective land tenure status.

T1b comprises large farms (around 100 ha on average) which have improved the initial rainfed production system to maximize their farm income. All types of land tenure systems are represented in this group. The farmers have chosen to improve their rainfed systems due to difficulties in accessing water (groundwater position, poor land security) or because they have a preference for rainfed production. These farms have enlarged their cultivated areas by buying land when they had the required capital, leasing land (based on verbal or contract agreement lasting up to 30 years), or sharecropping (one year agreement) when they were short of funding. Consequently, more than 60% of their Utilized Agricultural Area (UAA) falls under an indirect land tenure system. They intensified their cropping systems by including more legumes and using pesticides and mineral fertilizers on cereals. Having bought their own mechanized equipment, sometimes with a government grant, these farms can perform necessary tasks on time. Livestock can contribute up to 25% of their total income in

² Each full-time worker (both family and permanent) accounts for 1 MWU. Part-time workers are accounted for based on the time spent on the farm.

normal years when the farm has a fattening unit, which involves 10 or more cow/lamb heads coming from the farm herd or purchased on the market (one farm). The herd also represents an asset that can be sold in case of drought to meet the family's economic needs. When rainfall is sufficient and profits per hectare of rainfed crops are satisfactory (estimated at MAD 5,500 per hectare), they generate a high income per family worker, equivalent to 8.2 times the minimum wage. However, these results are sensitive to water deficits in the spring.

The following types comprise farms which have invested in irrigation (i.e., digging wells and boreholes and purchasing equipment) to intensify their production system in the climatic context of the Saïs Plain. Differences between types are linked to the kind of irrigated crops implemented (vegetables or fruit trees) and the level of specialization *vs* diversification of activities within the system.

T2 comprises farms of about 15 hectares on average with access to irrigation on 40% of their cultivated area. These farmers are engaged in diverse production activities. T2a farms aim to earn relatively equal amounts from rainfed crops, livestock and vegetables. Onions and potatoes irrigated by gravity-flow on small areas account for about 40% of the TGM. Rainfed crops are mainly cultivated on four farms which are hindered from increasing their irrigated area due to limited access to water and capital. Livestock farming takes various forms depending on the farmers' interest in this activity. Six farmers prefer traditional breeding while another six are involved in intensive breeding through either fattening, dairy or mixed units. Dairy units comprise up to three improved breed (Holstein) cows, which produce 3,600 litres/cow/year on average based on a diet combining rainfed, self-produced fodder and purchased concentrates. The milk is sold to a dairy cooperative or an independent milk collector. Land tenure is mainly direct. Only three farms have between 30 and 70% of their UAA under lease or sharecropping arrangements, which they have undertaken to access water or to increase their cropping area. Hired workers are required for transplanting and harvesting since the family labour force is not able to perform all of the work. This range of activities, combined with the adoption of drip irrigation by five farmers, reflect an emerging trend towards intensification. It also secures a minimum income in dry years thanks to vegetables, and feeds the family with basic products. However, the annual income generated per family worker, equivalent to 2.8 times the minimum wage, restrains capital accumulation under the twofold constraint of a limited irrigated area and labour costs.

T2b farms are oriented toward fruit tree crops, which represent their main source of income, followed by vegetables. These vegetable-fruit combinations are favoured by farmers either to spread economic risk between activities or as an intermediate step towards fruit specialization. Fruit production has generated higher profits than vegetables over the past decade, but it requires a large initial investment and the financial capacity to cope with the unproductive period of young orchards. Rainfed crops and livestock have become residual activities helping to maintain the fertility of the land devoted to vegetables (manure production, crop rotation). Crop intensification is more advanced, with the systematic use of drip irrigation. Water supply is secured by drawing from two or more sources, which contributes to an increase of the irrigated area. The heads of these farms are younger than in the other types, and are keen to adopt innovations coming from specialized farms in the region. They aim to reduce labour costs by employing family labour and leaving fruit picking to buyers. This type of farm generates an annual income per family worker equivalent to 3.7 times the minimum wage, which makes it possible to gradually continue investing as long as they can access water.

T3 comprises specialized farms. Their size is generally larger than that of T2, mostly covering between 15 and 35 hectares which are directly owned, reflecting a more advanced process of land accumulation. T3a farms are specialised in vegetable production, which covers between 3 and 10 ha per farm, irrigated entirely by drip irrigation, and provides around 70% of their TGM. Sharecropping is practised by two of the five farms to increase their irrigated area (around 60% of the UAA). This vegetable orientation requires the employment of permanent employees and temporary labour for all manual work, while the family workers focus on management. This configuration significantly impacts costs, with paid workers accounting for 48% and 15% of production expenses for respectively onion and potato crops. Livestock is a residual activity which is unable to cover the organic manure needs of potatoes, or to offset any reduction of vegetable income. Soil fertility and disease control are managed by rotating vegetables and rainfed crops, which are maintained on most of the vegetable farms for this reason. Three farmers have up to three water sources to secure their water supply in summer, when onions are cultivated. Specialization enables these farms to generate a higher income than T2a (3.8 times minimum wage/MWU). However, they are more exposed both to decreasing onion and potato prices and declining soil fertility, which can be resolved by either buying massive quantities of animal manure or exchanging plots with neighbours.

T3b farms are specialised in fruit tree crops, which provide more than 80% of their TGM. Compared with T2b, there is an increase in both the area cultivated and the proportion of the area irrigated. All of their land is under direct tenure since investing in orchards requires long-term land security. To ensure that these costly investments are correctly irrigated, the majority of farms seek to have more than one water source. The labour configuration is similar to T3a but these farms employ more permanent workers (two to five) who are highly skilled in order to conduct tasks requiring technical expertise (pruning, spraying) and to supervise temporary workers. These farms largely use bank credit and state aids. Thanks to their focus on fruit production, they generate a far higher income per family worker than the other types (13.1 times the minimum wage). They can increase their area by buying land despite very high prices, which can vary from MAD 300,000 to 500,000 per hectare in the Saïs Plain for land with groundwater access.

T3c farms are specialised in milk production, based on irrigated fodder crops such as maize and alfalfa (one case) or on large areas of rainfed fodder (one case) under a direct land tenure system. This forage base supplemented by purchased concentrates allows an average production of 6,000 litres/cow/year. The farmers have expertise in livestock management and invest in the genetic improvement of their herd. Faced with a heavy workload, these farms employ permanent workers performing all of the herd management work. These labour costs plus the cost of purchased feed, which tends to increase each year, affect farm profits since the selling price of milk has been stagnant for the past decade. Consequently, the average annual income of a family worker corresponds to 6.1 times the minimum wage, a medium score in the sample.

Table 1. Structural characteristics and economic performance by farm type

Farm type	T1a	T1b	T2a	T2b	T3a	T3b	T3c
Differentiation base 1	Rainfed crops & livestock		Irrigated diversified		Irrigated specialised		
Differentiation base 2	Small area	Large area	Vegetables	Fruit trees	Vegetables	Tree crops	Milk
Number of farms	4	4	13	3	5	9	2
Age of farm head average	59	65	48	37	46	50	57
cv ¹ (%)	13.2	27.6	20.3	8.1	14.9	27.7	37.2
Total area (ha) average	7	98	13	13	23	19	32
cv (%)	61	85	77	60	41	109	9
% irrigated area average	0	2	30	66	66	70	13
cv (%)	-	200	56	2	24	51	141
Family MWU ² average	2.3	2.8	2.1	2.2	2.5	1.7	1.8
cv (%)	29	34	32	13	20	25	20
Permanent employees average	0.0	0.5	0.6	0.0	1.2	3.2	2.0
cv (%)	-	115	141	-	136	50	71
Total LU ³ average	3.9	14.4	7.7	3.3	6.4	6.6	22.7
cv (%)	46	89	68	90	60	177	21
Total area/LU (ha) average	2.9	33.0	6.2	5.6	9.6	10.5	18.5
cv (%)	33	51	61	48	47	95	11
Family consumption (% of total revenues) average	19.4	4.1	8.2	5.3	4.9	2.1	6.6
cv (%)	57	31	37	26	83	106	18
Total income (1000 MAD ⁴) average	63	699	153	263	267	654	294
cv (%)	64	91	55	37	20	45	1
Income/ha (*1000 MAD) average	8.9	6.7	15.2	23.6	13.0	52.8	9.2
cv (%)	25	19	44	38	26	50	10
Income/MWU (SMIG ⁵ equivalent) average	1	8.5	2.6	4.2	4	13.5	6.1
cv (%)	70.3	58.7	38.4	23	35.6	33.3	20.8

¹cv: coefficient of variation, ²MWU: Man Work Unit, ³LU: Livestock Unit, ⁴MAD: Moroccan Dirham, ⁵SMIG: Official minimum wage of MAD 28 000 per year

3.3. *Diverse farm change dynamics*

The farms of the 1970s, which had different types of land tenure but mostly practiced the same traditional, rainfed, mixed crop-livestock system, followed quite different development pathways to arrive at the situation currently observed in our sample. The three farms which depend on collective lands all fall under T1 due to the status of their land. In contrast, farms belonging to the three other initial types of land tenure systems are now found in all three of the main current types, with a notable absence of old private farms with a fruit tree component. This is due to the absence of a successor to take over the farm or the division of the initial farm into smaller units which lack the capital to invest in perennial crops.

The development pathways of the group of farms which emerged from the agrarian reform are presented in Figure 2. These farms are examined in greater detail due to their initial homogeneity in terms of both size and production systems. Pathway A, which led to the current T1a, represents the status quo. The aging of the current farm head and the absence of a successor reinforce this immobility. Pathway B, which led to subtype T1b, describes farms which, due to a lack of access to water resulting from their location, but thanks to accumulated know-how and the strong technical support they received before the state stopped supplying services and subsidizing inputs, pursued a strategy of leasing inexpensive, non-irrigable land to increase their cultivable area, and then purchasing land and equipment using income earned from cereal crops.

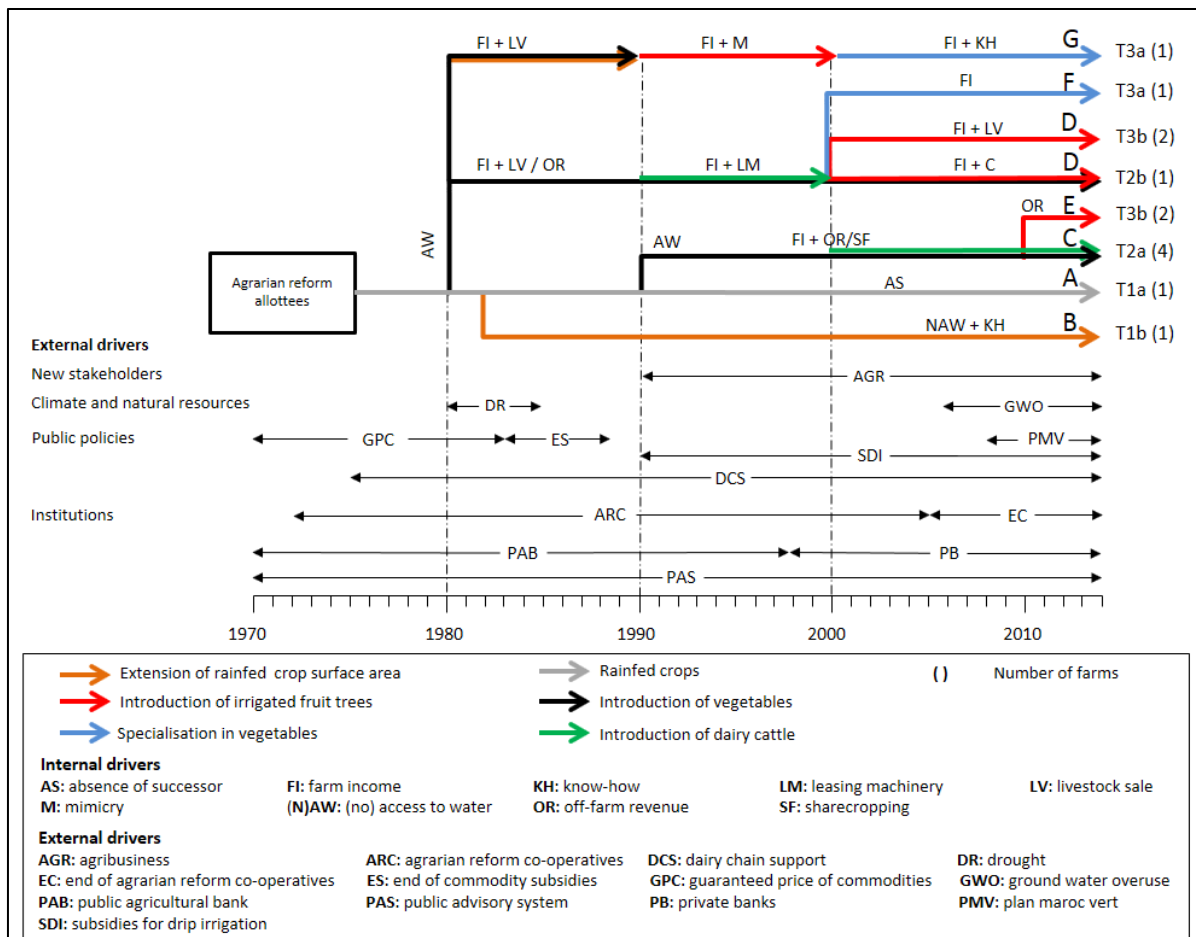


Figure 6. Different development pathways of agrarian reform farms from their initial situation in 1970 to today

Pathway C, leading to T2a (diversified system with irrigated vegetable crops), describes farms which took up market vegetable crops relatively late, starting in the 1990s or in the 2000s, attracted by the significant vegetable crops revenues they observed in their farming environment. They have been slowed by difficulties in amassing the necessary capital and in reaching profitable levels of technical-economic performance. Since their agricultural income was too limited to invest in a well or irrigation equipment, they used various funding channels, such as family members working off-farm, sharecropping or rarely private loans. Some reinvested the profits earned from vegetable crops in intensive dairy farming (one case). Those with sufficient funding (three cases) improved their performance by introducing drip irrigation with support from PMV (one case).

Pathway D, which led to the two current fruit tree subtypes (T2b and T3b), is characteristic of farms which innovated earlier than the rest. Affected by drought, they were able to introduce

irrigated vegetable crops in the 1980s by investing income obtained from rainfed crops and livestock, the sale of animals for those who had large herds, or with financial support from family members working off the farm. High income was earned before vegetables prices declined. Some reinvested their profits in intensive dairy farming, taking advantage of public support measures in this sector (two cases). Others improved their farms by introducing drip irrigation (one case) or by purchasing farming machinery (one case). Revenue from the sale of quality livestock, leasing of farming machinery and savings accumulated from vegetable crops began to be invested in fruit trees in the 2000s. In so doing, the farmers mimicked the agribusinesses that have been operating in the area since the 1990s. Irrigated crops such as melon or watermelon were intercropped during the orchards' unproductive periods. The T3b farms then specialised in fruit orchards, and several T2b farms plan to do the same. These farms have benefited from PMV subsidies to implement drip irrigation in their orchards (eight cases). The sale of housing land, resulting in massive amounts of cash, is another source of funds used to invest in orchards and specialize in fruit production (Pathway E). Farms specializing in vegetables (T3a) have followed a similar trajectory as T2a but wish to specialize in fruit trees by accumulating the capital needed through expected profits from vegetable crops (Pathway F). Farms in pathway G followed in the 1990s the same dynamics as those in pathway D later on, but they had poor technical and economic results and since 2000 have returned to vegetable crops.

This diversity of pathways reveals the role of several key drivers, both internal (IN) and external (EX) to the farm, in shaping farm trajectories over the last 45 years (Figure 2). The drought in the 1980s (EX) was a strong incentive for some farmers to shift from rainfed to irrigated agriculture. That strategic evolution was made possible by the (i) potential availability of groundwater (EX), (ii) access to private funding (IN) since public subsidies were difficult to obtain (only two farms benefited from drip subsidies when they were implemented in 1990), and (iii) access to growing urban vegetable markets (EX). Being the first to innovate, these farms benefited from good selling prices and saved enough money to move from vegetables to fruit production when vegetables became less profitable due to market saturation. They also benefitted from the experience gained by younger members of their families who worked in agribusiness firms involved in fruit production.

Although the availability of public subsidies (EX) has increased with PMV during the last six years (15 out of the 40 farms surveyed have benefited from subsidies), family farmers' access to funding has remained limited for various reasons, such as the reluctance of farmers to take a bank loan and their preference for cheaper second-hand equipment (IN). Building up capital from farm income has remained a common determinant for many farmers, as it was for the pioneers in vegetable farming. In that respect livestock farming (IN) has played a central economic role, either through the sale of animals in order to invest in irrigation, or by investing the savings raised from vegetable production in dairy production. This dairy dynamic was supported by public and private incentives in terms of genetics and feed supply (EX). By providing regular revenues and herd capital, dairy production enabled some farmers to shift to fruit production from 2000 onwards.

Once freed to decide their own production systems in the 1980s, agrarian reform allottees have pursued similar directions as private farmers. However, since they could benefit little from public subsidies and loans without private land, the availability of off-farm capital (IN) was instrumental to increase their cultivated land and invest in irrigated crops. Moreover, sharecropping (IN/EX) has been a way for farmers with no or little private irrigated land but with experience in vegetable production (gained through work on irrigated farms) to produce vegetables and save money for future investments. However, their late arrival on vegetable markets has meant that these “new” private farms have faced lower vegetable prices, making it more difficult for them to shift to fruit production. Moreover, the increasing pressure on groundwater (EX) has made it more costly to access in terms of borehole and pumping costs, although the water resource has remained easily available up to now.

4. Discussion

This study confirms the capacity of family farms to react to changes in their environment, such as the emergence of new sectors under the impetus of outside actors, as illustrated by the development of fruit orchards (Hairong and Yiyuan, 2015). But the diversity resulting from the dynamics observed since the 1970s is now threatened by unequal access to markets, land

and water under the growing pressure of agribusinesses, which have better access to capital, profitable markets and information.

4.1. *Access to markets and services*

Generally, competitive factors between family farms and agribusinesses consist of the size of the farm and the level of human capital (Gorton and Davidova, 2004). Agribusinesses usually benefit from their size and economies of scale while family farms benefit from cheap family labour (Deininger and Byerlee, 2012). This low labour cost can be an advantage for labour intensive crops such as vegetables and fruits as long as the workload is mainly borne by family members. When faced with price variations on domestic markets, farmers who can raise their productivity or reduce their unit costs of production faster than prices fall are more competitive (Reardon et al., 2009). Training and supporting family farmers to improve their technical and management skills is therefore critical and requires efficient support services (Bekkar et al., 2015).

For more integrated supply chains such as those involving supermarkets, exports or processing, co-existence with agribusinesses could exclude family farms due to their difficulties in meeting required standards and the higher transaction costs they generate due to their low product volumes. Downstream stakeholders may then prefer to deal with large farms and agribusiness firms (Carter and Mesbah, 1993). However, family farms can be involved in these chains by forming cooperatives to reduce their transaction costs (Reardon et al., 2009). This supply organization is common in processing industries such as palm oil in South-East Asia, where the production of smallholders and estates are combined (Hasnah et al., 2004), and cotton in West Africa (Hazell et al., 2010). In these configurations, agro-industries often use “resource providing contracts” to facilitate access to credit, farm inputs and output procurement to family farms (Austin, 1981).

In Morocco, this kind of integration is well established in the dairy sector, where many small-scale dairy farmers supply industrial dairy units (Le Gal et al., 2007). Its application to fresh

products such as vegetables and fruit oriented towards supermarkets and export markets is made possible by the “aggregation” concept proposed by PMV. This consists of establishing contractual relationships between family farmers and processing/packaging units to cover the purchase of raw products and the delivery of services such as technical advice with some subsidies from PMV. However, in order to work efficiently, this type of arrangement requires mutual trust between stakeholders and compliance with agreed contract rules, two points which appear to pose difficulties in many cases (Akesbi, 2012).

Public policy can reduce inequality between farms by setting up financial institutions, training producers and cooperatives, transmitting market information, enforcing contracts and investing in agricultural advisory services dedicated to family farms (Hazell, 2005). However, the trend over the past few decades has been to suspend such services. Nonetheless, after focusing primarily on large-scale farms (Dugué et al., 2014), PMV is currently increasing its subsidies to family farmers to acquire irrigation equipment and plant orchards if they comply with water regulations, and to well managed cooperatives to acquire cooling units (Faysse, 2015).

4.2. *Access to production factors*

In countries where agriculture is based on groundwater irrigation, large-scale farmers tend to squeeze out smallholders as shown in Gujarat (Prakash, 2005) and North Africa (Faysse et al., 2011). Drops in groundwater levels significantly impact farmers whose capital does not allow them to deepen wells or acquire electrical-powered boreholes. Competition is more pronounced when it comes to high added value crops such as fruits and vegetables (Hoogesteger and Wester, 2015). The pressure on the water resource can also prompt policy makers to set up instruments regulating its use (Bekkar et al., 2009). The collective management of groundwater by water users is seen as one solution (Schlager, 2007). Indeed, it has been shown that local-level governance to ensure equitable access to groundwater is more efficient than centralized control efforts by government agencies (Hoogesteger and Wester, 2015). In the Chaouia region in Morocco, dialogue between different stakeholders has identified strategies to mitigate the water crisis (Faysse et al., 2014b). The Saïs region could

import this successful governance model, which would involve family farmers in negotiations concerning groundwater management (e.g., quota allocation, water pricing).

As in Algeria, where the introduction of a land market has tended to exclude family farmers (Amichi et al., 2012), the liberalization of the land market in Morocco, and the PMV's preference for the "large farm" model, can potentially threaten family farms, especially in the Saïs Plain where land prices have reached very high levels. Combined with difficulties to access water, this trend could favour the exclusion of family farms from agriculture. Agribusinesses could then accumulate land by buying land from these excluded farmers (Mehta et al., 2012). However, arrangements such as the rental of land can emerge between these two farm models as has happened in Mali (Adamczewski et al., 2015) and Argentina (Deininger and Byerlee, 2012). These arrangements could be linked to aggregation contracts.

Corporate agriculture has actually generated a relative surplus of labour for a significant portion of the world (McMichael, 2009). In the Saïs region, no case of competition for labour has yet been reported. However, some trends could contribute to the disappearance of the family farm such as the growth of urban non-agricultural employment and the construction sector's ability to productively absorb labour (Deininger and Byerlee, 2012). *A contrario* the development of agribusiness can inspire young farmers to improve family farms by mimicking their production systems (Ameur et al., 2015b). Mobility to study and work can also enable young people to gain work experience, ensure the transfer of knowledge and skills to the farm and stimulate private initiatives (Ftouhi et al., 2015). However, maintaining young people in family agriculture will remain dependent on the revenues they can expect from that activity. Vegetable and fruit production, which are well integrated in profitable chains and supported by adapted public policies in terms of training and the land market, provide better economic opportunities than rainfed crops in the context of the Saïs Plain.

4.3. *Farm typology: a tool to support adapted public policies?*

Farm typologies based on in-depth surveys mixing quantitative and qualitative data on small, diversified samples have been proven to be suitable tools to understand and organize the

diversity at work within a given context, whether this be in relation to questions of family farm resilience (Moreno-Pérez et al., 2011) or sustainable development (Marshall et al., 2014). Applied to a limited but diverse sample, this tool allows a deeper understanding of the processes at work in farmers' past and current decisions, while including marginal forms of production that might prove to be the source of future innovations.

However, in a perspective of public policy, it would be necessary to complement this method with an assessment of the weight of the different farm types in the entire regional agricultural population to design specific policy tools according to the problems and expected future of each type (Cortez-Arriola et al., 2015; Santos et al., 2016). Indeed, maintaining a balance between family farms and agribusiness, and preserving the diversity of family farms, may have positive effects for society by releasing social tensions, improving food security and maintaining biodiversity. A weighted typology could be useful to quantify these effects and anticipate processes such as farmer demographic dynamics or the use of groundwater. Without pre-existing farm data bases, which do not exist in many developing countries, such an objective requires the implementation of quantitative surveys on large randomized farm samples, combined with multivariate analysis, to validate and enrich the typology developed using an inductive methodology based on case studies.

5. Conclusion

Starting with relatively homogenous farms on its limited area in the 1970s, the Saïs Plain today holds a wide diversity of family farms which is based largely on access to groundwater. In this semi-arid climate, the opportunity to irrigate enabled numerous farms to introduce and develop vegetable and fruit cropping in their production systems, sectors which had been launched locally by large agribusinesses. The capital needed for such investments was mobilized through different sources, from savings generated by farm activities to financial contributions coming from outside the farm world.

These dynamics confirm the capacity of family farmers to seize opportunities and innovate in response, for example by adopting drip irrigation. Each farmer follows his own development pathway based on his own land resources, labour force, and capital, as well as on individual

choices made at a given moment in time, notably in terms of the diversification or specialisation of production activities. Nonetheless, one must not overlook the fact that these individual choices have collective consequences. The drop in groundwater levels, like the volatile market prices of fruits and vegetables, are factors that can affect the sustainability of existing farms. Their future depends on both potential collective measures taken by public authorities and sector actors in the management of common resources as well as on their own capacity to envision different development scenarios in response to these measures. This prospective reflection will require outside support to clarify the choices to be made. This support assumes that strategy advisory services for family farms will be strengthened in these regions, although the current and widespread trend in both the public and private sectors is to develop purely technical advisory services.

Chapitre III. Les facteurs déterminants de la durabilité des exploitations agricoles dans un contexte d'intensification agricole croissante

Ce chapitre a été soumis le 27 février 2017 à la revue *International journal of agricultural sustainability*, sous le titre “The determining factors of farm sustainability in a context of growing agricultural intensification ”

Baccar Mariem^{1,2}, Bouaziz Ahmed², Dugué Patrick¹, Gafsi Mohamed³, Le Gal Pierre-Yves¹

¹ CIRAD, UMR Innovation, 34398 Montpellier Cedex 5, France.

² Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, BP 6202 Rabat-Instituts 10100 Rabat, Maroc.

³ ENSFEA, UMR LISST-Dynamiques Rurales, 31326 Castanet Tolosan Cedex, France.

L'article a démontré que le degré d'autonomie de l'exploitation dans l'utilisation des ressources et la diversification du système de production entre cultures vivrières, maraîchage, arboriculture et élevage, conditionnent la durabilité environnementale. La structure de l'exploitation (taille, capitaux) et le choix de système de production affectent la durabilité économique, les cultures maraichères et fruitières irriguées dégageant des revenus très supérieurs aux cultures vivrières. Enfin, les préférences et les valeurs sociales de l'agriculteur influent sur la durabilité socio-territoriale sans lien évident avec les caractéristiques de son exploitation.

La combinaison des trois dimensions sur chaque exploitation montre qu'aucune n'arrive à un score de durabilité globale élevé, les dimensions économique et environnementale variant en sens contraire. Les implications du choix d'une méthode d'évaluation sur les résultats de durabilité sont discutées, ainsi que les conséquences des politiques agricoles sur la durabilité actuelle et future des exploitations.

The determining factors of farm sustainability in a context of growing agricultural intensification

Baccar Mariem, Bouaziz Ahmed, Dugué Patrick, Gafsi Mohamed, Le Gal Pierre-Yves

Abstract

Farms are evolving today in a political and social environment concerned with the three dimensions - environmental, social and economic - of sustainable farming. This study analyzes the key factors determining the sustainability of 36 farms reflecting the diverse farming systems found on the Saïs Plain in Morocco, where an intensification dynamic encouraged by the government is combined with increasingly constrained access to irrigation water and fluctuating agricultural commodity prices. The sustainability of each farm was assessed using the IDEA method after having adapted the indicators to the Saïs context. A multivariate statistical analysis was conducted to study the scores of each component of sustainability. The results show that the degree to which a farm is autonomous in the use of resources and the extent to which a farm's production system is diversified between subsistence crops, irrigated vegetables, arboriculture and livestock shape environmental sustainability. Farm structure (size, capital) and the choice of production system affect economic sustainability, with irrigated vegetables and fruit crops earning much higher income than subsistence crops. The farmers' preferences and social values influence socio-territorial sustainability without a clear link to their farms' characteristics. The combination of the three dimensions on each farm shows that no farm is able to obtain a high total sustainability value, with the economic and environmental dimensions varying in opposing directions. The implications of the choice of the assessment method on the sustainability results are discussed, as are the consequences of agricultural policies on the farms' current and future sustainability.

Key words: sustainability evaluation, IDEA, diversification, specialization, autonomy, Morocco

1. Introduction

In a global context of population growth and the depletion of natural resources, there is growing interest in the environmental, social and economic dimensions of sustainable development (Gafsi et al., 2006; Schwoob, 2014). In the agricultural sector, farm sustainability is critical for food security, poverty alleviation, and the conservation of natural resources, particularly in developing countries (Schindler et al., 2015). Assessing farm sustainability is an essential step in building the knowledge needed to (i) improve farm management to move towards more sustainable practices and production systems (Van Cauwenbergh et al., 2007), (ii) design innovative solutions increasing farm sustainability (Bockstaller et al., 2015) and (iii) design public policies encouraging environmentally friendly farming practices (Jane Dillon et al., 2016).

Farm sustainability is usually assessed by comparing the impact of different management practices (Hu et al., 2016), levels of intensification (Glendining et al., 2009) and climatic effects (El Chami and Daccache, 2015) on the performance of production systems. However, these studies focus more on calculating the values of assessment indicators than on identifying the determinants explaining these values (Bond et al., 2012; Pham and Smith, 2013). In the scientific literature, four categories of factors shaping farm sustainability have been identified. The first category relates to farmers and their families and includes both family and farming objectives, existence of off-farm activities, choice of marketing strategies (Ripoll-Bosch et al., 2012), involvement of family labour (Fadul-Pacheco et al., 2013) and the farmer's level of farming experience (Ahouangninou et al., 2015). The second category relates to the production system, including farm size and capital which influence profitability (Van Passel et al., 2007), the choice of farming activities such as mixed crop-livestock systems (Ryschawy et al., 2012), the choice of agricultural practices, for instance conventional versus organic farming, particularly in production systems negatively impacting the quality of natural resources such as horticulture (Nakajima and Ortega, 2015), and the adoption of technological innovations that might improve farmers' well-being and quality of life (Prasara-A and Gheewala, 2016). The third category relates to the overall farm environment, including factors such as the reintroduction of wildlife species that threatens the sustainability of sheep farms in Spain (Ripoll-Bosch et al., 2012), various public grant policies shaping the economic context

(Paracchini et al., 2015) and the dynamics of local markets (Salas-Reyes et al., 2015), and the evolution of technical advisory bodies (Yang et al., 2016). The fourth category includes global factors such as climate change and droughts (Fadul-Pacheco et al., 2013).

However, these determinants should always be characterized and analyzed within a specific context since the production of agricultural goods depends heavily on the natural setting and sociopolitical and technical conditions influencing farmers' decision-making processes (Coteur et al., 2016). By applying a formal evaluation tool known as IDEA (Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles /Farm Sustainability Indicators) to a diversified sample of 36 farms on the Saïs Plain (Morocco), this study aims to identify the key determinants of farm sustainability in a context characterized by diverse production systems (Baccar et al., 2017), an intensification process supported by public policies (Dugué et al., 2014) and a number of limitations related to water resources and market volatility (Quarouch et al., 2014). This context threatens not only the sustainability of the natural environment but also the viability of farmers' activities (Bekkar et al., 2009).

2. Material and methods

2.1. *The Saïs plain context*

The Saïs plain has witnessed a dynamic pattern of growth over the last 50 years thanks to the capacity of family farmers to respond to various opportunities in innovative ways. From Morocco's independence in 1956 until the drought period beginning in the 1980s, the area's farming systems were dominated by rainfed agriculture (cereals, legumes, olive and almond trees) combined with small livestock herds (sheep and cattle). Following the drought period, farmers began to rely on groundwater through individual wells and introduced irrigated crops. Horticulture, especially onions and potatoes emerged, followed by peaches, plums and grapes. Today, Saïs displays a large diversification of farms linked to the availability of water, land and capital resources.

A previous study distinguished three types and seven subtypes of farms (Baccar et al., 2017). T1 comprises farms that have remained close to the initial traditional system, combining rainfed crops and livestock. Two subtypes are defined according to farm size: small farms (7 ha on average) for T1a, large farms (around 100 ha on average) for T1b. T2 comprises farms that have access to irrigation and which maintain production diversity. T2a farms aim to earn relatively equal Total Gross Margin (TGM) amounts from rainfed crops, livestock, and vegetables. T2b farms are oriented toward fruit tree crops, which represent their main source of income (more than 50% of the TGM) followed by vegetables. T3 comprises farms specialized respectively in vegetable production (T3a), fruit tree crops (T3b) and milk production (T3c).

The area devoted to irrigated crops increased significantly between 2000 and 2014, by around 30% for potato and onion fields and by 185% and 330% for respectively plum and peach orchards (source: Moroccan Ministry of Agriculture). This production increase has given rise to an alarming over-exploitation of the aquifer (Quarouch et al., 2014) and to price volatility on saturated local and national markets due to a lack of farmers associations and limited long-term storage capacities (Lejars and Courilleau, 2014). It is moreover accompanied by a greater use of chemical fertilizers and pesticides compared to rainfed agriculture.

2.2. *Farm sampling*

This study is based on a diversified sample of farms which led to the typology presented above (Baccar et al., 2017). Of the 40 farms selected in the previous research work, 36 were retained for the sustainability assessment based on the farmers' willingness to participate in the process and to provide the requested data. They were visited individually several times during the study due to the large amount of agricultural, social and economic data that needed to be collected and the comprehensive objective of the survey. The farmers represent the farm diversity identified formerly (Table 1).

Table 1. Farm characteristics per farm type (average if not specified)

Type	T1a	T1b	T2a	T2b	T3a	T3b	T3c
Number of farms	4	4	10	3	4	9	2
Total area (ha)	7	98	10	13	19	19	32
Family MWU ¹	2.3	2.8	1.9	2.2	2.5	1.7	1.8
% cultivated area							
Rainfed crops	100	98	67	30	35	31	86
Irrigated vegetables	0	0	26	44	58	6	0
Irrigated fruit trees	0	0	2	24	3	62	0
Number of farms owning livestock							
Cattle	3	2	8	2	3	4	2
Sheep	2	3	5	0	2	0	0
Capital/MWU (*1000 MAD)	213	953	565	539	614	1 127	298

¹Man Work Unit

2.3. *The assessment methodology*

The IDEA method was used to assess the sustainability of the 36 family farms. This method was developed in France (Zahm et al. 2008) and has been used in emerging-economy countries such as Tunisia (M'Hamdi et al., 2009) and Mexico (Salas-Reyes et al., 2015). IDEA provides a holistic and integrated view of farm sustainability by taking into account the agroecological, socio-territorial, and economic dimensions of sustainable development (see Annexe 8, Appendix 1). The total sustainability value is given by the lowest score within these three dimensions (Hansen, 1996). The score of each dimension, which can be up to 100 points, is obtained by summing up the scores of its components. In the same manner, the score of each component is obtained by adding up the scores of its indicators. The theoretical framework can be found in Zahm et al. (2008) or by consulting the IDEA website (<http://www.idea.chlorofil.fr>)

The initial method was adapted to the Moroccan context by incorporating context elements and implementing modifications based on issues pointed out by farmers and key resource persons (see Annexe 7; Annexe 8, Appendix 1). Some scores were changed, such as the water management score (A17) to benefit farmers who preserve water resources. Some items or indicators were deleted due to the absence of certain elements such as “permanent grassland” (A2) or "approved spreading effluents plan" linked to manure management (A13). Some items were added in order to emphasize specific elements such as collective work (B10), which allows many farmers with resource constraints to increase their production. Some indicators were modified by adjusting threshold values according to the standards prevalent in the study area, such as crop rotation indicator (A5), or by replacing non-existing elements with others that have the same scope. For example, the quality labels and standards (B1) indicator was changed to the valorization of products with a value linked to the territory (for example, onions). Afterwards, we adjusted the scores (minimum and maximum) of the indicators within each component by assigning high scores to the indicators that best distinguished farms from each other, and low scores to those which did not.

Although the majority of IDEA indicators are based on direct observation or farmer’s statements, a number of indicators involve the calculation of variables such as environmental flows or farm economic performances (see Annexe 8, Appendix 2). The calculation of these indicators was based on farmers' responses concerning quantities (fertilizers, treatments, energy) and on local technical references.

2.4. *Data analysis*

Given the large number of indicators included in IDEA, a Principal Component Analysis (PCA) combined with an Ascending Hierarchical Classification (AHC) (squared Euclidean distance and Ward’s aggregation method) was chosen (Pradel and Del'homme, 2005). These statistical analyses were conducted using IBM SPSS Statistics 20 software. The analysis was made for the 36 farms and the different components of each sustainability dimension (agroecological, socio-territorial and economic) in order to explain the determinants. The number of classes of each AHC was chosen to enable a sound interpretation of results and adequate differentiation between the groups of farms.

3. Results

3.1. *Agroecological sustainability is determined by the degree of farm autonomy and diversification*

The 36 farms surveyed fall into three agroecological sustainability groups (see Annexe 8, Appendix 3; Table 2), determined by two factors linked to the farmer's strategic choices: (i) the main orientations of the farm in terms of the choice of production system and level of diversification, and (ii) the choice of farming practices that lead to different levels of input use in a quest for autonomy of the production system or intensification through capital.

GA1 gathers 10 farms with the highest agroecological sustainability scores. These scores correspond to diverse crops (largely rainfed), low use of inputs and thus a low risk of ecosystem pollution. All of the farmers rotate cereals (wheat and barley) and legumes (faba beans, lentils and chickpeas). Eight farmers have adopted rainfed arboriculture (almonds and olives). Only two farmers are developing irrigated crops (onions, almonds). Arboriculture contributes to better quality soil due to shallow tillage and permanent soil cover. The livestock present on eight farms (2 to 20 cattle and/or 15 to 80 sheep) made up of local breeds better adapted to the absence of irrigated forage crops also contribute to raising the score.

These farming systems and practices generate the lowest production costs (on average 4,600 MAD/ha³) of the three groups thanks to the use of farm resources and more extensive agricultural practices. The quantities of nitrogen fertilizer purchased are moderate (Figure 1) due to the development of legumes (present on over 15% of the UAA⁴ on eight farms) and the production and use of farm manure (on over 20% of the UAA on six farms; no farmer buys manure). The number of phytosanitary treatments also is low compared to the two other groups (Table 3). The costs of fattening cattle and sheep are limited by the use of rainfed forage and feed produced by the farm (oats, barley, faba beans) and natural off-farm collective pastures. Feed (bran, dry beet pulp and commercial feed) is only purchased to fatten calves and as a complement for cows when grazing is not possible during autumn.

³ 10 MAD = €0.93

⁴ Utilised Agricultural Area

This choice of practices renders farms less vulnerable to fluctuations in the price of inputs and leads to low environmental impacts (pollution pressure: 2.86 and apparent nitrogen balance: + 23 kg N/ha). In the absence of irrigation and the limited use of nitrates, the pollution of groundwater is reduced. Of the two farms with access to water, one has a small irrigated surface area (less than 4% of UAA), the other a water-saving system (drip irrigation on over 50% of UAA). The quantities of fossil fuels used by this group are consequently the lowest of the sample with 180 litres of Fuel Equivalent per Hectare (FEH).

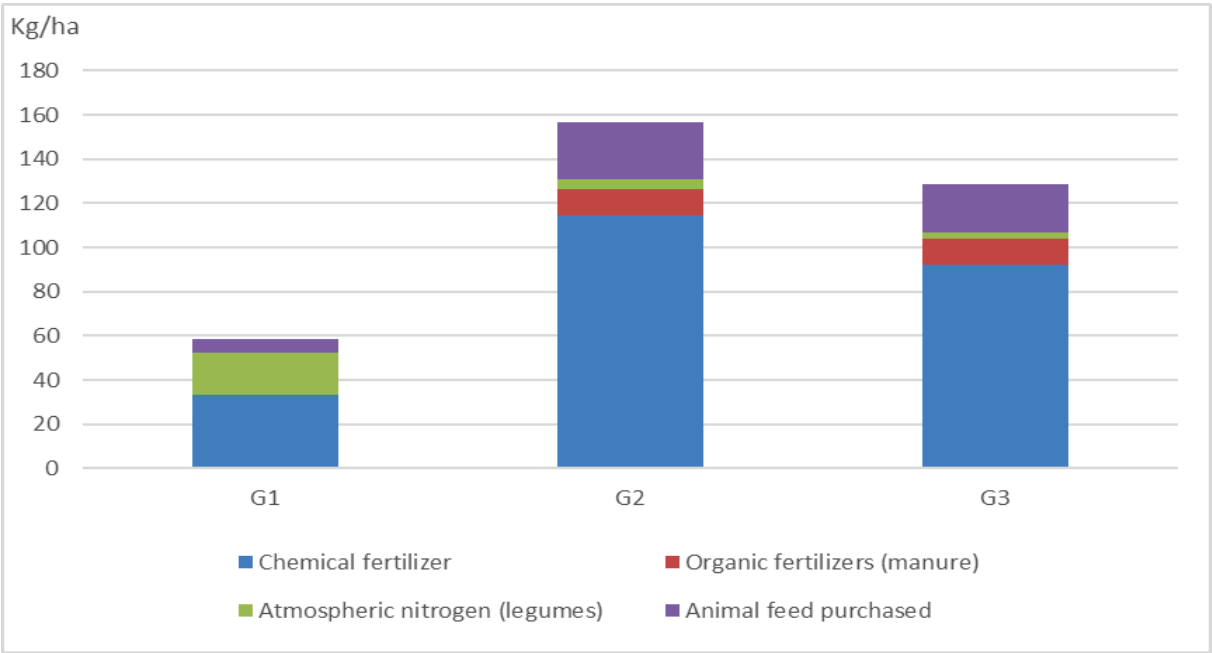


Figure 1. The different sources of nitrogen used in the three groups of agroecological sustainability

A2 gathers 19 farms with access to water and which irrigate part of their cultivated areas. Their agroecological sustainability scores are lower than GA1 due to more intensive practices involving a greater use of inputs and higher pollution risks for ecosystems and possible threats to human health posed by pesticides. However, these farms maintain a diversity of crop species, combining rainfed crops (present on 16 farms), irrigated vegetables (onion and/or potato on 16 farms) and in seven cases irrigated arboriculture (peach, plum, table grape, apple). However, the land under rainfed and irrigated vegetable crops is tilled intensively (on average tilled once deeply and twice lightly). Livestock are present in the majority of cases (2

to 16 cows and/or 10 to 60 sheep) with a predominance of Holstein cows with a high potential milk production which are promoted by government agencies.

These farms consume more inputs than GA1, leading to higher production costs (14 000 MAD/ha). The fertilization and phytosanitary protection practices accompanying the irrigated crops are more intensive (Table 3), although they vary between farmers. Numerous applications are made and the approved doses are rarely respected. The consumption of chemical fertilizer per hectare is high due to the choice of crops, the limited role of legumes in cropping plans, absent or covering less than 10% of the UAA on the 16 farms, and low use of organic manure (on less than 20% of the UAA on 11 farms). Yet livestock are managed more intensively than GA1, with a high stocking rate (3.8 LU per area under forage (AUF)), irrigated forage crops (maize, lucerne, berseem clover) in addition to rainfed forage, and the use of purchased feed concentrates.

This management leads to negative environmental impacts (pollution pressure: 4.53 and apparent nitrogen balance: + 67 kg N/ha), aggravated by high surface irrigation pressure on the aquifer (<1/3 of the UAA; eight cases), drip irrigation being limited to large irrigated areas (>50% of their UAA; eight cases). Seven of the 19 farms are affected by the lowering of the water table in the summer, leading some to reduce their irrigated areas while others improve their access to ground water by over-digging their wells and boreholes. Water management remains poor as 15 out of the 19 farmers see no point in measuring their consumption given that the resource is free and accessible. These production systems use very large amounts of energy (1000 litres/ha of FEH).

GA3 groups seven farms, two of which specialized in dairy (T3c), with the lowest agroecological sustainability scores due to the simplification of their production systems (on average three cultivated crops per farm) and their more intensive farming practices. Six farms have access to irrigation water while maintaining rainfed crops but only one cultivates legumes in rotation with cereals. The others are grappling with growing parasite problems on cereals and are increasing their use of pesticides. Irrigated vegetables are grown on two farms and there is irrigated arboriculture on five farms. The irrigated arboriculture demonstrates

specie-variety diversification in the aim to spread out the selling period but most of the species belong to the family of Rosaceae with pits. Livestock are present on only two farms, with improved dairy cow breeds (16 and 25 cows).

Like GA2, these farms are intensifying their production systems through the purchase of inputs (production cost 13 500 MAD/ha). Their fertilization and phytosanitary protection practices vary according to the production system chosen but the use of chemical fertilizer is high on the majority of farms due to the absence of livestock and legumes. Only two farmers use organic fertilizer purchased from agro-pastoral farmers in the region. The two dairy farms bear high feed purchase expenses to achieve their production objectives. This management method based on the simplification of the production system and a massive use of inputs has equivalent environmental impacts as GA2. These farmers nonetheless seek to limit their use of water through drip irrigation on all of the arboriculture areas. Their energy dependence is similar to that of GA2 due to their heavy use of fossil fuels.

These results show that the agroecological sustainability scores increase with the degree to which a farm is autonomous in relation to the purchase of inputs (fertilizer, fuel, pesticides and concentrates) and the degree of diversity of the production system. When intensification through the purchase of inputs (GA2) is accompanied by a simplification of the production system (GA3), sustainability is reduced proportionally.

Table 2. Average characteristics and scores of farms by agroecological sustainability group (coefficient of variation - % - in brackets)

	GA1	GA2	GA3
Number of farms	10	19	7
Number of production activities	7 (21)	7 (30)	3 (50)
Irrigated area ¹	7 (261)	53 (57)	56 (60)
Production cost/ha in MAD	4 600 (49)	14 000 (36)	13 500 (58)
Feed purchased ²	56 (29)	65 (35)	72 (15)
Stocking rate (LU per hectare of AUF)	1.64 (38)	3.79 (78)	0.54 (92)
FEH (litres/ha)	180 (77)	1000 (65)	900 (62)
Nitrogen balance (kg N/ha)	+ 23 (90)	+ 67 (70)	+ 49 (78)
Pollution pressure	2.86 (51)	4.53 (49)	4.31 (66)
Average score per component and total			
Diversity (max = 33)	22	18	8
Organization of space (max = 33)	17	21	10
Farming practices (max = 34)	28	14	19
Total (max = 100)	67	53	37

¹ % of used agricultural area (UAA); ² % of total feed cost

Table 3. Fertilization and phytosanitary protection practices for several Saïs crops (averages calculated based on survey data; coefficient of variation - % - in brackets).

	Rainfed crops				Irrigated crops		
	Wheat	Faba beans	Olive	Potato	Onion	Peach	Plum
Phytosanitary treatments (number)	2 (37)	3 (35)	2 (35)	5 (39)	5 (35)	6 (42)	5 (16)
Nitrogen fertilizer (kg N/ha)	81 (47)	30 (60)	8 (88)	206 (26)	114 (30)	104 (50)	118 (50)

3.2. *Economic sustainability is partially determined by production choices*

The three economic sustainability groups are differentiated by the farms' type (Table 4) according to their structure (size, capital) (see Annexe 8, Appendix 4; Table 1) and their choice of production system. By largely conditioning the income generated by the farm and its capital, these factors determine the viability, transferability and economic efficiency of the farm.

GE1 groups the 11 farms with the lowest performance, namely all of the farms in T1a, one T1b farm, half of the T2a farms and one T3c farm (Table 5). These farmers do not have the resources to make large investments or modernize their production tools. The income generated by these systems is low due to less profitable production (rainfed crops - T1a & T1b) or small farm surface areas (the other types). Consequently, the economic viability and transferability of these farms are limited in most cases by their low current or future income, even if their capital varies. The diversification of activities, when this occurs, enables them to be more resilient and to establish cash reserves fed by various sources and better staggered across the year. These farmers can also use their livestock which are both a savings account and production capital. This flexibility, combined with the absence of loans, renders these farms more economically independent.

GE2 groups 12 farms with economic sustainability scores higher than those of GE1. All of the production systems are represented with the exception of those specialized in arboriculture

(T3b) and small traditional farms (T1a). With larger areas under high value-added crops (irrigated vegetables and arboriculture), this group has higher income and capitalization than GE1, improving the farms' economic viability and transferability. However, the production efficiency of these systems remains weak due to high production costs in relation to the sale price of products. The strategy to manage market risks (specialisation versus diversification) varies from case to case, as does the economic autonomy. Eight farms have funding sources that can be used in the case of an economic shock (livestock as savings, off-farm family support, off-farm income generating activities). The four others have no source of complementary income and must take out loans when faced with financial problems caused by a drop in prices or exceptional family events.

GE3 groups the 13 farms with the highest economic sustainability scores. This group holds all of the farms specialized in arboriculture, two farms specialized in irrigated vegetables (T3a), and two large rainfed crop farms (T1b). These scores reflect a high level of economic viability due to the amount of income generated. These farmers have high creation of value-added and production objectives resulting in high gross profit margins per hectare (77 000 MAD for peaches compared to 29 400 MAD for onions on average). Over time, they build up considerable capital allowing them to increase the size of their irrigated areas or cope with poor years or price fluctuations. However, the transferability of these farms is little better than GE2 due to the large amount of capital to be remunerated facing potential new owners. However, four underfunded farms show weak economic autonomy due to their investments in arboriculture financed by loans.

These results emphasize the close link between the farms' production systems and economic sustainability (Table 5). Specialization seems overall more sustainable than diversification for the same production (irrigated vegetables, arboriculture), since specialized farms score better (T3a > T2a; T3b > T2b). Furthermore, arboriculture currently improves economic sustainability compared to cultivating irrigated vegetables and rainfed crops because the profits earned are higher. In contrast, small traditional farms (T1a) have the weakest economic sustainability. However, within the same production system, the income and thus the economic viability of a farm can vary depending on the size of the area cultivated. For example, this area varies from 46 to 222 ha for T1b and from 2.5 to 18.5 ha for T2a.

Moreover, investments in equipment, buildings and improved animal breeds generate high financing needs that affect the transferability of the farm and its viability when they are not covered by the farm's own funds (case of T1b and T3c farms appearing in GE1).

Table 4. Average economic characteristics of the three economic sustainability groups (coefficient of variation - % - in brackets)

Groups	GE1	GE2	GE3
Number of farms	11	12	13
UAA (ha)	12.5 (109)	18.9 (67)	38.8 (153)
Economic viability (MAD/FMW ¹)	37 200 (59)	86 600 (32)	274 100 (50)
Income (MAD/FMW)	115 000 (70)	245 700 (35)	659 600 (61)
CVA ² /MWU ³ (MAD)	38 800 (59)	73 200 (32)	125 800 (50)
Efficiency (%)	56 (17)	53 (14)	68 (24)
Capital/FMW (MAD)	400 000 (51)	574 500 (32)	1 064 600 (40)
Average score per component and total			
Viability (max= 30)	6	15	22
Independance (max=25)	19	18	19
Transferability (max=20)	8	13	15
Efficiency (max=25)	10	10	18
Total (max=100)	43	57	75

¹ Family man-work; ² Capacity to generate value added; ³ Man-work unit

Table 5. Distribution of economic sustainability groups (GEi) per farm type (Tj)

	T1a	T1b	T2a	T2b	T3a	T3b	T3c
GE1	4	1	5	-	-	-	1
GE2	-	1	5	4	1	-	1
GE3	-	2	-	-	2	9	-

3.3. *Socio-territorial sustainability is determined by the farm's openness to the socio-economic environment*

The analysis of the components of socio-territorial sustainability made it possible to differentiate three farm groups distinguished by choices related to the farmers' individual preferences and social values (see Annexe 8, Appendix 5; Table 6). GS1 groups 24 farms with relatively high socio-territorial sustainability scores. These farmers are well integrated into local territorial dynamics and activity through different activities such as opening the farm to other farmers, potential clients and advisors (19 cases), membership in professional organizations (11 cases), direct sales on the farm or in village markets or souks (22 cases), which bring the farmers closer to consumers. These farmers favour helping each other (14 cases), particularly for agricultural material, working together through joint activities and pooling knowledge to improve production (4 cases), and participate in social development projects set up by national social development agencies involving, for example, the improvement of local infrastructure or schooling for children. They also contribute to territorial dynamics through local purchases of livestock, manure, and cattle feed (21 cases). These farmers seek to obtain information through participation in training sessions (16 cases), hosting interns (9 cases) or belonging to professional groups organized around public or private technicians (5 cases). These trainings lead, for example, to better storage of phytosanitary products (17 cases) or a better management of these products' containers (23 cases).

GS2 groups eight farms with scores lower than GS1 but nonetheless high. These farmers are in effect well integrated in the local territorial dynamics through activities similar to those

observed for GS1. However, their attendance is lower at information meetings organized by local advisory structures due to higher workloads and lower reliance on farm workers.

GS3 groups four farms with low socio-territorial sustainability due to their weak participation in local development dynamics. They have few ties with other agricultural sector actors, are little involved in farmer organizations, and sell all of their production on wholesale markets through intermediaries who assume responsibility for harvesting the standing crops. This organization does not promote mutual help nor collective work. However, this group contributes heavily to permanent employment. These farmers do not consequently bear a heavy workload and esteem that their quality of life is good. They host interns from nearby agricultural training schools and participate in training sessions which interest them. An environmental ethic appears in this group through a penchant for recycling plastic waste such as irrigation tape.

Table 6. Average scores of the socio-territorial sustainability dimension and its three components according to the three farm groups

	GS1	GS2	GS3
Number of farms	24	8	4
Quality of the products and the land (max=33)	20	19	12
Employment and services (max=33)	24	20	11
Ethics and human development (max=34)	23	14	20
Total (max=100)	67	54	43

3.4. The different forms of sustainability according to the production systems present on the Saïs Plain

By combining the three dimensions of sustainability, it is possible to calculate an overall sustainability score for each farm (the lowest of the three ones) and to analyse the contribution of each dimension to that score. A multivariate analysis combined with a hierarchical clustering applied to these scores enabled four sustainability groups to be distinguished that were analyzed in conjunction with the initial typology of the farms (see Annexe 8, Appendix 6; Tables 7 and 8). GD1 groups six farms combining the lowest agroecological and socio-

territorial sustainability scores with the highest economic sustainability score. The sustainability value of this group is the lowest (34/100) despite the high economic performance. This group is only composed of farms specialized in arboriculture that are driven above all by economic objectives to the detriment of environmental and social dimensions. This entrepreneurial management style, which many farmers currently wish to adopt, will endanger the future of natural resources and the environment on the Saïs Plain if the practices involved are not modified.

In contrast with GD1, GD2 groups five farms showing a dichotomy between agroecological and economic sustainability, holding the highest agroecological score and the lowest economic score. The socio-territorial sustainability score indicates that these farmers are well integrated into territory dynamics. This group includes all of the small traditional farms (T1a) and one large rainfed farm (T1b). Compared with the other groups, these farms appear more autonomous but their economic viability is fragile, which consequently lowers their overall sustainability (42/100). The future of these environmentally friendly systems is thus in question.

Between these two extremes, there are two groups with more balanced situations. GD3 gathers half of the farms studied, with a balance between the different sustainability dimensions and a relatively high sustainability value (48/100). Numerous production systems appear in this group, namely all of the diversified farms (T2a and T2b), two farms specialized in irrigated vegetables (T3a), the two farms specialized in livestock (T3c), and one large rainfed farm (T1b). The overall sustainability value of these different systems corresponds to a limit on one of the three agroecological, socio-territorial or economic dimensions.

GD4 groups seven farms that have a higher economic sustainability score than that of GD3 without degrading the other sustainability dimensions. Furthermore, these farms have the highest overall sustainability value (55/100). This group includes two large rainfed farms (T1b), two farms specialized in irrigated vegetables (T3a) and three farms specialized in arboriculture (T3b). In the last case, they are clearly distinct from farms of the same type in GD1. These fruit tree farmers maintain diverse activities (small livestock, cereals) that

conciliate increased income with good environmental sustainability. In contrast with GD1, these fruit tree farmers are well integrated in territorial dynamics.

Table 7. Average scores of the three sustainability dimensions and the total sustainability value for the four groups of farms.

	GD1	GD2	GD3	GD4
Number of farms	6	5	18	7
Agroecological dimension (max=100)	35	75	54	56
Socio-territorial dimension (max=100)	46	62	64	67
Economic dimension (max=100)	76	42	52	73
Total sustainability value	34	42	48	55

Table 8. Distribution of farms with different production systems according to their level of sustainability

	T1a	T1b	T2a	T2b	T3a	T3b	T3c	Total
GD1	-	-	-	-	-	6	-	6
GD2	4	1	-	-	-	-	-	5
GD3	-	1	10	3	2	-	2	18
GD4	-	2	-	-	2	3	-	7
Total	4	4	10	3	4	9	2	36

4. Discussion

4.1. *Effects of the sustainability assessment procedure on the nature of the results*

Growing interest in sustainability assessments has recently led to a proliferation of methods (Schindler et al., 2015). This study was based on the choice of one of these (IDEA), which is itself based on hypotheses defining a sustainable farm, particularly with regard to the agroecological and socio-territorial dimensions. However, while these assessment tools are intended to provide support to decision makers to improve the sustainability of their production systems (Bond et al., 2012), there is no clear consensus regarding these hypotheses, and consequently the choice of method (de Olde et al., 2016a). This absence of consensus is resulting in multiple interpretations of the concept of sustainability and

producing different results for the same production system (van der Werf et al., 2007) depending on the theoretical, empirical and legal definitions of sustainability and on the perspectives of assessment actors regarding the concept (Binder et al., 2010). Based on an empirical understanding of how farming systems function, IDEA aims to highlight the limits of specialized farming systems. It therefore gives a more favourable score to farms which are diversified, autonomous with regard to resources used, and generate little pollution. Adapted and applied to the Moroccan context, such a hypothesis rendered it possible to point out the limits of development based on a specialization in irrigated vegetables and fruit despite the better economic results.

A given method must be adapted to the context and objectives of an assessment (Carof et al., 2013; Sydorovych and Wossink, 2008). However, this adaptation also contributes to the subjectivity of results by projecting the evaluators' hypotheses regarding sustainability on the choice of indicators, their relative weights and their scoring. For this study, which was conducted by researchers on a limited number of farms, the adaptation of IDEA mainly consisted of integrating knowledge obtained through a survey of diverse local actors (farmers, state farm agency officers), eliminating indicators that were not relevant and modifying certain others, all the while observing the overall principles of the method, including its static character. In so doing, certain salient features of sustainability for the medium term could not be considered, such as market price fluctuations and climate risks (drought).

Within these limits, IDEA appeared suited to the objective of this study, namely to describe the sustainability of farms in a context of agricultural intensification from an outside perspective (researchers) over the short term and with a limited budget (Marchand et al., 2014). A more dynamic objective, aiming to stimulate reflection among actors (farmers as well as sector and agriculture support operatives) on the sustainability of their production systems to identify priority actions, would require more in-depth consideration of their perceptions of sustainability and their societal expectations within a more participatory framework (Coteur et al., 2016).

4.2. *The determinants of the farms' sustainability*

The recent agricultural development dynamics on the Saïs Plain are based mainly on groundwater-fed irrigation and the spread of mechanization. This development model, which is supported by public policy, is strongly affecting the environmental and economic sustainability of farms, none of which achieve high sustainability scores on the three dimensions. Indeed, while access to irrigation water has made it possible to increase farmers' incomes, it has been accompanied by an intensification of capital, which has demonstrated its negative impacts in various regions with the risk of local pollution (Tilman et al., 2002), pressure on water resources (Seckler et al., 1999), and increased greenhouse gas emissions (Stavi and Lal, 2013). The overexploitation of groundwater will impact the sustainability of more and more farms. The solutions employed by some to improve their access to water do not appear sustainable and could lead to a tragedy of the commons in the absence of collective regulations (Hardin, 1968). In parallel, mechanization has become widespread through state support, with some farms seeking economies of scale. This dynamic limits their transferability due to an increase in their takeover capital compared to their potential income. It also could reduce their socio-territorial sustainability through a reduction of farm employment.

In this overall framework, factors linked to the production system and the responsibility of farmers, such as decisions regarding what to produce, how these products are combined, and cropping practices, structural variables and capital held, largely determine the sustainability of farms on the Saïs Plain. As elsewhere, the diversification of activities between arable crops, irrigated vegetables, arboriculture and livestock enables environmental sustainability to be increased (Lemaire et al., 2014; Wright et al., 2012). However, rainfed diversified farms show weaker economic sustainability, which threatens their future, particularly when they own their land as the sale of land can serve as an adjustment variable to cover chronic deficits. Irrigated diversified farms show varying levels of sustainability depending on their size, farm practices and economic performance. Farms specialized in arboriculture also appear in two sustainability groups, some favouring less capital intensive farming practices and inter and intra-species diversification, as in the case of banana-based systems in the French Antilles (Chopin et al., 2016). Lastly, large rainfed crop farms show a good balance between agroecological (low environmental impact) and economic sustainability (increased viability

compared to small rainfed farms). However, they use large areas, resulting in a weak creation of wealth per hectare.

Beyond these general and production system-specific trends, the multiplicity of variables considered in the sustainability assessment renders each farm a unique case with regard to action levers and room to manoeuvre to improve sustainability. To help farmers design and implement compromises between agroecological and economic sustainability in particular, advisory approaches are needed that combine tools such as IDEA with strategy reflection support tools to enable an assessment of various scenarios combining technical, economic, and environmental indicators at the farm level (Le Gal et al., 2011).

4.3. *Consideration of sustainability in agricultural policies*

As the concept of sustainability involves social and political considerations of peoples' future, action levers also may be sought at the level of agricultural policy, particularly concerning the environmental component (Fischer and Newig, 2016). For example, the United States and the European Union have instituted diverse forms of support for farmers who adopt sustainable or environmentally friendly farming practices (van Zanten et al., 2014). In developing countries, agricultural policies place more emphasis on the development of production coupled with improved living standards for urban and rural populations than on the environmental dimension (Swilling et al., 2016). The Moroccan Green Plan (PMV) thus promotes intensification based on a higher consumption of inputs and capital per hectare through subsidies for mechanization, irrigation and planting orchards (Akesbi, 2012). These incentives improve farm income but their environmental consequences do not appear to be adequately taken into account in the country's agricultural policy. For example, irrigation subsidies promote the massive expansion of irrigated areas even when the efficiency of irrigation at the field level is improved by the promotion of drip irrigation. The subsidies for mechanization could, as in Europe, lead to the homogenization of the farm landscape and the disappearance of small farms (van Zanten et al., 2014).

In response to these problems, the PMV has only recently begun to integrate the environmental component through studies on the merits of payments for ecosystem services.

Such tools could help to maintain practices that are more extensive or natural (hedges, grass strips, agroforestry) by rendering them financially attractive, as is the case in Europe (Fischer et al., 2012). They could improve the economic sustainability of rainfed farms, or improve the agroecological sustainability of farms oriented towards more intensive production systems. In parallel to these national measures, reinforcing local governance enables measures to be adapted to the specific features of territories, as shown by the local management of water resources in the Chaouia region in Morocco (Berahmani et al., 2012). This experiment could be extended to Saïs, integrating resource management and regulations on farming practices.

Local actors also can act to facilitate the emergence of sustainable innovations in conjunction with these agricultural and environmental policy instruments (Geels, 2012). The private sector can draw on knowledge and financial and managerial resources to develop alternatives over the entire agri-food chain (Reisch et al., 2013). Civil society can spread innovative ideas and practices by encouraging actors to seek solutions at the local level (Grin et al., 2011). Lastly, research and advisory bodies have an important role to play in helping strengthen the individual and collective capabilities of farmers through their local networks. These elements remain, however, limited in a context such as the Saïs Plain where economic profitability remains the dominant concern for most actors.

5. Conclusions

Working from the point of view of the researcher, this study rendered it possible to describe the sustainability of farms on the Saïs Plain (Morocco), an area where there is a trend towards intensification through capital. It appears that sustainability is determined by different factors, namely production systems, farm structure, nature of farming practices, farmers' preferences and the local political context. The different combinations of these factors shape the sustainability of the environmental, social and economic dimensions and lead to a diversity of farm situations with regard to sustainability. However, sustainability assessment results remain sensitive to the choice of methods and hypotheses defining a sustainable farm, for which there is as yet no consensus.

Furthermore, the dynamics of agricultural development implemented by the government is largely enabling increased income for farmers, but the current and future sustainability of certain production systems is questionable due to their negative impacts on the environment and natural resources. Their future thus may depend on taking into consideration the environmental dimension in decisions at different levels (policy makers, advisors, farmers) to develop measures adapted to specific local features and the management of shared resources. These future decisions assume the integration of different local sector actors, the strengthening of their capabilities and their involvement in sustainability efforts.

Chapitre IV. Perceptions de la durabilité de l'agriculture par les producteurs familiaux en situation de raréfaction des ressources : le cas de la plaine du Saïs (Maroc)

Ce chapitre fera l'objet d'un article à soumettre, sous le titre " Sustainability viewed from farmers' perspectives in a resource-constrained environment "

Baccar Mariem^{1,2}, Bouaziz Ahmed², Dugué Patrick¹, Gafsi Mohamed³, Le Gal Pierre-Yves¹

¹ CIRAD, UMR Innovation, 34398 Montpellier Cedex 5, France.

² Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, BP 6202 Rabat-Instituts 10100 Rabat, Maroc.

³ ENSFEA, UMR LISST-Dynamiques Rurales, 31326 Castanet Tolosan Cedex, France.

Dans cet article, les agriculteurs sont placés au centre de l'analyse. La durabilité des exploitations agricoles apparaît à travers leurs perceptions et leurs stratégies de gestion. Les perceptions des agriculteurs de la durabilité de leur exploitation renvoient à de nombreux variables et processus. Néanmoins, la dimension économique prédomine dans leurs réponses. En outre, la dimension environnementale de la durabilité s'en trouve négligée par la majorité.

Les perceptions de la durabilité des agriculteurs influencent fortement leurs stratégies de gestion et les amènent à adopter des comportements miniers vis-à-vis des ressources naturelles, particulièrement l'eau souterraine qui est gérée comme une ressource individuelle et non commune. Cette attitude est favorisée par la puissance publique, qui pousse à l'accroissement de la production agricole avant la régulation de l'usage des ressources naturelles et même celle des marchés.

Sustainability viewed from farmers' perspectives in a resource-constrained environment

Baccar Mariem, Bouaziz Ahmed, Dugué Patrick, Gafsi Mohamed, Le Gal Pierre-Yves

Résumé

Afin d'accompagner efficacement la transition de l'agriculture vers un modèle plus durable, il convient de bien comprendre comment les agriculteurs perçoivent leur contexte d'action. Basé sur des entretiens et des analyses approfondis avec 36 agriculteurs, cet article explore les perceptions de la durabilité de l'agriculture par les producteurs familiaux ainsi que les stratégies qu'ils mettent en œuvre pour durer. Bien que les agriculteurs du Saïs ne connaissent pas formellement le concept de « durabilité », leurs perceptions intuitives du concept a débouché sur sept thèmes de durabilité, montrant une large préférence pour la dimension économique. L'importance des thèmes dans les réponses apparaît par la combinaison entre rentabilité et maintien des ressources naturelles de l'exploitation (G1), rentabilité et adaptation aux changements externes à l'exploitation (G2) et la réalisation d'un modèle agricole moderniste (G3). En outre, trois stratégies de gestion sont mises en œuvre : la survie de l'exploitation (S1), la valorisation de la flexibilité de l'exploitation (S2), ou la maximisation du revenu (S3). Enfin, le croisement entre les groupes de perception de la durabilité de l'agriculture et les groupes de stratégies de gestion de l'exploitation montre des liens étroits et des cohérences entre G1 et S1 liés aux menaces relatives à la dégradation de la fertilité du sol ou au manque d'eau ; entre G2 et S2 liés à la valorisation des opportunités foncières et économiques, et l'intensification des pratiques pour améliorer la durabilité économique de l'exploitation ; entre et G3 et S3 qui traduit le lien fait entre durabilité et modèle de production moderniste.

Mots clés : durabilité, perception, stratégie adaptative, pratiques agricoles, Maroc

1. Introduction

Les limites du modèle agricole productiviste basé sur la simplification des systèmes de production et la forte utilisation de ressources non renouvelables sont observées partout dans le monde (Lemaire et al., 2014). Ces limites d'ordre environnemental, économique et social remettent en cause ce modèle de développement (Evans, 2009) et soulèvent le défi de la transition vers une agriculture plus durable (Swilling et al., 2016). Mais l'efficacité de cette transition dépend de son adaptation à la diversité des contextes d'action, des moyens dont elle bénéficiera et des convictions des agriculteurs et leur engagement (Schoon et Te Grotenhuis, 2000 ; Schreinemachers et al., 2015). Par conséquent, une meilleure compréhension de la façon dont les agriculteurs perçoivent leur contexte d'action et le transforment dans une perspective de développement durable est essentielle pour concevoir cette transition vers une agriculture durable (Fairweather et Hunt, 2011).

Les agriculteurs construisent un cadre d'analyse de la durabilité qui est à priori différent de celui des chercheurs ou des autres groupes sociaux, car ils doivent mettre en cohérence l'avenir de leurs exploitations à long terme et sa gestion au quotidien (Lankester, 2012). Bien que différentes études mettent l'accent sur les agriculteurs et les systèmes dans lesquels ils évoluent (Choisis et al., 2012; Ryschawy et al., 2012), peu d'entre elles explorent les jugements de valeur personnels (personal value judgment) des agriculteurs et leurs perceptions de la nature et du fonctionnement de leur système de production (Lankester, 2012). En outre, les perceptions des agriculteurs ont été jusque-là étudiées en se focalisant sur des thèmes spécifiques liés de près ou de loin à la durabilité agricole tels que la dégradation des sols (Assefa et Hans-Rudolf, 2016), la gestion des risques phytosanitaires (Schreinemachers et al., 2015), la gestion de la biodiversité (Kelemen et al., 2013) ou la gestion des eaux souterraines (Bekkar et al., 2009). Rares sont les études qui explorent comment les agriculteurs perçoivent la durabilité du système de production d'une façon globale. Celles-ci cherchent à explorer différents facteurs tels que les valeurs des agriculteurs au regard du concept (Fairweather et Campbell, 2003), l'influence du contexte socio-économique sur leurs perceptions de la durabilité (Fusun Tatlıdil et al., 2009 ; Michel-Guillou, 2012) ou les motivations qui amènent les agriculteurs à intégrer le concept dans la conduite de leur exploitation (Schoon et Te Grotenhuis, 2000). Elles ont été conduites dans des contextes où les agriculteurs sont en général familiers du concept de durabilité.

Basée sur un échantillon diversifié de 36 exploitations de la plaine du Saïs au Maroc, cette étude vise à préciser quelles sont les perceptions de la durabilité des agriculteurs et comment elles influencent leurs pratiques de production et leurs stratégies de gestion. Le contexte se caractérise par des accès aux ressources naturelles et financières inégalement réparties et par une faible diffusion de la notion de durabilité auprès des agriculteurs. Comme dans d'autres études du même type (Cousins et al, 2007 ; Wiek et Walter, 2009 ; van Vliet et al., 2015), l'approche utilisée a combiné une analyse des systèmes de production avec une analyse qualitative des perceptions des agriculteurs quant à la durabilité de leurs exploitations (Gafsi et Brossier, 1997; Schoon et Te Grotenhuis, 2000). La perception de la durabilité qu'ont les agriculteurs du Saïs est d'abord analysée, puis leurs stratégies de gestion sont caractérisées, en tant que traduction du concept de durabilité dans leurs exploitations (Ryschawy et al., 2012). Les relations entre perceptions et stratégies sont ensuite formalisées et discutées.

2. Matériels et méthodes

2.1. *Cadre conceptuel*

Le concept de durabilité recouvre des significations diverses et sujettes aux jugements de valeur, même dans le milieu scientifique (Gafsi et al., 2006 ; Binder et al., 2010 ; Bond et al., 2012). Les différents courants de pensée de la durabilité de l'agriculture ont émergé des diverses interprétations du concept de développement durable (Kajikawa, 2008), défini dans le rapport de la commission Brundtland comme étant « un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs propres besoins » (WCED, 1987). Depuis la publication de ce rapport, la durabilité a été intégrée à tous les niveaux de la société et selon deux courants dans le secteur agricole (Ness et al., 2007 ; Suess-Reyes et Fuetsch, 2016). Un premier définit une activité durable comme étant économiquement viable, écologiquement saine et socialement équitable (Gómez-Limón et Sanchez-Fernandez, 2010). Cette définition statique structure le concept de durabilité à travers ses trois piliers économique, écologique et social (Vilain et al., 2008). Le second courant y ajoute une dimension dynamique liée à l'évolution rapide de l'environnement socio-économique de l'agriculture ainsi qu'à la complexité et l'incertitude associées à la production agricole. Ainsi, la durabilité se traduirait en plus des trois indicateurs précédents par un bon

niveau de résilience c'est à dire la capacité de l'exploitation à retrouver un état d'équilibre après avoir subi des chocs (Walker et al., 2004 ; Darnhofer et al., 2010). Par ailleurs, les frontières de l'agriculture durable sont définies par deux composantes (Zahm et al., 2015) : la durabilité restreinte qui caractérise la durabilité autocentrée de l'exploitation agricole et sa capacité à être reproductible, et la durabilité étendue traduite par la contribution de l'exploitation agricole à la durabilité de niveaux d'organisation plus englobants tels que le territoire auquel elle appartient. Ces niveaux comprennent l'économie locale ou les ressources communes (Terrier et al. 2013).

Les perceptions renvoient à la notion de représentation sociale (Moscovici, 1984), à savoir la façon dont différents groupes sociaux interprètent la réalité (objet, situation ou phénomènes particuliers) dans l'objectif de la rendre signifiante (Abric, 2001). Les perceptions sont fortement contextualisées et peuvent varier selon les connaissances, les croyances, les compétences ou les habitudes des groupes sociaux (Binder et al., 2010). Ainsi, les perceptions individuelles sont le fruit des expériences, des valeurs et du cadre de référence de chaque individu (Schoon et Te Grotenhuis, 2000 ; Vatn, 2005), qui lui permettent de revendiquer un statut social élevé (Shucksmith et Herrmann, 2002). L'environnement socio-économique dans lequel l'agriculteur évolue influence ses perceptions de la durabilité (Ahnström et al., 2008; Lincoln et Ardoin, 2016). Pour certains agriculteurs, la durabilité agricole est liée à une éthique environnementale qui intègre des efforts de préservation de l'environnement (Silvasti, 2003 ; Hunt, 2010), alors que pour d'autres, elle dépend de la production et doit privilégier la rentabilité sans considération environnementale (Saugeres, 2002; Setten, 2004).

2.2. *Contexte de l'étude*

L'étude a été conduite dans la plaine du Saïs au Maroc où l'agriculture connaît une forte dynamique, depuis 45 ans, fondée sur la capacité d'innovation des agriculteurs familiaux face aux diverses opportunités qui leur ont été offertes. Alors qu'avant la sécheresse de 1980, les systèmes agricoles étaient essentiellement pluviaux (céréales, légumineuses, oliviers et amandiers combinés à de l'élevage extensif ovin et bovin), les agriculteurs se sont progressivement tournés après vers les cultures irriguées grâce à l'accès aux eaux souterraines

via des puits individuels. Ce passage à l'irrigué a d'abord concerné les cultures maraîchères (oignons et pommes de terre) puis fruitières (pêches, prunes, et raisins), conduites de manière intensive avec un important recours aux intrants. Aujourd'hui, le Saïs montre une grande diversité d'exploitations liée à leur disponibilité en eau, terre, travail et capital, et aux stratégies individuelles des agriculteurs.

Une étude précédente portant sur les trajectoires d'évolution des exploitations agricoles a permis d'identifier trois types et sept sous-types d'exploitations (Baccar et al., 2017). T1 comprend des exploitations proches du système traditionnel initial sans accès à l'eau, combinant cultures pluviales et élevage, variant selon leur taille : T1a pour les petites exploitations (7 ha en moyenne) et T1b pour les grandes (environ 100 ha en moyenne). T2 comprend des exploitations qui ont accès à l'irrigation et qui maintiennent une diversité de productions. Les exploitations T2a visent à obtenir des marges brutes totales (MBT) relativement égales en cultures pluviales, élevage et maraîchage (oignons et pommes de terre). Les exploitations T2b sont orientées vers les arbres fruitiers, qui représentent leur principale source de revenu (plus de 50% de leur MBT) suivie par le maraîchage. T3 comprend des exploitations spécialisées regroupées en trois sous-types : spécialisation en maraîchage pour T3a (environ 70% de leur MBT), spécialisation en arboriculture (T3b) (80% de leur MBT), spécialisation en production laitière (T3c).

L'extension des cultures irriguées, remarquable par l'augmentation du nombre de puits (900 puits dans les années 1980 et plus de 12 000 puits et forages en 2012), a donné lieu à une surexploitation de la nappe (Quarouch et al., 2014). Par ailleurs, l'augmentation des quantités produites (légumes et fruits récemment), le manque d'organisations d'agriculteurs et leurs faibles capacités de conservation et de transformation des récoltes ont conduit à la volatilité des prix et à la saturation des marchés locaux et nationaux à certaines périodes de l'année. Ainsi, le prix de l'oignon a varié entre 1 et 8 MAD⁵/kg entre 2012 et 2008, dont 53% représente le prix d'achat à l'agriculteur, alors que son coût de production moyen est d'environ 0,6 MAD/kg (Lejars et Courilleau, 2014). En outre, ce modèle de développement « productiviste », promu aujourd'hui par la politique agricole marocaine (le plan Maroc Vert) (Akesbi, 2012), a montré des limites dans d'autres régions du monde par ses effets

⁵ MAD 10 (Moroccan dirhams) = 0.93€

irréversibles sur les écosystèmes naturels et cultivés, et par conséquent sur la viabilité des exploitations agricoles familiales (Tilman et al., 2002). L'ensemble des évolutions des systèmes de production et des conditions de production fait du Saïs un territoire intéressant pour l'étude des stratégies de gestion des agriculteurs et de leur perception de la durabilité.

2.3. *Echantillonnage et collecte de données*

Cette étude est basée sur un échantillon de 36 producteurs permettant de comprendre la diversité des dynamiques d'évolution des exploitations agricoles du Saïs (Baccar et al., 2017) et d'en évaluer la durabilité actuelle (Baccar et al., under review). Ces agriculteurs ont été retenus pour leur intérêt à participer à cette étude et pour la diversité de leurs systèmes de production (Tableau 1).

Tableau 2. *Caractéristiques des exploitations par type (moyenne si non spécifié)*

Types	T1a	T1b	T2a	T2b	T3a	T3b	T3c
Nombre exploitations	4	4	10	3	4	9	2
SAU* (ha)	7	98	10	13	19	19	32
UTH familial	2.3	2.8	1.9	2.2	2.5	1.7	1.8
% surface cultivée							
Cultures pluviales	100	98	67	30	35	31	86
Maraîchage	0	0	26	44	58	6	0
Arbres fruitiers	0	0	2	24	3	62	0
Nombre d'exploitations avec élevage							
Bovins	3	2	8	2	3	4	2
Ovins	2	3	5	0	2	0	0
Capital/UTH familial (*1000 MAD)	213	953	565	539	614	1 127	298

SAU surface agricole utilisée ; *UTH* unité de travail humain

La collecte des données s'est déroulée en deux phases. La première phase visait à explorer la façon dont les agriculteurs définissent le concept de durabilité appliqué à leur propre exploitation. Cette phase s'est fondée sur une question ouverte : « Que signifie pour vous une exploitation durable? ». Le terme durabilité a été traduit en arabe par le mot « *al estidama* » conformément au rapport Brundtland (1987). La seconde phase visait à comprendre les

stratégies de gestion de leur exploitation mises en œuvre par les mêmes 36 agriculteurs. Cinq thèmes ont été discutés avec les agriculteurs afin de comprendre leurs motivations et leurs choix de valeur (Annexe 9) : (i) La place de la famille dans l'exploitation (force de travail, nombre de générations sur l'exploitation, transmission intergénérationnelle, projets envisagés pour les deux prochaines années); (ii) La dynamique foncière de l'exploitation avec le choix entre modes de faire valoir direct et indirect (location ou prise de terre en association); (iii) Les performances économiques de l'exploitation (revenu et capitaux de l'exploitation); (iv) Le choix des activités de production en lien avec les stratégies de diversification ou de spécialisation ; et (v) les pratiques productives avec un focus sur l'irrigation, la fertilisation organique et la gestion des pesticides.

2.4. *Analyse de données*

Les perceptions de la durabilité par les agriculteurs ont été caractérisées en utilisant la méthode d'analyse de contenu (content analysis) à partir des transcriptions des réponses des agriculteurs. Cette méthode permet de décrire et quantifier un phénomène par un examen systématique des messages écrits et visuels (Robson, 1993), en identifiant les éléments clés (mots ou expressions) et en les classant en catégories pour décrire un ou plusieurs phénomènes généraux (Elo et Kyngäs, 2008). Les 91 réponses des agriculteurs ont été codées et regroupées en fonction de leurs similitudes en sept thèmes. Les combinaisons des différents thèmes dans les réponses des agriculteurs ont été identifiées sur la base d'une analyse en composantes multiples (ACM) et une classification hiérarchique ascendante (CHA) (Bijnen, 1973).

Une analyse inductive des discussions approfondies avec les agriculteurs a été conduite en parallèle pour comprendre leurs stratégies de production et leurs motivations au regard de la durabilité de l'exploitation. L'examen des réponses a conduit à sélectionner huit variables rendant compte des différentes positions des agriculteurs au regard des piliers économique et environnemental de la durabilité (Tableau 2). Ces variables ont fait l'objet d'une seconde analyse multivariée (ACM, CHA) pour regrouper les agriculteurs selon leurs similitudes de

stratégies. Les liens entre leurs perceptions de la durabilité et leurs stratégies de gestion ont été in fine analysés par croisement entre les groupes de perception et les groupes de stratégie.

Tableau 3. Variables retenues pour l'analyse multivariée des stratégies de gestion des agriculteurs enquêtés.

Composantes	Variables	Type de variables
Caractéristiques familiales Structure foncière	UTH ¹ familiaux (% des UTH total)	Quantitatif
	Accroissement de la surface cultivée <i>via</i> le mode de faire valoir indirect	Qualitatif
Caractéristiques économiques	SMIG ² /UTH familial	Quantitatif
	Capitaux ³ /UTH familial	Quantitatif
Choix et combinaison des activités de production	Nombre de productions	Quantitatif
Pratiques de gestion des productions	Amélioration des disponibilités en eau d'irrigation ⁴	Qualitatif
	Surface fertilisée avec du fumier (% de la SAU)	Quantitatif
	Gestion des pesticides ⁵	Qualitatif

¹UTH unité travail humain ; ²SMIG Salaire minimum interprofessionnel garanti correspondant à 28 000 MAD ; ³Capitaux correspondent à l'évaluation de la valeur du foncier, du matériel, des bâtiments, des effectifs d'élevage et des plantations de cultures pérennes ; ⁴Amélioration des disponibilités en eau d'irrigation correspond à deux modalités, « pas d'amélioration » ou « amélioration » (*via* surcreusement de puits ; installation de nouveaux puits, forage ou bassin de stockage ; location de terre avec accès à l'eau en quantité) ; ⁵Gestion des pesticides correspond à deux modalités, gestion conseillée (conseil privé), gestion basée sur l'observation et l'expérience.

3. Résultats

3.1. Perceptions du concept de durabilité par les agriculteurs

Aucun agriculteur de l'échantillon ne connaissait formellement le concept de « durabilité », mais tous en montraient une bonne compréhension intuitive. Leurs réponses ont été regroupées en sept thèmes (Figure 1). La « rentabilité » économique de l'exploitation était l'élément le plus mentionné par les agriculteurs (31% des réponses), en tant qu'objectif à atteindre pour garantir la durabilité de l'exploitation. Avoir une exploitation rentable assure sa viabilité, sa pérennité et le bien-être de la famille : « *Aucune agriculture n'est durable si elle n'est pas avant tout rentable, si l'agriculteur dépense pour produire, il faut qu'il gagne pour couvrir ses dépenses, entretenir son exploitation et nourrir sa famille.* » (A16). « *Si tu ne*

gagnes pas tu régresses jusqu'à disparaître, le profit te procure de l'espoir pour continuer et te donne une notoriété dans ta communauté » (A11). Chez ces agriculteurs, le profit traduit une importante considération de la dimension économique de la durabilité.

La modernisation et la productivité de l'agriculture sont le second thème mentionné par les agriculteurs (15% des réponses). La durabilité est alors liée à un modèle de production moderniste impliquant une émancipation des pratiques traditionnelles. Sont avancés, d'une part, des arguments économiques tels que le gain en efficacité des facteurs capital et travail, la diminution du coût en main d'œuvre grâce à la mécanisation ; et d'autre part, des arguments sociaux tels que l'indépendance des jeunes par rapport aux parents, souvent porteurs d'une vision traditionaliste de l'agriculture. Cette « modernisation » se traduit par l'adoption de différentes pratiques telles que la mécanisation, la spécialisation, et la forte utilisation des intrants de synthèse, afin de bien contrôler le processus de production. *« Il faut que nos exploitations suivent la même évolution que les exploitations en Europe (...) où la spécialisation permet plus d'efficacité via l'amélioration des rendements » (A20). Les agriculteurs qui se lancent dans ce modèle d'agriculture sont considérés par leur communauté comme l'exemple à suivre, « le domaine voisin dispose de machines de pointe et fait appel à des ingénieurs espagnols pour la conduite de ses oliviers. Il bat tous les records de production (...) c'est cela, la vraie agriculture » (A39).*

Pour 14% des réponses, la durabilité de l'exploitation correspond à la capacité de savoir identifier et de réagir aux menaces et opportunités externes à l'exploitation. Ces agriculteurs emploient des termes comme *« saisir les occasions », « valoriser les opportunités du milieu », « limiter les risques »* ou *« anticiper le risque »*. Ces risques et opportunités concernent la variation des prix du marché, les arrangements entre agriculteurs pour augmenter leurs capitaux ou répondre à des manques de ressources, la gestion de la main d'œuvre en périodes de pointe, les différentes formes de subventions, ou l'apprentissage des jeunes aux techniques modernes dans les agro-industries, *« Le contour géographique de l'exploitation n'est plus une limite. Les agriculteurs aujourd'hui peuvent accroître leurs surfaces cultivées en louant des terres ou en s'associant entre eux (...). Il faut être intelligent et profiter des opportunités qui se présentent à nous » (A31).*

13% des réponses lient la durabilité de l'exploitation à l'évolution des ressources naturelles qu'elle mobilise. Ces agriculteurs font face à des problèmes de fertilité du sol et de disponibilité en eau d'irrigation, ce qui les amènent à mettre en avant la dimension environnementale de la durabilité. La perte de fertilité se traduit par la notion de « fatigue des sols » évaluée par l'aspect du sol, par le rendement des cultures et par l'évolution de ses potentialités productives. « *Avant, on ne cultivait qu'une partie de nos terres, [le reste était en jachère pour une durée plus ou moins longue] mais ces dernières années, on cultive la totalité (...) grâce au développement des machines et l'extension de l'irrigation. Mais on observe dans le même temps que la fertilité de nos terres s'est dégradée par rapport à leur fertilité d'il y a 30 ans* » (A26). La baisse du niveau de la nappe dans les puits est constatée par un nombre croissant d'agriculteurs et constitue pour deux d'entre eux un réel problème. « *J'ai connu beaucoup d'agriculteurs qui ont vu le niveau de leur puits baisser en pleine saison d'oignons, certains ont réussi à louer des droits d'eau et à sauver leur production alors que d'autres étaient obligés d'abandonner une partie de leur culture* » (A2). Cependant, les agriculteurs ne lient aucun autre impact environnemental de leurs pratiques à la durabilité de leur exploitation. La moitié des agriculteurs de l'échantillon ignorent, en effet, l'existence de la pollution des eaux souterraines par les nitrates et les pesticides, qui est pourtant mesurée par l'Agence du bassin hydraulique du Sebou. « *On sait qu'il y a des problèmes environnementaux, à cause de la pollution industrielle, cela passe à la télé (...), on parle des effets de cette pollution comme le dérèglement des saisons et le manque de pluies mais on ne parle pas de pollution agricole. Moi par exemple, je ne sais pas ce qui se passe en-dessous des 20 cm de sol que je cultive* » (A38). L'autre moitié des agriculteurs est consciente des impacts négatifs de l'agriculture sur l'environnement mais estime ne pas pouvoir cultiver sans produits chimiques. Ils considèrent tous que l'Etat doit prendre en charge la gestion des effets de leurs pratiques. « *L'Etat nous donne des subventions à l'irrigation ; il fabrique, importe et commercialise les engrais et les produits phytosanitaires pour encourager les agriculteurs à produire ; il est donc le seul responsable des conséquences de la production sur l'environnement* » (A36). « *L'environnement est un bien commun, tout le monde est responsable Etat, citoyens, consommateurs, agriculteurs (...), pourquoi l'agriculteur doit s'inquiéter si les autres ne s'inquiètent pas* » (A11).

Si les quatre premiers thèmes présentés ci-dessus correspondent à la majorité des réponses (73% des réponses), trois autres, liés à des aspects sociaux, suscitent moins de 10% des

réponses chacun. Pour certains agriculteurs, la transmission du capital foncier et la transmission du savoir-faire à leurs enfants sont des éléments centraux de la durabilité de l'exploitation. Pour d'autres, le renforcement de la durabilité des exploitations dépend, avant tout, de mesures publiques délivrées par des services sociaux (sécurité sociale, retraite) et économiques (aides à la production et régulation des marchés). Enfin, six agriculteurs mentionnent que la durabilité de l'exploitation est liée à l'état d'esprit de son responsable, en termes de volonté d'évoluer, d'assiduité et du sérieux au travail.

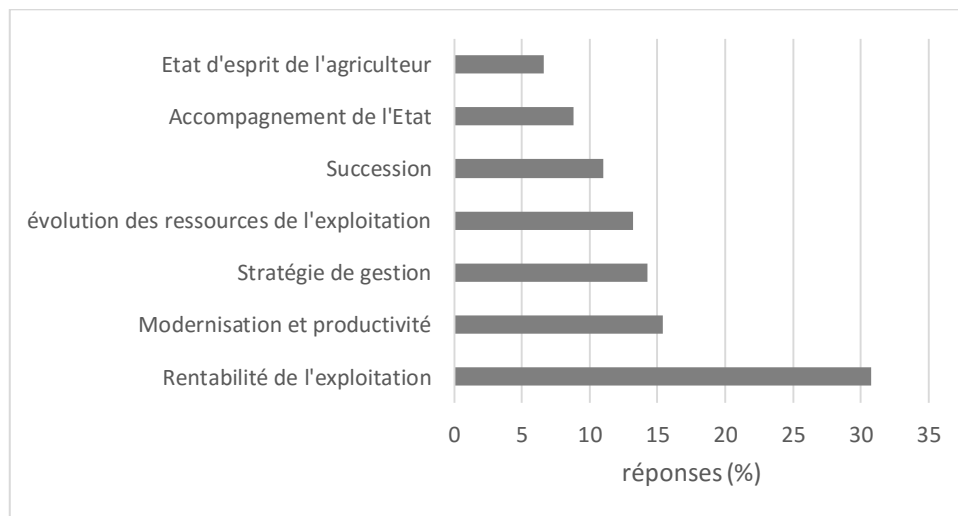


Figure 7. Distribution selon sept thèmes de perception de la durabilité d'une exploitation (91 réponses pour 36 agriculteurs interrogés)

La combinaison de ces sept thèmes fait émerger trois groupes d'agriculteurs (Figure 2). G1 regroupe 17 agriculteurs qui perçoivent la durabilité comme une combinaison entre la rentabilité économique de l'exploitation et le maintien en bon état des ressources productives comme l'eau et le sol. Leurs préoccupations environnementales se limitent à l'accès à ces ressources et non pas à leur qualité, ce qui reflète une vision de durabilité restreinte centrée sur les résultats économiques obtenus. G2 regroupe neuf agriculteurs qui relient la durabilité de leur exploitation à sa rentabilité économique et à leur capacité à se saisir des opportunités et à s'adapter à des contraintes externes. Contrairement à ces deux groupes, les 10 agriculteurs constituant G3 ne voient pas la durabilité directement liée au critère de rentabilité économique, mais plutôt à travers la mise en place d'un modèle agricole moderniste. Pour ces agriculteurs, l'exploitation agricole durable est une entreprise qui base sa croissance sur des innovations technologiques (mécanisation, irrigation localisée) et des modes de production

efficents. Cette agriculture capitaliste et moderniste est aujourd’hui encouragée par le Plan Maroc Vert de l’Etat. Elle est aussi portée au Saïs depuis plus longtemps par des investisseurs qui visent une fructification de leurs investissements.

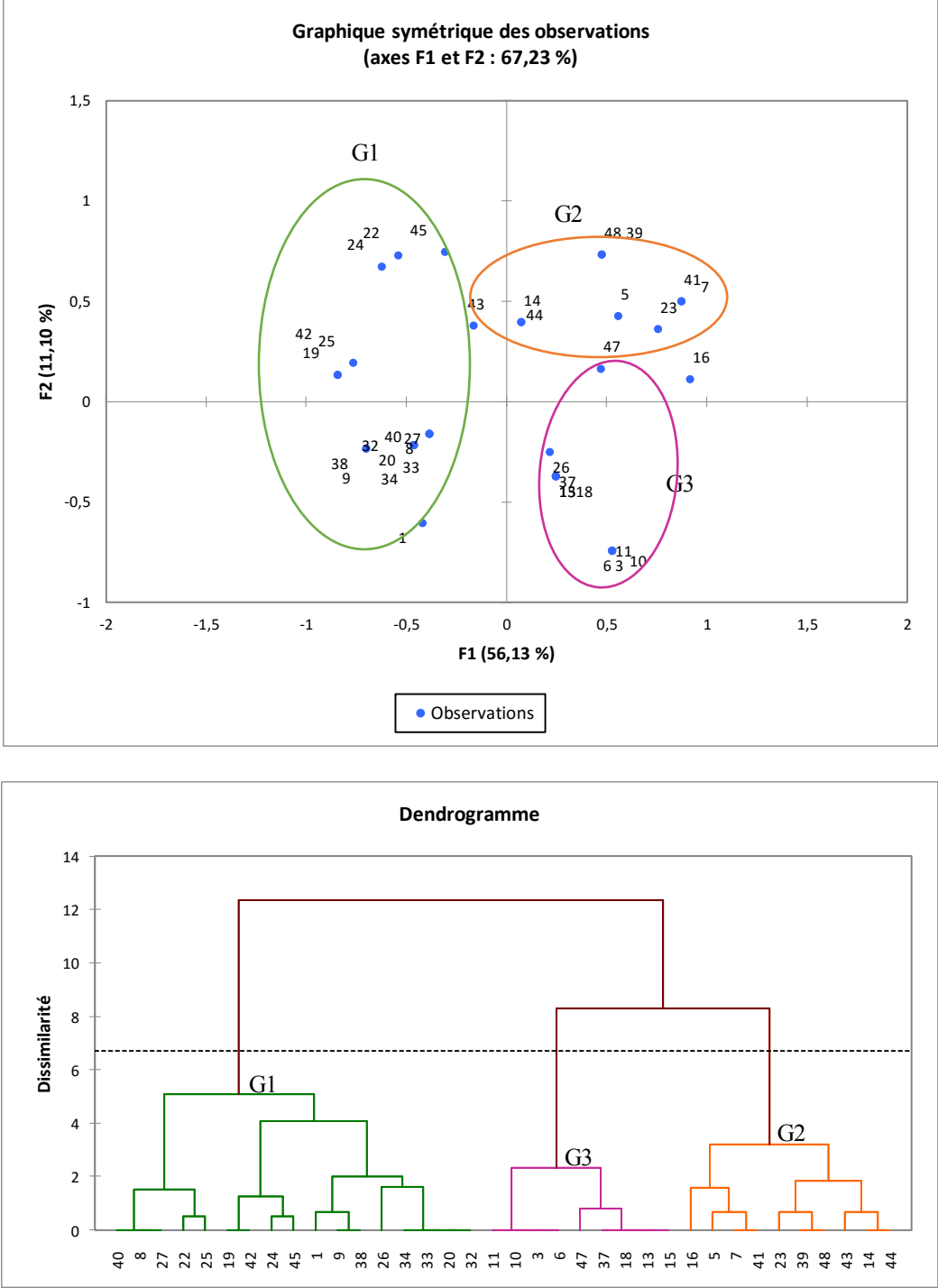


Figure 8. Distribution des 36 exploitations en trois groupes de définition du concept de durabilité à partir des sept thèmes identifiés. Les deux axes de l’ACM expliquent 67% de la variance. Les trois groupes identifiés par la CHA (G1, G2, G3) sont matérialisés sur le graphique ACM par les trois ellipses.

3.2. *Trois types de stratégies de gestion*

Les agriculteurs mettent en œuvre trois grandes stratégies de gestion afin d'atteindre leurs objectifs productif, patrimonial et familial (Figure 3 ; Tableau 3).

3.2.1. *S1. Sécurisation du revenu et survie de l'exploitation à l'aide de pratiques peu intensives*

Le groupe S1 comprend cinq agriculteurs en fin de carrière dont les fils ont évolué vers d'autres activités hors agriculture, ainsi que deux héritiers avec des capitaux réduits suite à une division du patrimoine foncier. Ces exploitations, pour la plupart mono-générationnelles, présentent de faibles revenus (1,4 SMIG/UTH) et un faible niveau d'investissement (292 000 MAD/UTH), qui réduit leur durabilité économique. Ces agriculteurs préfèrent ne pas prendre de risques et valoriser les ressources dont ils disposent, plutôt que de dépendre d'achats d'intrants et d'autres ressources. Ils favorisent les cultures pluviales dont les prix sont plus stables et dont les coûts de production sont les plus faibles. Ces exploitations sont diversifiées, avec sept espèces cultivées en moyenne et de l'élevage toujours présent, afin de couvrir les besoins alimentaires de base de la famille (céréales, lait), tout en disposant d'un petit capital en cas de sécheresse. La main d'œuvre familiale effectue la majorité des travaux de l'exploitation et les ouvriers saisonniers sont rarement sollicités.

Les pratiques agricoles sont peu intensives et visent à augmenter l'autonomie de l'exploitation. Seuls trois agriculteurs sur 7 ont introduit l'irrigation à partir de la nappe souterraine. La gestion de la fertilité des sols se base sur la rotation des différentes cultures et le fumier produit par le troupeau. L'utilisation des pesticides est ciblée en fonction des symptômes relevés dans les cultures, sur la base de l'expérience acquise et du réseau socio-professionnel (autres agriculteurs, vendeurs de produits locaux). Ces pratiques présentent la pression polluante⁶ la plus faible de l'échantillon. « *La lutte contre les ravageurs et les maladies des cultures est subjective et n'est basée sur aucune connaissance scientifique mais*

⁶ La pression polluante correspond à ((dose appliquée * surface traitée /dose homologuée * SAU) * coefficient de pondération en cas d'application manuelle).

plutôt sur l'expérience et le partage d'informations. Au café par exemple, on parle entre nous des produits les plus efficaces ou de nouvelles maladies apparues » (A5).

3.2.2. S2. Adaptation et valorisation de la flexibilité de l'exploitation en fonction des opportunités

S2 rassemble 17 agriculteurs dont la majorité (13 cas) souhaite transmettre leur exploitation à la génération suivante. La plupart de ces agriculteurs ont des projets d'amélioration de leur outil de production pour les deux prochaines années, combinés à une prise de risque économique limitée qui les amène à atteindre un niveau moyen d'investissement (560 000 MAD/UTH) et des revenus (3,8 SMIG/UTH) modérés. Ces revenus sont jugés suffisants pour poursuivre l'activité agricole tout en épargnant quand cela s'avère possible. Ils reposent sur une diversité de cultures (sept productions en moyenne) et d'un troupeau (13 cas sur 17) dont la finalité va d'une source de revenu significative (lait, viande) à une épargne sur pied dans sa forme traditionnelle.

Les systèmes de production rencontrés sont divers. Ils traduisent tous une volonté de conserver une certaine flexibilité, par le maintien d'une diversité de productions et la transformation rapide des différentes activités en réponse aux changements tels que la baisse des prix des récoltes, la hausse des prix des intrants, les problèmes techniques (résistance de certaines maladies ou prédateurs aux pesticides, baisse des rendements) ou une opportunité de gain. A cet effet les cultures annuelles dominent (céréales pour sécuriser l'alimentation familiale, maraîchage irrigué dans 15 cas sur 17 pour augmenter le revenu), alors que l'arboriculture ne représente que 6% des surfaces. *« La règle veut qu'en oignons, une année on gagne et une année on se fait avoir (...), mais ce n'est pas toujours vrai. Certains agriculteurs chanceux qui ont misé sur d'importantes surfaces d'oignons au bon moment, se sont enrichis après une seule campagne; mais cette stratégie est très dangereuse car en cas de perte, il nous faut des années pour nous relever » (A5).* Pour ces agriculteurs, l'augmentation du revenu est souvent issue de la valorisation d'opportunités comme les subventions de l'Etat pour l'acquisition d'équipements (9 cas sur 17), ou des arrangements entre agriculteurs pour accroître le foncier cultivé (association, location) ou palier à un

manque d'eau sur l'exploitation (8 cas). Dans les deux situations, les agriculteurs peuvent évoluer sans mobiliser un important capital financier mais plutôt leur capital social « *Un bon agriculteur est un agriculteur qui cherche à améliorer sa situation ; moi par exemple, je loue des terres depuis 5 ans. Cette stratégie me permet de valoriser la main d'œuvre, et le savoir-faire familiaux ; en plus, elle aboutit à l'amélioration du revenu* » (A8).

Dans ces exploitations, l'association agriculture-élevage et la diversité des cultures permettent de gérer la fertilité du sol par des rotations longues et des apports réguliers de fumier sur le maraîchage (pommes de terre ; 12 cas sur 17). Cependant, la surface fertilisée ainsi reste faible et le recours aux fertilisants minéraux reste important. L'utilisation des pesticides est comme en S1 liée au niveau d'infestation des bio-agresseurs mais peut prendre des formes plus intensives si elle permet une meilleure valorisation du produit (stockage plus long, rémunération en fonction de l'aspect visuel du produit). De ce fait, S2 se caractérise par un risque de pollution le plus élevé des 3 groupes d'agriculteurs. « *Les maladies des cultures ont augmenté ces dernières années à cause des conditions climatiques ; avant, on ne traitait l'oignon que 3 fois, aujourd'hui un simple brouillard nous amène à traiter ; on atteint jusqu'à 9 traitements par cycle quelques fois. Des traitements supplémentaires sont nécessaires si on envisage de conserver l'oignon, pour bloquer la germination durant le stockage* » (A16). Huit agriculteurs, disposant des capitaux nécessaires, ont déjà amélioré leur disponibilité en eau (surcreusement de puits, bassins de stockage, forage) et six agriculteurs envisagent de le faire prochainement. « *Aucun agriculteur ne peut envisager un retour aux cultures pluviales et à l'agriculture traditionnelle ; tant qu'il existe encore des solutions pour accéder à cette eau, et que l'Etat continue d'autoriser le creusement de nouveaux puits, pourquoi changer nos pratiques ?* » (A26). La main d'œuvre familiale reste dominante sur l'exploitation (59% UTH familial), et se charge de la plupart des travaux, mais le recours aux ouvriers saisonniers ou permanents est plus fréquent qu'en S1, avec différentes contraintes « *Les ouvriers agricoles commencent à poser problème aux agriculteurs du Saïs, car dans les périodes de pointe [semis et récolte de maraîchage], cette main d'œuvre devient peu disponible, très chère et ne travaille qu'à mi-temps* » (A13).

3.2.3. S3. Stratégie entrepreneuriale avec recherche de productivité et maximisation du revenu

Les 12 agriculteurs de ce groupe ont une stratégie d'intensification du système de production en capital, dans l'objectif de transmettre un outil de travail économiquement performant à leurs enfants, dont beaucoup travaillent déjà sur l'exploitation (9 cas). Le niveau d'investissement est élevé par rapport aux autres groupes (1 103 000 MAD/UTH), sous la forme de matériels agricoles (tracteur, moissonneuse batteuse, machine de traite), d'équipements d'irrigation permettant de sécuriser la production (station de tête, irrigation localisée, puits/forage, bassin), de vergers et de troupeaux à potentiel génétique élevé. Leurs revenus sont à la mesure des investissements réalisés (12,7 SMIG/UTH). Ces systèmes de production font largement appel à une main d'œuvre salariée qualifiée (71% des UTH), la main d'œuvre familiale se focalisant sur la gestion de l'exploitation et réduisant sa participation aux tâches agricoles.

Ces exploitations sont pour la plupart spécialisées dans des productions lucratives, essentiellement en arboriculture (9 cas) ou en production laitière (1 cas). Deux agriculteurs ont opté pour un système pluvial ne disposant pas d'accès à l'eau et sur de grandes surfaces, en recourant à la location à bas prix des terres non irrigables. Ces choix s'accompagnent d'un lien fort au marché, les conduisant à valoriser des opportunités de production en cas de saturation de marché. « *En cas de chute des prix des pêches, je peux arracher les pêchers et planter des espèces encore nouvelles dans la zone tels que l'abricot ou le kaki* » (A22). La sécurisation des rendements est recherchée à travers le recours au conseil privé et aux pratiques préventives conseillées. Ainsi, les traitements sont appliqués selon des calendriers établis au début de l'année, indépendamment de la pression réelle des bio-agresseurs, avec pour conséquence, une pression polluante élevée (4,3). La gestion de la fertilité du sol apparaît sous deux pratiques dans ce groupe. Un premier groupe d'agriculteurs (6 cas), privilégie la fertilisation chimique (fumier sur 14% de la SAU seulement) pour différentes raisons, fumier indisponible ou coûteux pour des grandes surfaces, grande demande en travail, recherche d'efficacité à court terme. Ces agriculteurs opportunistes, n'apportent des engrais organiques qu'en cas de baisse critique de la fertilité du sol. Un second groupe d'agriculteurs (6 cas), accordent une importance à la fertilisation organique, qu'ils développent sur

d'importantes surfaces surtout en arboriculture (fumier sur 60% de la SAU dans certains cas par fertigation organique ou apports au pied des arbres). Ce choix est possible par la présence d'élevage sur certaines exploitations (3 cas) et par la conviction de ces agriculteurs des avantages de la fertilisation organique, ce qui les amènent à faire des achats massifs de fumier.

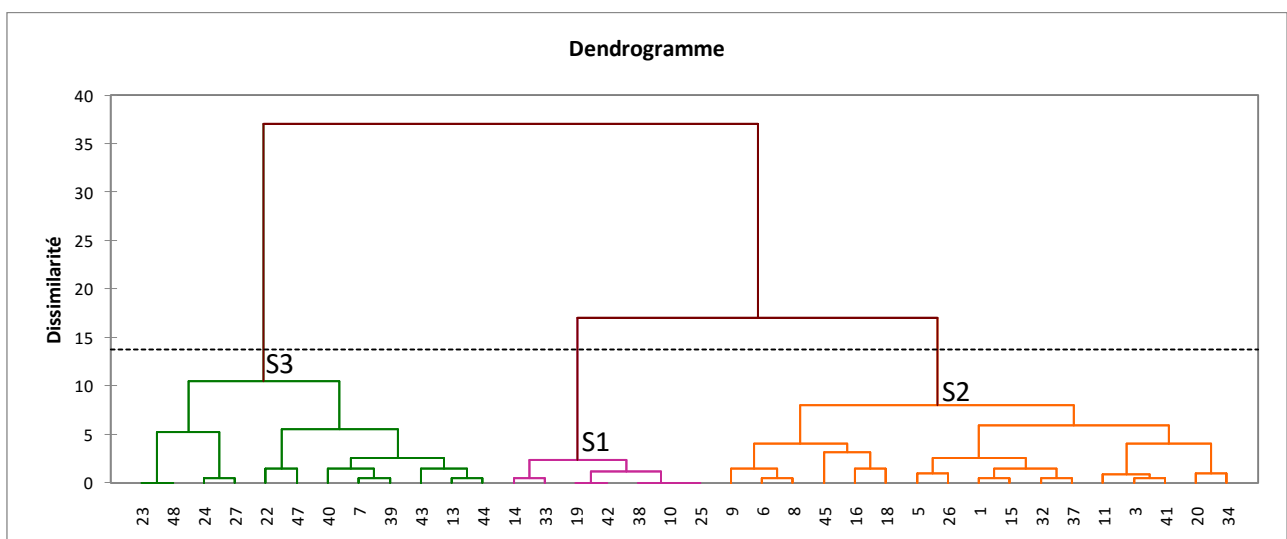
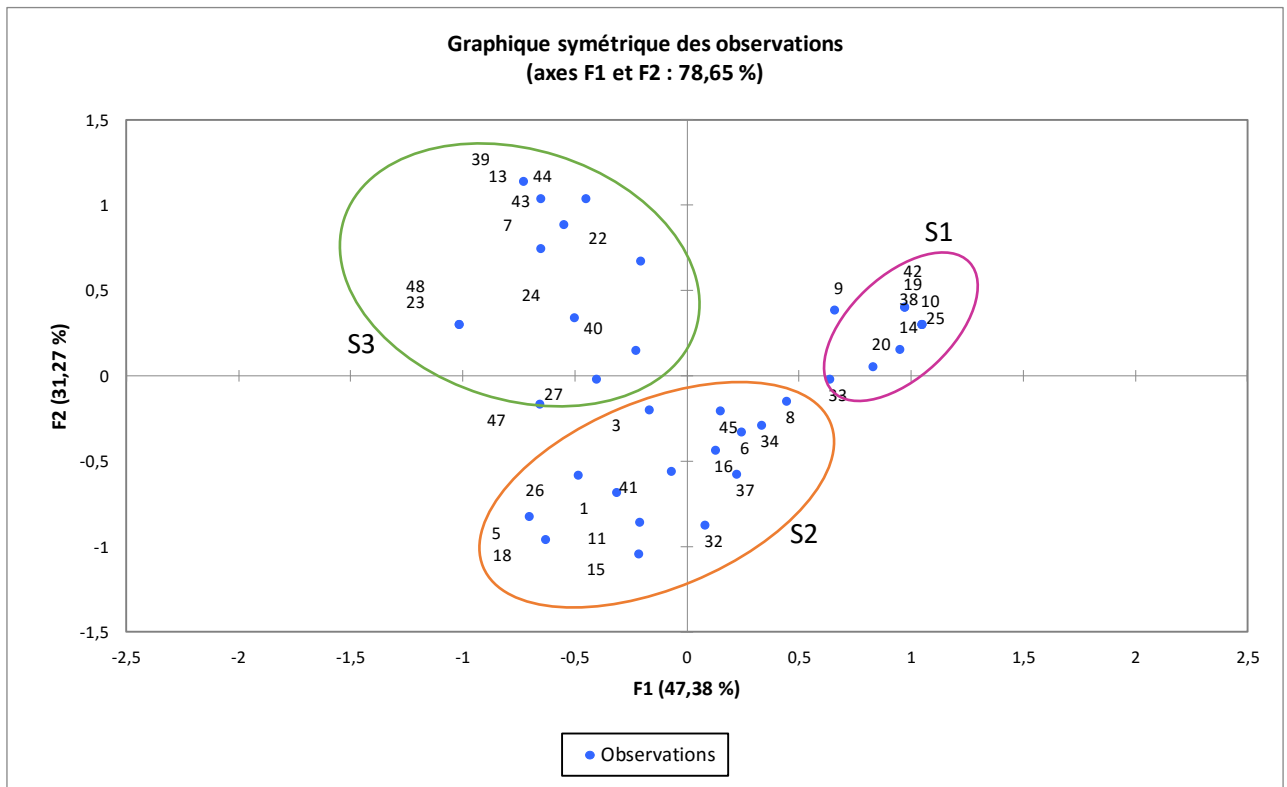


Figure 9 : Analyse multivariée sur les stratégies de gestion et coordonnées des 36 observations. Les deux axes de l'ACM expliquent 79 % de la variance. Les trois groupes de stratégies identifiés par la CHA (S1, S2, S3) sont matérialisés sur le graphique ACM par les trois ellipses.

Tableau 4. Caractéristiques moyennes des exploitations des différentes stratégies de gestion

	S1	S2	S3
Caractéristiques des variables retenues pour l'analyse multivariée des stratégies de gestion			
Nombre d'agriculteurs	7	17	12
Revenu (SMIG/UTH)	1,4	3,8	12,7
Capitaux/UTH (1000*MAD)	292	560	1 103
UTH famille (% UTH Total)	90	59	39
Nombre de productions	7	7	5
Surface fertilisée organiquement (% de la SAU)	35	15	38
Amélioration de la disponibilité en eau (nombre de cas)	0	8	8
Valorisation des arrangements pour le foncier	0	8	2
Nombre d'exploitations bénéficiant de conseil privé	0	2	9
Caractéristiques des variables descriptives des stratégies de gestion			
SAU (ha)	7	19	41
Nombre d'exploitations avec élevage	7	13	7
Surface en cultures pluviales (% de la SAU)	90	58	48
Surface en maraîchage (% de la SAU)	10	35	7
Surface en arboriculture irriguée (% de la SAU)	0	6	41
Pression polluante ³	2,7	4,5	4,3
Nombre d'exploitations bénéficiant de subventions	0	9	7
Agriculteurs envisageant la succession	5	13	11
Une génération présente sur l'exploitation	5	8	3
Deux générations sur l'exploitation	2	9	9

3.3. Influence des perceptions de la durabilité sur les stratégies de gestion des agriculteurs

Le croisement entre les groupes de perception de la durabilité (G) et les groupes de stratégies de gestion des exploitations (S) montre, qu'à un même type de perception, correspondent différentes stratégies de gestion (Figure 4). La présence d'agriculteurs G1 dans les trois stratégies montre que la dégradation de la fertilité du sol ou le manque d'eau représentent des menaces potentielles ou réelles pour la durabilité des exploitations du Saïs, qu'elles que soient les stratégies qu'elles développent. Les agriculteurs poursuivant S1, en déprise ou sous forte contrainte économique, y sont particulièrement sensibles. Leur recherche d'autonomie dans un contexte de manque de capitaux est, en effet, tributaire de l'état des ressources hydriques et

de fertilité de leurs terres. Mais cela vaut également pour une majorité d'agriculteurs S2 qui observent une baisse de fertilité du sol avec le maraîchage, tout en cherchant à sécuriser leur ressource en eau à travers de nouveaux forages ou des extensions de terres irrigables. Quatre agriculteurs S3 sont également sensibles à la composante environnementale de leurs activités agricoles, qu'ils sont pourtant censés mieux contrôler à travers les investissements réalisés en matière d'accès à l'eau et le recours aux engrais minéraux. La fertilisation minérale est alors vue par ces agriculteurs comme potentiellement néfaste à l'environnement, mais rendue nécessaire par manque de fumure organique.

Les agriculteurs G2 apparaissent également dans les trois stratégies, mais avec une large majorité en S2, stratégie fondée sur la flexibilité de l'exploitation, la valorisation des opportunités, qu'elles soient foncières ou économiques, et la mise en œuvre de pratiques plus intensives considérées comme à même d'améliorer la durabilité économique de l'exploitation. Cette cohérence, entre perception de la durabilité et stratégie de gestion, se retrouve également en G3, dont la majorité des agriculteurs adoptent une stratégie S3 qui traduit concrètement le lien fait entre durabilité et modèle de production moderniste et productiviste. Les stratégies S1 ou S2 rencontrées en G3 sont le fait d'agriculteurs ayant des projets liés à un avenir souhaité, mais aujourd'hui contraint par leur manque de capitaux. Il apparaît donc, globalement, un lien étroit entre la perception de la durabilité économique et la stratégie de gestion des exploitations d'une part, et une perception plus individuelle de la durabilité environnementale d'autre part. Celle-ci est fonction (i) de la sensibilité des agriculteurs à ces questions, (ii) des contextes de production dans lesquels ils évoluent en termes d'accès à l'eau et de fertilité des sols, (iii) de leur capacité à y répondre par les capitaux dont ils disposent et par leur accès à de la fumure organique.

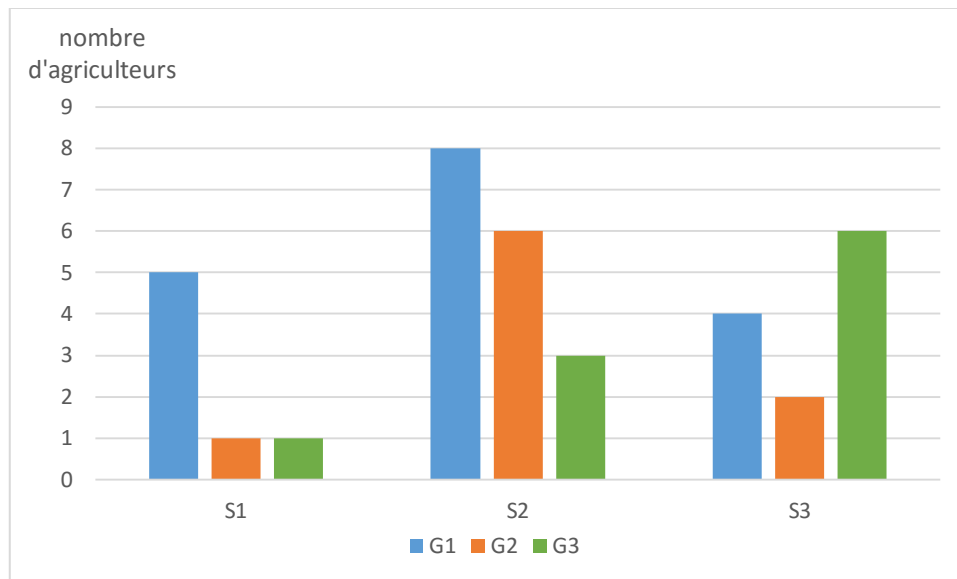


Figure 10. Croisement entre groupes de perception de la durabilité (G1, combinaison entre rentabilité économique et maintien des ressources productives de l'exploitation ; G2, combinaison entre rentabilité économique et capacité à s'adapter aux changements externes à l'exploitation ; G3, mise en place d'un modèle agricole moderniste) et groupes de stratégies de gestion (S1, Sécurisation du revenu et survie de l'exploitation à l'aide de pratiques peu intensives ; S2, Adaptation et valorisation de la flexibilité de l'exploitation en fonction des opportunités ; S3, Stratégie entrepreneuriale avec recherche de productivité et maximisation du revenu)

4. Discussion

4.1. Focus sur la durabilité économique et absence de gestion collective des ressources communes

Bien que les agriculteurs enquêtés ne connaissaient pas formellement le concept de durabilité, la manière dont ils ont exprimé leurs perceptions sur les facteurs à même de permettre à leur exploitation de durer renvoie aux trois piliers mis en avant par les définitions courantes du concept. Ils en ont également souligné le caractère dynamique, à travers l'importance de transmettre à la génération suivante un outil de travail performant et donc rentable, et par le fait qu'une exploitation doit s'adapter en permanence aux évolutions du contexte de production, dès qu'elle en a les moyens. Leurs points de vue, tant en termes de perceptions que de stratégies de gestion de leurs exploitations, ont montré la complexité de mise en œuvre du concept, qui fait appel à différents domaines (capital naturel, social, financier mobilisables,

marchés, savoir-faire, expérience, politiques agricoles, etc.) et diverses échelles d'intervention (exploitation, territoire local, région) et niveaux d'organisation (agriculteur, famille, coopérative, services publiques).

Quelles que soient les stratégies mises en œuvre, la dimension économique de la durabilité domine dans les réponses et argumentaires développés par les agriculteurs. Cette dimension, qui intègre des questions d'investissements, de disponibilités de capitaux, de rentabilité et d'efficience des processus de gestion, est jugée prioritaire pour tout agriculteur par rapport à des préoccupations environnementales, et cela n'est pas spécifique au Maroc (Carr et Tait, 1991 ; Kelemen et al., 2013). Cette orientation d'une majorité d'agriculteurs va d'ailleurs dans le sens des politiques publiques de la plupart des pays qui, depuis des décennies, ont poussé les agriculteurs à produire plus (Lincoln et Ardoin, 2016), faisant du concept de productivisme le standard des modèles agricoles contemporains (Burton, 2004; Stock, 2007). Avec le Plan Maroc Vert, la politique agricole marocaine s'aligne sur ce schéma en incitant à la production *via* des subventions à la mécanisation, à l'irrigation et à la création de vergers (Akesbi, 2012).

Les stratégies de gestion mises en œuvre par les agriculteurs enquêtés sont en cohérence avec cette priorité économique, que ce soit par la recherche d'une sécurité de revenu au regard des menaces concernant leur exploitation, d'une flexibilité dans l'action pour saisir les opportunités, ou d'une productivité et d'un revenu plus élevés. La stratégie « productiviste » suscite chez les agriculteurs du Saïs un attrait lié à l'adoption d'une certaine modernité (nouveaux intrants, variétés sélectionnées importées d'Europe, nouveaux équipements) et à un changement de statut social combinant leur identité d'agriculteur avec celle d'entrepreneur. Cette évolution du statut social est synonyme, pour eux, d'un avenir différent et plus agréable que celui de leurs parents (Bossenbroek et al., 2015). Mais cet attrait se confronte aux réalités de chaque exploitation. Ainsi, la stratégie de survie (S1) est accélérée par le désengagement des jeunes du secteur agricole et la vente du foncier (van Vliet et al., 2015), alors que la stratégie de valorisation de la flexibilité, fondée sur le développement de nouvelles trajectoires (Rammel et van den Bergh, 2003), est encouragée par les changements de tous ordres auxquels sont confrontés les agriculteurs : volatilité des prix du marché, évolution des

standards et des normes, apparition de nouvelles maladies ou changement climatique (Darnhofer et al., 2010; Suess-Reyes et Fuetsch, 2016).

Bien que la stratégie productiviste soit à l'origine de nombreux problèmes agro-environnementaux dans les pays développés (Matson et al., 1997), la dimension environnementale de la durabilité de l'agriculture demeure secondaire, voire ignorée, par les agriculteurs du Saïs. Elle se limite d'ailleurs à des contraintes individuelles, directement liées au processus de production, tels que le manque d'eau via la baisse de la nappe ou à la dégradation de la fertilité du sol. En effet, beaucoup d'agriculteurs ignorent les effets des pratiques agricoles « productivistes » sur l'environnement et les ressources naturelles par manque de connaissances ou d'informations. Les rares qui en sont conscients, ne les prennent pas en compte dans leurs activités (Khan et al., 2015). Il apparaît donc un besoin crucial d'informer et de former le monde agricole, les agriculteurs, les conseillers et techniciens de terrain afin de renforcer leur prise de conscience environnementale dans une perspective de durabilité étendue et non plus restreinte à la seule exploitation (Ingram, 2008).

Cette vision restreinte de la durabilité se manifeste particulièrement pour des ressources communes comme les eaux souterraines, dont la surexploitation est connue par 72% des agriculteurs enquêtés, mais que chacun continue à exploiter selon des stratégies individuelles rappelant celle du passager clandestin (Olson, 1982). Des comportements semblables ont été identifiés dans d'autres régions du Maroc (Tadla, Souss et Berrchid), où la majorité des agriculteurs considère les eaux souterraines comme une ressource individuelle (Bekkar et al., 2009). Dans le Saïs, ces pratiques individuelles, permettant d'accéder toujours à la nappe de plus en plus profonde, peuvent progressivement exclure les agriculteurs manquant des capitaux nécessaires à cet accès (Faysse et al., 2012), et conduire à une crise sociale locale (Hoogesteger et Wester, 2015). Or l'option privilégiée par les agriculteurs et par l'Etat consiste à poursuivre cette surexploitation des eaux souterraines (Kuper et al., 2016), qui pourrait aboutir à une tragédie des communs (Hardin, 1968). Pourtant il a été montré que l'intégration des agriculteurs dans la gestion collective de l'aquifère peut améliorer sa gestion (Lejars et al., 2012).

4.2. *Durabilité environnementale et changement de pratiques*

Cette étude montre l'existence d'un lien relativement étroit entre les perceptions qu'ont les agriculteurs de la durabilité de leur exploitation et les stratégies de gestion technico-économique et environnementale qu'ils mettent en œuvre. Plusieurs auteurs ont signalé le « gap » entre les décisions des agriculteurs et les choix des développeurs du fait de l'ignorance par ces derniers des perceptions des agriculteurs (Fairweather et Hunt, 2011; Sereke et al., 2016). Ces développeurs inscrivent leurs actions dans un objectif de développement durable et leurs programmes incluent une gamme de pratiques vertueuses comme la gestion intégrée des pesticides, la conservation de la nappe, l'agroécologie et l'agriculture de conservation, qui doivent remplacer les pratiques des agriculteurs, basées sur des intrants de synthèse (Lincoln et Ardoin, 2016). Ces évolutions proposées peuvent être refusées par les agriculteurs s'ils estiment qu'elles ne leur permettent pas d'assurer la durabilité économique de leur exploitation, comme le montre l'échec du plan EcoPhyto de réduction des pesticides en France (Guichard et al., 2017).

Outre la réglementation, les incitations financières publiques ou induites par l'organisation de filières sont alors indispensables pour lever les réticences des agriculteurs à changer de pratiques (Van Herzele et al., 2013). Il peut s'agir du paiement des services environnementaux (Wunder, 2015), dont le Maroc a commencé à étudier l'intérêt (El Mokaddem et al., 2014). La formation représente également un levier pour amener les agriculteurs à adopter des pratiques respectueuses de l'environnement (Stock, 2007), que ce soit sous la forme de « farmer field schools » (Sanglestsawai et al., 2015), d'expériences pilotes (Zhang et al., 2015) ou de recherche participative (Khan, 2011). Ces méthodes et outils d'intervention doivent tenir compte des besoins et préférences des agriculteurs ainsi que de leurs capacités cognitives et d'intervention. Enfin, l'évolution vers des pratiques plus durables, du point de vue environnemental, suppose que les agriculteurs interagissent avec les autres acteurs au sein des filières et des territoires, afin d'améliorer l'échange d'informations et la confrontation entre une diversité de points de vue incluant par exemple les préférences des consommateurs (Comer et al., 1999) ou les demandes des transformateurs. Ces confrontations peuvent déboucher sur la mise en place de certifications et normes qui sont des instruments puissants permettant des changements de pratiques (Reardon et al., 2009). Ces changements ne peuvent pas se limiter aux seules décisions des agriculteurs et doivent

considérer et concerner les différents acteurs impliqués dans les chaînes de valeur alimentaire (agriculteurs, consommateurs, transformateurs, chercheurs, etc.) pour un système alimentaire (agri-food system) durable (Thompson et Scoones, 2009; Guichard et al., 2017).

5. Conclusion

Le concept de durabilité, appliqué aux exploitations agricoles, renvoie à de nombreux variables et processus. Dans un contexte comme celui de la plaine du Saïs, où se conjuguent intensification agricole et contraintes d'accès aux ressources en eau et en sol de qualité, les agriculteurs ont une interprétation restreinte de la durabilité, privilégiant la dimension économique appliquée à leur propre situation. Cette interprétation les amène à adopter des comportements miniers vis-à-vis des ressources naturelles, particulièrement l'eau souterraine qui est gérée comme une ressource individuelle et non commune. Cette attitude est favorisée par la puissance publique, qui pousse à l'accroissement de la production agricole avant la régulation de l'usage des ressources naturelles et même celle des marchés.

La dimension environnementale de la durabilité s'en trouve négligée par la majorité des agriculteurs. Seules les exploitations faiblement dotées en capitaux et amenées à mettre en œuvre des stratégies de survie ou d'autonomisation affectent peu les ressources naturelles et l'environnement, plus par défaut que par choix. Evoluer vers des systèmes de production productifs, rentables et moins dégradant au plan environnemental nécessitera une action coordonnée des différents acteurs en lien avec les secteurs agricoles et de l'alimentation. Une telle évolution paraît complexe à mettre en œuvre, a fortiori dans un pays dont une part importante de la richesse provient du secteur agricole et agro-alimentaire.

Chapitre V. Discussion générale

Dans ce chapitre, nous discuterons du concept de durabilité en confrontant les regards des chercheurs et ceux des agriculteurs, et en comparant l'appropriation du concept par ces deux types d'acteurs, dans un contexte de pression sur les ressources naturelles et de développement de filières à haute valeur ajoutée. Ensuite, les méthodes utilisées dans les différentes parties de la thèse seront discutées ainsi que leurs limites. Nous finirons ce chapitre en explorant des pistes d'amélioration de la durabilité de l'agriculture et des perspectives relatives au futur des agriculteurs, de la recherche et des institutions dans le Saïs.

1. La durabilité vue par les agriculteurs et les chercheurs

1.1. *Appropriation et mise en œuvre du concept de durabilité*

Le concept de durabilité est étranger aux agriculteurs du Saïs, qui ont pourtant intuitivement lié ce concept à leurs préoccupations et aspirations actuelles, sous différents angles tels que la rentabilité économique, le modèle agricole « moderniste », la capacité des agriculteurs à identifier les opportunités, les contraintes liées aux facteurs de production (eau, fertilité) ou les valeurs sociales (succession, transmission du savoir-faire). Cependant, la durabilité économique est privilégiée dans leurs discussions : un constat fréquent, dans les pays du Sud, où le maintien ou l'amélioration des moyens d'existence et du capital apparaît comme la priorité des agriculteurs en l'absence d'accès aux biens et services basiques tels que le crédit ou la couverture sociale (Wattenbach et Friedrich, 1997; van Vliet et al., 2015).

Par ailleurs, la majorité des agriculteurs du Saïs ignorent les effets néfastes des pratiques agricoles sur l'environnement et les ressources naturelles, qu'ils considèrent comme des moyens de production. Ce constat dénote un manque d'informations sur les impacts de l'agriculture intensive sur le milieu naturel. La dégradation de l'environnement et la surexploitation des ressources naturelles communes (eau, air) ou appropriées (terre) ne semblent pas inquiéter les agriculteurs du Saïs. Seuls les agriculteurs confrontés à des limites matérielles sur leur exploitation, telles qu'une dégradation accentuée du sol ou la baisse des niveaux des nappes, évoquent la dimension environnementale dans leurs réponses sur la

perception de la durabilité. Mais l'ensemble des agriculteurs soulignent que la pollution diffuse résultant de leurs pratiques doit être gérée par l'Etat. Dans d'autres régions, où le concept de durabilité est bien socialisé par différents canaux (éducation, normes et labels, politiques publiques, cahiers des charges), la durabilité apparaît dans les réponses des agriculteurs à travers des valeurs liées à la préservation de la nature (Fairweather et Campbell, 2003), par la prise en compte des demandes des consommateurs quant à la réduction des pesticides (Schoon et Te Grotenhuis, 2000) ou par l'intérêt du commerce de proximité ou en circuit court (Michel-Guillou, 2012). En Turquie, les agriculteurs expriment la durabilité à travers la façon de transmettre leur exploitation, en raison de la loi qui impose la répartition égale des terres entre les héritiers (Fusun Tatlıdil et al., 2009).

A l'instar de la pluralité des définitions des concepts de durabilité et du développement durable chez les chercheurs, les agriculteurs montrent des perceptions multiples en fonction de leur appartenance à des groupes sociaux plus ou moins sensibles aux enjeux de la durabilité, et de l'évolution de leurs expériences et de leurs normes (Stock, 2007; de Olde et al., 2016a). Ils développent par conséquent des valeurs sensibles aux priorités du moment (Burton, 2004). Dans le monde de la recherche, cette multiplicité d'acceptions du concept transparaît bien dans le foisonnement des méthodes d'évaluation (Schindler et al., 2015). Dans les méthodes à base d'indicateurs par exemple, la divergence des points de vue apparaît par les jugements de valeur et les hypothèses sur la définition de la durabilité, les indicateurs à choisir, la méthode de mesure, l'agrégation des indicateurs, ou l'intégration des différentes parties prenantes (Binder et al., 2010; Gasparatos, 2010). Ainsi, chaque méthode d'évaluation est construite sur un ensemble d'hypothèses et de logiques propres à un objectif et une interprétation spécifique de la durabilité (de Olde et al., 2016b). Cette subjectivité apparaît aussi dans les adaptations des méthodes aux spécificités de différents contextes (Bond et al., 2012).

Par exemple, les concepteurs de la méthode IDEA se sont basés sur des connaissances empiriques du fonctionnement des systèmes de production agricoles, pour considérer comme durable des systèmes diversifiés, autant que faire se peut, autonomes, en termes d'utilisation d'énergie et de ressources non renouvelables, et moins générateurs de pollution (Zahm et al., 2008). Alors que les chercheurs concepteurs de la méthode MOTIFS ont pris en compte les connaissances locales (participation d'experts locaux) en plus des connaissances empiriques issues des observations et des mesures réalisées par la recherche, pour définir ce qu'est un

système de production durable (Meul et al., 2008). Certains chercheurs traduisent la durabilité par une approche holistique, afin d'intégrer la complexité du système de production, alors que d'autres ont une perception réductionniste qui se focalise sur une partie du système tels que dans la méthode AGRO*ECO centrée sur les impacts environnementaux des systèmes de production (Girardin et al., 2000). La multiplicité des points de vue des chercheurs sur la durabilité, apparaît notamment dans l'intégration des acteurs locaux dans la définition des méthodes d'évaluation. Ainsi, certains chercheurs optent pour des processus de conception sans y intégrer les parties prenantes (top-down), pour assurer une genericité élevée de la méthode, telle que SAFA (FAO, 2013). Alors que d'autres considèrent l'implication des différentes parties prenantes (bottom-up) comme nécessaire à l'identification d'indicateurs appropriés et pragmatiques, et à une meilleure appropriation de la méthode par les acteurs (Subedi, 2006), telle que la méthode RISE (Häni et al., 2003).

Si la façon dont les chercheurs s'approprient le concept de durabilité transparait *via* leurs différentes méthodes d'évaluation, les perceptions qu'en ont les agriculteurs se traduisent *via* leurs stratégies de gestion de l'exploitation. Notre étude montre ainsi que depuis 45 ans, les agriculteurs enquêtés font « durer » leurs exploitations à travers la mise en œuvre d'une diversité de solutions d'adaptation. Ce constat vient confirmer la capacité des exploitations familiales à s'adapter face à l'évolution de leur contexte (García-Martínez et al., 2009 ; Rueff et al., 2012). Par ailleurs, les stratégies développées par les agriculteurs du Saïs, sont individuelles et réactives, suite aux manques d'interventions publiques (Alam, 2015). Elles visent (1) un compromis entre la recherche d'un niveau de revenu le plus élevé possible et une autonomie en ressources, (2) la mise en œuvre d'une flexibilité permettant de faire face aux évolutions biophysiques et/ou socio-économiques, ou (3) une amélioration significative du revenu. En revanche, elles ne considèrent l'environnement qu'à travers les contraintes internes à l'exploitation (fertilité du sol, disponibilité en eau).

Dans le premier type de stratégie (1), différentes limites sociales (désengagement des héritiers, division de la terre entre héritiers) ou économiques (faibles capitaux) poussent les agriculteurs à employer les ressources propres à l'exploitation et à s'adapter face aux changements par des solutions internes à l'exploitation (Evans, 2009). La flexibilité mise en œuvre par les agriculteurs de la stratégie (2) traduit leur sensibilité aux évolutions de leur contexte et leur conscience du dynamisme de l'agriculture dans le contexte actuel du Saïs. Ces agriculteurs, en fonction de leur situation individuelle, sont plus aptes à exploiter des

opportunités (hausse des prix de certaines productions, prix élevé à certaines périodes, location de terre possible), et à s'adapter face aux chocs (baisse des prix ou des niveaux des nappes, ou de la fertilité du sol). Cette stratégie a été observée dans différents contextes où de forts changements (climatiques, nouvelles réglementations) apparaissent (Darnhofer et al., 2010a). La stratégie (3) rassemble des agriculteurs en situation financière confortable et pour qui l'agriculture est le moteur économique principal constitutif de leurs revenus. Ils investissent dans des productions lucratives (arboriculture fruitière), sécurisent l'accès aux ressources, et utilisent les compétences du conseil technique privé. Cette agriculture qualifiée de « moderne » par ces agriculteurs, leur procure une ascension sociale, du fait de l'amélioration de leur qualité de vie et de l'acquisition de nouvelles capacités managériales et entrepreneuriales. Cette transformation sociale de l'agriculture familiale, liée à une nouvelle façon de faire l'agriculture a été soulignée dans différents travaux récents dans le Saïs (Ameur et al., 2013 ; Amichi et al., 2015).

1.2. *Les déterminants de la durabilité*

La confrontation des déterminants de la durabilité, du point de vue des chercheurs reflété dans notre cas par l'utilisation d'IDEA, et du point de vue des agriculteurs reflété par leurs stratégies de durabilité, (chapitres II et IV), montre des points de clivage mais aussi de concordance. D'un point de vue chercheur, les impacts sur l'environnement sont variables et dépendent des pratiques des agriculteurs (van Vliet et al., 2015). Certains agriculteurs privilégient des pratiques agronomiques moins intensives en capital et une diversification inter- et intra-espèces, alors que d'autres misent sur une intensification accrue par une utilisation de la ressource en eau souterraine et des intrants chimiques. Cette stratégie a montré des impacts négatifs dans différentes régions avec des risques de pollution (Tilman et al., 2002), des pressions sur les ressources hydriques (Seckler et al., 1999), ainsi qu'une augmentation des émissions de gaz à effet de serre (Stavi et Lal, 2013). Cependant, dans le Saïs, les effets d'une utilisation accrue des pesticides (sur le maraîchage ou l'arboriculture) en terme de biodiversité (microfaune et microflore), de pollution de l'eau ou des résidus dans les produits, sont quasi-inconnus. De plus, étant donné que les productions (fruits et légumes) du Saïs ne sont pas exportées, les agriculteurs ne sont pas confrontés aux normes d'export, comme dans d'autres régions exportatrices aux Maroc.

Ces effets de l'intensification ne sont pas considérés par les agriculteurs dont les pratiques (irrigation, protection phytosanitaire et fertilisation) varient, avant tout, selon leurs capitaux disponibles. Au contraire, les agriculteurs voient l'intensification par le capital comme un moyen rapide d'améliorer leurs rendements, et donc leur situation socio-économique, en cohérence avec leur objectif de durabilité économique. En effet, certains agriculteurs recourent à des pratiques plus intensives, de façon routinière, afin d'augmenter leurs productions en quantité et qualité visuelle ; par exemple les traitements phytosanitaires se font selon un calendrier standard et de façon préventive, sans chercher à réduire les doses et les fréquences, si cela est possible. Alors que d'autres se basent sur le conseil rémunéré privé pour améliorer leurs performances techniques et se démarquer des concurrents ; ce conseil concerne principalement la lutte contre les prédateurs par des traitements plus raisonnés et les choix variétaux (cultivars et porte-greffes). Mais dans la majorité des programmes d'accompagnement (formation, démonstration au champ), les conseillers n'intègrent pas des raisonnements et des méthodes d'intervention pour réduire l'usage des intrants chimiques. Autrement dit, ils ne mettent pas l'accent sur la vulgarisation de pratiques respectueuses de l'environnement. Ils s'en tiennent généralement aux recommandations habituelles sur les rotations (céréales-légumineuses en pluvial, céréales-oignons-pommes de terre en irrigué) et d'utilisation des intrants homologués en respectant les doses et les dates limites d'utilisation.

Les agriculteurs voient néanmoins la dégradation de la fertilité du sol comme une menace réelle ou potentielle à la durabilité de leur exploitation. L'entretien de la fertilité est alors réalisé par différentes stratégies opérationnelles telles que la rotation des cultures, la fertilisation organique et minérale (Hoffmann et al., 2001 ; Pham et Smith, 2013). Cependant, différentes techniques de l'agriculture de conservation peuvent être développées par ces agriculteurs, pour améliorer la fertilité de leur sol telles que la réduction du travail du sol (labours) ou la couverture du sol (mulch de résidus de culture ou couverture vivante) (Dugué et al., 2015).

D'un point de vue chercheur, la diversification des activités entre cultures pluviales, maraîchage, arboriculture et élevage dans le Saïs, permet comme dans d'autres régions, de diminuer les impacts négatifs des pratiques sur l'environnement (Wright et al., 2012; Lemaire et al., 2014). Cependant, pour les agriculteurs du Saïs, les stratégies de diversification des activités agricoles répondent à différentes motivations, principalement économiques et dans une moindre mesure, sociales (alimentation familiale, dons de nourriture). Les différentes

cultures sont combinées sur l'exploitation (cultures pluviales, maraîchages ou arboriculture) en fonction des dynamiques des marchés, du niveau du risque économique que l'agriculteur est prêt à prendre et des ressources dont il dispose. L'élevage représente, pour les agriculteurs familiaux, un capital mobilisable pour les investissements ou les urgences familiales, une source de revenus supplémentaire, et une source de fertilisant organique même si les animaux sont conduits en deçà de leur potentiel (Sraïri et al., 2015). La vente partielle ou totale du troupeau a permis à certains agriculteurs d'investir dans des puits dans les années 80-90 et d'introduire l'arboriculture à partir des années 2000. L'élevage permettait aussi le placement temporaire des revenus, sur quelques mois. Ainsi, sa vente garantit un fonds pour couvrir les coûts de production de l'oignon ou de la pomme de terre. Ces fonctions ont permis à l'élevage de jouer un rôle économique central dans l'évolution des exploitations du Saïs, comme dans d'autres régions où les agriculteurs ont un faible accès aux banques (Okoruwa et al., 1996) (Alary et al., 2014).

Les résultats de l'analyse de la durabilité économique d'IDEA et les préférences économiques des agriculteurs montrent globalement les mêmes tendances de variation en fonction des systèmes de production, classant les petites exploitations en majorité pluviales comme les moins durables économiquement et les exploitations spécialisées en arboriculture ainsi que les grandes exploitations en pluviales comme les plus performantes dans ce domaine. Les faibles résultats économiques des petites exploitations risquent d'accélérer leur disparition comme dans de nombreux pays d'Afrique subsaharienne et d'Asie (Masters et al., 2013), particulièrement en cas de départ des héritiers hors agriculture (van Vliet et al., 2015). Pour les filières à haute valeur ajoutée (maraîchage et arboriculture), la capacité d'innovation de l'agriculteur s'avère être un facteur clé pour bénéficier des prix rémunérateurs captés par les premiers adoptants en contrepartie du risque pris en se lançant dans de nouvelles productions (Roshetko et Purnomosidhi, 2013). Ce risque est en partie lié aux variations des prix du marché, auxquels sont sensibles les agriculteurs du Saïs. Ce poids de la durabilité économique dans leurs choix est un facteur commun, leur permettant ou non d'entrer dans un cercle vertueux d'épargne et d'investissement, particulièrement pour les agriculteurs n'ayant pas l'avantage de mobiliser des revenus externes à l'agriculture.

L'intégration des agriculteurs du Saïs dans les dynamiques territoriales apparaît comme une force soulignée tant du point de vue chercheur dans le cadre d'IDEA (durabilité socio-territoriale) que des agriculteurs. Ceux-ci sont informés des innovations *via* des réseaux

sociotechniques professionnels intégrant un large éventail d'acteurs du secteur informel impliqués dans le transfert et les apprentissages liés à ces innovations (Benouniche et al., 2016). Ceci explique que l'évolution des exploitations agricoles dans le Saïs et l'adoption des innovations (maraîchage, arboriculture, protection phytosanitaire, goutte-à-goutte) se soient faites malgré un faible accompagnement technique de l'Etat (Dugué et al., 2014). Chercheurs et agriculteurs s'accordent sur le rôle des réseaux sociotechniques dans l'accès à l'information (réseaux et cercles d'agriculteurs), des services techniques (conseillers des services publics et vendeurs de produits agricoles) et de l'apprentissage des nouvelles techniques de production. Ces réseaux permettent aussi l'amélioration des capacités des agriculteurs par l'expérience auprès de structures à fort potentiel d'innovation (travail des jeunes dans les grandes fermes). Des mécanismes semblables ont été identifiés, au Ghana, dans la diffusion des nouvelles technologies (Conley et Udry, 2001), et en Inde, dans la réponse à la variabilité climatique (Jain et al., 2015). Cependant, beaucoup de ces acteurs impliqués dans les réseaux des agriculteurs du Saïs ne montrent pas de sensibilité particulière quant à la dimension environnementale de la production agricole.

Les agriculteurs valorisent également ces réseaux pour accéder à la terre, à l'eau ou au capital, par des arrangements que les cadres formels ne permettent pas. Ces arrangements ont constitué un moteur important de l'évolution des exploitations du Saïs, par exemple pour assurer la durabilité des exploitations en pluviales sensibles aux effets de taille et où la surface s'avère prépondérante (Choisis et al., 2012). Pour cela, un marché de location des terres non irrigables, facile d'accès aux plus pauvres s'est constitué. Ils permettent aussi l'accès à l'eau d'irrigation pour des exploitations qui en étaient insuffisamment pourvues ; dans ce cas, une association se crée entre un agriculteur souvent âgé qui apporte la terre et l'eau et un autre plus au fait des systèmes irrigués qui procure le savoir-faire, le travail et la trésorerie. Ces arrangements ont contribué à augmenter les revenus et ensuite permis d'investir dans l'achat et l'amélioration des terres. Ce moyen d'adaptation permet aux agriculteurs de contourner des contraintes physiques et de valoriser leur savoir-faire et la main d'œuvre dont ils disposent. Ces mécanismes informels ont été observés dans différents pays du Maghreb, permettant aux agriculteurs de bénéficier de marges de manœuvre et de se créer des opportunités (Amichi et al., 2015). Leur impact lié à l'exploitation des ressources en eau et en terre fait néanmoins débat (Ameur et al., 2017).

Les aides publiques peuvent s'avérer utiles pour impulser ou sécuriser la durabilité économique des exploitations familiales (Ryschawy et al., 2013). Contrairement à d'autres régions où la vulgarisation et l'accompagnement technique des agriculteurs sont des moteurs puissants de la durabilité (Marchant, 2003; Pham et Smith, 2013), la politique agricole au Maroc soutient d'abord la durabilité économique des exploitations agricoles par la promotion de l'intensification conventionnelle et le développement de la production, à travers des subventions, pour l'achat de matériel de culture ou d'irrigation (Akesbi, 2012). Ces aides, également orientées vers les exploitations familiales ces dernières années, ont un impact sur leurs résultats économiques et la reconnaissance sociale des agriculteurs qui en bénéficient (innovateurs). Elles restent néanmoins limitées du fait de la complexité de la procédure et des réticences des agriculteurs à former des coopératives. Ces soutiens à l'intensification par le capital apparaissent dans différentes régions telles qu'en Chine par les programmes de subvention des engrais (Reidsma et al., 2012), en Afrique de l'Ouest par le soutien à l'approvisionnement en intrants et l'intégration des services agricoles dans la filière comme c'est le cas pour le coton (Gabre-Madhin et Haggblade, 2004), ou encore au Brésil, par le programme the Embrapa Baldo Cheio, dédié à l'intensification de la production laitière (Novo et al., 2013).

Ces politiques d'aides ne sont pas sans effet pervers, notamment sur l'environnement (Akesbi, 2014). En effet, les subventions à l'irrigation par le goutte-à-goutte, dont l'objectif est d'économiser l'eau d'irrigation, peuvent avoir un effet contraire par l'accroissement de la demande en eau si les agriculteurs étendent les zones irriguées (Batchelor et al. 2014). De plus, les subventions augmentent la dépendance des agriculteurs aux eaux souterraines, en leur facilitant l'accès à cette ressource ainsi que l'accès à de nouveaux marchés (Kuper et al., 2016). Il apparaît donc une contradiction entre, d'une part, la politique visant à intensifier la production par l'irrigation à partir des nappes souterraines pour améliorer les revenus agricoles et la durabilité économique et sociale des exploitations (Shah et al., 2003 ; Kuper et al. 2009 ; Quarouch et al., 2014), et d'autre part, l'objectif plus global de durabilité environnementale passant nécessairement dans le Saïs par une gestion raisonnée des nappes. Mais rares sont les agriculteurs qui lient cette menace à la pérennité de leur exploitation. Ils trouvent, des solutions individuelles à la fois internes et externes aux exploitations permettant d'améliorer leur disponibilité en eau.

Cette primauté de l'individuel sur le collectif a été démontrée dans d'autres contextes, tels que les crises phytosanitaires en Californie (Nicholas et al., 2012), la surexploitation de la nappe au Maghreb (Berahmani et al., 2012), ou les adaptations aux changements climatiques en Inde (Jain et al., 2015). Les agriculteurs penchent plus souvent pour des adaptations à court-terme et à faible coût plus faciles à mettre en place que des adaptations à long-terme plus onéreuses (Feola et al., 2015). Cependant, ces stratégies bénéfiques sur le court terme peuvent être inadaptées concernant des processus dont les effets se font sentir sur des périodes plus longues, tels que la surexploitation des nappes souterraines (Jain et al., 2015). Les solutions empruntées par les agriculteurs du Saïs, montrent clairement que cette eau commune est considérée comme une ressource individuelle, que chacun essaie de capter et d'exploiter en fonction des capitaux dont il dispose, en l'absence d'une vision étendue de la durabilité de la ressource.

Ainsi, les frontières physiques de l'exploitation ne constituent plus une limite à certains agriculteurs, dont l'exploitation devient mobile sur différentes terres. Contrairement aux agriculteurs, les chercheurs perçoivent ces mécanismes d'adaptation (arrangement, location et mobilité) comme une menace à la durabilité de l'aquifère et des exploitations agricoles du Saïs, particulièrement en l'absence effective d'interventions de l'Etat pour réguler l'utilisation des ressources en eau et sol (Kuper et al., 2016). Compte tenu de la finitude de la ressource hydrique, dans un contexte de changement climatique et de l'augmentation des besoins individuels en eau, cette situation peut conduire à une tragédie des communs (Hardin, 1968). La raréfaction des eaux de la nappe peut évoluer vers une compétition entre les différentes exploitations implantées dans le Saïs, d'autant plus prononcée qu'il s'agit de cultures à forte valeur ajoutée comme les fruits et légumes (Hoogesteger et Wester, 2015); De ce point de vue, des inégalités sociales par la concentration des ressources aux mains d'une minorité disposant de meilleurs accès aux capitaux, aux marchés rémunérateurs et à l'information, risquent d'apparaître (Ameur et al., 2015a).

1.3. *Vers une convergence des points de vue sur la durabilité*

La durabilité n'est pas un concept utilisé explicitement par les agriculteurs du Saïs, *a fortiori* dans ses trois dimensions ; mais, ceux-ci, par leurs décisions, impactent à la fois l'état des ressources naturelles et la viabilité de leurs exploitations (Wattenbach et Friedrich, 1997). Or,

le concept ne fait pas non plus consensus entre experts tels que chercheurs, conseillers agricoles ou politiciens (de Olde et al., 2016a). Il serait intéressant dans de futures études d'explorer les perceptions de la durabilité des autres parties prenantes locales impliquées dans le secteur agricole et agro-alimentaire, à savoir les acteurs avals des filières (commerçants, agro-industriels), les conseillers, les acteurs institutionnels (agence de l'eau, direction régionale de l'agriculture, etc.) et les consommateurs qui sont le dernier maillon de la chaîne du système alimentaire. Ces études permettraient de refléter la richesse des perceptions au sein d'un même territoire, de favoriser des terrains fertiles à l'expansion du concept, et de mettre en avant une durabilité partagée dans sa complexité.

En effet, la durabilité dépend non seulement des spécificités du contexte, reflétées par les différents déterminants de la durabilité recensés dans notre étude dans le Saïs, mais encore des différents acteurs qui, selon leurs valeurs, expériences, normes et appartenance sociale, forgent chacun leur propre représentation de la durabilité. Par conséquent, une caractérisation unique de la durabilité agricole et des systèmes de production durables est impossible. Il est nécessaire d'en considérer une pluralité selon les acteurs concernés et les systèmes d'action qu'ils pilotent, les états du contexte, les attentes sociétales et les connaissances et savoirs du moment.

Compte tenu de cette pluralité du concept, certains chercheurs appellent à des approches transdisciplinaires dans les travaux sur la durabilité (Kates et al., 2001 ; Komiyama et Takeuchi, 2006 ; Ostrom, 2009). En effet, selon le contexte local, ces approches permettraient : (i) d'améliorer les compréhensions des questions de durabilité et de renforcer l'apprentissage et la cohésion sociale (Pahl-Wostl et Hare 2004 ; Pretty, 2008), (ii) de renforcer les processus démocratiques quant à l'implication des populations locales et des autres parties prenantes dans les prises de décisions et le choix des mesures de gestion des ressources communes et ainsi avoir leur mot à dire dans les processus décisionnels qui affecteront leur vie et leurs moyens de subsistance (UNECE, 1998 ; Gaventa, 2006), (iii) d'élaborer des mesures spécifiques au contexte qui intègrent les connaissances locales et par conséquent mieux à même d'être acceptées et adoptées par les populations locales (Cashmore et al., 2009 ; Stoeglehner et Neugebauer 2013). Les parties prenantes peuvent avoir différents niveaux d'intégration (Schindler et al., 2015) dans plusieurs domaines liés à la durabilité, tels que la gestion des ressources (Ritsema et al., 2001 ; Evans et Sophana, 2004), le transfert de technologies (Acton et Phien, 2001), l'élaboration et l'évaluation participative de scénarios

pour une agriculture durable (Le Gal, 2009). L'implication des parties prenantes a été suggérée comme un quatrième pilier du développement durable, prenant en compte la diversité environnementale, politique, sociale et économique des systèmes faisant d'eux des organisations plus durables et plus stables (Stoeglehner et Neugebauer, 2013).

2. Retours sur les méthodes et limites de l'étude

2.1. Une méthodologie basée sur des études de cas

La principale limite à cette étude est l'absence de base de données actualisée des agriculteurs dans la zone étudiée. En effet, depuis le dernier recensement agricole général effectué en 1996, le paysage agricole a changé avec le développement rapide de l'irrigation et l'opérationnalisation du PMV. En 2014, le gouvernement marocain a lancé une campagne de recensement pour évaluer l'impact des investissements publics et privés en agriculture, et mieux planifier l'activité agricole, mais ses résultats ne sont pas encore disponibles.

Pour pallier ce manque de données de base, nous avons opté pour une méthode de collecte de données par entretien appliquée à un échantillon diversifié de 40 agriculteurs. Cette méthode, basée sur un questionnaire structuré et des entretiens approfondis, a été utilisée dans différents contextes en Grèce (Daskalopoulou et Petrou, 2002), en Espagne (Castel et al., 2003), en Italie (Usai et al., 2006) ou au Chili (Carmona et al., 2010). L'ensemble des agriculteurs enquêtés a été maintenu durant toute l'étude, et a été sollicité aux cours des trois phases correspondant aux trois questions de recherche. Nous avons choisi de dresser des typologies d'exploitation à chaque phase de questionnement, cet outil se révélant efficace pour comprendre et ordonner la diversité de situations, à l'œuvre dans un contexte donné (Moreno-Pérez et al., 2011; Marshall et al., 2014).

Il est en effet intéressant de regrouper les exploitations (Lesschen et al., 2005), dès lors que chaque système est différent dans sa structure et unique dans sa façon de gérer et de prendre des décisions (Mađry et al., 2013). Ainsi, la typologie permet (i) de connaître et de comprendre les caractéristiques et les conditions semblables à chaque type (stratégies, pratiques, systèmes de production, structures, perceptions) ;(ii) de faire émerger les processus mis à l'œuvre en termes de décisions des agriculteurs ainsi que les points forts et les faiblesses de chaque type de systèmes (diagnostic) (Köbrich et al., 2003); (iii) d'intervenir par des

recommandations adaptées à chaque type, dans un compromis entre conseil individuel et recommandation standard à toutes les exploitations (Aboudrare, 2009).

La richesse des données quantitatives et qualitatives collectées en lien avec les différentes questions de recherche, nous a permis de dresser des typologies répondant aux objectifs de chaque questionnement. Ainsi, nous avons manipulé des méthodes d'analyses tant qualitatives basées sur l'étude approfondie de chaque cas et la compréhension des mécanismes liés aux systèmes d'exploitation (raisonnement, choix stratégiques, perceptions, lien entre composantes du système) (Eisenhardt et Graebner, 2007), que statistiques en utilisant des méthodes multivariées comme l'analyse des composantes principales (ACP) (pour les données quantitatives), ou l'analyse en composantes multiples (ACM) (pour les données qualitatives et quantitatives) et la classification ascendante hiérarchique (Lesschen et al., 2005). Dans une perspective d'interventions publiques, il serait nécessaire de compléter les typologies réalisées par une évaluation du poids des différents types dans l'ensemble de la population agricole régionale, ce qui suppose l'existence d'un recensement ou de disposer de moyens pour travailler sur de grands échantillons.

2.2. *Evaluer la durabilité*

Dans la littérature, l'évaluation de la durabilité permet le passage de la théorie de la « durabilité » à la pratique (Von Wirén-Lehr, 2001) et constitue un important outil d'aide à la décision pour un gain en durabilité (Schindler et al., 2015). Cependant, face au foisonnement des méthodes, rares sont les travaux qui ont permis une réelle adoption d'outils d'évaluation de la durabilité, ainsi qu'une opérationnalisation des résultats et des recommandations issues des évaluations (Macintosh et Ashton, 2003; Blackstock et al., 2007; Rey-Valette et al., 2007; Binder et al., 2010; Triste et al., 2014). La majorité des publications sur l'évaluation de la durabilité se rapportent à des études de cas ponctuelles (Bond et al., 2012). Les rares cas d'opérationnalisation des résultats des évaluations, concernent des applications spécifiques par exemple pour les carburants (Zhou et al., 2012), les paysages urbains (Deng et al., 2012) ou l'industrie minière (Shields et al., 2011).

Pour les agriculteurs, l'intérêt des méthodes d'évaluation fait débat (Coteur et al., 2016), mis à part certaines méthodes utilisées dans des processus de certification (Schader et al., 2014) donc rendues obligatoires de fait. Différentes raisons ont été mises en avant pour expliquer ce manque d'appropriation des méthodes d'évaluation, tels que les inadéquations entre les valeurs de jugement des agriculteurs et des concepteurs de méthodes (Gasparatos, 2010, Triste et al., 2014, Van Meensel et al., 2012), ou des facteurs liés à l'aspect procédural de la méthode tels que la disponibilité et la qualité des données, les délais et les coûts de réalisation des évaluations, ainsi que les terminologies scientifiques peu familières aux agriculteurs (Van Meensel et al., 2012; Marchand et al., 2014). Pour autant, les auteurs s'accordent sur un point fort de ces méthodes, à savoir l'apprentissage et la diffusion du concept de durabilité (Bond et al., 2012). En effet, leur utilisation amène les agriculteurs à discuter d'un large éventail de thèmes en lien avec le concept et à réfléchir sur leurs pratiques (Subedi, 2006 ; de Olde et al., 2016b). Ainsi, ces outils représentent une importante base de transmission de connaissances entre toutes les parties prenantes (Frick et al., 2004; Kaiser et Fuhrer, 2003).

Face à ce constat contrasté entre, d'une part, le manque d'appropriation de ces outils, et d'autre part, leur intérêt en terme d'apprentissage, un appel a été lancé par un nombre de chercheurs, pour opérationnaliser les connaissances développées par les évaluations de la durabilité (Binder et al., 2010). Ces approches partent des résultats des évaluations pour élaborer des plans de développement ciblés (De Mey et al., 2011 ; de Olde et al., 2016b), ainsi qu'un accompagnement et un appui à l'agriculteur (Le Gal et al., 2011). Cette initiative peut être portée par différents acteurs tels que les chercheurs, les conseillers locaux ou les agents des structures de développement.

3. Quels futurs pour les exploitations du Saïs?

Le développement des activités agricoles, avec un objectif de développement durable, pose de nombreuses questions aux agriculteurs et aux professionnels quant aux leviers d'action individuels ou collectifs, sur les transitions vers de nouvelles pratiques ou nouveaux systèmes de production, sur les stratégies de développement (exploitations agricoles, territoires ou

filières) à mettre en œuvre pour un développement durable. Ainsi, toutes les parties prenantes ont un rôle à jouer dans ces constructions individuelles mais aussi collectives.

3.1. *Quelles stratégies futures des agriculteurs ?*

L'évolution rapide du contexte du Saïs et les stratégies pour durer, observées actuellement, reflètent la dynamique des exploitations enquêtées. Les capacités d'adaptation des agriculteurs doivent constamment faire leurs preuves dès lors que cet environnement continue à changer. Compte tenu de ces changements, que serait le futur des exploitations familiales du Saïs? Quels mécanismes d'adaptation futurs les agriculteurs familiaux mettront-ils en place ?

Le partage d'un marché identique, qui a permis à bon nombre d'exploitations familiales du Saïs de se diversifier et d'accéder à des productions spéculatives, peut s'avérer risquer lorsque les baisses des prix de vente se multiplient lors des pics de production. Ces risques augmentent lorsqu'il s'agit de cultures nécessitant un investissement important, rentabilisé à moyen terme, comme c'est le cas en production fruitière (Bernard de Raymond, 2010). Ainsi, les agriculteurs qui peuvent augmenter leur productivité ou réduire leurs coûts de production en même temps qu'ils subissent la baisse des prix, seront les plus compétitifs (Reardon et al., 2009); Par ailleurs, pour des chaînes d'approvisionnement et de distribution plus intégrées, telles que les supermarchés, le marché d'export ou la transformation, les exploitations familiales sont moins compétitives en raison de leurs difficultés à respecter les normes requises et les volumes commandés, et des coûts de transaction élevés qu'elles génèrent vu leur faible volume de produits. Les opérateurs en aval peuvent alors préférer traiter avec les grandes exploitations agricoles et les agro-industries (Carter et Mesbah, 1993). Afin de tirer profit de ces chaînes de valeurs, les exploitations familiales doivent s'organiser en coopératives pour réduire leurs coûts de transaction (Reardon et al., 2009). Tel est le cas pour la filière lait au Maroc, où de nombreux petits producteurs laitiers fournissent les centres de collectes livrant eux-mêmes à des laiteries industrielles privées ou appartenant aussi à des coopératives (Le Gal et al., 2007). Une telle intégration pourrait être possible grâce au concept d'agrégation proposé par le PMV. Ce concept rencontre néanmoins des difficultés de mise en œuvre vu la réticence des agriculteurs à coopérer liée à leur manque de confiance mutuelle, ainsi que la lenteur des procédures administratives (Akesbi, 2012).

L'évolution future des conditions climatiques, dans le Saïs et le moyen Atlas, caractérisée entre autres par un accroissement de variabilité de la pluviométrie, risque d'impacter fortement les exploitations en pluvial, et la recharge des nappes. Ce risque est inhérent à l'activité agricole, mais son accroissement conditionne les pratiques agricoles futures (Alam, 2015). Face à ces menaces, les agriculteurs ont développé différentes stratégies d'adaptation. En Inde par exemple, les agriculteurs ont accès aux assurances agricoles, stockent des réserves d'alimentation, adoptent de nouvelles technologies (tel que la goutte-à-goutte), ou migrent en ville (Mwinjaka et al., 2010). En Ethiopie, les agriculteurs diversifient leurs productions, pratiquent des techniques de conservation des eaux et du sol, accèdent aux nappes souterraines, ou jouent sur les dates de semis (précoce et tardif) (Deressa et al., 2009). Dans le Saïs, ces risques sont évidemment plus accentués dans le cas des grandes exploitations en cultures pluviales, qui, ces dernières années, commencent à contracter des assurances sur la récolte. Par ailleurs, la diversification des activités au sein des exploitations apparaît un atout pour palier à ces risques climatiques. Cependant, dans leur gestion future, ces agriculteurs pourront intégrer le mulch ou de semis direct, ou adopter des espèces plus résistantes à la sécheresse, ou encore jouer sur les dates de semis en réalisant les travaux en sec et sans labour (Labbaci et al., 2015). Enfin, l'évolution des conditions climatiques risquent de pousser de plus en plus d'agriculteurs à accéder aux eaux souterraines pour sécuriser leur production. Ce processus déjà engagé est tout sauf vertueux. Un cercle vicieux d'accroissement de la pression sur cette ressource risque de se développer, si ce n'est pas déjà le cas dans les zones du Saïs les moins bien dotées en eau d'irrigation.

L'augmentation de la demande de terres, dans le Saïs, liée à l'urbanisation et à la promotion par le PMV du modèle de « grande ferme » a conduit à une hausse des prix des terres. Cette dynamique risque d'exclure les agriculteurs familiaux comme en Algérie (Amichi et al., 2012), ou aux Philippines (Montefrio et al., 2013). Toutefois, cette dynamique pourrait favoriser des arrangements (location, fermage) entre les différents types d'agriculteurs, comme cela apparaît dans les pays du Maghreb (Amichiet al., 2015).

L'attractivité du secteur agricole, notamment chez les jeunes, et la présence ou non de successeurs dans les exploitations sont des facteurs puissants de l'évolution des exploitations (García-Martínez et al., 2009), sachant que le travail agricole implique un dur labeur physique, peu de temps libre et une faible rémunération (van Vliet et al., 2015). Au Mexique, les opportunités d'emplois hors exploitation ont des effets négatifs sur le développement des

exploitations familiales (Pfeiffer et al., 2009). En Australie, l'attractivité des secteurs non agricoles a engendré la disparition d'un grand nombre d'exploitations familiales (Wheeler et al., 2012). Cependant, contrairement à d'autres zones où le morcellement des terres entraîne l'apparition de très petites structures (<1 ha), et décourage les jeunes à s'investir dans le secteur agricole (Keating et al., 2013), les jeunes dans le Saïs se présentent comme des acteurs du développement territorial, par leur engagement dans les dynamiques locales (associations, coopératives, manifestations) (Ftouhi et al., 2015). En effet, les « success stories » d'un grand nombre d'agriculteurs familiaux du Saïs, qui ont pu améliorer leur situation socio-économique par l'irrigation, donnent de l'espoir aux jeunes locaux et les retiennent sur le territoire. Cependant, les changements agricoles significatifs nécessitent des capitaux financiers élevés et un apprentissage technique, qui ne concernent pas toute la population des jeunes qui souhaitent s'inscrire dans cette dynamique de développement.

3.2. *L'accompagnement des agriculteurs vers une perception étendue de la durabilité*

Dans les travaux sur la durabilité, le rôle du chercheur apparaît comme capital dans l'apprentissage, l'évaluation de la durabilité en plus de l'élaboration de solutions et la conception de démarches d'accompagnement des agriculteurs vers plus de durabilité. D'autant plus que la coexistence de différents modèles agricoles dans le Saïs et la diversité rencontrée au sein même des exploitations familiales, sont intéressantes à étudier et à accompagner. Dans ce cadre, quelles démarches d'accompagnement le chercheur peut-il concevoir, pour aider les agriculteurs à reconfigurer leurs systèmes de production pour une meilleure durabilité ?

Les résultats des évaluations de la durabilité représentent une base pour définir les marges de manœuvre possibles ainsi que les améliorations plus durables (Von Wirén-Lehr, 2001). L'intérêt de ces améliorations environnementales, techniques ou économiques, constituent autant de « projets » de changement dans les exploitations, pouvant être testés par voie de simulation prospective (Le Gal et al., 2011). Il y a deux approches principales pour la conception de systèmes agricoles innovants (Martin et al., 2013). Les approches d'optimisation qui ont pour but de développer des algorithmes de résolution de problèmes et l'approche par des simulations participatives où les scénarios sont définis par la créativité humaine (van Notten et al., 2003). La modélisation prospective explore des scénarios

d'amélioration pour fournir soit un conseil au cas par cas (Sraïri et al., 2011; Ryschawy et al., 2014) soit via l'interaction avec des groupes de partenaires locaux (ComMod, 2005). Cependant, la volonté des agriculteurs et l'intérêt qu'ils portent à l'amélioration de la durabilité de leur exploitation semblent déterminants dans ces mesures d'accompagnement. Dans notre étude, les quelques projets d'amélioration qui émergeaient des discussions, ciblaient une amélioration de la durabilité économique via le développement de l'arboriculture irriguée dans une majorité des cas. Les agriculteurs concernés s'estimaient suffisamment bien informés par leurs réseaux socio-professionnels et ne manifestaient pas de besoins d'accompagnement.

Cette approche a cependant été réalisée en complément de notre étude, en imaginant des configurations des systèmes de production à même d'améliorer la durabilité environnementale et/ou économique des exploitations rencontrées, telles que l'autonomisation alimentaire des ateliers d'élevage (rationalisation des rations, introduction du maïs ensilage), la meilleure intégration des légumineuses dans les assolements pour améliorer la fertilité du sol, l'intégration du semis direct, ou l'introduction de cultures tolérantes à la sécheresse (oliviers, quinoa) ; D'une part, ce travail a confirmé la primauté de la dimension économique dans les décisions des agriculteurs quant aux scénarios proposés, et leur favorisation des stratégies réactives. D'autre part, il a soulevé certains verrouillages sociotechniques liés à l'adoption des innovations (semis direct, fève en vert) et le besoin d'accompagnement technique sur le terrain (Laaziz, 2016). Cette approche d'accompagnement des agriculteurs visant à améliorer la durabilité des exploitations agricoles *via* la modélisation a été mise en œuvre dans différents contextes, pour améliorer les rendements et la biodiversité des exploitations en France (Mézière et al., 2015), améliorer la fertilité du sol et les rotations culturales en Uruguay (Dogliotti et al., 2004) ou optimiser des stratégies d'irrigation des exploitations pour la conservation de la ressource en eau en Espagne (García-Vila et Fereres, 2012).

La Recherche intervient également dans l'accompagnement des agriculteurs et des décideurs politiques concernant la conception et l'évaluation d'outils de régulations des pratiques ou des marchés ou de l'introduction de réglementations, tels que différents niveaux de tarification de l'eau (Bartolini et al., 2007). Cette approche serait intéressante dans le cas du Saïs dans un cadre d'une future politique de tarification de l'eau d'irrigation afin de déterminer ses effets sur les différents systèmes de production irrigués identifiés dans notre étude. Dans la même optique, les impacts de différentes réglementations de diminution de l'utilisation des

pesticides ont été évalués dans la Merja Zerga au Maroc, dans un objectif d'optimisation de la lutte chimique via des outils d'aide à la décision (Ayadi et al., 2014). Cette approche participative serait bénéfique dans le cas du Saïs, d'une part pour faire prendre conscience aux différents acteurs des dangers des pesticides, et d'autre part pour les inciter à améliorer leurs pratiques de protection phytosanitaire. Dans le même esprit, les impacts de scénarios d'évolution des politiques énergétiques au Maroc (butane, gasoil, électrique ou solaire) ont été simulés sur des exploitations irriguées du Saïs, pour aider les politiques dans leurs décisions (Raïs et al., 2016).

Enfin, le chercheur peut jouer un rôle de facilitateur dans l'apprentissage des communautés d'agriculteurs vers une évolution de leurs perceptions, à travers l'approche de « communautés de pratique » (Brown et Duguid, 2000 ; Ingram, 2008). Cette approche perçue comme un processus social de co-construction est utilisée dans des communautés partageant des préoccupations similaires et souhaitant résoudre des problèmes ou améliorer leurs pratiques, afin de renforcer les compétences des participants (Lave et Wenger 1991). Cette pratique est utilisée par les chercheurs pour sensibiliser les agriculteurs quant à la gestion des ressources naturelles, via par exemple des jeux de rôles, capables de reproduire certaines interactions qui pourraient se produire dans la vraie vie (Dionnet et al., 2013). Appliquée dans le Saïs, une telle approche pourrait changer les perceptions des agriculteurs et les familiariser avec le concept de durabilité (Ameur et al. 2015b). Elle permettrait aussi de lever les blocages sociaux quant à la coopération et sensibiliserait les agriculteurs aux avantages des organisations professionnelles dans le contexte de fluctuation des prix.

3.3. Des mesures institutionnelles pour une meilleure durabilité des exploitations agricoles

La diversité de situations de production ou des types d'exploitation agricole et la multitude des déterminants de la durabilité interrogent également les décideurs politiques sur le modèle qu'ils souhaitent développer : développer l'agriculture en général et/ou l'agriculture familiale en particulier qui ne représente pas moins de 80% des agriculteurs du pays (Quarouch et al., 2014). Ainsi, ce travail qui donne la mesure des enjeux du développement durable au niveau local du Saïs, a pour ambition de contribuer au débat sur les choix stratégiques des politiques en matière d'agriculture, d'autant plus que les agriculteurs enquêtés demandent le soutien de

l'Etat. Pour eux, l'Etat doit intervenir quant aux problématiques liées à l'épuisement des ressources en eau et à leur gestion, la régulation des marchés et des prix, ou la gestion de la pollution agricole. Divers questionnements s'adressent par conséquent aux décideurs politiques: l'agriculture familiale qui a montré une grande capacité d'adaptation aux changements de contexte, mais qui reste fragile par manque de capitaux, ne mérite-t-elle pas un soutien économique et social (formation) plus important ? Comment réduire les inégalités existantes entre les exploitations agricoles familiales elles-mêmes (développement de l'esprit d'entrepreneuriat) et avec les agro-industries, installées depuis quelques années dans le Saïs, en termes d'accès aux marchés et aux ressources communes (eau et foncier notamment) ? Quelles mesures pour accompagner les agriculteurs dans leurs choix de gestion de l'exploitation et des techniques culturales pour une meilleure durabilité ? Comment gérer les effets de l'intensification agricole sur le territoire (ressources et pollution), particulièrement quand ces agriculteurs familiaux n'accordent pas d'importance à la dimension environnementale de la durabilité ?

Ces questionnements qui se déclinent sur le plan local sont à relier, d'une part, au contexte global (démographie mondiale en constante évolution, libéralisation des marchés et concurrence mondiale, financiarisation des activités, changement et déséquilibres climatiques), d'autre part, aux politiques nationales visant une croissance économique satisfaisante, soutenue par une amélioration de l'accès aux marchés ainsi qu'aux nouvelles technologies et à l'innovation, la minimisation du gaspillage alimentaire, la gestion des intrants (engrais, eau, pesticides), et la diminution de l'impact environnemental des activités agricoles (Herrero et al., 2010). Ces questionnements renvoient à la nécessité de combiner la vision de la durabilité interne à l'exploitation agricole avec celle de la durabilité du territoire où se nouent les relations entre les exploitations et avec les acteurs des filières, les autres secteurs économiques, les consommateurs et les organisations locales, tout en tenant compte des enjeux globaux (Morse et al., 2002).

Dans les pays du Sud, la priorité est généralement donnée au développement de la production, pour réduire la pauvreté des populations rurales et satisfaire leur autonomie alimentaire et la souveraineté alimentaire des nations (Swilling et al., 2016). Les défis de la protection globale de l'environnement et des transitions agro-écologiques des systèmes de production sont négligés en raison de manque de fonds gouvernementaux et de leur temporalité plus longue. Mais des efforts importants ont porté sur la lutte contre l'érosion des sols qui mettent en

danger la survie des populations rurales de certaines régions. Des études plus récentes proposent de combiner engrais minéraux et fumures organiques et même de réduire l'usage de pesticides chimiques et, bien sûr, d'investir plus dans la recherche agricole et les services de vulgarisation (Bhutto et Bazmi, 2007 ; Füsün Tatlidil et al., 2009). Après avoir concentré ses efforts sur les grandes exploitations intensives (Dugué et al. 2014), le PMV, au Maroc, augmente actuellement les subventions aux agriculteurs familiaux pour encourager la plantation de vergers, l'achat d'équipements agricoles et l'irrigation par goutte à goutte, ainsi que l'acquisition d'unités de valorisation des productions (unité de stockage frigorifique ou de trituration par exemple) pour les agriculteurs qui s'organisent en coopératives (Faysse, 2015). Mais une croissance durable des exploitations familiales nécessiterait également des mesures d'adaptation de la politique foncière, notamment à travers l'accès à des baux de longue durée permettant aux agriculteurs locataires d'investir sur le moyen et long terme (Deininger et al., 2013), l'amélioration de l'information sur les marchés (évolution, prévision) ou le développement et la facilitation d'accès aux institutions financières (Hazell, 2005).

Le PMV a considéré le secteur agricole dans ces composantes économique et sociale (développement humain) et a conduit à l'amélioration de la situation socio-économique des agriculteurs, mais la composante environnementale fait défaut (Akesbi, 2014). Depuis deux décennies, l'Etat a montré une volonté de préserver l'environnement via différentes initiatives, telles que la signature d'un nombre de conventions internationales relatives à l'environnement, la promulgation de lois et règlements (sur l'eau, la pollution de l'air ou la gestion des déchets), l'adoption de stratégies pour la protection de l'environnement et la lutte contre le réchauffement climatique, ou l'élaboration d'une Charte nationale définissant le référentiel de base de la politique nationale du développement durable. Les résultats sur le terrain restent malheureusement dérisoires (Akesbi, 2014).

Ces dernières années, le Maroc semble montrer sa volonté de s'inscrire dans une démarche d'un développement plus respectueux de l'environnement par l'organisation de la COP22 en 2016 et par la mise en place du « Plan d'investissement vert », dont les projets visent à la réduction des émissions des gaz à effet de serre (réduction de 32% sur la période 2015-2030) et l'adaptation aux changements climatiques. Ce plan retient l'agriculture parmi les secteurs clés, et vise une modernisation du secteur agricole par des moyens moins polluants tout en le rendant plus compétitif, et améliorer la gestion durable des ressources naturelles (Royaume du Maroc, 2014). Cependant, encore une fois, ce plan est destiné aux opérateurs et investisseurs

privés, avec une quasi exclusion des agriculteurs familiaux. Par ailleurs, des actions destinées aux agriculteurs familiaux apparaissent dans le cadre de programmes de recherche-développement participatifs qui accompagnent le PMV, via le transfert de technologie agricole aux agriculteurs et le déploiement d'expertise scientifique. Dans le Saïs, ces efforts sont chapotés par l'INRA de Meknès qui a commencé récemment à étudier la mise en œuvre des paiements des services environnementaux (PSE), pour préserver les ressources naturelles communes (El Mokaddem et al., 2016).

L'objectif de développement durable implique un processus de changement qui nécessite une évolution progressive des mentalités, du fait des conditions spécifiques de modification des anciennes règles (Aoki, 2006). Ce changement doit s'accompagner d'un processus de traduction (Vallance et al., 2011) pour assurer une relative familiarité avec des savoirs communs et faciliter l'appropriation du nouveau référentiel (Macintosh et Ashton, 2003). Progressivement, les considérations environnementales vont être de plus en plus intégrées dans les politiques agricoles se dirigeant en grande partie vers les transitions agro-écologiques (Fischer et Newig, 2016). Dans différents pays, la mise en œuvre de pratiques respectueuses de l'environnement est principalement induite par la législation plutôt que par des initiatives volontaires (Mandryk et al., 2014). Ainsi, depuis les années 90, la politique agricole commune (PAC) en Europe, a instauré un système de paiement pour services environnementaux dans le cadre des mesures agro-environnementales et pour encourager les agriculteurs à la protection de l'environnement et de la biodiversité (van Zanten et al., 2014). Le *Conservation Reserve Program* des États-Unis paie les agriculteurs qui mettent en jachère une partie de leurs terres pendant une période déterminée. D'autres options de politiques publiques mises en place comme la taxe sur les engrais ou les pesticides, ou l'élimination des subventions pour ces intrants, découragent leur utilisation excessive (Tilman et al., 2002). De plus, la mise en place de mesures agro-écologiques permet une familiarisation des agriculteurs avec les différents concepts scientifiques et donc une meilleure compréhension de ceux-ci (Fischer et Young, 2007; Soini et Aakkula, 2007; Kelemen et al., 2013). L'agroécologie implique diverses approches pour résoudre les défis actuels de la production agricole et intègre différentes dimensions telles que les questions environnementales, sociales, économiques, éthiques et de développement agricole (Wezel et al., 2009). Ce type de mesures serait à envisager dans le cas du Saïs, où les agriculteurs n'ont montré aucune initiative volontaire en faveur de l'environnement dans leurs pratiques.

Le rôle de l'État est aussi déterminant dans la gestion de la durabilité des ressources naturelles partagées au sein d'un territoire par la mise en place d'instruments de régulation dans l'utilisation de ressources telles que l'eau (Bouarfa et Kuper, 2012). Dans les pays du Maghreb, les Etats ont mis en place différentes mesures pour réguler la surexploitation des nappes, tels que la régulation directe de la demande en eau (autorisation, contrôle des volumes extraits), les incitations à la gestion de la demande d'eau (tarification, subventions pour la micro-irrigation) et des mesures pour augmenter la disponibilité en eau (dessalement, construction de barrages, recharge des eaux souterraines). Mais la participation des acteurs à la conception de ces politiques demeure faible, elles s'avèrent peu efficaces et la surexploitation des nappes se poursuit (Faysse et al., 2012), les Etats se trouvant pris entre cette gestion raisonnée de la ressource et ses objectifs de sécurité alimentaire, de stabilité sociale et de développement économique également recherchés par les utilisateurs de la ressource et les fournisseurs de services (Kuper et al., 2016). Pour une meilleure gestion des aquifères, les Etats devraient rendre visibles les effets actuels et futurs de la dynamique des eaux souterraines auprès des acteurs locaux et appuyer les coalitions d'acteurs susceptibles de trouver un équilibre acceptable dans l'utilisation de la ressource en eau sans compromettre le développement socio-économique qu'elle génère (Kuper et al., 2016). A cet effet, la gestion collective des eaux souterraines par les usagers de l'eau (les associations d'usagers des eaux agricoles, les groupements d'intérêt économique au sein des filières...) est considérée comme une solution (Schlager, 2007), la gouvernance locale étant plus efficace pour assurer un accès équitable aux eaux souterraines que les efforts de contrôle centralisés par les agences gouvernementales (Hoogesteger et Wester, 2015). Pour une gouvernance locale des ressources en eau, dans le Saïs, les autorités locales peuvent commencer par informer les agriculteurs des effets de la surexploitation et encourager les processus de négociation comme en Beauce (Lejars et al., 2012) ou à Chaouia (Berahmani et al., 2012). Ces négociations qui permettront la définition d'un instrument consensuel de gestion pour réglementer l'utilisation des eaux souterraines, doivent impliquer tous les types d'agriculteurs (familiaux et agro-industriels), l'administration, ainsi que tous les acteurs concernés par l'utilisation des eaux de nappe (Faysse et al., 2012). La prise en compte des modalités informelles d'accès aux eaux souterraines, telles que le fermage ou la location de droits d'eau, s'avère importante dans les débats pour une co-construction de réglementations effectives (Bouarfa et Kuper, 2012).

Les démarches et contenus du conseil technique et des activités de renforcement des capacités des agriculteurs dans un objectif d'amélioration des pratiques agricoles sont également une

composante à prendre en compte pour rendre l'agriculture du Saïs plus durable. La tendance au cours des dernières décennies a été de réduire ces services dans le secteur public (Bekkar et Compagnone, 2015). L'apprentissage technique et les innovations apparues dans le Saïs ont été essentiellement générés et propagés par les réseaux socio-professionnels informels (Benouniche et al., 2016), qui représentent un atout à la diffusion de pratiques innovantes (Matson et al., 1997 ; Foley et al., 2011). Ces pratiques peuvent concerner des techniques de diminution de l'utilisation des produits phytosanitaires, telles que la valorisation des associations de variétés ou d'espèces, la diversification des assolements ou la lutte biologique (Guichard et al., 2017). Différentes études ont montré que la formation des agriculteurs améliore leurs connaissances et leurs capacités à valoriser des concepts tels que la durabilité et à adopter des pratiques et des stratégies soutenables pour l'environnement (Marchant, 2003; Burton, 2004; Stock, 2007). Dans des contextes comme le Saïs où les réseaux contribuent fortement aux processus d'innovation, les agents de développement publics pourraient contribuer à relier les agriculteurs à des intermédiaires commerciaux qualifiés (Benouniche et al., 2016). Par exemple, le manque de qualification des vendeurs de pesticides sur la protection des cultures végétales ou leur recherche du profit peuvent les conduire à fournir des recommandations inappropriées (Guichard et al., 2017). Pour ce faire, les conseillers et agronomes des services publics doivent comprendre les stratégies et les mécanismes d'apprentissage des agriculteurs au sein de leurs réseaux pour mieux les accompagner (Poncet et al., 2010; Benouniche et al., 2016).

Cependant, plusieurs études montrent que les politiques et interventions visant à une transition vers des pratiques agricoles moins polluantes échouent si elles ne se basent que sur la technique en marginalisant les évolutions culturelles, cognitives ou sociales des agriculteurs (van Vliet et al., 2015). Ces politiques sont alors rejetées par les agriculteurs lorsque les incitations financières ou les gains potentiels ne sont pas assez élevés pour les convaincre de changer leurs pratiques. En Angleterre par exemple, en 2003, seulement 10% des agriculteurs ont choisi de s'inscrire dans des contrats de fourniture de services environnementaux. Le reste pensait que ces incitations n'étaient pas suffisantes en terme économique, par rapport à leurs pratiques intensives actuelles (Dobbs et Pretty, 2008). La transition agro-écologique peut également être ralentie ou bloquée par des verrouillages sociotechniques au niveau des acteurs économiques aval, en fonction de leurs cahiers des charges et de leur politique de prix (Guichard et al., 2017).

Les gouvernements peuvent alors aider les agriculteurs familiaux en les incluant dans des réseaux d'acteurs innovants en lien avec les transitions agro-écologiques (Fischer et Newig, 2016). Des innovations durables peuvent ainsi émerger (Geels, 2012), tels que (i) le semis direct en cours d'expérimentation par une communauté d'agriculteurs et de chercheurs dans la périphérie du Saïs (Mrabet, 2001 ; Razine, 2008), (ii) l'agriculture biologique en plein essor dans d'autres régions du Maroc (Kenny et Hanafi, 2001), (iii) le développement des organisations de producteurs pour la commercialisation comme dans la filière lait au Maroc (Ait El Mekki, 2007), (iv) les entreprises pouvant mobiliser les connaissances et les ressources financières et managériales pour développer des innovations alternatives (normes sanitaires et cahiers des charges ou culture sous contrat avec spécification de production par exemple) (Reisch et al., 2013) et (v) des consommateurs et la société civile capables d'exprimer des attentes nouvelles en termes de qualité des produits et de respect de l'environnement et qui poussent et encouragent les producteurs à chercher de nouvelles solutions au niveau de leurs exploitations (Grin et al., 2011). Les opérateurs de l'amont et de l'aval (fournisseurs d'intrants, semenciers, transformateurs, consommateurs) peuvent également influencer les stratégies de gestion et les pratiques des agriculteurs (Guichard et al., 2017). Ainsi, il faut agir sur l'ensemble des chaînes de valeur agro-alimentaires, dans lesquelles l'agriculteur constitue un maillon, pour favoriser des alternatives durables de développement, *via* des programmes ciblant l'ensemble des opérateurs agricoles et des consommateurs (Tsolakis et al., 2014 ; Beske et al., 2014).

Conclusion générale

Cette étude a démontré la capacité de la plupart des exploitations agricoles familiales du Saïs à s'adapter aux évolutions de leur contexte, en saisissant les opportunités se présentant à elles et en innovant. Parties d'un noyau relativement homogène il y a 60 ans, ces exploitations montrent aujourd'hui, une grande diversité, basée largement sur l'accès à l'eau souterraine, à la propriété foncière et aux capitaux. La possibilité d'irriguer a permis à un grand nombre d'agriculteurs de développer des productions à haute valeur ajoutée (maraîchage, arboriculture fruitière), qui ont conduit à l'intensification des systèmes de production par le capital. Chaque agriculteur a suivi sa propre trajectoire en fonction des ressources qu'il a pu mobiliser (terre, main d'œuvre, capital), et de ses choix individuels réalisés à des moments clés, notamment en termes de spécialisation ou diversification. Ces choix individuels ont cependant eu des conséquences collectives, telles que la baisse du niveau de la nappe, la pollution diffuse de l'eau et de l'air, ou la volatilité des prix des fruits et légumes sur les marchés nationaux. Ces conséquences ont pu affecter tant la durabilité économique des exploitations que la durabilité des ressources naturelles mobilisées par les agriculteurs.

L'évaluation de la durabilité des 36 exploitations de notre échantillon, avec la méthode IDEA, montre une diversité de situations vis-à-vis des impacts négatifs sur l'environnement et sur les ressources naturelles des systèmes de production rencontrés, ainsi que des performances économiques des exploitations. Les déterminants de cette diversité incluent des facteurs internes aux exploitations (choix des systèmes de production, structure de l'exploitation, nature des pratiques agricoles, normes sociales de l'agriculteur) mais également externes tels que les politiques publiques qui poussent à l'accroissement de la production agricole au détriment de la régulation de l'usage des ressources en eaux souterraines. La tendance générale montre un antagonisme entre les dimensions économique et environnementale de la durabilité. L'analyse des perceptions qu'ont les agriculteurs du concept de durabilité souligne la multiplicité des variables, des processus et des interprétations entrant dans leurs raisonnements, mais qui restent globalement restreints à leur exploitation. De manière générale, les agriculteurs privilégient dans l'élaboration et la mise en œuvre de leurs stratégies, l'objectif de « durabilité » économique appliquée à leur propre situation et négligent la dimension environnementale de la durabilité, qu'ils renvoient à la responsabilité

de la puissance publique. Ceci les amène à adopter des comportements miniers vis-à-vis des ressources naturelles, particulièrement l'eau souterraine.

Le futur de ces exploitations, dans ce contexte où se conjuguent l'objectif d'intensification agricole et des contraintes sur les ressources naturelles, dépendra à moyen et long terme de la prise en compte de la dimension environnementale dans les décisions prises à différents niveaux (décideurs politiques, conseillers, agriculteurs). Dans cette même optique, les actions coordonnées des différents acteurs en lien avec le secteur agricole et de l'alimentation, dont les consommateurs, seront d'un grand intérêt pour la durabilité des exploitations agricoles familiales.

Dans ce contexte, la coordination entre acteurs ne va pas de soi dans ces situations où la concurrence entre agriculteurs pour l'accès aux ressources naturelles productives (eau, terre) est de plus en plus forte. L'équité pour l'accès à ces ressources et la coexistence entre plusieurs modèles de production (capitalistique vs familiale) voire aussi leur mise en synergie constituent des questions de recherche originales à explorer dans ces situations.

Mais, à court terme, et face à une pression croissante sur ces ressources, l'élaboration de mesures collectives concernant tous les types d'exploitation devient urgente. Elles devront prendre en compte les spécificités locales afin d'engager une transition vers des systèmes de production productifs, rentables et moins nocifs pour l'environnement. Cette évolution/transition dépendra aussi des capacités des agriculteurs à envisager différents scénarios en réponse à ces mesures collectives, ainsi que du renforcement de leurs capacités. Ces réflexions prospectives nécessitent un soutien externe pour clarifier les choix possibles, et supposent, contrairement aux tendances actuelles, que les services de conseil stratégique pour les exploitations familiales soient renforcés dans cette région.

Références

- Aboudrare, A., 2009. Rapport de Formation Continue. Renforcement des capacités locales pour développer les produits de qualité de montagne - Cas du safran. Agronomie Durable Principes et Pratiques. Assistance technique de la FAO. <http://www.fao.org/fileadmin/templates/olq/documents/documents/morocco/FAOTCP/MOR3201-9.pdf>
- Abric, J.C., 1987. Coopération, Compétition et Représentation Sociales. Cousset DelVal, Suisse.
- Acton, D., Phien, T., 2001. Farmer Participatory Research and Technology Transfer on the Use and Management of Sloping Lands in Vietnam. End of Project Report. Phase 2, Canadian Society of Soil Science, Pinawa, and Vietnamese Soil Science Society, Hanoi.
- Adamczewski, A., Hertzog, T., Jamin, J.Y., Tonneau, J.P., 2015. Competition for irrigated land: inequitable land management in the Office du Niger (Mali). *Int. J. Sustain. Dev.* 18, 161-179. doi: 10.1504/IJSD.2015.070237
- Agence de bassin hydraulique du Sebou, 2011. Etude d'actualisation du plan directeur d'aménagement intégré des ressources en eau du bassin hydraulique de Sebou. Agence de bassin hydraulique du Sebou. http://www.abhsebou.ma/images/actualite_event/rapport%20PDAIRE.pdf.
- Ahnström, J., Höckert, J., Bergeå, H.L., Francis, C.A., Skelton, P., Hallgren, L., 2008. Farmers and nature conservation: What is known about attitudes, context factors and actions affecting conservation? *Renew. Agric. Food Syst.* 24, 38–47. doi:10.1017/S1742170508002391
- Ahouangninou, C., Martin, T., Assogba-Komlan, F., Cledjo, P., Chogou, S.K., Nouatin, G., Boko, W., Soumanou, M.M., Houssou, C., Biaou, G., Ahanchede, A., Boko, M., Fayomi, B., 2015. Evaluation de la durabilité de la production maraîchère au sud du Bénin. *Cah. CBRST* 2, 98–126.
- Ait El Mekki, A., 2007. La filière lait et les produits laitiers au Maroc. In : Hervieu, B., (Ed). *MediTERRA 2007. Identités et qualité des produits alimentaires méditerranéens*. P.F.N.S.P., Paris, pp 291-311.
- Akesbi, N., 2006. Evolution et Perspectives de l'agriculture Marocaine. In : 50 ans de développement humain au Maroc, perspectives 2025 : rapports thématiques. Maroc : Cinquante ans de Développement Humain au Maroc. Editions Maghrébines, Casablanca, pp 85-198.
- Akesbi, N., 2012. Une nouvelle stratégie pour l'agriculture marocaine: Le Plan Maroc Vert. *New Medit* 11, 12–23.
- Akesbi, N., 2014. Le Maghreb face aux nouveaux enjeux mondiaux. Les investissements verts dans l'agriculture au Maroc. IFRI, Paris. http://dev.ocppc.lnet.fr/sites/default/files/IFRI_noteifriocpnakesbi.pdf
- Alam, K., 2015. Farmers' adaptation to water scarcity in drought-prone environments: A case study of Rajshahi District, Bangladesh. *Agric. Water Manag.* 148, 196–206. doi:10.1016/j.agwat.2014.10.011
- Alary, V., Messad, S., Aboul-Naga, A., Osman, M.A., Daoud, I., Bonnet, P., Juanes, X., Tourrand, J.F., 2014. Livelihood strategies and the role of livestock in the processes of adaptation to drought in the Coastal Zone of Western Desert (Egypt). *Agric. Syst.* 128, 44–54. doi:10.1016/j.agsy.2014.03.008

- Alston, M., Whittenbury, K., 2011. Climate change and water policy in Australia's irrigation areas: a lost opportunity for a partnership model of governance. *Environ. Polit.* 20, 899-917. doi:10.1080/09644016.2011.617175
- Ameur, F., Hamamouche, M.F., Kuper, M., Benouniche, M., 2013. La domestication d'une innovation technique : introduction et diffusion du goutte-à-goutte dans deux douars au Maroc. *Cah. Agric.* 22, 311-8. doi: 10.1684/agr.2013.0644
- Ameur, F., Kuper, M., Lejars, C., Dugué, P., 2017. Prosper, survive or exit: contrasted fortunes of farmers in the groundwater economy in the Saïss plain (Morocco). *Agric. Water Manag.* (Article soumis)
- Ameur, F., Kuper, M., Lejars, C., Dugue, P., 2015a. Prospérer, se maintenir ou sortir de la GroundwaterEconomy : les inégalités socio-économiques dans le Saïss au Maroc. In : *La gouvernance des eaux souterraines au Maghreb*. Montpellier, ANR, 1 poster.
- Ameur, F., Quarouch, H., Dionnet, M., Lejars, C., Kuper, M., 2015b. Outiller un débat sur le rôle des jeunes agriculteurs dans une agriculture en transition dans le Saïss (Maroc). *Cah. Agric.* 24, 363-371. doi : 10.1684/agr.2015.0786
- Amichi, H., Bouarfa, S., Kuper, M., Ducourtieux, O., Imache, A., Fusillier, J.L., Bazin, G., Hartani, T., Chehat, F., 2012. How does unequal access to groundwater contribute to marginalization of small farmers? The case of public lands in Algeria: unequal access to groundwater and marginalization of small farmers. *Irrig. Drain.* 61, 34-44. doi:10.1002/ird.1660
- Amichi, H., Kadiri, Z., Bouarfa, S., Kuper, M., 2015. Une génération en quête d'opportunités et de reconnaissance: les jeunes ruraux et leurs trajectoires innovantes dans l'agriculture irriguée au Maghreb. *Cah. Agric.* 24, 323-329.
- Antwi-Agyei, P., Stringer, L.C., Dougill, A.J., 2014. Livelihood adaptations to climate variability: insights from farming households in Ghana. *Reg. Environ. Change* 14, 1615-1626. doi:10.1007/s10113-014-0597-9
- Aoki, M., 2006. *Fondements d'une analyse institutionnelle comparée*. Albin Michel, Paris.
- Araba, A., Benjellou, S., Hamama, A., Hamimaz, R., Zahar, M., 2001. Organisation de la filière laitière au Maroc. *Options méditerranéennes* 32, 47-62.
- Assefa, E., Hans-Rudolf, B., 2016. Farmers' Perception of Land Degradation and Traditional Knowledge in Southern Ethiopia-Resilience and Stability: farmers' perception of land degradation and traditional knowledge. *Land Degrad. Dev.* 27, 1552-1561. doi:10.1002/ldr.2364
- Austin, J.E., 1981. *Agroindustrial project analysis*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Ayadi, H., Le Bars, M., Le Grusse, P., Mandart, E., Fabre, J., Bouaziz, A., Bord, J.P., 2014. SimPhy: a simulation game to lessen the impact of phytosanitaires on health and the environment—the case of Merja Zerga in Morocco. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 21, 4950-4963. doi:10.1007/s11356-013-2244-2
- Ayadi-Hajji, H., 2013. *Outils de gestion de la pollution phytosanitaire diffuse au niveau d'un territoire: cas d'application zone humide Ramsar de la Merja Zerga au Maroc*. Thèse de doctorat. Université Paul Valéry, Montpellier III.
- Baccar, M., Bouaziz, A., Dugué, P., Gafsi, M., Le Gal, P.-Y., 2017. The determining factors of farm sustainability in a context of growing agricultural intensification. *Int. J. Agric. Sustain.* (en révision)
- Baccar, M., Bouaziz, A., Dugué, P., Le Gal, P.-Y., 2017. Shared environment, diversity of pathways: dynamics of family farming in the Saïss Plain (Morocco). *Reg. Environ. Change* 17, 739-751. doi:10.1007/s10113-016-1066-4

- Barrett, C.B., Reardon, T., Webb, P., 2001. Nonfarm income diversification and household livelihood strategies in rural Africa: concepts, dynamics, and policy implications. *Food Policy* 26, 315-331. doi:10.1016/S0306-9192(01)00014-8
- Barrientos-Fuentes, J.C., Torrico-Albino, J.C., 2014. Socio-economic perspectives of family farming in South America: cases of Bolivia, Colombia and Peru. *Agron. Colomb.* 32, 266-275. <http://dx.doi.org/10.15446/agron.colomb.v32n2.42310>
- Bartolini, F., Bazzani, G.M., Gallerani, V., Raggi, M., Viaggi, D., 2007. The impact of water and agriculture policy scenarios on irrigated farming systems in Italy: an analysis based on farm level multi-attribute linear programming models. *Agric. Syst.* 93, 90–114.
- Batchelor, C., Reddy, V.R., Linstead, C., Dhar, M., Roy, S., May, R., 2014. Do water-saving technologies improve environmental flows? *J. Hydrol.* 518, 140–149
- Bathfield, B., Gasselin, P., García-Barrios, L., Vandame, R., López-Ridaura, S., 2015. Understanding the long-term strategies of vulnerable small-scale farmers dealing with markets' uncertainty: Vulnerable small-scale farmers dealing with markets' uncertainty. *Geogr. J.* 182, 165-177. doi: 10.1111/geoj.12142
- Bekkar, Y., Compagnone, C., 2015. Approche socio-historique de la structuration du conseil agricole au Maroc. In : Compagnone, C., Goulet, F., Labarthe, P. (eds). *Conseil privé en agriculture : acteurs, pratiques et marché*. Editions Quae, Versailles, pp 167-182
- Bekkar, Y., Kuper, M., Errahj, M., Faysse, N., Gafsi, M., 2009. On the difficulty of managing an invisible resource: Farmers' strategies and perceptions of groundwater use, field evidence from Morocco. *Irrig. Drain.* 58, S252–S263. doi:10.1002/ird.527
- Belghiti, M., 2009. Le plan national d'économie d'eau en irrigation (PNEEI): une réponse au défi de la raréfaction des ressources en eau. *Revue HTE* 143-144, 34-36
- Bell, S., Morse, S., 2008. *Sustainability Indicators: Measuring the immeasurable?* Earthscan, London.
- Benouniche, M., Errahj, M., Kuper, M., 2016. The Seductive Power of an Innovation: Enrolling Non-conventional Actors in a Drip Irrigation Community in Morocco. *J. Agric. Educ. Ext.* 22, 61–79. doi:10.1080/1389224X.2014.977307
- Benouniche, M., Kuper, M., Poncet, J., Hartani, T., Hammani, A., 2011. Quand les petites exploitations adoptent le goutte à goutte: initiatives locales et programmes étatiques dans le Gharb (Maroc). *Cah. Agric.* 20, 40–47. doi:10.1684/agr.2011.0476
- Berahmani, A., Faysse, N., Errahj, M., Gafsi, M., 2012. Chasing water: diverging farmers' strategies to cope with the groundwater crisis in the coastal Chaouia region in morocco: chasing water: farmers' strategies to face the groundwater crisis. *Irrig. Drain.* 61, 673–681. doi:10.1002/ird.1673
- Berkes, F., Colding, J., Folke, C., 2003. *Navigating Social-Ecological Systems. Building Resilience for Complexity and Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Bernard de Raymond, A., 2010. Arrangements for market intermediation and policies. The modernization of the fruit and vegetable market in France, 1950–1980. *Sociol. Trav.* 52,1-20. doi:10.1016/j.socotra.2009.12.001.
- Bernard, J., Le Gal, P.Y., Triomphe, B., Hostiou, N., Moulin, C.H., 2011. Involvement of small-scale dairy farms in an industrial supply chain: when production standards meet farm diversity. *Animal* 5, 961-971. doi:10.1017/S1751731110002478
- Berriane, M. 2002. Le maillon intérieur: la région de Fès-Meknès. In: Troin, J.F., (ed). *Maroc: régions, pays, territoires*. Maisonneuve et Larose, Paris, pp 133–151
- Beske, P., Land, A., Seuring, S., 2014. Sustainable supply chain management practices and dynamic capabilities in the food industry: A critical analysis of the literature. *Int. J. Prod. Econ.* 152, 131–143. doi:10.1016/j.ijpe.2013.12.026

- Bhutto, A.W., Bazmi, A.A., 2007. Sustainable agriculture and eradication of poverty in Pakistan. *Nat. Resour. Forum* 31, 253–262.
- Bijnen, E.J., 1973. *Cluster Analysis: Survey and Evaluation Techniques*. Tilberg University Press, Tilburg.
- Binder, C.R., Feola, G., Steinberger, J.K., 2010. Considering the normative, systemic and procedural dimensions in indicator-based sustainability assessments in agriculture. *Environ. Impact Assess. Rev.* 30, 71–81. doi:10.1016/j.eiar.2009.06.002
- Blackstock, K.L., Kelly, G.J., Horsey, B.L., 2007. Developing and applying a framework to evaluate participatory research for sustainability. *Ecol. Econ.* 60, 726–742. doi:10.1016/j.ecolecon.2006.05.014
- Bockstaller, C., Feschet, P., Angevin, F., 2015. Issues in evaluating sustainability of farming systems with indicators. *OCL* 22, D102. doi:10.1051/ocl/2014052
- Bockstaller, C., Girardin, P., Van der Werf, H.M.G., 1997. Use of agro-ecological indicators for the evaluation of farming systems. *Eur. J. Agron.* 7, 261–270.
- Bond, A., Morrison-Saunders, A., Pope, J., 2012. Sustainability assessment: the state of the art. *Impact Assess. Proj. Apprais.* 30, 53–62. doi:10.1080/14615517.2012.661974
- Bond, A., Morrison-Saunders, A., Stoeglehner, G., 2013. Designing an effective sustainability assessment process. In: Bond, A., Morrison-Saunders, A., Howitt, R., (eds). *Sustainability assessment. Pluralism, practice and progress*. Routledge. Taylor & Francis Group, NewYork, pp 231–262
- Bond, A.J., Morrison-Saunders, A., 2011. Re-evaluating Sustainability Assessment: Aligning the vision and the practice. *Environ. Impact Assess. Rev.* 31, 1–7. doi:10.1016/j.eiar.2010.01.007
- Bos, J.F.F.P., Smit, A. (Bert) L., Schröder, J.J., 2013. Is agricultural intensification in The Netherlands running up to its limits? *NJAS - Wagening. J. Life Sci.* 66, 65–73. doi:10.1016/j.njas.2013.06.001
- Bossenbroek, L., van der Ploeg, J.D., Zwarteveen, M., 2015. Broken dreams? Youth experiences of agrarian change in Morocco's Saïss region. *Cah. Agric.* 24, 342–348. doi : 10.1684/agr.2015.0776
- Bosshard, A., 2000. A methodology and terminology of sustainability assessment and its perspectives for rural planning. *Agric. Ecosyst. Environ.* 77, 29–41. doi:10.1016/S0167-8809(99)00090-0
- Bouabid, Z., 2012. Le plan vu par les agriculteurs. *Economia* 7, 27–33
- Bouarfâ, S., Kuper, M., 2012. Groundwater in irrigation systems: from menace to mainstay: groundwater in irrigation systems. *Irrig. Drain.* 61, 1–13. doi:10.1002/ird.1651
- Bouaziz, A., Soufi, A., 1989. Impact des structures agraires sur le fonctionnement et l'évolution des exploitations agricoles : Cas de la Plaine des Abda. *Hommes, terre et eaux* 73, 9–26.
- Bouderbala, N., 1999. Les systèmes de propriété foncière au Maghreb. Le cas du Maroc. In : Jouve, A.M., Bouderbala, N., (eds). *Politiques foncières et aménagement des structures agricoles dans les pays méditerranéens : à la mémoire de Pierre Coulomb*, Cahiers Options Méditerranéennes, n. 36. CIHEAM, Montpellier, pp 47–66.
- Bouderbala, N., Chraïbi, M. Pascon., P., 1974. La Question Agraire au Maroc. *Bulletin Economique et Social du Maroc* 123–125.
- Brady, N.C., 1990. Making agriculture a sustainable industry. In: Edwards, C.A., Lal, R., Madden, P., Miller, R. H., House, G. (eds.). *Sustainable Agricultural Systems*. Soil and Water Conservation Society, Iowa, pp 20–32.
- Brown, J. S., Duguid. P., 2000. Balancing act: how to capture knowledge without killing it. *Harvard Business Review*, May–June issue.

- <https://fabiofbatista.files.wordpress.com/2014/09/balancing-act-how-to-capture-knowledge-without-killing-it.pdf>
- Burton, R.J., 2004. Seeing through the “good farmer”s’ eyes: towards developing an understanding of the social symbolic value of “productivist” behaviour. *Sociol. Rural.* 44, 195–215.
- Caballero, R., 2001. Typology of cereal–sheep farming systems in Castile-La Mancha (South-central Spain). *Agric. Syst.* 68, 215–232. [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-521X\(01\)00009-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-521X(01)00009-9)
- Carmona, A., Nahuelhual, L., Echeverría, C., Báez, A., 2010. Linking farming systems to landscape change: An empirical and spatially explicit study in southern Chile. *Agric. Ecosyst. Environ.* 139, 40-50.
- Carof, M., Colomb, B., Aveline, A., 2013. A guide for choosing the most appropriate method for multi-criteria assessment of agricultural systems according to decision-makers’ expectations. *Agric. Syst.* 115, 51–62. doi:10.1016/j.agsy.2012.09.011
- Carr, S., Tait, J., 1991. Differences in the attitudes of farmers and conservationists and their implications. *J. Environ. Manag.* 32, 281–294.
- Carter, M.R., Mesbah, D., 1993. Can land market reform mitigate the exclusionary aspects of rapid agro-export growth? *World Dev.* 21, 1085–1100. doi:10.1016/0305-750X(93)90001-P
- Cashmore, M., Bond, A., Sadler, B., 2009. Introduction: the effectiveness of impact assessment instruments. *Impact Assess. Proj. Apprais.* 27, 91–93. doi:10.3152/146155109X454285
- Castel, J.M., Mena, Y., Delgado-Pertínez, M., Camúnez, J., Basulto, J., Caravaca, F., Guzmán-Guerrero, J.L., Alcalde, M.J., 2003. Characterization of semi-extensive goat production systems in southern Spain. *Small Ruminant Res.* 47, 133-143.
- Chatterjee, S., Goswami, R., Bandyopadhyay, P., 2015. Methodology of identification and characterization of farming systems in irrigated agriculture: case study in west Bengal State of India. *J. Agr. Sci. Tech.* 17, 1127-1140.
- Chia, E., Petit, M., Brossier, J., 2015. Théorie du comportement adaptatif et agriculture familiale. In: Gasselin, P., Choisis, J.-P., Petit, S., Purseigle, F., Zasser, S. (Eds.). *L’agriculture En Famille : Travailler, Réinventer, Transmettre.* EDP Sciences, les Ulis, pp 81-100.
- Choisis, J.P., Thévenet, C., Gibon, A., 2012. Analyzing farming systems diversity: a case study in south-western France. *Span. J. Agric. Res.* 10, 605. doi:10.5424/sjar/2012103-533-11
- Chopin, P., Tirolien, J., Blazy, J.M., 2016. Ex-ante sustainability assessment of cleaner banana production systems. *J. Cleaner Prod.* 139, 15–24. doi:10.1016/j.jclepro.2016.08.036
- Cialdella, N., Dobremez, L., Madelrieux, S., 2009. Livestock farming systems in urban mountain regions. Differentiated paths to remain intimate. *Outlook Agr.* 38, 127–135.
- Collier, P., Dercon, S., 2014. African agriculture in 50 years: smallholders in a rapidly changing world? *World Dev.* 63, 92-101. doi:10.1016/j.worlddev.2013.10.001
- Comer, S., Ekanem, E., Muhammad, S., Singh, S.P., Tegegne, F., 1999. Sustainable and Conventional Farmers: A Comparison of Socio-Economic Characteristics, Attitude, and Beliefs. *J. Sustain. Agric.* 15, 29–45. doi:10.1300/J064v15n01_04
- ComMod, 2005. Modelling, an object facilitating collective thought. *Nat. Sci. Soc.* 13, 165–168.
- Conley, T., Udry, C., 2001. Social Learning through Networks: The Adoption of New Agricultural Technologies in Ghana. *Am. J. Agr. Econ.* 83, 668-673. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/1245097>

- Cortez-Arriola, J., Rossing, W.A.H., Massiotti, R.D.A., Scholberg, J.M.S., Groot, J.C.J., Tiftonell, P., 2015. Leverages for on-farm innovation from farm typologies? An illustration for family-based dairy farms in north-west Michoacán, Mexico. *Agric. Syst.* 135, 66–76. doi:10.1016/j.agsy.2014.12.005
- Coteur, I., Marchand, F., Debruyne, L., Dalemans, F., Lauwers, L., 2016. A framework for guiding sustainability assessment and on-farm strategic decision making. *Environ. Impact Assess. Rev.* 60, 16–23. doi:10.1016/j.eiar.2016.04.003
- Cousins, B., Hoffman, M. T., Allsopp, N., Rohde, R. F., 2007. A synthesis of sociological and biological perspectives on sustainable land use in Namaqualand'. *J. Arid Environ.* 70, 834–846.
- Darnhofer, I., 2010. Strategies of family farms to strengthen their resilience. *Environ. Policy Gov.* 20, 212–222. doi:10.1002/eet.547
- Darnhofer, I., 2014. Resilience and why it matters for farm management. *Eur. Rev. Agric. Econ.* 41, 461–484. doi:10.1093/erae/jbu012
- Darnhofer, I., Bellon, S., Dedieu, B., Milestad, R., 2010a. Adaptiveness to enhance the sustainability of farming systems. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 30, 545–555. doi:10.1051/agro/2009053
- Darnhofer, I., Fairweather, J., Moller, H., 2010b. Assessing a farm's sustainability: insights from resilience thinking. *Int. J. Agric. Sustain.* 8, 186–198. doi:10.3763/ijas.2010.0480
- Daskalopoulou, I., Petrou, A., 2002. Utilising a farm typology to identify potential adopters of alternative farming activities in Greek agriculture. *J. Rural. Stud.* 18, 95–103. doi:10.1016/S0743-0167(01)00027-4
- De Mey, K., D'Haene, K., Marchand, F., Meul, M., Lauwers, L., 2011. Learning through stakeholder involvement in the implementation of MOTIFS: an integrated assessment model for sustainable farming in Flanders. *Int. J. Agric. Sustain.* 9, 350–363.
- de Olde, E.M., Moller, H., Marchand, F., McDowell, R.W., MacLeod, C.J., Sautier, M., Halloy, S., Barber, A., Bengue, J., Bockstaller, C., Bokkers, E.A.M., de Boer, I.J.M., Legun, K.A., Le Quellec, I., Merfield, C., Oudshoorn, F.W., Reid, J., Schader, C., Szymanski, E., Sørensen, C.A.G., Whitehead, J., Manhire, J., 2016a. When experts disagree: the need to rethink indicator selection for assessing sustainability of agriculture. *Environ. Dev. Sustain.* doi:10.1007/s10668-016-9803-x
- de Olde, E.M., Oudshoorn, F.W., Sørensen, C.A.G., Bokkers, E.A.M., de Boer, I.J.M., 2016b. Assessing sustainability at farm-level: Lessons learned from a comparison of tools in practice. *Ecol. Indic.* 66, 391–404. doi:10.1016/j.ecolind.2016.01.047
- Deininger, K., Byerlee, D., 2012. The rise of large farms in land abundant countries: do they have a future? *World Dev.* 40, 701–714. <http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2011.04.030>
- Deng, Y., Cai, L., and Gong, Z., 2012. Non-weighting assessment model: a new tool for sustainable urban landscape planning. *Advanced Materials Research*, 361–363, 1182–1187.
- Deressa, T.T., Hassan, R.M., Ringler, C., Alemu, T., Yesuf, M., 2009. Determinants of farmers' choice of adaptation methods to climate change in the Nile Basin of Ethiopia. *Tradit. Peoples Clim. Change* 19, 248–255. doi:10.1016/j.gloenvcha.2009.01.002
- Dionnet, M., Daniell, K.A., Imache, A., von Korff, Y., Bouarfa, S., Garin, P., Jamin, J.-Y., Rollin, D., Rougier, J.-E., 2013. Improving Participatory Processes through Collective Simulation: Use of a Community of Practice. *Ecol. Soc.* 18. doi:10.5751/ES-05244-180136
- Dobbs, T.L., Pretty, J., 2008. Case study of agri-environmental payments: The United Kingdom. *Ecol. Econ.* 65, 765–775. doi:10.1016/j.ecolecon.2007.07.030

- Dogliotti, S., García, M.C., Peluffo, S., Dieste, J.P., Pedemonte, A.J., Bacigalupe, G.F., Scarlato, M., Alliaume, F., Alvarez, J., Chiappe, M., Rossing, W.A.H., 2014. Co-innovation of family farm systems: A systems approach to sustainable agriculture. *Agric. Syst.* 126, 76–86. doi:10.1016/j.agry.2013.02.009
- Dogliotti, S., Rossing, W.A., van Ittersum, M., 2004. Systematic design and evaluation of crop rotations enhancing soil conservation, soil fertility and farm income: a case study for vegetable farms in South Uruguay. *Agric. Syst.* 80, 277–302. doi:10.1016/j.agry.2003.08.001
- Dugue, P., Ameer, F., Benouniche, M., El Amrani, M., Kuper, M., 2016. Lorsque les agriculteurs familiaux innovent: cas des systèmes de production irrigués de la plaine du Saïs (Maroc). *Agron. Environ. Sociétés* 5, 87–95.
- Dugué, P., Djamen Nana, P., Faure, G., Le Gal, P.Y., 2015. Dynamiques d'adoption de l'agriculture de conservation dans les exploitations familiales : de la technique aux processus d'innovation. *Cah. Agric.* 24, 60-8. doi : 10.1684/agr.2015.0748
- Dugué, P., Lejars, C., Ameer, F., Amichi, F., Braiki, H., Burte, J., Errahj, M., Hamamouche, M., Kuper, M., 2014. Reconstitutions des agricultures familiales au Maghreb: une analyse comparative dans trois situations d'irrigation avec les eaux souterraines. *Rev. Tiers Monde* 4, 99-118. doi: 10.3917/rtm.220.0101
- Duru, M., Therond, O., 2015. Livestock system sustainability and resilience in intensive production zones: which form of ecological modernization? *Reg. Environ. Change* 15, 1651–1665. doi:10.1007/s10113-014-0722-9
- Eisenhardt, K.M., Graebner, M.E., 2007. Theory building from cases: Opportunities and challenges. *Acad. Manage J.* 50, 25–32. doi: 10.5465/AMJ.2007.24160888
- El Chami, D., Daccache, A., 2015. Assessing sustainability of winter wheat production under climate change scenarios in a humid climate — An integrated modelling framework. *Agric. Syst.* 140, 19–25. doi:10.1016/j.agry.2015.08.008
- El Mokaddem, A., Lejars, C., Benckroun, F., Doukkali, R., 2014. Adaptation et conditions de formalisation des paiements pour services environnementaux pour la conservation des pâturages collectifs au Maroc. *Rev. Marocaine Sci. Agron. Vét.* 2.
- El Mokaddem, A., Morardet, S., Lejars, C., Doukkali, R., Benckroun, F., 2016. Conception d'un paiement pour services environnementaux en pâturages collectifs. Une expérimentation des choix. *Economie Rurale* 355, 67-89. <http://dx.doi.org/10.4000/economierurale.5004>
- Elo, S., Kyngäs, H., 2008. The qualitative content analysis process. *J. Adv. Nurs.* 62,107–115.
- Errington, A., Gasson, R., 1994. Labour use in the farm family business. *Sociol. Rural.* 34, 293-307. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9523.1994.tb00814.x>
- Evans, N., 2009. Adjustment strategies revisited: Agricultural change in the Welsh Marches. *J. Rural Stud.* 25, 217–230. doi:10.1016/j.jrurstud.2008.10.002
- Evans, P. T., Sophana, V., 2004. Lessons from the 'Participatory Natural Resource Management in the Tonle SapRegion' Project. In : Torell, M., Salamanca, A. M. and Ratner, B. D. (eds.). *Wetlands Management in Cambodia: Socio-economic, Ecological, and Policy Perspectives*. Technical Report 64. World Fish Center, Penang, pp 27–29.
- Fadul-Pacheco, L., Wattiaux, M.A., Espinoza-Ortega, A., Sánchez-Vera, E., Arriaga-Jordán, C.M., 2013. Evaluation of sustainability of smallholder dairy production systems in the highlands of Mexico during the rainy season. *Agroecol. Sustain. Food Syst.* 37, 882–901. doi:10.1080/21683565.2013.775990
- Fairweather, J., Campbell, H., 2003. Environmental beliefs and farm practices of New Zealand farmers: opposing pathways to sustainability. *Agric. Hum. Values* 20, 287–300.

- Fairweather, J.R., Hunt, L.M., 2011. Can farmers map their farm system? Causal mapping and the sustainability of sheep/beef farms in New Zealand. *Agric. Hum. Values* 28, 55–66. doi:10.1007/s10460-009-9252-3
- FAO, 2013. Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems (SAFA): Guidelines, Version 3.0. Food and Agricultural Organization of the United Nations.
- Faysse, N., 2015. The rationale of the Green Morocco Plan: missing links between goals and implementation. *J. North Afr. Stud.* 20, 622–634. doi:10.1080/13629387.2015.1053112
- Faysse, N., EL Amrani, M., EL Aydi, S., Lahlou, A., 2012. Formulation and implementation of policies to deal with groundwater overuse in morocco: which supporting coalitions?: policies to deal with groundwater overuse in morocco. *Irrig. Drain.* 61, 126–134. doi:10.1002/ird.1652
- Faysse, N., El Amrani, M., Errahj, M., Addou, H., Slaoui, Z., Thomas, L. Mkadmiyss, S., 2014a. Des hommes et des arbres: relation entre acteurs dans les projets du Pilier II du Plan Maroc Vert. *Alternatives Rurales*, 1.
- Faysse, N., Errahj, M., Imache, A., Kemmoun, H., Labbaci, T., 2014b. Paving the way for social learning when governance is weak: supporting dialogue between stakeholders to face a groundwater crisis in Morocco. *Soc. Nat. Resour.* 27, 249–264. doi:10.1080/08941920.2013.847998
- Faysse, N., Hartani, T., Frija, A., Tazekrit, I., Zairi, C., Challouf, A., 2011. Agricultural Use of Groundwater and Management Initiatives in the Maghreb: challenges and Opportunities for Sustainable Aquifer Exploitation. *AFDB Economic Brief*, 1–24.
- Feola, G., Lerner, A.M., Jain, M., Montefrio, M.J.F., Nicholas, K.A., 2015. Researching farmer behaviour in climate change adaptation and sustainable agriculture: Lessons learned from five case studies. *J. Rural Stud.* 39, 74–84. doi:10.1016/j.jrurstud.2015.03.009
- Filippi-Codaccioni, O., Devictor, V., Bas, Y., Clobert, J., Julliard, R., 2010. Specialist response to proportion of arable land and pesticide input in agricultural landscapes. *Biol. Conserv.* 143, 883–890. doi:10.1016/j.biocon.2009.12.035
- Fischer, A., Young, J.C., 2007. Understanding mental constructs of biodiversity: implications for biodiversity management and conservation. *Biol. Conserv.* 136, 271–282.
- Fischer, J., Hartel, T., Kuemmerle, T., 2012. Conservation policy in traditional farming landscapes: Conserving traditional farming landscapes. *Conservation Letters* 5, 167–175. doi:10.1111/j.1755-263X.2012.00227.x
- Fischer, L.B., Newig, J., 2016. Importance of Actors and Agency in Sustainability Transitions: A Systematic Exploration of the Literature. *Sustainability* 8, 476. doi:10.3390/su8050476
- Flora, C.B., 1992. Building sustainable agriculture: A new application of farming system research and extension. *J. Sustain. Agric.* 2, 37–49. doi:10.1300/J064v02n03_04.
- Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M., Mueller, N.D., O’Connell, C., Ray, D.K., West, P.C., Balzer, C., Bennett, E.M., Carpenter, S.R., Hill, J., Monfreda, C., Polasky, S., Rockström, J., Sheehan, J., Siebert, S., Tilman, D., Zaks, D.P.M., 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478, 337–342. doi:10.1038/nature10452
- Frick, J., Kaiser, F.G., Wilson, M., 2004. Environmental knowledge and conservation behavior: exploring prevalence and structure in a representative sample. *Pers. Individ.* 31, 1597–613.
- Ftouhi, H., Kadiri, Z., Abdellaoui, E.H., Bossenbroek, L., 2015. Partir et revenir au village. Mobilité non permanente des jeunes ruraux dans la région du Saïss (Maroc). *Cah. Agric.* 24, 372–378. <http://dx.doi.org/10.1684/agr.2015.0780>

- Fusun Tatlıdil, F., Boz, İ., Tatlıdil, H., 2009. Farmers' perception of sustainable agriculture and its determinants: a case study in Kahramanmaraş province of Turkey. *Environ. Dev. Sustain.* 11, 1091–1106. doi:10.1007/s10668-008-9168-x
- Gabre-Madhin, E.Z., Haggblade, S., 2004. Successes in African agriculture: results of an expert survey. *World Dev.* 32,745–766. <http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2003.11.004>.
- Gafsi, M., Brossier J., 1997. Farm management and protection of natural resources: Analysis of adaptation process and the dependence relationships. *Agr. Syst.* 55, 71–97.
- Gafsi, M., Legagneux, B., Nguyen, G., Robin, P., 2006. Towards sustainable farming systems: Effectiveness and deficiency of the French procedure of sustainable agriculture. *Agric. Syst.* 90, 226–242. doi:10.1016/j.agsy.2006.01.002
- García-Martínez, A., Olaizola, A., Bernués, A., 2009. Trajectories of evolution and drivers of change in European mountain cattle farming systems. *Animal* 3, 152. doi:10.1017/S1751731108003297
- García-Vila, M., Fereres, E., 2012. Combining the simulation crop model AquaCrop with an economic model for the optimization of irrigation management at farm level. *Eur. J. Agron.* 36, 21–31. doi:10.1016/j.eja.2011.08.003
- Gasparatos, A., 2010. Embedded value systems in sustainability assessment tools and their implications. *J. Environ. Manage.* 91, 1613–1622.
- Gaventa, J., 2006. Triumph, Deficit or Contestation: Deepening the 'Deepening Democracy' Debate. IDS Working Paper 264. Institute of Development Studies, Brighton
- Geels, F., 2012. A socio-technical analysis of low-carbon transitions: Introducing the multi-level perspective into transport studies. *J. Trans. Geo.* 24, 471–482.
- Gibbon, D., 2012. Methodological themes in Farming Systems Research and implications for learning in higher education. In: Darnhofer, I., Gibbon, D., Dedieu, B. (Eds.). *Farming Systems Research into the 21st Century: The New Dynamic*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp 95–115. doi:10.1007/978-94-007-4503-2_5
- Girardin, P., Bockstaller, C., Van der Werf, H.M.G., 2000. Assessment of potential impacts of agricultural practices on the environment: the AGRO*ECO method. *Environ. Impact Assess. Rev.* 20,227–239.
- Gleick, P., 1993. Water and conflict: fresh water resources and international security. *Int. Security* 18, 79–112
- Glendinning, M.J., Dailey, A.G., Williams, A.G., van Evert, F.K., Goulding, K.W.T., Whitmore, A.P., 2009. Is it possible to increase the sustainability of arable and ruminant agriculture by reducing inputs? *Agric. Syst.* 99, 117–125. doi:10.1016/j.agsy.2008.11.001
- Godard, O., Hubert, B., 2002. Le développement durable et la recherche scientifique à l'INRA. Rapport à Madame la Directrice Générale de l'INRA. Rapp. Interméd. Mission. INRA Ed, Paris.
- Gómez-Limón, J.A., Sanchez-Fernandez, G., 2010. Empirical evaluation of agricultural sustainability using composite indicators. *Ecol. Econ.* 69, 1062–1075. doi:10.1016/j.ecolecon.2009.11.027
- Goodland, R., 1995. The concepts of environmental sustainability. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 26, 1–24. doi:10.1146/annurev.es.26.110195.000245.
- Gorton, M., Davidova, S., 2004. Farm productivity and efficiency in the CEE applicant countries : a synthesis of results. *Agric. Econ.* 30, 1–16. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1574-0862.2004.tb00172.x>
- Graeb, B.E., Chappell, M.J., Wittman, H., Ledermann, S., Kerr, R.B., Gemmill-Herren, B., 2016. The State of Family Farms in the World. *World Dev.* 87,1-15. doi:10.1016/j.worlddev.2015.05.012

- Grin, J., Rotmans, J., Schot, J., 2011. On patterns and agency in transition dynamics: Some key insight from the KSI programme. *Environ. Inn. Soc. Tran.* 1, 76–81. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eist.2011.04.008>
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2007. Bilan 2007 des changements climatiques: les bases scientifiques physiques. Contribution du groupe de travail au quatrième rapport d'évaluation du GIEC. Cambridge University Press, Cambridge.
- Guichard, L., Dedieu, F., Jeuffroy M.-H., Meynard, J.-M., Reau, R., Savini, I., 2017. Le plan Ecophyto de réduction d'usage des pesticides en France : décryptage d'un échec et raisons d'espérer. *Cah. Agric.* 26, 1-12.
- Hairong, Y., Yiyuan, C., 2015. Agrarian Capitalization without Capitalism? Capitalist Dynamics from Above and Below in China. *J. Agrar. Change* 15, 366-391. doi:10.1111/joac.12121
- Häni, F., Braga, F., Stämpfli, A., Keller, T., Fischer, M., Porsche, H., 2003. RISE, a tool for holistic sustainability assessment at the farm level. *Int. Food Agribus. Manage. Rev.* 6, 78–90.
- Hansen, W.J., 1996. Is agricultural sustainability a useful concept? *Agric. Syst.* 50,117–143. [http://dx.doi.org/10.1016/0308-521X\(95\)00011-S](http://dx.doi.org/10.1016/0308-521X(95)00011-S)
- Hardi, P., Zdan, T.J., 1997. Assessing sustainable development: principles in practice. International Institute for Sustainable Development, Winnipeg.
- Hardin, G., 1968. The tragedy of the commons. *Science* 162, 1243–1248. doi: 10.1126/science.162.3859.1243
- Harwood, R.R., 1990. A history of sustainable agriculture. In: Edwards, C.A. (Eds.). *Sustainable Agricultural Systems, Soil and Water Conservation Society*. St Lucie Press, USA, pp 3-19
- Hasnah, Fleming, E., Coelli, T., 2004. Assessing the performance of a nucleus estate and smallholder scheme for oil palm production in West Sumatra: a stochastic frontier analysis. *Agric. Syst.* 79, 17-30. [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-521X\(03\)00043-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-521X(03)00043-X)
- Hazell, P., Poulton, C., Wiggins, S., Dorward, A., 2010. The future of small farms: trajectories and policy priorities. *World Dev.* 38, 1349–1361. <http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2009.06.012>
- Hazell, P.B.R., 2005. Is there a future for small farms? *Agric. Econ.* 32, 93–101. <http://dx.doi.org/10.1111/j.0169-5150.2004.00016.x>
- Hendrickson, J.R., Hanson, J.D., Tanaka, D.L., Sassenrath, G., 2008. Principles of integrated agricultural systems: Introduction to processes and definition. *Renew. Agric. Food Syst.* 23, 265. doi:10.1017/S1742170507001718
- Herrero, M., Thornton, P.K., Notenbaert, A.M., Wood, S., Msangi, S., Freeman, H.A., Bossio, D., Dixon, J., Peters, M., van de Steeg, J., Lynam, J., Rao, P.P., Macmillan, S., Gerard, B., McDermott, J., Sere, C., Rosegrant, M., 2010. Smart Investments in Sustainable Food Production: Revisiting Mixed Crop-Livestock Systems. *Science* 327, 822–825. doi:10.1126/science.1183725
- Hoffmann, I., Gerling, D., Kyiogwom, U.B., Mané-Bielfeldt, A., 2001. Farmers' management strategies to maintain soil fertility in a remote area in northwest Nigeria. *Agric. Ecosyst. Environ.* 86, 263–275.
- Holling, C. S., 2001. Understanding the complexity of economic, ecological and social systems. *Ecosystems* 4,390–405.
- Hoogesteger, J., Wester, P., 2015. Intensive groundwater use and (in)equity: Processes and governance challenges. *Environ. Sci. Policy* 51, 117–124. doi:10.1016/j.envsci.2015.04.004

- Hu, F., Gan, Y., Cui, H., Zhao, C., Feng, F., Yin, W., Chai, Q., 2016. Intercropping maize and wheat with conservation agriculture principles improves water harvesting and reduces carbon emissions in dry areas. *Eur. J. Agr.* 74, 9–17. doi:10.1016/j.eja.2015.11.019
- Hunt, L., 2010. Interpreting orchardists' talk about their orchards: the good orchardists. *Agric. Hum. Values* 27, 415–426. doi:10.1007/s10460-009-9240-7
- Hurni, H., 2000. Assessing sustainable land management (SLM). *Agric. Ecosyst. Environ.* 81, 83–92.
- Iglesias, A., Garrote, L., 2015. Adaptation strategies for agricultural water management under climate change in Europe. *Agric. Water Manag.* 155, 113–124. doi:10.1016/j.agwat.2015.03.014
- Ingram, J., 2008. Agronomist–farmer knowledge encounters: an analysis of knowledge exchange in the context of best management practices in England. *Agric. Hum. Values* 25, 405–418. doi:10.1007/s10460-008-9134-0
- Jain, M., Naeem, S., Orlove, B., Modi, V., DeFries, R.S., 2015. Understanding the causes and consequences of differential decision-making in adaptation research: Adapting to a delayed monsoon onset in Gujarat, India. *Global Environ. Chang.* 31, 98–109. doi:10.1016/j.gloenvcha.2014.12.008
- Jane Dillon, E., Hennessy, T., Buckley, C., Donnellan, T., Hanrahan, K., Moran, B., Ryan, M., 2016. Measuring progress in agricultural sustainability to support policy-making. *Int. J. Agric. Sustain.* 14, 31–44. doi:10.1080/14735903.2015.1012413
- Jouve, A.M., 2006. Les trois temps de l'eau au Maroc: l'eau du ciel, l'eau d'Etat, l'eau privée. *Conflu. Méditerranée* 58, 51. doi:10.3917/come.058.0051
- Kahane, R., Hodgkin, T., Jaenicke, H., Hoogendoorn, C., Hermann, M., (Dyno) Keatinge, J.D.H., d'Arros Hughes, J., Padulosi, S., Looney, N., 2013. Agrobiodiversity for food security, health and income. *Agron. Sustain. Dev.* 33, 671–693. doi:10.1007/s13593-013-0147-8
- Kaiser, F., Fuhrer, U., 2003. Ecological behavior's dependency on different forms of knowledge. *Appl. Psychol. Int. Rev.* 52, 598–613.
- Kajikawa, Y., 2008. Research core and framework of sustainability science. *Sustain. Sci.* 3, 215–239. doi:10.1007/s11625-008-0053-1
- Kates, R. W., Clark, W. C., Corell, R., Hall, J. M., Jaeger, C. C., Lowe, I., McCarthy, J.J., Schellnhuber, H.J., Bolin, B., Dickson, N.M., Faucheux, S., Gallopin, G.C., Grubler, A., Huntley, B., Jäger, J., Jodha, N.S., Kaspersen, R.E., Mabogunje, A., Matson, P., Mooney, H., Moore, B., O'Riordan, T., Svedlin, U., 2001. Environment and development: Sustainability science. *Science* 292, 641–642. doi:10.1126/science.1059386.
- Keating, B., Carberry, P., Dixon, J., 2013. Agricultural intensification and the food security challenge in Sub Saharan Africa. In: Vanlauwe, B., vanAsten, P., Blomme, G. (Eds.). *Agro-ecological Intensification of Agricultural Systems in the African Highlands*. Earthscan, UK, pp 20-35.
- Keddal, H., Yao N'dri, J., 2007. Impacts de l'intensification agricole sur la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines. *Revue HTE* 138, 13-29.
- Kelemen, E., Nguyen, G., Gomiero, T., Kovács, E., Choisís, J.-P., Choisís, N., Paoletti, M.G., Podmaniczky, L., Ryschawy, J., Sarthou, J.-P., Herzog, F., Dennis, P., Balázs, K., 2013. Farmers' perceptions of biodiversity: Lessons from a discourse-based deliberative valuation study. *Land Use Policy* 35, 318–328. doi:10.1016/j.landusepol.2013.06.005
- Kenny, L., Hanafi, A., 2001. L'agriculture biologique au Maroc, situation actuelle et perspectives futures. *Transfert de technologie en agriculture* 82.

- Kesavan, P.C., Swaminathan, M.S., 2014. 2014 International Year of Family Farming: a boost to evergreen revolution. *Curr. Sci.* 107, 1970-1974.
- Khan, M., 2011. Adverse health effects, risk perception and pesticide use behavior. *Elixir J. Soc. Sci.* 38, 4044e4048.
- Khan, M., Mahmood, H.Z., Damalas, C.A., 2015. Pesticide use and risk perceptions among farmers in the cotton belt of Punjab, Pakistan. *Crop Prot.* 67, 184–190. doi:10.1016/j.cropro.2014.10.013
- Kirchmann, H., Thorvaldsson, G., 2000. Challenging targets for future agriculture. *Eur. J. Agron.* 12, 145–161.
- Köbrich, C., Rehman, T., Khan, M., 2003. Typification of farming systems for constructing representative farm models: two illustrations of the application of multi-variate analyses in Chile and Pakistan. *Agric. Syst.* 76, 141-157.
- Komiyama, H., Takeuchi, K., 2006. Sustainability science: Building a new discipline. *Sustain. Sci.* 1, 1–6. doi:10.1007/s11625-006-0007-4.
- Kuper, M., Dionnet, M., Hammani, A., Bekkar, Y., Garin, P., Bluemling, B., 2009. Supporting the shift from “state” water to “community” water: lessons from a social learning approach to design joint irrigation projects in Morocco. *Ecol. Soc.* 14, 19 <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art19/>
- 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: Jakeman, A.J., Barreteau, O., Hunt, R.J., Rinaudo, J.D., Ross, A. (Eds.). *Integrated Groundwater Management*. Springer International Publishing, Cham, pp 583–615. doi:10.1007/978-3-319-23576-9_23
- Laaziz, A., 2016. Scénarios d’évolution des systèmes de culture pour des systèmes de production durables dans ma zone du Saiss. *Projet de fin d’étude*. Institut agronomique et vétérinaire Hassan 2.
- Labbaci, T., Dugué, P., Kemoun, H., Rollin, D., 2015. Innovation et action collective : le semis direct des cultures pluviales au Moyen Sébou (Maroc). *Cah. Agric.* 24, 76-83. <http://dx.doi.org/10.1684/agr.2015.0742>
- Labonne, M., 1995. Ajustement structurel au Maroc : le secteur agricole en transition ? In: Allaya, M. (ed). *Les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000, Options Méditerranéennes*. CIHEAM, Montpellier, pp 297-305.
- Landais, E., 1998b. Agriculture durable : les fondements d'un nouveau contrat social ? *Le Courrier de l'environnement de l'INRA* 33, 5-22.
- Landais, E., 1998a. Modelling farm diversity new approaches to typology building in France. *Agric. Syst.* 58:505-527. doi:10.1016/S0308-521X(98)00065-1
- Lankester, A., 2012. Self-perceived Roles in Life and Achieving Sustainability on Family Farms in North-eastern Australia. *Aust. Geogr.* 43, 233–251. doi:10.1080/00049182.2012.706202
- Lave, J., Wenger, E., 1991. *Situated learning: legitimate eperipheral participation*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Le Gal, P.Y., 2009. Agronomie et conception de systèmes de production innovants : concepts, démarches et outils. In : *Durabilité des systèmes du culture en zone méditerranéenne : gestion des ressources en eau et en sol*. Actes du Symposium International. Rabat : AGDUMED, 11p.
- Le Gal, P.Y., Dugué, P., Faure, G., Novak, S., 2011. How does research address the design of innovative agricultural production systems at the farm level? A review. *Agric. Syst.* 104, 714–728. doi:10.1016/j.agry.2011.07.007

- Le Gal, P.Y., Kuper, M., Moulin, C.H., Puillet, L., Sraïri, M.T., 2007. Dispositifs de coordination entre industriel, éleveurs et périmètre irrigué dans un bassin de collecte laitier au Maroc. *Cah. Agric.* 16, 265-271. <http://dx.doi.org/10.1684/agr.2007.0117>
- Lee, D. R., 2005. Agricultural sustainability and technology adoption: Issues and policies for developing countries. *Am. J. Agr. Econ.* 87, 1325–1333. doi:10.1111/j.1467-8276.2005.00826.x.
- Lejars, C., Courilleau, S., 2014. Impact du développement de l'accès à l'eau souterraine sur la dynamique d'une filière irriguée. Le cas de l'oignon d'été dans le Saïs au Maroc. *Cah. Agric.* 24, 1-10. doi:10.1684/agr.2014.0729.
- Lejars, C., Fusillier, J.L., Bouarfa, S., Coutant, C., Brunel, L., Rucheton, G., 2012. Limitation of agricultural groundwater uses in Beauce (France): what are the impacts on farms and on the food processing sector? *Irrig. Drain.* 61, 54–64.
- Lemaire, G., Franzluebbbers, A., Carvalho, P.C. de F., Dedieu, B., 2014. Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. *Agric. Ecosyst. Environ.* 190, 4–8. doi:10.1016/j.agee.2013.08.009
- Lesschen, J.P., Verburg, P.H., Staal, S.J., 2005. Statistical methods for analysing the spatial dimension of changes in land use and farming systems. In: LUCG, IHDP, IGBP (Eds.). LUCG Report Series 7.
- Lincoln, N.K., Ardoin, N.M., 2016. Cultivating values: environmental values and sense of place as correlates of sustainable agricultural practices. *Agric. Hum. Values* 33, 389–401. doi:10.1007/s10460-015-9613-z
- Losch, B., Fréguin-Gresh, S., 2013. Quelles agricultures face aux défis des transitions africaines ? *Cah. Agric.* 22:10-15. doi:10.1684/agr.2012.0573.
- Lyson, T.A., 2002. Advanced agricultural biotechnologies and sustainable agriculture. *Trends Biotechnol.* 20, 193–196.
- M'Hamdi, N., Aloulou, R., Hedhly, M., Ben Hamouda, M., 2009. Evaluation de la durabilité des exploitations laitières tunisiennes par la méthode IDEA. *BASE* 13, 221-228.
- Macintosh, D.J., Ashton, E.C., 2003. Report on the Africa Regional Workshop on the sustainable management of mangrove forest ecosystems. ISME/cenTER/CAW. http://www.mangrove.au.dk/MCB_Files/Consultations/Regional/MCB_AfricaWS_Report_FINAL.pdf
- Mądry, W., Mena, Y., Roszkowska-Mądra, B., Gozdowski, D., Hryniewski, R., Castel, J.M., 2013. An overview of farming system typology methodologies and its use in the study of pasture-based farming system: a review. *Span. J. Agric. Res.* 11, 316. doi:10.5424/sjar/2013112-3295
- Mahdi, M., 2014. Devenir du foncier agricole au Maroc. Un cas d'accapement des terres. *New Medit.* 2-10.
- Mandryk, M., Reidsma, P., Kanellopoulos, A., Groot, J.C.J., vanIttersum, M.K., 2014. The role of farmers' objectives in current farm practices and adaptation preferences: a case study in Flevoland, the Netherlands. *Reg. Environ. Change* 4, 1463–1478. <http://dx.doi.org/10.1007/s10113-014-0589-9>.
- Marchand, F., Debruyne, L., Triste, L., Gerrard, C., Padel, S., Lauwers, L., 2014. Key characteristics for tool choice in indicator-based sustainability assessment at farm level. *Ecol. Soc.* 19, 46. doi:10.5751/ES-06876-190346
- Marchant, D. D., 2003. A study of the effects of dairy farmers' personalities on their risk attitudes, decision making processes and risk management. University of Queensland, St Lucia.

- Marouane, B., 2014. Transfert des nitrates et des pesticides dans les sols de la région du Gharb- Etude à l'échelle de la parcelle. Thèse de doctorat, Université Mohammed V, faculté des sciences, Rabat
- Marshall, N.A., Stokes, C.J., Webb, N.P., Marshall, P.A., Lankester, A.J., 2014. Social vulnerability to climate change in primary producers: A typology approach. *Agric. Ecosyst. Environ.* 186, 86-93. doi:10.1016/j.agee.2014.01.004
- Martin, G., Martin-Clouaire, R., Duru, M., 2013. Farming system design to feed the changing world: a review. *Agron. Sustain. Dev.* 33, 131–149.
- Masters, W.A., Djurfeldt, A.A., DeHaan, C., Hazell, P., Jayne, T., Jirstrom, M., Reardon, T., 2013. Urbanization and farm size in Asia and Africa: implications for food security and agricultural research. *Glob. Food Secur.* 2, 156–165. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gfs.2013.07.002>.
- Matson, P.A., Parton, W.J., Power, A.G., Swift, M.J., 1997. Agricultural Intensification and Ecosystem Properties. *Science* 277, 504. doi:10.1126/science.277.5325.504
- McMichael, P., 2009. A food regime analysis of the 'world food crisis'. *Agric. Hum. Values* 26, 281–295. <http://dx.doi.org/10.1007/s10460-009-9218-5>
- Medina, G., Almeida, C., Novaes, E., Godar, J., Pokorny, B., 2015. Development conditions for family farming: lessons from Brazil. *World Dev.* 74, 386-396. doi:10.1016/j.worlddev.2015.05.023
- Mehta, L., Veldwisch, G.J., Franco, J., 2012. Introduction to the Special Issue: Water grabbing? Focus on the (re) appropriation of finite water resources. *Water Altern.* 5, 193-207.
- Meul, M., Passel, S., Nevens, F., Dessen, J., Rogge, E., Mulier, A., Hauwermeiren, A., 2008. MOTIFS: a monitoring tool for integrated farm sustainability. *Agron. Sustain. Dev.* 28, 321–332. doi:10.1051/agro:2008001
- Mézière, D., Petit, S., Granger, S., Biju-Duval, L., Colbach, N., 2015. Developing a set of simulation-based indicators to assess harmfulness and contribution to biodiversity of weed communities in cropping systems. *Ecol. Indic.* 48, 157–170.
- Michel-Guillou, E., 2012. Développement durable et agriculture durable : Appropriation des concepts et expression des résistances. *Les cahiers psychologie politique* 21. <http://odel.irevues.inist.fr/cahierspsychologiepolitique/index.php?id=2167>
- Montefrio, M.J.F., Sonnenfeld, D.A., 2013. Global-local tensions in contract farming of biofuels involving indigenous communities in the Philippines. *Soc. Nat. Resour.* 26, 239–253
- Moreno-Pérez, O.M., Arnalte-Alegre, E., Ortiz-Miranda, D., 2011. Breaking down the growth of family farms: A case study of an intensive Mediterranean agriculture. *Agric. Syst.* 104, 500-511. doi:10.1016/j.agry.2011.03.007
- Morse, S., McNamara, N., Acholo, M., 2002. Agricultural Sustainability: Comparing External and Internal Perspectives. *J. Sustain. Agric.* 20, 29-59. doi:10.1300/J064v20n04_04.
- Moscovici, S., 1984. *Psychologie sociale*. PUF, Paris.
- Mrabet, R., 2001. Le Semis Direct : Une technologie avancée pour une agriculture durable au Maroc. *Transfert de technologie en Agriculture* 76.
- Mwinjaka, O., Gupta, J., Bresser, T., 2010. Adaptation strategies of the poorest farmers of drought-prone Gujarat. *Clim. Dev.* 2, 346–363.
- Nakajima, E.S., Ortega, E., 2015. Exploring the sustainable horticulture productions systems using the emergy assessment to restore the regional sustainability. *J. Cleaner Prod.* 96, 531–538. doi:10.1016/j.jclepro.2014.07.030
- Ness, B., Urbel-Piirsalu, E., Anderberg, S., Olsson, L., 2007. Categorising tools for sustainability assessment. *Ecol. Econ.* 60, 498–508. doi:10.1016/j.ecolecon.2006.07.023

- Nicholas, K.A., Durham, W.H., 2012. Farm-scale adaptation and vulnerability to environmental stresses: insights from winegrowing in Northern California. *Global Environ. Chang.* 22, 483–494
- Norman, D.W., 2002. The farming systems approach: A historical perspective. In: 17th Symposium of the International Farming Systems Association. Florida, 13 p.
- Norton, B., 1992. Sustainability, human welfare and ecosystem health. *Environmental values* 1, 97-111.
- Novo, A.M., Slingerland, M., Jansen, K., Kanellopoulos, A., Giller, K.E., 2013. Feasibility and competitiveness of intensive smallholder dairy farming in Brazil in comparison with soya and sugarcane: case study of the Balde Cheio Programme. *Agric. Syst.* 121, 63–72.
- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development), 1999. Environmental indicators for agriculture. Issues and Design. OECD Publication Service, Paris.
- Okoruwa, V., Jabbar, M.A., Akinwumi, J.A., 1996. Crop-livestock competition in the West African derived savanna: Application of a multi-objective programming model. *Agric. Syst.* 52, 439–453. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0308-521X\(96\)00005-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-521X(96)00005-4)
- Olson, M., 1982. *The Rise and Decline of Nations: Economic Growth, Stagflation, and Social Rigidities.* Yale University Press, New Haven . <http://www.jstor.org/stable/j.ctt1nprdd>.
- Ostrom, E., 2009. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science* 325, 419–422. doi:10.1126/science.1172133.
- Pacini, C., Wossink, A., Giesen, G., Vazzana, C., Huirne, R., 2003. Evaluation of sustainability of organic, integrated and conventional farming systems: a farm and field-scale analysis. *Agric. Ecosyst. Environ.* 95, 273–288.
- Pahl-Wostl, C., Hare, M., 2004. Processes of social learning in integrated resource management. *J. Comm. Appl. Soc. Psy.* 14, 193–206. <http://dx.doi.org/10.1002/casp.774>
- Paracchini, M.L., Bulgheroni, C., Borreani, G., Tabacco, E., Banterle, A., Bertoni, D., Rossi, G., Parolo, G., Origgi, R., De Paola, C., 2015. A diagnostic system to assess sustainability at a farm level: The SOSTARE model. *Agric. Syst.* 133, 35–53. doi:10.1016/j.agsy.2014.10.004
- Payraudeau, S., van der Werf, H.M.G., 2005. Environmental impact assessment for a farming region: a review of methods. *Agric. Ecosyst. Environ.* 107, 1–19. doi:10.1016/j.agee.2004.12.012
- Pearce, D. W., Atkinson, G. D., 1993. Capital theory and the measurement of sustainable development: an indicator of “weak” sustainability. *Ecol. Econ.* 8, 03-108.
- Petit, M., 1981. *Théorie de la décision et comportement adaptatif des agriculteurs. Formation des agriculteurs et apprentissage de la décision,* ENSSAA, INPSA, INRA, INRAP, Dijon.
- Pfeiffer, L., López-Feldman, A., Taylor, J.E., 2009. Is off-farm income reforming the farm? Evidence from Mexico. *Agric. Econ.* 40, 125–138. doi:10.1111/j.1574-0862.2009.00365.x
- Pham, L.V., Smith, C., 2013. Agricultural sustainability in developing countries: An assessment of the relationships between drivers and indicators in Hoa Binh Province, Vietnam. *Agroecol. Sustain. Food Syst.* 37, 1144–1186. doi:10.1080/21683565.2013.833153
- 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. *Agric. Syst.* 103, 171–179. doi:10.1016/j.agsy.2009.12.004

- Pope J., Bond A., Morrison-Saunders A., Retief F., 2013. Advancing the theory and practice of impact assessment: setting the research agenda. *Environ. Impact Assess. Rev.* 41, 1–9. doi:10.1016/j.eiar.2013.01.008
- Pope, J., Annandale, D., Morrison-Saunders, A., 2004. Conceptualising sustainability assessment. *Environ. Impact Assess. Rev.* 24, 595–616. doi:10.1016/j.eiar.2004.03.001
- Pradel, M., Del'homme, B., 2005. Evaluation de la durabilité des exploitations viticoles dans le vignoble bordelais. Méthode et résultats. In: *Oenometrics XII Conference*. Macerata, 23 p.
- Prakash, A., 2005. *The Dark Zone: Groundwater Irrigation, Politics and Social Power in North Gujarat*. Wageningen University water resources series. Orient Longman, Hyderabad.
- Prasara-A, J., Gheewala, S.H., 2016. Sustainability of sugarcane cultivation: case study of selected sites in north-eastern Thailand. *J. Cleaner Prod.* 134, 613–622. doi:10.1016/j.jclepro.2015.09.029
- Pretty, J., 2008. Agricultural sustainability: Concepts, principles and evidence. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 363, 447–465.
- Pugliese, P., 2001. Organic farming and sustainable rural development: A multifaceted and promising convergence. *Sociol. Rural.* 41, 112–130. doi:10.1111/1467-9523.00172.
- Quarouch, H., Kuper, M., Abdellaoui, E.H., Bouarfa, S., 2014. Eaux souterraines, sources de dignité et ressources sociales : cas d'agriculteurs dans la plaine du Saïss au Maroc. *Cah. Agric.* 23, 158-165. <http://dx.doi.org/10.1684/agr.2014.0699>
- Raïs, I., Faysse, N., Lejars, C., 2016. Impacts d'un changement de politiques énergétiques sur les exploitations irriguées : éclairage sur la base d'un échantillon d'exploitations dans le Saïss (Maroc). *Alternatives Rurales* 4, 90-102. <https://alternatives-rurales.org/numero-4/>
- Rammel, C., van den Bergh, J., 2003. Evolutionary policies for sustainable development: adaptive flexibility and risk minimising, *Ecol. Econ.* 47, 121–133.
- Rasul, G., Thapa, G.B., 2004. Sustainability of ecological and conventional agricultural systems in Bangladesh: an assessment based on environmental, economic and social perspectives. *Agric. Syst.* 79, 327–351.
- Razine, M., 2008. Le semis direct des céréales, Expérience du domaine agricole de sidi kacem. *Transfert de technologie en Agriculture* 163
- Reardon, T., Barrett, C.B., Berdegue, J.A., Swinnen, J.F.M., 2009. Agrifood Industry Transformation and Small Farmers in Developing Countries. *World Dev.* 37, 1717–1727. doi:10.1016/j.worlddev.2008.08.023
- Reidsma, P., Feng, S., van Loon, M., Luo, X., Kang, C., Lubbers, M., Kanellopoulos, A., Wolf, J., vanIttersum, M.K., Qu, F., 2012. Integrated assessment of agricultural land use policies on nutrient pollution and sustainable development in Taihu Basin, China. *Environ. Sci. Policy* 18, 66–76. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2012.01.003>.
- Reisch, L., Eberle, U., Lorek, S., 2013. Sustainable food consumption: an overview of contemporary issues and policies. *S.S.P.P.* 9, 7-25.
- Rey-Valette, H., Clément, O., Aubin, J., Mathé, S., Chia, E., Legendre, M., Caruso, D., Mikolasek, O., Blancheton, J.-P., Slembrouck, J., Baruthio, A., René, F., Levang, P., Morissens, P., Lazard, J., 2008. Guide to the Co-construction of Sustainable Development Indicators in Aquaculture. INRA, CIRAD, IFREMER, IRD.
- Ripoll-Bosch, R., Díez-Unquera, B., Ruiz, R., Villalba, D., Molina, E., Joy, M., Olaizola, A., Bernués, A., 2012. An integrated sustainability assessment of mediterranean sheep farms with different degrees of intensification. *Agric. Syst.* 105, 46–56. doi:10.1016/j.agsy.2011.10.003

- Ritsema, C. J., Stolte, J., Trouwborst, K., Jetten, V., Ledin, S., Li, R., Liu, B. Y. and Fu, B. J., 2001. An interdisciplinary approach for soil and water conservation planning to improve the sustainability of land use on the Loess Plateau in China. In: Helming, K. (ed.) *Multidisciplinary Approaches to Soil Conservation Strategies*. Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung V., Müncheburg, Germany, pp 133–138.
- Robson, C., 1993. *Real World Research: A Resource for Social Scientists and Practitioners-Researchers*. Blackwell, Massachusetts.
- Rodrigues, G.S., Rodrigues, I.A., Buschinelli, C.C. de A., de Barros, I., 2010. Integrated farm sustainability assessment for the environmental management of rural activities. *Environ. Impact Assess. Rev.* 30, 229–239. doi:10.1016/j.eiar.2009.10.002
- Roshetko, J.M., Purnomosidhi, P., 2013. Smallholder agroforestry fruit production in Lampung, Indonesia: horticultural strategies for smallholder livelihood enhancement. *Acta. Hortic.* 975, 671-679. doi:10.17660/ActaHortic.2013.975.84.
- Rossi, J., Garner, S.A., 2014. Industrial Farm Animal Production: A Comprehensive Moral Critique. *J. Agric. Environ. Ethics* 27, 479–522. doi:10.1007/s10806-014-9497-8
- Royaume du Maroc, 2014. L'engagement du Maroc dans la lutte contre les effets du changement climatique. <http://www.environnement.gov.ma/PDFs/PlanInvestVert-Projet-vesion-Aout-2014-SP.pdf>
- Rueff, C., Choisis, J.P., Balent, G., Gibon, A., 2012. A Preliminary Assessment of the Local Diversity of Family Farms Change Trajectories Since 1950 in a Pyrenees Mountains Area. *J. Sustain. Agric.* 36, 564–590. doi:10.1080/10440046.2012.672547
- Rundgren, G., 2016. Food: From Commodity to Commons. *J. Agric. Environ. Ethics* 29, 103–121. doi:10.1007/s10806-015-9590-7
- Ryschawy, J., Choisis, N., Choisis, J.P., Gibon, A., 2013. Paths to last in mixed crop–livestock farming: lessons from an assessment of farm trajectories of change. *Animal* 7, 673–681. doi:10.1017/S1751731112002091
- Ryschawy, J., Choisis, N., Choisis, J.P., Joannon, A., Gibon, A., 2012. Mixed crop-livestock systems: an economic and environmental-friendly way of farming? *Animal* 6, 1722–1730. doi:10.1017/S1751731112000675
- Ryschawy, J., Joannon, A., Choisis, J.P., Gibon, A., Le Gal, P.Y., 2014. Participative assessment of innovative technical scenarios for enhancing sustainability of French mixed crop-livestock farms. *Agric. Syst.* 129, 1–8. doi:10.1016/j.agsy.2014.05.004
- Sadok, W., Angevin, F., Bergez, J.É., Bockstaller, C., Colomb, B., Guichard, L., Reau, R., Doré, T., 2008. Ex ante assessment of the sustainability of alternative cropping systems: implications for using multi-criteria decision-aid methods. *Rev. Agron. Sustain. Dev.* 28,163–174. doi:10.1051/agro:2007043
- Sajjad, H., Nasreen, I., Ansari, S.A., 2014. Assessing spatio-temporal variation in agricultural sustainability using sustainable livelihood security index: empirical illustration from Vaishali district of Bihar, India. *Agroecol. Sustain. Food Syst.* 38, 46–68. doi:10.1080/21683565.2013.820251
- Salas-Reyes, I.G., Arriaga-Jordán, C.M., Rebollar-Rebollar, S., García-Martínez, A., Albarrán-Portillo, B. 2015., Assessment of the sustainability of dual-purpose farms by the IDEA method in the subtropical area of central Mexico. *Tropical Animal Health and Production* 47, 1187–1194. doi:10.1007/s11250-015-0846-z
- Sanglestsawai, S., Rejesus, R.M., Yorobe, J.M., 2015. Economic impacts of integrated pest management (IPM) farmer field schools (FFS): evidence from onion farmers in the Philippines. *Agric. Econ.* 46, 149–162. doi:10.1111/agec.12147
- Santos, J.L., Madureira, L., Ferreira, A.C., Espinosa, M., Gomez Y Paloma, S., 2016. Building an empirically-based framework to value multiple public goods of

- agriculture at broad supranational scales. *Land Use Policy* 53, 56–70. doi:10.1016/j.landusepol.2015.12.0010
- Saugeres, L., 2002. The cultural representation of the farming landscape: Masculinity, power and nature. *J. Rural. Stud.* 18: 373–384.
- Schader, C., Grenz, J., Meier, M. S., Stolze, M., 2014. Scope and precision of sustainability assessment approaches to food systems. *Ecol. Soc.* 19, 42. doi:10.5751/ES-06866-190342.
- Schindler, J., Graef, F., König, H.J., 2015. Methods to assess farming sustainability in developing countries. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 35, 1043–1057. doi:10.1007/s13593-015-0305-2
- Schlager, E., 2007. Community management of groundwater, the agricultural groundwater revolution. In: Giordano, M., Villholth, K.G., (Eds). *The agricultural groundwater revolution: opportunities and threats to development*. CABI Publication, Wallingford, pp 131–152.
- Schoon, B., Te Grotenhuis, R., 2000. Values of farmers, sustainability and agricultural policy. *J. Agric. Environ. Ethics* 12, 17–27.
- Schreinemachers, P., Balasubramaniam, S., Boopathi, N.M., Ha, C.V., Kenyon, L., Praneetvatakul, S., Sirijinda, A., Le, N.T., Srinivasan, R., Wu, M.H., 2015. Farmers' perceptions and management of plant viruses in vegetables and legumes in tropical and subtropical Asia. *Crop Prot.* 75, 115–123. doi:10.1016/j.cropro.2015.05.012
- Schroth, G., Ruf, F., 2014. Farmer strategies for tree crop diversification in the humid tropics. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 34, 139–154. doi:10.1007/s13593-013-0175-4.
- Schwoob, M.H., 2014. Towards sustainable agriculture? Local level reliance on economic networks and the consequences for China's agricultural modernisation pathway. *Asia. Pac. J. Pub. Adm.* 36, 220–232. doi: 10.1080/23276665.2014.944690
- Seckler, D., Barker, R., Amarasinghe, U., 1999. Water scarcity in the twenty-first century. *Int. J. Wat. Res. Dev.* 15, 29–42. doi: 10.1080/07900629948916
- Sereke, F., Dobricki, M., Wilkes, J., Kaeser, A., Graves, A.R., Szerencsits, E., Herzog, F., 2016. Swiss farmers don't adopt agroforestry because they fear for their reputation. *Agrofor. Syst.* 90, 385–394. doi:10.1007/s10457-015-9861-3
- Setten, G., 2004. The habitus, the rule and the moral landscape. *Cultural Geographies* 11, 389–415.
- Shah, T., 2009. *Taming the Anarchy: Groundwater Governance in South Asia*. Resources for the Future, Washington DC, International Water Management Institute, Colombo.
- Shah, T., Deb Roy, A., Qureshi, A.S., Wang, J., 2003. Sustaining Asia's groundwater boom: an overview of issues and evidence. *Nat. Res. Forum* 27, 130–141
- Shields, D.J., Blengini, G.A., Solar, S.V., 2011. Integrating life cycle assessment and other tools for ex ante integrated sustainability assessment in the minerals industry. *Am. J. App. Sci.* 8, 1214–1227.
- Shucksmith, M., Herrmann, V., 2002. Future changes in British agriculture: projecting divergent farm household behavior. *J. Agric. Econ.* 53, 37–50.
- Silvasti, T., 2003. The cultural model of “the good farmer” and the environmental question in Finland. *Agric. Hum. Values* 20, 143–150.
- Singh, R.K., Murty, H.R., Gupta, S.K., Dikshit, A.K., 2009. An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecol. Indic.* 9, 189–212. doi:10.1016/j.ecolind.2008.05.011
- Smit, B., Wandel, J., 2006. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environ. Chang.* 16, 282–292.
- Soini, K., Aakkula, J., 2007. Framing the biodiversity of agricultural landscape: the essence of local conceptions and constructions. *Land Use Policy* 24, 311–321.

- Soudi, B., Naâman, F., Chiang, C.N., 2000. Problématique de gestion de la matière organique des sols: cas des périmètres irrigués du Tadla et des Doukkala. In : Séminaire 'Intensification agricole et qualité des sols et des eaux'. Rabat, 6 p.
- Soulard, C.T., Valette, E., Perrin, C., Abrantes, P.C., Anthopoulou, T., Benjaballah, O., Bouchemal, S., Dugué, P., Amrani, M.E., Lardon, S., Marraccini, E., Mousselin, G., Napoleone, C., Paoli, J.C., 2017. Peri-urban agro-ecosystems in the Mediterranean: diversity, dynamics, and drivers. *Reg. Environ. Change*. doi:10.1007/s10113-017-1102-z
- Sourisseau, J.M., 2015. *Family farming and the worlds to come*. Springer, Netherlands
- Sraïri, M.T., Benjelloun, R., Karrou, M., Ates, S., Kuper, M., 2015. Biophysical and economic water productivity of dual-purpose cattle farming. *Animal* 1–9. doi:10.1017/S1751731115002360
- Sraïri, M.T., El Jaouhari, M., Saydi, A., Kuper, M., Le Gal, P.-Y., 2011. Supporting small-scale dairy farmers in increasing milk production: evidence from Morocco. *Trop. Anim. Health Prod.* 43, 41–49. doi:10.1007/s11250-010-9652-9
- Stavi, I., Lal, R., 2013. Agriculture and greenhouse gases, a common tragedy. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 33, 275–289. doi:10.1007/s13593-012-0110-0
- Stock, P.V., 2007. "Good farmers" as reflexive producers: an examination of family organic farmers in the US Midwest. *Sociol. Rural.* 47, 83–102.
- Stoeglehner, G., Neugebauer, G., 2013. Integrating sustainability assessment in to planning: benefits and challenges. In: Bond A., Morrison-Saunders, A., Howitt, R., (Eds) *Sustainability Assessment*. Routledge, London, pp 245–262
- Storkey, J., Meyer, S., Still, K.S., Leuschner, C., 2012. The impact of agricultural intensification and land-use change on the European arable flora, *Proc. Natl. Acad. Sci.* 279, 1421–1429.
- Stour, L, Agoumi, A., 2008. Sécheresse climatique au Maroc durant les dernières décennies. *Hydroécologie appliquée* 16, 215-32.
- Subedi, M., 2006. Effectiveness of an agricultural technology research and development project for increasing sustainability of cropping systems in upland areas of Yunnan Province, China. PhD thesis, University of Wolverhampton.
- Suess-Reyes, J., Fuetsch, E., 2016. The future of family farming: A literature review on innovative, sustainable and succession-oriented strategie. *J. Rural Stud.* 47, 117–140. doi:10.1016/j.jrurstud.2016.07.008
- Sumberg, J., Thompson, J., Woodhouse, P., 2013. Why agronomy in the developing world has become contentious. *Agric. Hum. Values* 30, 71–83. doi:10.1007/s10460-012-9376-8
- Swilling, M., Musango, J., Wakeford, J., 2016. Developmental States and Sustainability Transitions: Prospects of a Just Transition in South Africa. *J. Environ. Policy. Plan.* 18, 650–672. doi:10.1080/1523908X.2015.1107716
- Sydorovych, O., Wossink, A., 2008. The meaning of agricultural sustainability: Evidence from a conjoint choice survey. *Agric. Syst* 98, 10–20. doi:10.1016/j.agsy.2008.03.001
- Terrier, M., Gasselin, P. Le Blanc, J., 2013. Assessing the Sustainability of Activity Systems to Support Households' Farming Projects. In: Marta-Costa, A.A., Soares da Silva, E., (Eds). *Methods and Procedures for Building Sustainable Farming Systems. Application in the European Context*. Springer, Dordrecht, pp 47-61.
- Thivierge, M.N., Parent, D., Bélanger, V., Angers, D.A., Allard, G., Pellerin, D., Vanasse, A., 2014. Environmental sustainability indicators for cash-crop farms in Quebec, Canada: A participatory approach. *Ecol. Indic.* 45, 677–686. doi:10.1016/j.ecolind.2014.05.024

- Thompson, J., Scoones, I., 2009. Addressing the dynamics of agri-food systems: an emerging agenda for social science research. *Environ. Sci. Policy* 12, 386–397. doi:10.1016/j.envsci.2009.03.001
- Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R., Polasky, S., 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418, 671–677.
- Touhtouh, D., Elfaleh, E.M., Moujahid, Y., 2014. Caractérisations physico-chimiques et minéralogiques des sols du Saïs, Maroc. *J. Mater. Environ. Sci.* 5.
- Triste, L., Marchand, F., Debruyne, L., Meul, M., Lauwers, L., 2014. Reflection on the development process of a sustainability assessment tool: learning from a Flemish case. *Ecol. Soc.* 19. doi:10.5751/ES-06789-190347
- Tsolakis, N.K., Keramydas, C.A., Toka, A.K., Aidonis, D.A., Iakovou, E.T., 2014. Agrifood supply chain management: A comprehensive hierarchical decision-making framework and a critical taxonomy. *Biosyst. Eng.* 120, 47–64. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2013.10.014
- UNCED (United Nation Conference on Environment and Development), 1992. Agenda 21 – An action plan for the next century. United Nations Conference on environment and development. New York.
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe), 1998. Convention on access to information, public participation in decision-making and access to justice in environmental matters. United Aarhus. <http://www.unece.org/env/pp/documents/cep43e.pdf>
- Usai, M.G., Casu, S., Molle, G., Decandia, M., Ligios, S., Carta, A., 2006. Using cluster analysis to characterize the goat farming system in Sardinia. *Livest. Sci* 104, 63-76.
- Valette, É., Chéry, J.P., Debolini, M., Azodjilande, J., François, M., El Amrani, M., 2013. Urbanisation en périphérie de Meknès (Maroc) et devenir des terres agricoles : l'exemple de la coopérative agraire Naiji. *Cah. Agric.* 22, 535-543. doi : 10.1684/agr.2013.0656
- Vallance, S., Perkins, H.C., Dixon, J.E., 2011. What is social sustainability? A clarification of concepts. *Geoforum* 42, 342–348. doi:10.1016/j.geoforum.2011.01.002
- Van Calker, K.J., Berentsen, P.B.M., Giesen, G.W.J., Huirne, R.B.M., 2008. Maximizing sustainability of Dutch dairy farming systems for different stakeholders: A modelling approach. *Ecol. Econ.* 65, 407–419. doi:10.1016/j.ecolecon.2007.07.010
- Van Cauwenbergh, N., Biala, K., Biolders, C., Brouckaert, V., Franchois, L., Garcia Ciudad, V., Hermy, M., Mathijs, E., Muys, B., Reijnders, J., Sauvenier, X., Valckx, J., Van Clooster, M., Van Der Veken, B., Wauters, E., Peeters, A., 2007. SAFE—A hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 120, 229–242. doi:10.1016/j.agee.2006.09.006
- Van Der Ploeg, J.D., 2013. Ten qualities of family farming. *Farming Matters* 29, 8–11.
- Van Der Ploeg, J.D., Verschuren, P., Verhoeven, F., Pepels, J., 2006. Dealing with novelties: a grassland experiment reconsidered. *J. Environ. Policy. Plan.* 8, 199-218. doi: 10.1080=1523908060091556
- Van Der Werf, H.M., and Petit, J., 2002. Evaluation of the environmental impact of agriculture at the farm level: a comparison and analysis of 12 indicator-based methods. *Agric. Ecosyst. Environ* 93, 131–145.
- Van Der Werf, H.M.G., Tzilivakis, J., Lewis, K., Basset-Mens, C., 2007. Environmental impacts of farm scenarios according to five assessment methods. *Agric. Ecosyst. Environ.* 118, 327–338. doi:10.1016/j.agee.2006.06.005
- Van Dyck, H., Van Strien, A.J., Maes, Van Swaay, D. C.A., 2009. Declines in common, Widespread butterflies in a landscape under intense human use. *Conserv. Biol.* 23, 957–965.

- Van Herzele, A., Gobin, A., Van Gossum, P., Acosta, L., Waas, T., Dendoncker, N., De Frahan, B.H., 2013. Effort for money? Farmers' rationale for participation in agrienvironment measures with different implementation complexity. *J. Environ. Manag.* 13, 110–120.
- Van Meensel, J., Lauwers, L., Kempen, I., Dessenin, J., Van Huylenbroeck, G., 2012. Effect of a participatory approach on the successful development of agricultural decision support systems: the case of Pigs2win. *Decis. Support Syst.* 54, 164–172.
- Van Notten, P.W.F., Rotmans, J., van Asselt, M.B.A., Rothman, D.S., 2003. An updated scenario typology. *Futures* 35, 423–443.
- Van Passel, S., Nevens, F., Mathijs, E., Van Huylenbroeck, G., 2007. Measuring farm sustainability and explaining differences in sustainable efficiency. *Ecol. Econ.* 62, 149–161. doi:10.1016/j.ecolecon.2006.06.008
- Van Vliet, J.A., Schut, A.G.T., Reidsma, P., Descheemaeker, K., Slingerland, M., Van De Ven, G.W.J., Giller, K.E., 2015. De-mystifying family farming: Features, diversity and trends across the globe. *Glob. Food Secur.* 5, 11–18. doi:10.1016/j.gfs.2015.03.001
- Van Zanten, B.T., Verburg, P.H., Espinosa, M., Gomez Y Paloma, S., Galimberti, G., Kantelhardt, J., Kapfer, M., Lefebvre, M., Manrique, R., Piorr, A., Raggi, M., Schaller, L., Targetti, S., Zasada, I., Viaggi, D., 2014. European agricultural landscapes, common agricultural policy and ecosystem services: a review. *Agron. Sustain. Dev.*, 34, 309–325. doi:10.1007/s13593-013-0183-4
- Vatn, A., 2005. *Institutions and the Environment*. Edward Elgar Publishing, Massachusetts.
- Vilain, L., 2008. *La méthode IDEA: indicateurs de durabilité des exploitations agricoles*. Educagri Editions, Dijon.
- Vitry, C., El Hassane, A., Dugué, P., Chia, E., 2015. Apprendre à coopérer: un défi pour l'adhésion des agriculteurs au plan Maroc vert. *New Medit*, 13–21.
- Von Wirén-Lehr, S., 2001. Sustainability in agriculture—an evaluation of principal goal-oriented concepts to close the gap between theory and practice. *Agric. Ecosyst. Environ.* 84, 115–129.
- Walker, B., Holling, C.S., Carpenter, S.R., Kinzig, A., 2004. Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecol. Soc.* 9, 5. <http://www.consecol.org/vol9/iss2/art5>.
- Wattenbach, H., Friedrich, K.H., 1997. Farming systems indicators for sustainable natural resource management. In: *Land Quality Indicators and Their Use in Sustainable Agriculture and Rural Development*. Food and Agriculture Organization (FAO), Rome.
- WCED, 1987. *Our Common Future*. Oxford University Press, Oxford.
- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D., David, C., 2009. Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 29, 503. doi:10.1051/agro/2009004.
- Wheeler, S., Bjornlund, H., Zuo, A., Edwards, J., 2012. Handing down the farm? The increasing uncertainty of irrigated farm succession in Australia. *J. Rural Stud.* 28, 266–275. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jrurstud.2012.04.001>.
- Wiek, A., Walter, A., 2009. A transdisciplinary approach for formalized integrated planning and decision-making in complex systems'. *Eur. J. Oper. Res.* 197, 360–370.
- Wright, I.A., Tarawali, S., Blümmel, M., Gerard, B., Teufel, N., Herrero, M., 2012. Integrating crops and livestock in subtropical agricultural systems. *J. Sci. Food Agric.* 92, 1010–1015. doi:10.1002/jsfa.4556
- WSSD (World Summit on Sustainable Development), 2002. *Report of the World Summit on Sustainable Development*. Johannesburg.

- Wunder, S., 2015. Revisiting the concept of payments for environmental services. *Ecol. Econ.* 117, 234–243. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.08.016>
- Wustenberghs, H., Coteur, I., Debruyne, L., Marchand, F., 2016. Discerning the stars: characterizing the myriad of sustainability assessment methods. In : *Social and technological transformation of farming systems: Diverging and converging pathways*. Newport : IFSA, 14 p.
- Yang, L., Huang, B., Mao, M., Yao, L., Niedermann, S., Hu, W., Chen, Y., 2016. Sustainability assessment of greenhouse vegetable farming practices from environmental, economic, and socio-institutional perspectives in China. *Environ. Sci. Pol. Res.* 23, 17287–17297. doi:10.1007/s11356-016-6937-1
- Zahm, F., Ugaglia, A.A., Boureau, H., D’Homme, B., Barbier, J.M., Gasselin, P., Gafsi, M., Guichard, L., Loyce, C., Manneville, V., Menet, A., Redlingshofer, B., 2015. Agriculture et exploitation agricole durables: état de l’art et proposition de définitions revisitées à l’aune des valeurs, des propriétés et des frontières de la durabilité en agriculture. *Innov. Agron.* 46, 105–125.
- Zahm, F., Viaux, P., Vilain, L., Girardin, P., Mouchet, C., 2008. Assessing farm sustainability with the IDEA method - from the concept of agriculture sustainability to case studies on farms. *Sustain. Dev.* 16, 271–281. doi:10.1002/sd.380
- Zhang, Q., Xiao, H., Duan, M., Zhang, X., Yu, Z., 2015. Farmers’ attitudes towards the introduction of agri-environmental measures in agricultural infrastructure projects in China: Evidence from Beijing and Changsha. *Land Use Policy* 49, 92–103. doi:10.1016/j.landusepol.2015.07.021
- Zhou, Z., Mo, Q., and Qin, L., 2012. A new indicator for lifecycle sustainability assessment of fuels. *Advanced Materials Research* 347–353, 360–363.

Annexes

Annexe 1. Le Plan Maroc Vert (PMV)

1. Les deux piliers du PMV (Source : Agence pour le développement agricole. <http://www.ada.gov.ma/page/approches-conceptuelles-des-deux-piliers-du-pmv>):

Le Plan Maroc Vert s'organise autour de deux piliers. Le pilier I vise le développement d'une agriculture moderne à haute productivité ou à forte valeur ajoutée via le principe d'agrégation. Un projet d'agrégation permet le groupement des agriculteurs autour d'un agrégateur (personne physique ou morale ou toute organisation professionnelle) et dont l'objectif principal est l'optimisation du processus amont-aval d'une filière agricole. Cette agrégation est effectuée généralement autour d'une unité de valorisation. L'accompagnement de l'Etat pour la mise en œuvre des projets du pilier I, porte sur le soutien aux investissements à travers le Fond de Développement Agricole (FDA). La stratégie du pilier I cible à réaliser 961 projets d'agrégation en visant 562 000 exploitants d'ici 2020. Ces projets bénéficieront d'un investissement global de 75 milliards de MAD.

Le pilier II vise le développement des projets agricoles économiquement viables par l'accroissement de la production des filières végétales et animales, tout en prenant en considération la sauvegarde des ressources naturelles. Pour atteindre cet objectif, la stratégie du Plan Maroc Vert propose la mise en œuvre de 3 catégories de projets pilier II :

* Les projets de reconversion visent à induire une transformation profonde au niveau des systèmes actuels de production dominés essentiellement par la céréaliculture vers des cultures à haute valeur ajoutée.

* Les projets d'intensification ont pour objectif d'améliorer les acquis existants sur les filières via l'encadrement des agriculteurs. L'encadrement permettra de disposer de meilleures techniques et d'améliorer considérablement la productivité et la valorisation des productions.

* Les projets de diversification consistent à promouvoir des produits spéciaux ou de terroirs afin de créer des revenus agricoles complémentaires avec des productions additionnelles (safran, miel, plantes médicinales, etc.).

Ainsi, la stratégie du pilier II vise la réalisation, à l'horizon 2020, de 545 projets sociaux en faveur de 855 000 agriculteurs pour un investissement de 20 milliards de MAD. La mise en œuvre des projets s'appuiera sur le tissu d'opérateurs sociaux (coopératives, associations, groupements d'intérêt économique, associations professionnelles, ONG).

2. Plan de développement Agricole régional Fès-Meknès (Source: Direction Régionale de l'Agriculture de Fès-Meknès, 2017 et Projets dans le cadre du plan agricole régional du Ministère de l'agriculture et de la pêche maritime, du développement rural et des eaux et forêts) :

Le PMV se décline en plans de développement Agricoles régionaux traduisant sa concrétisation en termes de projets, d'investissements, d'emplois, etc. Dans ce cadre, des contrats ont été signés avec les partenaires locaux (collectivités locales, chambres d'agriculture et les départements ministériels concernés), déterminant les principales filières à développer pour chaque région, moyennant des subventions. Pour l'horizon 2020, le plan de développement agricole régional Fès-Meknès, auquel appartient la plaine du Saïs, prévoit le développement de diverses filières, à savoir :

- L'olivier (sur 77 148 ha, en faveur de 23 803 agriculteurs)
- L'amandier (sur 9 145 ha, en faveur de 4 757 agriculteurs)
- Le figuier (sur 2 527 ha, en faveur de 1 699 agriculteurs)
- Le prunier (855 ha, en faveur de 583 agriculteurs)
- Le pommier (655 ha, en faveur de 1 112 agriculteurs)
- Le cerisier (405 ha, en faveur de 761 agriculteurs)
- Les céréales (4 000 ha, en faveur de 233 agriculteurs)
- Les viandes rouges (892 milles têtes, en faveur de 2062 agriculteurs)
- Le lait (15,6 milles têtes, en faveur de 2840 agriculteurs)
- L'apiculture (12 756 ruches, en faveur de 3553 agriculteurs)

3. Diverses actions accompagnent le PMV (Source : Ministère de l'agriculture et de la pêche maritime, du développement rural et des eaux et forêts. <http://www.agriculture.gov.ma/pages/plans-agricoles-regionaux>):

* Le renforcement des interprofessions par la mise en œuvre d'un nouveau cadre juridique : ce cadre permettra d'améliorer la gouvernance et la prise de décision entre les acteurs qui interviennent tout au long d'une même filière. Il permettra aussi de consolider le rôle de ces interprofessions en tant que seul interlocuteur vis-à-vis des autorités publiques et de faciliter

l'accès à de nouvelles ressources pour le financement de leur fonctionnement et la réalisation de leurs programmes de travail.

* Les contrats de partenariats : ces contrats sont prévus entre l'Etat et certaines banques pour assurer un accompagnement financier, y compris la création d'une structure spécialisée pour le financement des petits agriculteurs (Tamwil Al Fallah du Crédit Agricole). D'autres partenariats ont été aussi initiés avec des opérateurs publics et privés concernés par le secteur (opérateurs du secteur de l'eau, agrégateurs, bailleurs de fonds nationaux et internationaux, ONG, etc.).

*Le lancement de deux agropoles afin d'augmenter massivement le taux de valorisation des produits agricoles.

* La réalisation des programmes d'investissement dans l'irrigation : Programme National d'Economie en Eau pour l'Irrigation et Programme de Résorption des Décalages (~50 Milliards MAD sur 10 ans).

* Le lancement d'un programme de développement des produits du terroir (indication géographique, labellisation, qualité, etc.).

* Le démarrage de la formation par un apprentissage dédié à 60 000 fils et filles d'agriculteurs.

Annexe 2. Transfert d'eau à la plaine du Saïs

Le barrage de Mdez, principalement conçu comme un ouvrage de protection contre les crues, a été pensé et financé par l'Etat. Le coût global de construction de ce barrage est de l'ordre de 150 millions d'Euros, financé par le ministère délégué chargé de l'Eau. Par ailleurs, en plus de la protection des zones aval contre les inondations, ce barrage permettra d'alimenter la nappe du Saïs. En effet, afin de répondre au déficit hydrique de la nappe du Saïs (100 millions de m³/an), un apport d'eau de surface d'un volume équivalent est prévu à partir de ce barrage (figure 1).

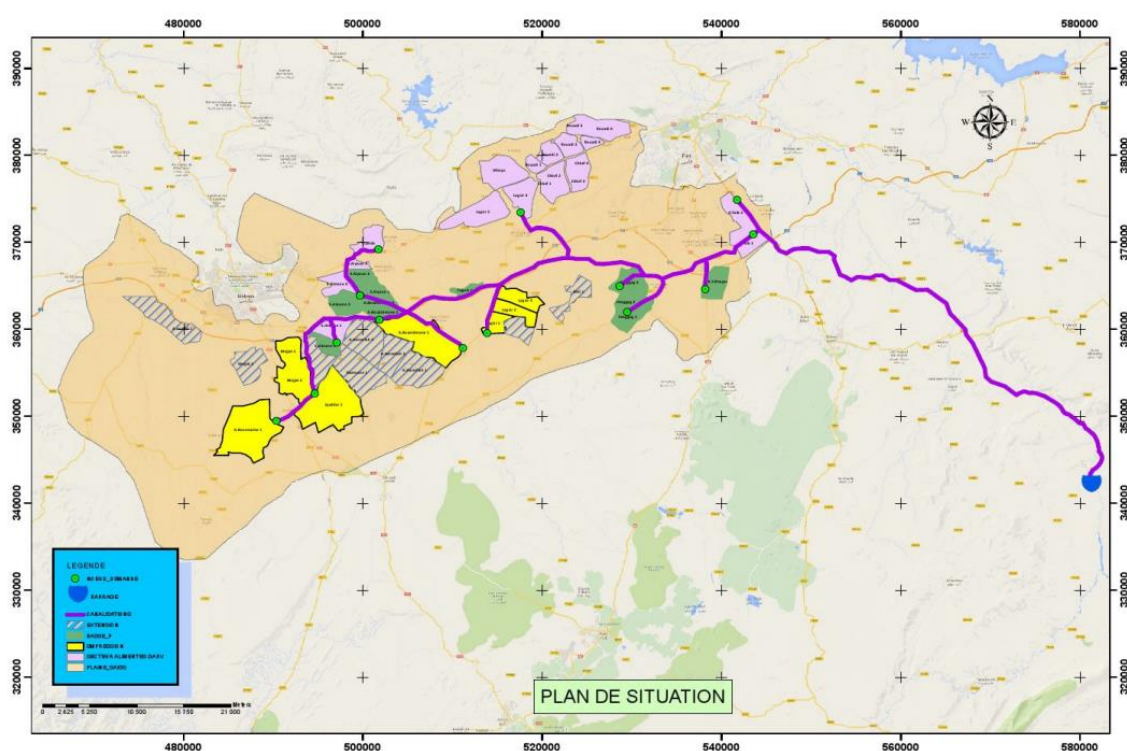


Figure 1 : Carte montrant le transfert d'eau du barrage de Mdez (en bleu) à la plaine de Saïs via un canal (en mauve) (source : Projet de Sauvegarde de la nappe du Saïs⁷)

La solution du transfert des eaux à partir du barrage Mdez (en cours de construction) est considérée comme une solution pour sauvegarder la nappe phréatique du Saïs ainsi que pour maintenir l'activité agricole sur cette plaine.

⁷ Etude et Plan d'Action Environnemental et Social :
www.ebrd.com/documents/environment/saiss-water-esap-french.pdf

Annexe 3. S'adapter pour durer: diversité des choix stratégiques des agriculteurs familiaux de la plaine du Saïb

(Communication au 2^{ème} séminaire ARENA sur la gouvernance des eaux souterraines au Maghreb. Tunis/Kairouan, 3-6 mars 2015)

S'adapter pour durer : diversité des choix stratégiques des agriculteurs familiaux de la plaine du Saïb

Baccar Mariem*,**, Bouaziz Ahmed*, Dugué Patrick**, Le Gal Pierre-Yves**

*IAV Hassan II, ** Cirad, Umr Innovation

Introduction

La plaine du Saïb est un territoire à la fois fragile et dynamique. Cela se manifeste d'une part par la surexploitation des eaux souterraines, la saturation du marché de certains produits (Lejars et Courilleau, 2014), et la complexité des procédures de subvention de l'agriculture familiale et d'autre part par les capacités d'innovations des agriculteurs et les effets du Plan Maroc Vert. Ces contraintes et opportunités ont contribué à l'émergence d'une diversité d'exploitations agricoles, dont les choix stratégiques visent à s'adapter aux évolutions de leur environnement (Brossier et *al.*, 1997), tout en répondant aux objectifs préalablement fixés par l'agriculteur (Gafsi et *al.*, 2007). Ces choix tiennent compte des ressources mobilisables par les exploitations et orientent la nature et la conduite de leurs activités agricoles et extra-agricoles. Cet article vise à caractériser la diversité des choix stratégiques des agriculteurs 'pour durer', en considérant les aspects internes et externes à l'exploitation. Nous faisons l'hypothèse que les stratégies pour durer sont indépendantes du système de production mis en place et dépendent des capacités des agriculteurs à mobiliser des ressources productives.

Méthodologie

Un entretien a été réalisé avec 50 chefs d'exploitation choisis pour leur diversité de systèmes de production et d'accès à l'eau. Trois grands groupes ont été identifiés : (i) les exploitations à dominante maraichère (oignon, pomme de terre en rotation avec des céréales) qui disposent d'un accès à l'eau sécurisé, (ii) les exploitations à dominante céréalière (céréales en rotation avec des légumineuses, un peu d'arboriculture en bour) sans capacité d'irrigation, et (iii) les exploitations à dominante arboricole avec un accès à la nappe phréatique (puits) ou profonde (forage). Certaines exploitations combinent maraîchage et arboriculture. Les entretiens ont porté sur les caractéristiques de l'exploitation, les principales opportunités et contraintes et les projets futurs de chaque producteur.

Résultats

Trois grandes stratégies ont été identifiées visant à assurer la pérennité des exploitations. Deux se traduisent par une dynamique de croissance à base d'investissements. La troisième est au contraire une stratégie de repli visant à limiter les risques liés à l'activité agricole.

Stratégie 1 : Développer des productions à haute valeur ajoutée tout en se diversifiant

Certains agriculteurs visent à augmenter et sécuriser leurs revenus en développant des productions à haute valeur ajoutée (maraîchage, arboriculture), en modifiant leur assolement (adoption de nouvelles cultures et diminution d'autres moins rémunératrices) combinée éventuellement à une extension de leur surface cultivée. L'extension des surfaces maraichères peut se faire (i) par l'amélioration de l'accès à l'eau lorsque celui-ci est limité ou (ii) par l'acquisition de terres irrigables par location ou association pour ceux qui manquent de

capitaux pour améliorer leur accès à l'eau ou souhaitent conserver leurs surfaces céréalières sur leurs terres en propriété.

L'introduction (pour les maraichers) ou l'extension de l'arboriculture représente un levier de diversification, que ce soit par les espèces ou les variétés introduites. Ce levier est privilégié par les producteurs disposant des capacités d'investissement suffisantes. Du fait de sa valeur ajoutée supérieure aux autres cultures irriguées, l'arboriculture est alors perçue comme une forme de pérennisation de l'exploitation, mais aussi de prestige social. Les vergers étant établis au dépend des surfaces céréalières, ceux qui souhaitent sécuriser leurs ressources alimentaires louent ou achètent des terres en bour pour poursuivre la production de céréales. Les exploitations à dominante maraichère et les exploitations diversifiées en arboriculture ayant un accès limité et aléatoire à l'eau diminuent la surface de maraîchage ou implantent des vergers, considérés moins consommateurs en eau, sur leurs terres en propriété et louent des terres irrigables pour poursuivre le maraîchage.

Certaines de ces exploitations diversifient leur panel d'activités en introduisant ou étendant un atelier d'élevage à viande. Les exploitations possédant des céréales valorisent les sous-produits en développant l'élevage ovin. Les agneaux sont vendus pour financer une activité sur l'exploitation ou lorsqu'un besoin d'argent se manifeste dans la famille. Les exploitations maraichères et arboricoles engraisent des veaux, activité perçue comme plus rentable que la vente de lait mais impliquant une disponibilité de trésorerie pour acheter les concentrés.

Stratégie 2 : Améliorer l'existant en développant l'irrigation

Cette stratégie vise à augmenter le revenu et le capital de l'exploitation en améliorant l'accès à l'eau par des aménagements susceptibles d'être subventionnés par l'Etat : (i) installation de forage ou surcreusement des puits, (ii) installation de bassin de stockage ou (iii) introduction du goutte à goutte. Ces investissements permettent aux céréaliers d'accéder à de nouveaux marchés par l'introduction de cultures irriguées. Les maraichers et les arboriculteurs peuvent résoudre leurs contraintes en eau et intensifier leurs productions pour augmenter leurs revenus à surface égale.

Stratégie 3 : Réduire les activités agricoles pour limiter les risques

Afin de faire face aux risques liés à l'agriculture, certains producteurs abandonnent le maraîchage ou l'élevage bovin, d'autres abandonnent totalement l'agriculture. L'abandon du maraîchage fait suite à un manque d'eau en été et à la chute des prix des légumes sur le marché. La surface irrigable en maraîchage est alors remplacée en totalité par de l'arboriculture, ce qui garantit un revenu plus élevé à l'exploitant pour la même quantité d'eau consommée. Certaines exploitations n'ayant pas de problème d'eau mais cherchant à sécuriser leur revenu, veulent abandonner le maraîchage qu'elles considèrent non rentable du fait de la baisse tendancielle des marges. Pour les mêmes raisons de faible rentabilité, l'abandon de l'élevage bovin est envisagé par certaines exploitations arboricoles sans maraîchage, qui ont des besoins limités en fumier. De fait le prix de vente du lait n'a pas augmenté face à l'augmentation du prix des aliments. Enfin certains agriculteurs pensent abandonner l'activité agricole à cause de pertes successives subies en maraîchage ou par absence de successeur, leurs enfants optant pour des emplois salariés de meilleur rapport que l'agriculture. Certains pensent sécuriser leur retraite en vendant leur terre.

Discussion et conclusion

Les stratégies envisagées par les producteurs de la zone sont conditionnées par leur accès à l'eau et leur capacité à financer des investissements, que ce soit dans des aménagements hydrauliques ou dans de nouvelles productions, avec ou sans augmentation de surface. Face aux contraintes financières, certains producteurs privilégient des arrangements comme

l'association qui demande moins de trésorerie que la location. Les producteurs disposant d'un capital financier peuvent combiner les interventions, comme l'installation de bassins et du goutte à goutte avant l'introduction de l'arboriculture ou l'extension des surfaces maraichères. Globalement apparaît une dynamique poussant la majorité des agriculteurs vers l'arboriculture, considérée comme moins risqué économiquement que les cultures maraichères, dont la fluctuation des prix sur les marchés régionaux est très forte. Ceci étant certains producteurs spécialisés en maraîchage arrivent à dégager de fortes marges en stockant leurs productions et en choisissant le bon moment de vente sur les marchés de gros. Le développement de l'élevage bovin laitier n'est pas envisagé comme projet futur dans la zone, du fait de sa faible rentabilité. Les agriculteurs qui conservent cet élevage le perçoivent comme une épargne sur pied favorisant une autonomie de l'exploitation pour la fourniture en fumier.

Références

- Brossier, J., Marshall, E., Chia, E., Petit, M., 1997. *Gestion de l'exploitation agricole familiale. Eléments théoriques et méthodologiques*, Educagri éditions/ENESAD/CNERTA (Nouvelle édition 2002), 221p.
- Gafsi M. (ed.), Dugué P. (ed.), Jamin J.Y. (ed.), Brossier J. (ed.). 2007. Exploitations agricoles familiales en Afrique de l'Ouest et du Centre : enjeux, caractéristiques et éléments de gestion. Versailles : Ed. Quae, 472 p.
- Lejars C, Courilleau S, 2015. Impact du développement de l'accès à l'eau souterraine sur la dynamique d'une filière irriguée. Le cas de l'oignon d'été dans le Saïs au Maroc. *Cah Agric* 24 : 1-10. doi : 10.1684/agr.2014.0729.

Annexe 4. Assessing family farm sustainability using the IDEA method in the Saïis plain (Morocco)

(The 12th European IFSA Symposium, Social and technological transformation of farming systems: Diverging and converging pathways. Newport, 12-15 July 2016 ; <http://www.harper-adams.ac.uk/events/ifsa-conference/papers/2/2.2%20Baccar.pdf>)

Assessing Family Farm Sustainability using the IDEA method in the Saïis plain (Morocco)

Baccar, M.^{1,2}, Bouaziz, A.², Dugué, P.¹, Gafsi, M.³ and P-Y. Le Gal¹

¹ CIRAD, UMR Innovation, 34398 Montpellier Cedex 5, France

² Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, BP 6202 Rabat-Instituts 10100 Rabat, Maroc.

³ UMR Dynamiques Rurales, Université de Toulouse -ENFA, Toulouse

Keywords: sustainable development, assessment methodology, farming system, farmer perception

Abstract: The increase of irrigated crops in Saïis plain has led to an alarming aquifer over-exploitation and has contributed indisputably to price volatility related to the saturation of local and national markets. Consequently, these dynamics put sustainability of farms at risk. Hence, to better evaluate how farmers consider the sustainability issue, responses were collected from a survey covering 40-farms related to farmers' perceptions and attitudes towards the sustainability concept. The environmental issues, taking in consideration that they are the responsibility of public bodies and policies, did not feature prominently as a key priority for farmers. In fact, to bring into focus the inherent weaknesses of farmer's agricultural practices, the IDEA method was adapted to evaluate the sustainability of 14 farms. Methodological changes concerns (i) score weighting, in order to highlight local issues (ii) removal of irrelevant indicators and (iii) addition of major local issues. The method enables each single type of farmers to better identify weaknesses that they can improve. Also, it arouses reflections regarding the technical reasoning as well as the value systems on the origin of the farmers' decisions. However, most farmers were not individually concerned by environmental issues addressed by IDEA. They were mostly concerned about economic aspects as key drivers for their decision-making processes and their perception of sustainability. The discussions of the IDEA results yielded two main reactions; (i) farmers intent to secure on-farm income through diversification of productions and (ii) farmers willingness to take economic risks especially in speculative horticulture value chains.

1. Introduction

Since the emergence of the concept of sustainable development, local and international organizations have called for methodologies aiming to assess sustainability (UN, 1992). This call had led to an expansion of assessment methods based on different tools such as indicators, multi-criteria analysis or assessment-based modeling. These three methods are applicable to different scales (Ness et al., 2007).

Several authors have stressed the relevance of the farm level, which takes into account all the practices within (Thivierge et al., 2014), to assess agricultural sustainability (Häni et al., 2003; Pacini et al., 2003; Van Cauwenbergh et al., 2007). The farm overall perspective provides opportunities to improve sustainability and give useful tools helping (i) farmers to assess sustainability of their farms in order to identify weaknesses and areas for improvement in managing their future operations (Rodrigues et al., 2010); (ii) advisors to identify new skills and tools for addressing sustainability issues at farm level (Zahm et al., 2008); (iii) researchers to design innovations that can enhance agricultural sustainability in local contexts while supporting farmers in their evolution (Dogliotti et al., 2014; Ryschawy et al., 2014); (iv) policy-makers to maintain and encourage environmentally-friendly systems through appropriate financial support (Van Calster et al., 2008).

Most of the evaluation methods of sustainability do not provide a transdisciplinary approach to farming and sustainability issues; they are principally assessing a “snapshot” state of agricultural systems (Duru & Therond, 2015) or discarding farmers' decision-making (Darnhofer et al., 2010). However, the farm in a systemic approach must be considered a unit composed of different subsystems; farmers, including their personalities, skills, long-term goals, values and lifestyles, (Gafsi & Brossier, 1997), and manifold subsystems including cropping and livestock systems (Fairweather & Campbell, 2003; Schmitzberger et al., 2005). Indeed, farm management is influenced by the farmer perceptions, preferences and risk aversion (Burton & Wilson, 2006); as well as, by his/her economic framework, social norms, local agro-ecosystem, and the farm structure (Slee et al., 2006). Methods of sustainability evaluation have mostly been developed in northern agricultural contexts, for instance AGRO*ECO (Bockstaller et al., 1997; Girardin et al. 2000), MOTIFS (Meul et al., 2008), IDEA (Zahm et al. 2008) or EVAD (Rey-Valette et al., 2008). Only a number of these methods have been adapted and used in southern countries where there is a need for greater assessment of the farming systems sustainability (Fadul-Pacheco et al., 2013).

Moreover, works that combines ecological, social and economic sustainability, with farmers' perceptions of sustainability, are still lacking (Darnhofer et al., 2010). Based on a study involving 40 farmers in the Saïs Plain (Morocco), this paper aims to evaluate farmers' perceptions of the sustainability concept by using and adapting a formal evaluation tool called IDEA (Farm sustainability indicators). We outline how we approached the adaptation of the IDEA method, a tool based on a selection of indicators, originally designed for the French context. Also, we discuss the relevance of this method to the community of farmers by benchmarking their perceptions of sustainability and decision making before and after IDEA was carried out.

2. Context and methodology

2.1 The Saïs plain context

Prior to the drought of 1980, Saïs' farming systems were dominated by rain-fed agriculture (cereals, legumes, olive and almond trees) associated with small herd livestock (sheep and cattle). Following this period, farmers progressively turned to the use of groundwater through individual wells and irrigated crops; in which, horticulture emerged (onions and potatoes) followed by orchards (peach, plum and grapes). Today, Saïs displays a huge diversification of farms depending on resources availability and individual farmer's strategies. Three types of farms have been identified based on a 40-farms survey. T1 farms are close to the initial traditional system farms combining rainfed crops and livestock on land without water access. T2 farms have access to irrigation while maintaining production diversity based on rainfed crops, irrigated crops, and livestock. T3 farms are specialized in various orientations (irrigated vegetables, irrigated fruit trees or milk production).

Furthermore, the extension of irrigated crops had led to over-exploitation of the aquifer (Quarouch et al., 2014). The increase in production (vegetables and recently fruits) and the lack of farmer associations and low long-term storage capacities led to price volatility and saturated local and national markets (Lejars & Courilleau, 2014). This situation threatens not only the sustainability of the aquifer, but also the viability of farmers' activities (Bekkar et al., 2009). Moreover, in other countries, the adoption of irrigated crops showed an intensification process causing irreversible negative impacts on the environment. These issues make Saïs plain, as an open-air laboratory, an interesting case study of the sustainability concept that can be exported to other regions of Morocco or Southern countries where sustainability is threatened.

2.2 The assessment methodology

This assessment study is a continuum of a previous study analyzing the dynamics leading to the regional diversity of family farms. It was applied to a limited sample of 40 cases reflecting the diverse production systems in the studied area. To evaluate how farmers consider their farm sustainability, first we collected farmers' perceptions of the sustainability concept on the 40-farms sample; we asked an open-ended question to farmers about the meaning of farm sustainability. The word sustainability in Arabic is "*daymouma, al estidama*" which refers to a wide sense. Thus, for a more accurate sense of farm sustainability, we have embedded these words in a question (What does "sustainable farm" mean to you, in the sense that your farm continues to produce in the long run?). Since the study is still in progress, we started by assessing the sustainability of 14 farms. IDEA (Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles) method was applied to assess the sustainability of family farms (Vilain et al. 2008; Zahm et al. 2008). This method was developed in France and used in countries such as Tunisia (M'Hamdi et al. 2009) and Mexico (Salas-Reyes et al., 2015). Since it provides a holistic and integrated view of farm sustainability, IDEA takes into account the three dimensions of sustainable development represented by agro-ecological, socio-territorial, and economic dimensions (Table 1). The sustainability value is given by the lowest score of the three dimensions (Hansen, 1996). The score of each dimension is obtained by summing up

components' scores that can be up to 100 points. In the same manner, the score of each component is obtained by adding up indicators' scores. A theoretical framework can be found in Vilain et al. (2008) and Zahm et al (2008) or by consulting IDEA website (<http://www.idea.chlorofil.fr/>).

The original method was adapted to the Moroccan context through incorporating context elements and modifications highlighting issues pointed out by farmers and key resource persons. Thereby, methodological changes concern: (i) Score changing, respecting the principle of scoring attribution linked to the original method. This means that the weight of indicators is organized by priority; indeed, the most fundamental and general are those having more weight than the most specific ones. For instance, water management score (A17) was increased to benefit farmers who preserve water resources. (ii) Deleting items or indicators, due to the absence of some settings in Saïs such as “permanent grassland” that appears in the diversity of perennial crops (A2) and fodder area management (A11); or the absence of standards and regulations such as "approved spreading effluents plan" linked to manure management (A13). (iii) Addition items, in order to emphasize specific setting in Saïs such as share-farming (collective work (B10)), which allowed many farmers with resource constraints to produce and to value family manpower; or to implement some logics such as the balance between transmissibility and attractiveness of farm needed for a future buyer. Consequently, this latter led us to add the ‘potential income’ item to transferability (C5). (iv) Modification items or indicators, to adjust threshold values according to the standards prevalent in the study area, such as crop rotation (A5) indicator; or to replace non-existing elements with others having the same scope. For example, quality labels and standards (B1) indicator was changed by the valorization of products having a value linked to the territory (onions).

Afterward, adjusted minimum and maximum ratings were made based on tests that allow maximum distinction between farms. After the assessment, the outputs of IDEA were discussed with the farmers in order to understand their strategic choices and their perception of farm sustainability.

Table 1: Dimensions, components and indicators of the IDEA method

Dimensions (3)	Components (10)	Indicators (42)
Agroecological	Diversity	Diversity of annual and temporary crops (A1), diversity of perennial crops (A2), animal diversity (A3) and animal biodiversity (A4)
	Organization of space	Crop rotation (A5), dimension of fields (A6), management of organic waste (A7), ecological buffer zones (A8), contribution to environmental challenge of the territory (A9), improvement of the space (A10) and fodder area management (A11)
	Farming practices	Fertilization (A12), manure management (A13), pesticides (A14), veterinary products (A15), soil protection (A16), water management (A17), energy dependency (A18)
Socioterritorial	Quality of products and the land	Quality process (B1), valorization of the building patrimony and landscape (B2), non-organic waste management (B3), access to the property (B4), social involvement (B5)
	Employment and services	Short trade value chains (B6), autonomy and enhancement of local resources (B7), services and multiple activities (B8), contribution to employment (B9), collective work (B10), probable farm sustainability (B11)
	Ethics and human development	Dependence on commercial concentrates (B12), animal welfare (B13), training-education (B14), labour intensity (B15), quality of life (B16), isolation (B17), quality of buildings (B18)
Economic	Viability	Economic viability (C1), economic specialization rate (C2)
	Independence	Financial autonomy (C3), sensibility to government subsidies (C4)
	Transferability	Transferability (C5)
	Efficiency	Efficiency of the productive process (C6)

Table 2: Adaptations made to IDEA indicators to meet Saïs context

Indicators	Adaptations
Diversity of annual and temporary crops (A1), diversity of perennial crops (A2), animal diversity (A3), and animal biodiversity (A4), quality process (B1), valorization of the building patrimony and landscape (B2), non-organic waste management (B3), access to the property (B4), social involvement (B5), autonomy and enhancement of local resources (B7), services and multiple activities (B8), economic viability (C1), economic specialization rate (C2)	Score changed
Diversity of perennial crops (A2), fodder area management (A11)	Item linked to permanent grassland removed
Contribution to environmental challenge of the territory (A9)	Deleted
Crop rotation (A5); dimension of fields (A6), economic viability (C1), transferability (C5)	Thresholds values adjusted
Sensibility to government subsidies (C4)	Indicator modified to “possibility of financing investments”
Transferability (C5)	Item linked to income potential added
Efficiency of the productive process (C6)	Item linked to ability to generate value added by MWU added

3. Results

3.1. Initial farmers' perceptions of sustainability

According to farmer’s perception of sustainability, environmental issues do not represent a top priority for them, whatever their production system is. This does not mean that they are not aware of local environmental issues; for instance, 75% of farmers are aware of the over-exploitation of the aquifer. But only farmers affected by this problem (2 answers) or by soil fertility degradation (6 answers) link sustainability to environmental issues (Figure 1). However, their main position is characterized by the economic aspects of sustainability linked to economic viability of the farm expressed by “an adequate income” (13 answers). This position is directly related to their own specific context. For instance, 30% of farmers state that they would be unable to continue farming if volatility of vegetable prices persists. Environmental issues are considered to be the responsibility to be shouldered by public bodies and policies. Indeed, some farmers consider that environmental issues are not the unique responsibility of the farmer but of all the community. Others wonder why farmers would care about the environment as long as the government itself does not care about the overexploitation and depletion of the ground water reserves – As a matter of fact, the government subsidizes irrigation water access and grants licenses for even more well-digging in the area.

For farmers, sustainability also depends on their own personal values. Thus, answers such as motivation and labor (6 answers), preparing sons to succeed (6 answers) or building a legacy (7 answers) reflect the social values of the farmers. Answers linked to good quality of life (3 answers) or to reducing drudgery (3 answers) reflect farmers' preferences, while answers linked to technical know-how (2 answers) reflect farmers' expertise.

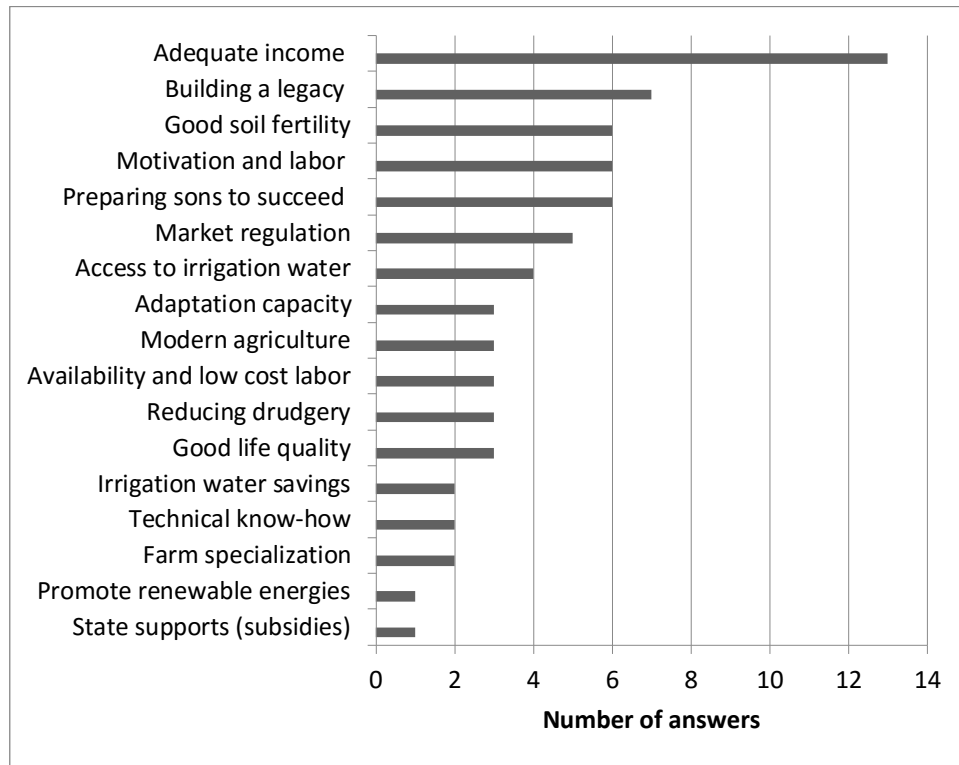


Figure 11: Meanings of sustainability perceived by the 40 farmers surveyed in the Saïs plain

3.2. Enriching farmers' and researchers' perspective by using IDEA

IDEA method favors diversified farms, since the absence of diversification leads to technical weaknesses (preservation of soil fertility, dependence on purchased inputs and on markets), which may result in environmental and economic concerns in the long term. Hence, diversified farms are considered more sustainable than the specialized ones. The three cases of farms show that sustainability and weaknesses differ from one to another (Figure 2). For example, T2 has poor agricultural practices relating to high nitrogen balance due to strong fertilizer and high pesticides use. T1, in opposition, has extensive practices but a space mismanagement related to the large acreage of land. Lack of diversification of T3 and low score of agricultural practices gives it a low agroecological sustainability but better economic sustainability corresponding to the good viability of this system. The socio-territorial dimension does not depend on the farm type. As a matter of fact, this score depends on several parameters related to the personality of the farmer and his/her preferences. Thus, using IDEA method has allowed us to comprehend farmers' sustainability position by refocusing the discussion on the concrete weaknesses of agricultural practices (nitrogen balance, lack of diversity, or space mismanagement) and their impact on the environment.

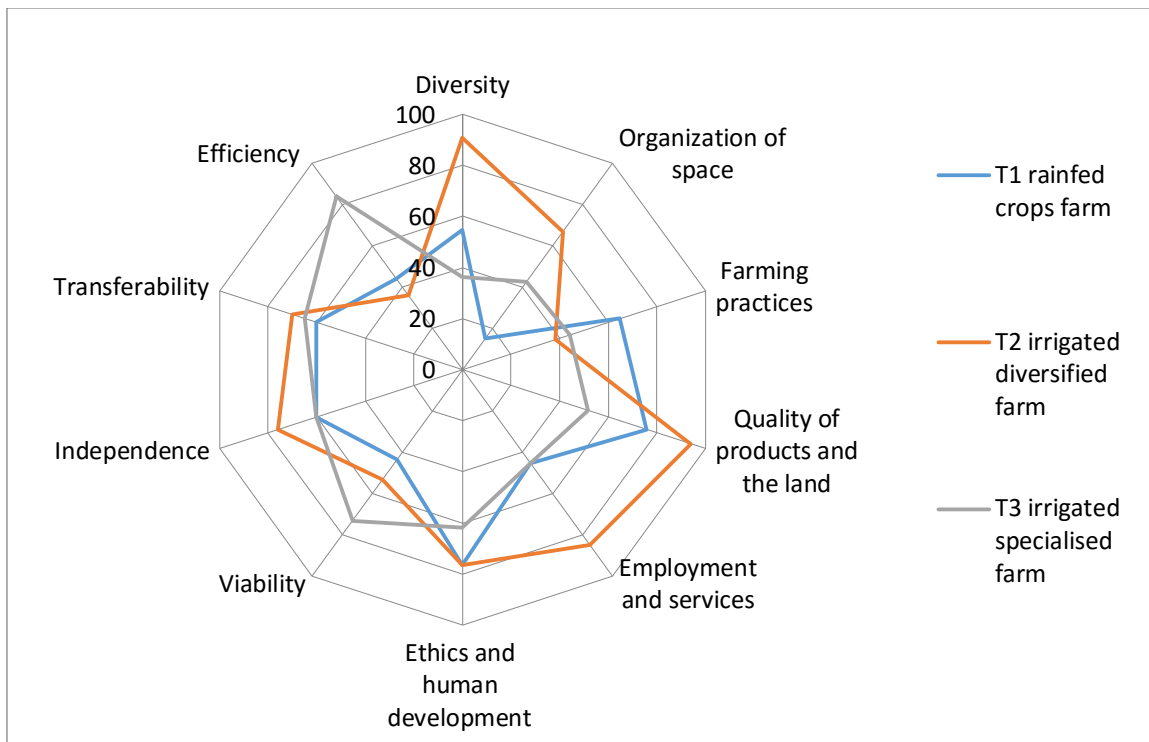


Figure 12: Three farm assessment results (one of each type) representing the elements discussed with farmers

Although the method did not raise any new issues that farmers were not already aware of, as they mentioned, it stimulated reflections regarding the technical reasoning; as well as, the value systems underlying farmers' decisions. The 14 farmers attest that, in their decision making, only economic aspects are taken into account. Actually, environmental concerns are minimized regardless of their expected future impacts. Faced with their scores on sustainability, (10/14) farmers acknowledged environmental limitations of their farms and justified their stand on economic grounds. Indeed, they aim to maximize their income and sustain their family, which imply the use of intensive farming practices in a context of constrained sale prices. Thus, intensification is implemented regardless of its eventual environmental impacts.

- Mohamed, farmer (March 2016) *“Farming is my only source of income, I have no other alternative. I have neither a retirement pension scheme nor a health care insurance. So I have to think about several things at the same time, such as meeting my family's basic needs, coping with diseases and health risks, the hazards of everyday life (...) I find myself forced to enhance productivity to earn more. If I engage in preserving the environment (...), what I might earn, will not even allow me to meet the basic needs of my children.”*

4 out of 10 farmers ignore the impact of their practices on the environment, but their purely economic motivations lead to a significant increased use of inputs.

- Abdelali, farmer, (May 2016) *“we do not know exactly the crop needs, but the lack of fertilizers is easily noticeable on crop conditions (...) if I increase the input of*

fertilizers, the crop grows faster, allowing me to shorten its production cycle and sell more quickly (...). Based on my personal experience, the more fertilizers you give to a crop, the more important is crop performance (...) but I don't really think that this could affect groundwater or soil quality."

Aiming to ensure greater productivity, farmers seek to maximize the factors they have been able to harness (chemical inputs and irrigation), then aspire to a good market cash crop. For instance, it is the case for onion production, which uses many chemicals and water irrigation in order to get a high yield that will provide insurance in a context of unstable market prices. Instead, the rainfed productions, that prices remain more or less stable in the market, push farmers to engage in tinkering depending on climate variations. Tinkering refers to the capacity of finding the best combination holding between rainfall and inputs that would allow highly increase theyield. For example, subsequent to the drought recorded in the first quarter of 2016, several farmers neither treated nor applied fertilizers to cereals and legumes, given the low expected return due to the drought.

- Rachid, farmer (May 2016) *"The reduction in production costs related to a reduction of inputs for the onion crop is insignificant compared to the earnings in production (...) If I decide to reduce inputs, this individual change will be negligible, since other farmers will continue intensive practices (...) to preserve the environment, we need alternatives such as those taken by developed countries, whereby states encourage adoption of environment- friendly practices through payments extended to farmers. But here, as long as there are no safeguards to ensure a good income, we are obliged to support our family by all means"*

However, several farmers, who are aware of their intensive practices, consider that environment issues must be supported by the state. They think that the socio-political context in which they operate, encourage the adoption of intensive practices. The public bodies aim to increase production, so they promote directly (by irrigation subsidy) or indirectly (by importing and manufacturing of fertilizers and crop protection products) the intensive practices. According to farmers, the State is responsible for the effects on the environment. Thus, it appears that it is the only part who can act on environmental issues. This could begin by sensitizing farmers about the negative effects of their practices and, thereafter, by adopting appropriate policies.

Moreover, the discussion with the farmers concerning the IDEA method and its relevance resulted in two main reactions: (i) Farmers secure their income through diversification of productions (4/14 of farmers), although this has a primarily economic aim, it provides other benefits not targeted in priority but appreciated by farmers, such as synergies between productions, food security, and livestock as savings. Besides, these farmers see themselves sustainable and align with the principle of sustainability expressed by IDEA. (ii) Farmers are ready to take economic risk (5/14), especially in speculative horticulture value chains. The success story of precursor in orchards and the preconceptions motivate, in a strong way,

farmers' decisions to develop horticulture. Moving forwards tree fruits farming, represents to these farmers a qualitative evolution; an emancipation of agricultural of hard work and an aspiration for better living. They have a project to planting orchards without consideration for the current and future issues of fruits prices and water availability. These threats seem to be distant in time for some of them, who believe in finding the adequate solutions at the moment when the actual threat happens. Faced with these threats, a number of farmers think of leaving tree fruit cultivation adventure and be back to vegetables. In contrast, other farmers are more reactive, and think of developing product valorization strategies (spreading productions in time, transformable fruits, selling in short circuit), or water resource security strategies (security drill, basin).

Furthermore, only farmers already embedded in the adventure of fruit growing, ask for greater state intervention in order to regulate the prices. They thought that avoiding over-production must be managed by the State by imposing crop areas for these speculative productions. However, in opposition with the IDEA outputs, these farmers consider themselves more sustainable according to their own criteria; such as the better viability of the farm, the higher quality of life and the reduction of working time. These farmers state that the lack of diversity of productions and the weak agroecological sustainability do not worry them.

4. Discussion

IDEA and assessment:

The method has achieved its purpose; it allowed each type of farmers to better identify weaknesses on which they can act if they engage in a process of evolution towards sustainable agriculture. But, some aspects of the farmer's perception of sustainability have not been integrated in the adaptation of the IDEA method in order to respect its principles and generic design, although that would have been more compatible with the concept of sustainability as perceived by farmers. For example, fluctuations in market prices are a factor that can impact the long-term sustainability of farms according to several farmers. This is not represented in the economic dimension. Besides, score calibration by expert makes the method closely related to the local context. Giving maximum scores to salient aspects, reflect the importance of the given aspects in this context. Some difficulties related to the scoring were mitigated through the weights in the tests of 14 farm cases. The tests also showed that the method allowed productive exchanges with farmers, which led to an experimental validation of its use value. The case of Saïs confirmed the effectiveness of the method in warning users about the weaknesses of farms as has been shown in Tunisia (M'Hamdi et al. 2009), Mexico (Fadul-Pacheco et al., 2013; Salas-Reyes et al., 2015) or France (Zahm et al. 2008). However, the progresses towards sustainability at the farm level, considered by the method (organic farming, alternative agriculture, conservation agriculture) were not measured in this case study due to their absence.

To a certain level, the farmers can develop appropriate management strategies by themselves, considering their own priorities and conditions and based on the provided indicator descriptions or calculation methods (Meul et al., 2008). Moreover, a number of cognitive difficulties such as illiteracy or language push farmers to be reticent approaching the method. The need to be assisted by a professional is a condition for those farmers. Contrariwise, other farmers claim not needing any method to evaluate their farms, since they acknowledge their strengths and weaknesses.

Furthermore, the method does not prescribe a specific change, but it gives indications for improvement, which encourage; on the one hand, farmers to discuss with professionals the different ways to improve their situation and; on the other hand, the advisory professional to suggest improvements or changes. For this reason, concerning these methods, focus groups show interesting results; farmers can discuss the background of their indicator results with other farmers and experts. As a result, farm experiences and management practices together with expert opinions, motivate and stimulate farmers to improve their sustainability (Van Passel & Meul, 2012).

Post-assessment:

Farmers do not seem to be individually concerned by environmental issues addressed by IDEA. They are more concerned with the economic aspects which drive their decision-making processes and orient their perception of sustainability. They think that no agriculture is sustainable if it is not first and foremost a profitable agriculture. They consider the environmental impacts of their practices and their management to be the responsibility of the State. Indeed, in this context of market opening, sustainable practices are considered less profitable than that currently farmers do. This could be explained by the fact that environmental issues are not yet alarming farmers in the Saïs region and do not disturb either the farmer or the state. Thus, the rationality of farmers to maximize their income whatever the effect on resources could lead to a tragedy of the commons (Hardin, 1968). In contrast, environmental concerns have already become critical by strongly impacting the farm and the farmer decision making processes in other regions (in European countries for instance). In these countries, governments encourage the agricultural change by influencing farmers directly or indirectly by policies and actions, such as trade policies, price supports, taxes, research and development, various forms of compensation, marketing boards, and land use incentives and controls. But even in these contexts where these issues are socially recognized and accepted, farmers regularly face conflicts between economic and environmental issues, especially when market prices decrease or when public or private regulations push for more environmental-friendly practices (Dobbs & Pretty 2008). Thus, it shows that sustainable farming is not only the problem of farmers but concerns also consumers and all the society through public policies (Cembalo et al., 2013). Indeed, actions encouraging farmers to sustainable change must be effective to be adopted (Kheiri, 2015). It must be compatible with the sociopolitical environment within which it operates and consider their societal values.

This study showing the perceptions and preferences of farmers regarding sustainability could be a good entry for those actions.

Using an evaluation method of sustainability such as IDEA, which promotes a production model based on multifunctionality of agriculture, does not appear to be directly applied to farmers in emerging economy context such as Morocco, where there is specific issues and challenges.

The use of IDEA helped to address environmental aspects that farmers did not mention during the first interviews, and to better understand their strategies and decisions.

The case of Saïs illustrates the contrast of sustainability apprehension between researchers and farmers. For the former, it was illustrated by the method and for the latter by their perceptions of sustainability and their value systems. Sustainability concept implies a way of thinking, consequently, people's beliefs and values will continue to mold public understanding of the concept and what sustainability means and how it can and should be achieved. Which we return to old affirmation of MacRae et al., (1990): we cannot expect to have a sustainable agriculture unless all of us adopt a fundamentally different way of thinking about agriculture, which will require major changes in personal beliefs, values, and life styles. Indeed, it proves to the state that there is no absolute definition of agricultural sustainability and that there is a need for contextualization.

Although these results are put into perspective in relation to a small sample, they allowed establishing a stocktaking of the farm sustainability and understanding the strategies of farmers in a context of market competition. The need to be competitive pushes farmers to have a perspective of "now" and not "forever."

References

- Bekkar, Y., Kuper, M., Errahj, M., Faysse, N. & Gafsi, M. (2009). On the difficulty of managing an invisible resource: Farmers' strategies and perceptions of groundwater use, field evidence from Morocco. *Irrigation and Drainage* 58, 252–263. doi:10.1002/ird.527.
- Bockstaller, C., Girardin, P., & Van der Werf, H.M.G. (1997). Use of agro-ecological indicators for the evaluation of farming systems. *European Journal of Agronomy* 7, 261–270.
- Burton, R. J. & Wilson, G. A. (2006). Injecting social psychology theory into conceptualisations of agricultural agency: towards a post-productivist farmer self identity, *Journal of Rural Studies* 22, 95–115.
- Cembalo, L., Migliore, G., Schifani, G., 2013. Sustainability and New Models of Consumption: The Solidarity Purchasing Groups in Sicily. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 26, 281–303. doi:10.1007/s10806-011-9360-0
- Darnhofer, I., Fairweather, J., & Moller, H. (2010). Assessing a farm's sustainability: insights from resilience thinking. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 8(3), 186–198. doi:10.3763/ijas.2010.0480
- Dobbs, T. L., & Pretty, J. (2008). Case study of agri-environmental payments: The United Kingdom. *Ecological Economics*, 65(4), 765–775. <http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.07.030>
- Dogliotti, S., García, M.C., Peluffo, S., Dieste, J.P., Pedemonte, A.J., Bacigalupe, G.F., Scarlato, M., Alliaume, F., Alvarez, J., Chiappe, M., & Rossing, W.A.H. (2014). Co-innovation of family farm systems: A systems approach to sustainable agriculture. *Agricultural Systems* 126, 76–86. doi:10.1016/j.agsy.2013.02.009
- Duru, M., & Therond, O. (2015). Livestock system sustainability and resilience in intensive production zones: which form of ecological modernization? *Regional Environmental Change*, 15(8), 1651–1665. doi:10.1007/s10113-014-0722-9
- Fadul-Pacheco, L., Wattiaux, M.A., Espinoza-Ortega, A., Sánchez-Vera, E., & Arriaga-Jordán, C.M. (2013). Evaluation of Sustainability of Smallholder Dairy Production Systems in the Highlands of Mexico During the Rainy Season. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 37, 882–901. doi:10.1080/21683565.2013.775990
- Fairweather, J., & Campbell, H. (2003). Environmental beliefs and farm practices of New Zealand farmers: opposing pathways to sustainability. *Agriculture and Human Values* 20, 287–300.
- Gafsi M., & Brossier J. (1997) Farm management and protection of natural resources: Analysis of adaptation process and the dependence relationships. *Agricultural Systems* 55, 71–97.
- Girardin, P., Bockstaller, C., & Van der Werf, H.M.G. (2000). Assessment of potential impacts of agricultural practices on the environment: the AGRO*ECO method. *Environmental Impact Assessment Review* 20, 227–239.
- Häni, F., Braga, F., Stämpfli, A., Keller, T., Fischer, M., & Porsche, H. (2003). RISE, a tool for holistic sustainability assessment at the farm level. *International Food and Agribusiness Management Review* 6, 78–90.

- Hansen, W.J. (1996). Is agricultural sustainability a useful concept? *Agricultural Systems* 50,117–143.
- Hardin, G. (1968). The tragedy of the commons. *Science* 162:1243–1248
- Kheiri, S. (2015). Identifying the barriers of sustainable agriculture adoption by wheat farmers in Takestan. *International Journal of Agricultural Management and Development*, 1. <http://doi.org/10.5455/ijamd.175275>
- Lejars, C. & Courilleau, S. (2014). Impact du développement de l'accès à l'eau souterraine sur la dynamique d'une filière irriguée. Le cas de l'oignon d'été dans le Saïs au Maroc. *Cahiers Agricultures* 24, 1-10. doi:10.1684/agr.2014.0729.
- MacRae, R.J., Hill, S.B., Henning, J., & Bentley, A.J. (1990). Policies, programs, and regulations to support the transition to sustainable agriculture in Canada. *American Journal of Alternative Agriculture* 5(2): 76-92.
- Meul, M., Van Passel, S., Nevens, F., Dessein, J., Rogge, E., Mulier, A., & Van Hauwermeiren, A. (2008). MOTIFS: a monitoring tool for integrated farm sustainability. *Agronomy for Sustainable Development* 28,321–332.
- M'Hamdi, N., Aloulou, R., Hedhly, M., & Ben Hamouda, M. (2009). Évaluation de la durabilité des exploitations laitières tunisiennes par la méthode IDEA. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 13: 221–228
- Ness, B., Urbel-Piirsalu, E., Anderberg, S., & Olsson, L. (2007). Categorising tools for sustainability assessment. *Ecol. Econ.* 60, 498–508. doi:10.1016/j.ecolecon.2006.07.023
- ONU (1992). Le sommet "planète terre", couronnement d'une réunion historique, définit les orientations du développement durable. <http://www.un.org/french/events/rio92/rioround.htm>
- Pacini, C., Wossink, A., Giesen, G., Vazzana, C., & Huirne, R. (2003). Evaluation of sustainability of organic, integrated and conventional farming systems: a farm and field-scale analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 95,273–288.
- Quarouch, H., Kuper, M., Abdellaoui, E.H. & Bouarfa, S. (2014). Eaux souterraines, sources de dignité et ressources sociales : cas d'agriculteurs dans la plaine du Saïss au Maroc. *Cahiers Agricultures* 23, 158–165.
- Rey-Valette, H., Clément, O., Aubin, J., Mathé, S., Chia, E., Legendre, M., Caruso, D., Mikolasek, O., Blancheton, J.-P., Slembrouck, J., Baruthio, A., René, F., Levang, P., Morissens, P., & Lazard, J. (2008). Guide to the Co-construction of Sustainable Development Indicators in Aquaculture. EVAD, Montpellier.
- Rodrigues, G.S., Rodrigues, I.A., Buschinelli, C.C. de A., & de Barros, I. (2010). Integrated farm sustainability assessment for the environmental management of rural activities. *Environmental Impact Assessment Review* 30, 229–239. doi:10.1016/j.eiar.2009.10.002
- Ryschawy, J., Joannon, A., Choisis, J.P., Gibon, A., & Le Gal, P.Y. (2014). Participative assessment of innovative technical scenarios for enhancing sustainability of French mixed crop-livestock farms. *Agricultural Systems* 129, 1–8. doi:10.1016/j.agsy.2014.05.004

- Salas-Reyes, I. G., Arriaga-Jordán, C. M., Rebollar-Rebollar, S., García-Martínez, A., & Albarrán-Portillo, B. (2015). Assessment of the sustainability of dual-purpose farms by the IDEA method in the subtropical area of central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 47(6), 1187–1194. <http://doi.org/10.1007/s11250-015-0846-z>
- Schmitzberger, I., Wrbka, T., Steurer, B., Aschenbrenner, G., Peterseil, J., & Zechmeister, H. (2005). How farming styles influence biodiversity maintenance in Austrian agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 108, 274–290.
- Slee, B., Gibbon, D., & Taylor, J. (2006). *Habitus and Style of Farming in Explaining the Adoption of Environmental Sustainability-Enhancing Behaviour*, Final Report, Countryside and Community Research Unit, University of Gloucestershire.
- Thivierge, M.-N., Parent, D., Bélanger, V., Angers, D.A., Allard, G., Pellerin, D., & Vanasse, A. (2014). Environmental sustainability indicators for cash-crop farms in Quebec, Canada: A participatory approach. *Ecological Indicators* 45, 677–686. doi:10.1016/j.ecolind.2014.05.024
- Van Calster, K.J., Berentsen, P.B.M., Giesen, G.W.J., & Huirne, R.B.M. (2008). Maximising sustainability of Dutch dairy farming systems for different stakeholders: A modelling approach. *Ecological Economics* 65, 407–419. doi:10.1016/j.ecolecon.2007.07.010
- Van Cauwenbergh, N., Biala, K., Bielanders, C., Brouckaert, V., Franchois, L., Ciudad, V.G., Hermey, M., Mathijs, E., Muys, B., Reijnders, J., Sauvenier, X., Valckx, J., Vanclooster, M., Van der Veken, B., Wauters, E., & Peeters, A. (2007). SAFE – a hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 120, 229–242.
- Van Passel, S., & Meul, M. (2012). Multilevel and multi-user sustainability assessment of farming systems. *Environmental Impact Assessment Review*, 32(1), 170–180. <http://doi.org/10.1016/j.eiar.2011.08.005>
- Vilain, L., Boisset, K., Girardin, P., Guillaumin, A., Mouchet, C., Viaux, P., & Zahm, F. (2008). *La méthode IDEA, indicateurs de durabilité des exploitations agricoles*, 3^e éd. Guided'utilisation. Educagri Éditions, Dijon.
- Zahm, F., Viaux, P., Vilain, L., Girardin, P., & Mouchet, C. (2008). Assessing farm sustainability with the IDEA method - from the concept of agriculture sustainability to case studies on farms. *Sustainable development* 16, 271–281. doi:10.1002/sd.380

Annexe 5. Shared environment, diversity of pathways: dynamics of family farming in the Saï's Plain (Morocco)

Reg Environ Change
DOI 10.1007/s10113-016-1066-4



ORIGINAL ARTICLE

Shared environment, diversity of pathways: dynamics of family farming in the Saï's Plain (Morocco)

Mariem Baccar^{1,2} · Ahmed Bouaziz² · Patrick Dugué¹ · Pierre-Yves Le Gal¹

Received: 15 March 2016 / Accepted: 5 October 2016
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2016

Abstract The sustainability of family farming and its capacity to respond to global changes are widely debated. Based on a survey of 40 farms on the Saï's Plain in Morocco, this article shows how family farms which implemented similar rainfed crop–livestock production systems 45 years ago have evolved differently based on farm characteristics and the variety of natural, economic and political changes they have faced over that time. The survey sample was constructed to cover the wide diversity currently found with regard to the structure, production choices and access to resources (water, land, capital) of local family farms. Four initial farm types were identified based on their access to land, which ranged from private property to collective land tenure. These farms may be grouped today into three main types based on their production activities: mixed rainfed crop–livestock farms, diversified farms combining rainfed

and irrigated crops (vegetables and fruit orchards), and specialized irrigated farms. Seven types of development pathways leading farms from their initially similar to their currently diverse situations were identified. The critical determinants were whether and how farms were able to access water and capital resources to acquire land and innovate with high-value crops. This study illustrates that most family farms have capacity to evolve in different ways. However, competition over access to resources (ground water, labour, land) and markets, both between family farms and with locally based agribusiness firms, are a source of uncertainty weighing upon the development dynamics and future of family farms.

Keywords Farm typology · Land use · Irrigation · Diversification · Drivers of change

Editor: Will Steffen.

Electronic supplementary material The online version of this article (doi:10.1007/s10113-016-1066-4) contains supplementary material, which is available to authorized users.

✉ Mariem Baccar
mariem.baccar@cirad.fr

Ahmed Bouaziz
a.bouaziz@iav.ac.ma

Patrick Dugué
patrick.dugue@cirad.fr

Pierre-Yves Le Gal
pierre-yves.le_gal@cirad.fr

¹ CIRAD, UMR Innovation, 34398 Montpellier Cedex 5, France

² Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, BP 6202 Rabat-Instituts 10100, Rabat, Morocco

Introduction

Family farming is an agricultural production model based on the resources and workers of the family, occasionally complemented by hired workers when the supply of labour falls short of demand (Errington and Gasson 1994). Family farms involve 98% of all farmers and produce 80% of the world's food (Graeub et al. 2015). The International Year of Family Farming proclaimed by the United Nations General Assembly in 2014 emphasized the status and specific contribution of this form of agriculture in response to global challenges such as food security, managing natural resources and sustainable development (Sourisseau 2015). The ability of family farms to adapt to economic fluctuations and climate change (Kesavan and Swaminathan 2014) and their contributions to employment and the vitality of local economies have also been emphasized

(Van der Ploeg 2013). Nonetheless, family farming is vulnerable to a wide range of shocks, namely: (1) political shocks, with the introduction of structural adjustment programmes in Sub-Saharan Africa (Losch and Fréguin-Gresh 2013) and the Maghreb (Labonne 1995) and policies aiming to reduce the use of irrigation in agriculture in order to protect urban water supplies and the environment (Alston and Whittenbury 2011); (2) economic shocks due to market competition from agribusinesses (Moreno-Pérez et al. 2011); and (3) climate shocks, as shown by the occurrence of droughts in Sub-Saharan Africa (Antwi-Agyei et al. 2014).

Family farms react differently to these shocks. Some adapt by innovating technically and socially (Van Der Ploeg et al. 2006), others by diversifying their production (Kahane et al. 2013) or their sources of income by performing non-agricultural work (Barrett et al. 2001). This diversity of responses, together with a diversity of individual contexts in terms of structure (size, equipment, capital), operations (management of production units) and technical and economic performances, is a major feature of family farms (Medina et al. 2015). This must be better understood to facilitate the design of appropriate public policies (Barrientos-Fuentes and Torrico-Albino 2014), promote innovative approaches to farm management (Oliveira et al. 2013), develop producers' capacities (Collier and Dercon 2014) and provide support to local stakeholders to achieve sustainable growth targets (Dogliotti et al. 2014).

To understand precisely the strategies of family farmers and the dynamics of their farms, local-level analyses seem more suitable (Bernard et al. 2011; Ryschawy et al. 2013) than regional-scale statistical studies (Schroth and Ruf 2014). The present study, based on a survey involving 40 farmers on the Saïs Plain in Morocco, corresponds to the former approach. It analyses the processes that led family farms with relatively homogeneous production systems to evolve in quite different ways over a 45-year period while facing the emergence of high-value-added markets and unequal access to groundwater resources (Ameur et al. 2015) and public subsidies. After presenting the survey methodology used, the article describes the shared environment in which family farms have developed over the past 45 years, then analyses the diversity of their dynamics within that common context. The consequences of these dynamics for the future of these farms are then discussed.

Materials and methods

General context

Covering 2200 km² (Online Resource 1), the Saïs Plain has high agricultural potential due to the presence of fertile

soils and groundwater aquifers (Berriane 2002). The climate is semi-arid, with an average annual rainfall of around 500 mm and an interannual variability of 207–677 mm/year for the period 1980–2010. Before the 1980s, agriculture was dominated by production systems combining rainfed crops (cereals, legumes, olive and almond trees) with ruminant livestock (sheep, cattle). Since the 1980s there have been several very dry years which greatly reduced rainfed production (Quarouch et al. 2014). Following these drought years, farmers began to dig wells to develop irrigated crops, mainly vegetables. Over time, the irrigated areas for vegetable crops and then fruit tree crops increased, placing increased pressure on groundwater resources. The deep aquifer of the Saïs has since fallen by 60 metres at certain points (Agence de bassin hydraulique du Sebou 2011). The emergence of agribusiness, which began in 1990 and is encouraged by the state, has been an important development on the Saïs Plain.

This historical, physical and economic context has played a major role in the evolution of family farms on the Saïs Plain over the past 45 years. Once relatively homogeneous, today family farms in the region have diverse production systems (combination of rainfed crops, irrigated crops and various forms of livestock systems). The farms have evolved in different ways in response to climate events, varying access to natural resources and economic developments.

Farm sampling

On the Saïs Plain, a family farm is defined by the presence of a member of the family (usually the father or the elder brother) in charge of organizing the work and making decisions. The family may own all or part of the land (direct land tenure), the remainder being leased or managed in partnership with other land owners on a sharecropping basis. The family members may perform the farm work by themselves or hire labour if necessary. To understand the dynamics giving rise to the regional diversity of farming strategies and pathways adopted by family farms, a comprehensive approach was chosen, combining numerical variables and qualitative information regarding the objectives, operating procedures and performance of each farm surveyed. This methodological approach, based on an in-depth investigation of a few case studies (Eisenhardt and Graebner 2007), facilitates the comprehension of farmers' reasoning in relation to their strategic choices (Daskalopoulou and Petrou 2002) and tactical decisions (Bernard et al. 2011).

Forty farms were chosen to reflect the current diversity of family farms on the Saïs Plain. They were selected using criteria frequently employed in typology studies and considered critical for an understanding of the differentiation

process at play in the region (Landais 1998; Caballero 2001; Choisis et al. 2012; Chatterjee et al. 2015), namely: (1) the structure of the farm, in particular the area cultivated and the land tenure, (2) production choices, in relation with access to markets, cash or food purposes, available capital and labour, and (3) access to groundwater for irrigation. In the absence of a regional census of farms, officers from the agricultural public services introduced the survey team to a first set of farmers, who then put the team in touch with their acquaintances. The team ultimately was able to contact and interview farmers in 17 of the 29 rural districts on the Plain.

Data collection

The historical and current data on the commodity chains, agricultural policies and economic dynamics of the Plain were collected through interviews with representatives of the agricultural public services and by consulting their activity reports. The 40 farmers selected were each interviewed at least once in 2014. A sub-sample of 20 farmers who were representative of the various production systems in the whole sample were then visited again to collect more precise technical and economic data on their main production activities during the 2013 agricultural season. A second operation was performed in 2015 to determine the development history and pathways since 1970 for the 40 farms, and the forces driving their change. The information collected from the 40 farmers covered five components:

1. The property structure broken down according to land tenure systems (freehold, lease, sharecropping);
2. The choice and combination of production activities including rainfed crops (cereals, legumes, fodder), irrigated crops (vegetables and fruits) and livestock. The numbers of sheep and cattle were recorded according to their breed (local, cross-bred or enhanced);
3. Individual access to water from the aquifer or springs managed by irrigation organizations, with pumping and irrigation equipment;
4. Labour, whether family or from outside the family (permanent or seasonal employees);
5. The destination of the products (sale, home consumption) and the corresponding financial data.

The technical and economic data recorded on the sub-sample of 20 farms covered all of the inputs used on the various crops and in livestock units (quantities and unit prices), the quantities produced, and their selling prices. The averages of the gross expenses per activity calculated on this sub-sample were applied to the other 20 farms to estimate their total gross margin (TGM), calculated by deducting production expenses from the gross revenues of all activities.

Data analysis

Diversity analysis involved qualitatively building two typologies: one concerning the current state of the 40 farms and the other their development pathways since 1970. The farm typology was based on combinations of the three criteria used in the sampling process, while the survey rendered it possible to quantify some variables and link them with farmers' objectives and strategic choices. The choice of production activities made it possible to distinguish between farms according to their degree of specialization. A farm was considered specialized if one activity generated more than 60% of its TGM, and diversified if the farm's TGM consisted of two or three activities each generating over 30% of the TGM. Access to water distinguished rainfed and irrigated farms. Surface area was used only to distinguish between two types of rainfed farms.

The farm types were described using the data collected for each farm. Some variables were converted to provide a basis for comparison between types or relative to other sectors of activity. For instance, the family's food consumption was compared by dividing its monetary value by the farm's total revenues. Annual income per farm was calculated by deducting fixed costs from the TGM (land lease, equipment maintenance, wages of permanent employees). This income was divided by the current value of the SMIG (the official minimum wage, equal to MAD 28,000 per year¹) and adjusted to the number of active family members living on the farm in order to compare it with a standard economic benchmark in Morocco.

The various farm development pathways were aggregated based on a reconstruction of each farm's individual pathway from its origins in the 1970s to the farm's current situation. The 1970s were chosen as the point of departure as a number of quite homogeneous farms were established at that time through an agrarian reform programme. The farm internal changing factors (land ownership, labour, equipment, production) and the external drivers of change were characterized by comparing the farms within a type of pathway and between types while considering the historical context shared by all of the farms.

Results

An evolving context during the past 45 years

After Morocco became independent in 1956, the state intervened heavily in the agricultural sector by redistributing the land formerly farmed by French colonists.

¹ MAD 10 (Moroccan dirhams) = 0.93€.

One-third of this land was allocated to two state-owned production companies, one-third was put up for sale to native Moroccans and the remaining third was allocated at a later date to beneficiaries of an agrarian reform programme. The first land put up for sale was purchased by local dignitaries and agricultural workers who had saved enough to buy a few hectares, leading to the establishment of farms varying in size from 1 to 38 ha. These farms, referred to here as “old private farms”, represented 23% of the study sample. Their production systems were based on rainfed crop–livestock combinations. A further land privatization process, which began in the 1970s and continues today, led to the emergence of “new private” farms ranging in size from 3 to 37 ha. The new farmers have diverse profiles, ranging from traders and public servants attracted by tax exemptions on agricultural income or looking for extra income after retirement to agricultural workers. The first of these new farmers implemented the traditional rainfed crop–livestock production system, while those who established their farms later adopted a combination of irrigated vegetables and rainfed crops. From 1990 onwards, some new farmers started directly with irrigated fruit orchards combined with other crops. These “new private” farms accounted for 37% of our sample.

The beneficiaries of the agrarian reform programme, who were allotted the last third of the former French colonial farmland, included smallholder farmers, farm workers and returned servicemen. Beginning in 1972, these allottees were grouped together in cooperatives which were supposed to provide them with partially subsidized access to equipment and inputs. In exchange, crop rotations were imposed (cereals, fodder and legumes on rainfed farms), and the products were marketed by the cooperatives at prices set by the state for certain basic products. The farms operating under this system originally ranged in size between 9 and 14 ha. In this rather homogenous group, farms differed mainly by the kind of livestock raised and herd size (up to 15 cattle and 100 sheep). These farmers were able to invest in irrigation starting in the 1980s after the compulsory cropping pattern was abandoned. These farms accounted for 32% of our sample.

The remainder of our sample (8%) was composed of farmers cultivating collective lands, i.e. land owned collectively by ethnic communities and shared between heads of families on an usufruct right basis (Bouderbala 1999). In this category, land fragmentation from one generation to another has led to decreasing farm sizes, which are today down to 7 ha or less. Their production system was similar to the “old” private farms, with a focus on livestock to benefit from the large pasture areas available on collective lands.

At the start of the 1980s, a drought caused harvest losses. This prompted many farmers with the necessary

capital to invest in groundwater and irrigation facilities. These investments allowed the development of onion and potato crops, which were best suited to the climate (the winter cold does not allow a good profit margin on spring vegetables but facilitates outdoor onion storage). At the beginning, these productions were sold at high prices, in rotation with traditional rainfed crops. Rainfed crops became economically less interesting, particularly when the state stopped supplying services and subsidizing inputs. Traditional livestock production continued and intensive dairy production expanded with state support (development of industrial facilities, establishment of milk collection cooperatives, subsidies for heifers of improved breeds). From the 1990s onwards, state irrigation subsidies encouraged the development of drip irrigation and an increase in vegetable areas and yields (Benouniche et al. 2011). This programme mainly benefited farmers who owned their land and had access to groundwater and capital. Drip-irrigated orchards (peach, plum, table grape, olive) expanded, driven by agribusiness firms enjoying tax exemptions on agricultural income. The establishment of these new commodity chains then benefited family farms which had the resources needed to invest in orchards.

In 2005, the agrarian reform legislation was modified to allow the allottees to become owners of their plots. This privatization permitted the emergence of numerous independent family farms. In 2008, there was a strong return of state intervention in the form of the “Plan Maroc Vert” (“Green Morocco Plan”—PMV). PMV has increased the dualism between agribusiness and family farming, since agribusiness companies, which produce, process and sometimes package their products, have received around 80% of the funds available. However, PMV has included specific support tools dedicated to smallholder farms, mostly subsidies for irrigation and agricultural equipment, and for orchard planting (Akesbi 2012).

The extension of irrigated vegetable and fruit farming over the past ten years has had consequences for the aquifer and markets. While the Saïs Plain had just 900 wells in the 1980s, there were over 12000 wells and boreholes in 2012, giving rise to an alarming over-exploitation of the aquifer (Quarouch et al. 2014). This situation threatens not only the sustainability of the aquifer but also the viability of farmers’ activities (Bekkar et al. 2009). The increase in irrigated production combined with a lack of farmers associations and low long-term storage capacities have contributed to price volatility (fluctuations of MAD 1–6 per kg for potatoes and MAD 1–7 per kg for onions) on saturated local and national markets (Lejars and Courilleau 2014).

A combination of factors resulting in three main farm types

Three main farm types, each including two or three subtypes, emerged from the combination of the three factors used in the farm sampling. The type of land tenure did not contribute to the definition of the farm types except for collective lands (where farmers do not have access to water and cannot invest in irrigation because they only have usufruct rights). The three types have different objectives, strategies and characteristics (Table 1; Fig. 1).

T1 comprises farms that have remained close to the initial traditional system, combining rainfed crops and livestock on land deprived of access to water. The rainfed crops include cereals, legumes (faba beans, chickpeas, lentils) and fodder crops (oat, barley and faba beans) to feed their cattle and sheep. T1a comprises small farms (7 ha on average) in a direct or collective land tenure system, which aim primarily to feed their families. They sell surplus products only once the family's home consumption needs have been met. The crops are mostly cereals, with a small area of legumes and a few unirrigated olive trees. The farming system includes a traditional livestock component that contributes 50% of the TGM. The livestock are composed of some sheep and a few local or cross-bred cattle (two or three cows) whose milk production does not exceed 1200 litres/cow. One or two of the calves born on the farm each year are fattened and sold. Herds are fed with collected straw or by grazing on collective lands outside the farm. The small area cultivated per Man Work Unit (MWU)² is unable to support the family. With an income generated per family MWU equivalent to 0.7 times the Moroccan minimum wage (SMIG), the farmers must look for other sources of income off the farm (agricultural labourer or city worker) to cover the family's needs. These farms are hindered from evolving towards more profitable farming systems by a lack of capital for investing in more land or irrigation, their vulnerability to variations in rainfall and, for some, their collective land tenure status.

T1b comprises large farms (around 100 ha on average) which have improved the initial rainfed production system to maximize their farm income. All types of land tenure systems are represented in this group. The farmers have chosen to improve their rainfed systems due to difficulties in accessing water (groundwater position, poor land security) or because they have a preference for rainfed production. These farms have enlarged their cultivated areas by buying land when they had the required capital, leasing

land (based on verbal or contract agreement lasting up to 30 years) or sharecropping (one year agreement) when they were short of funding. Consequently, more than 60% of their utilized agricultural area (UAA) falls under an indirect land tenure system. They intensified their cropping systems by including more legumes and using pesticides and mineral fertilizers on cereals. Having bought their own mechanized equipment, sometimes with a government grant, these farms can perform necessary tasks on time. Livestock can contribute up to 25% of their total income in normal years when the farm has a fattening unit, which involves 10 or more cow/lamb heads coming from the farm herd or purchased on the market (one farm). The herd also represents an asset that can be sold in case of drought to meet the family's economic needs. When rainfall is sufficient and profits per hectare of rainfed crops are satisfactory (estimated at MAD 5500 per hectare), they generate a high income per family worker, equivalent to 8.2 times the minimum wage. However, these results are sensitive to water deficits in the spring.

The following types comprise farms which have invested in irrigation (i.e. digging wells and boreholes and purchasing equipment) to intensify their production system in the climatic context of the Saï's Plain. Differences between types are linked to the kind of irrigated crops implemented (vegetables or fruit trees) and the level of specialization vs diversification of activities within the system.

T2 comprises farms of about 15 hectares on average with access to irrigation on 40% of their cultivated area. These farmers are engaged in diverse production activities. T2a farms aim to earn relatively equal amounts from rainfed crops, livestock and vegetables. Onions and potatoes irrigated by gravity flow on small areas account for about 40% of the TGM. Rainfed crops are mainly cultivated on four farms which are hindered from increasing their irrigated area due to limited access to water and capital. Livestock farming takes various forms depending on the farmers' interest in this activity. Six farmers prefer traditional breeding, while another six are involved in intensive breeding through either fattening, dairy or mixed units. Dairy units comprise up to three improved breed (Holstein) cows, which produce 3600 litres/cow/year on average based on a diet combining rainfed, self-produced fodder and purchased concentrates. The milk is sold to a dairy cooperative or an independent milk collector. Land tenure is mainly direct. Only three farms have between 30 and 70% of their UAA under lease or sharecropping arrangements, which they have undertaken to access water or to increase their cropping area. Hired workers are required for transplanting and harvesting since the family labour force is not able to perform all of the work. This range of activities, combined with the adoption of drip

² Each full-time worker (both family and permanent) accounts for 1 MWU. Part-time workers are accounted for based on the time spent on the farm.

Table 1 Structural characteristics and economic performance by farm type

Farm type	T1a	T1b	T2a	T2b	T3a	T3b	T3c
Differentiation base 1	Rainfed crops and livestock		Irrigated diversified		Irrigated specialized		
Differentiation base 2	Small area	Large area	Vegetables	Fruit trees	Vegetables	Tree crops	Milk
Number of farms	4	4	13	3	5	9	2
Age of farm head							
Average	59	65	48	37	46	50	57
cv (%)	13.2	27.6	20.3	8.1	14.9	27.7	37.2
Total area (ha)							
Average	7	98	13	13	23	19	32
cv (%)	61	85	77	60	41	109	9
% Irrigated area							
Average	0	2	30	66	66	70	13
cv (%)	–	200	56	2	24	51	141
Family MWU							
Average	2.3	2.8	2.1	2.2	2.5	1.7	1.8
cv (%)	29	34	32	13	20	25	20
Permanent employees							
Average	0.0	0.5	0.6	0.0	1.2	3.2	2.0
cv (%)	–	115	141	–	136	50	71
Total LU							
Average	3.9	14.4	7.7	3.3	6.4	6.6	22.7
cv (%)	46	89	68	90	60	177	21
Total area/LU (ha)							
Average	2.9	33.0	6.2	5.6	9.6	10.5	18.5
cv (%)	33	51	61	48	47	95	11
Family consumption (% of total revenues)							
Average	19.4	4.1	8.2	5.3	4.9	2.1	6.6
cv (%)	57	31	37	26	83	106	18
Total income (1000 MAD)							
Average	63	699	153	263	267	654	294
cv (%)	64	91	55	37	20	45	1
Income/ha ($\times 1000$ MAD)							
Average	8.9	6.7	15.2	23.6	13.0	52.8	9.2
cv (%)	25	19	44	38	26	50	10
Income/MWU (SMIG equivalent)							
Average	1	8.5	2.6	4.2	4	13.5	6.1
cv (%)	70.3	58.7	38.4	23	35.6	33.3	20.8

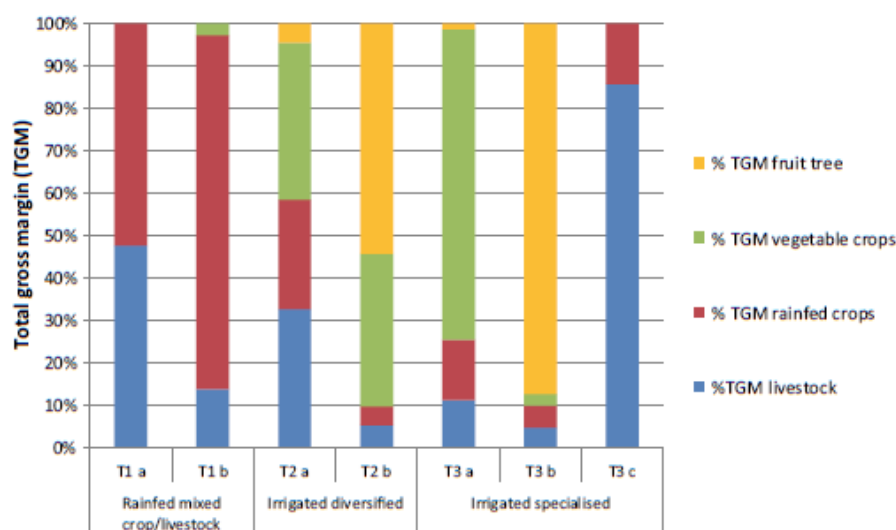
cv Coefficient of variation, MWU man work unit, LU livestock unit, MAD moroccan dirham, SMIG official minimum wage of MAD 28,000 per year

irrigation by five farmers, reflect an emerging trend towards intensification. It also secures a minimum income in dry years thanks to vegetables, and feeds the family with basic products. However, the annual income generated per family worker, equivalent to 2.8 times the minimum wage, restrains capital accumulation under the twofold constraint of a limited irrigated area and labour costs.

T2b farms are oriented towards fruit tree crops, which represent their main source of income, followed by

vegetables. These vegetable–fruit combinations are favoured by farmers either to spread economic risk between activities or as an intermediate step towards fruit specialization. Fruit production has generated higher profits than vegetables over the past decade, but it requires a large initial investment and the financial capacity to cope with the unproductive period of young orchards. Rainfed crops and livestock have become residual activities helping to maintain the fertility of the land devoted to

Fig. 1 Combination of production activities by type of farm (average % of the total gross margin per farm)



vegetables (manure production, crop rotation). Crop intensification is more advanced, with the systematic use of drip irrigation. Water supply is secured by drawing from two or more sources, which contributes to an increase of the irrigated area. The heads of these farms are younger than in the other types and are keen to adopt innovations coming from specialized farms in the region. They aim to reduce labour costs by employing family labour and leaving fruit picking to buyers. This type of farm generates an annual income per family worker equivalent to 3.7 times the minimum wage, which makes it possible to gradually continue investing as long as they can access water.

T3 comprises specialized farms. Their size is generally larger than that of T2, mostly covering between 15 and 35 hectares which are directly owned, reflecting a more advanced process of land accumulation. T3a farms are specialized in vegetable production, which covers between 3 and 10 ha per farm, irrigated entirely by drip irrigation, and provides around 70% of their TGM. Sharecropping is practised by two of the five farms to increase their irrigated area (around 60% of the UAA). This vegetable orientation requires the employment of permanent employees and temporary labour for all manual work, while the family workers focus on management. This configuration significantly impacts costs, with paid workers accounting for 48 and 15% of production expenses for, respectively, onion and potato crops. Livestock is a residual activity which is unable to cover the organic manure needs of potatoes, or to offset any reduction of vegetable income. Soil fertility and disease control are managed by rotating vegetables and rainfed crops, which are maintained on most of the vegetable farms for this reason. Three farmers have up to three water sources to secure their water supply in summer, when onions are cultivated. Specialization enables these farms to generate a higher income than T2a (3.8 times minimum

wage/MWU). However, they are more exposed to both decreasing onion and potato prices and declining soil fertility, which can be resolved by either buying massive quantities of animal manure or exchanging plots with neighbours.

T3b farms are specialized in fruit tree crops, which provide more than 80% of their TGM. Compared with T2b, there is an increase in both the area cultivated and the proportion of the area irrigated. All of their land is under direct tenure since investing in orchards requires long-term land security. To ensure that these costly investments are correctly irrigated, the majority of farms seek to have more than one water source. The labour configuration is similar to T3a, but these farms employ more permanent workers (two to five) who are highly skilled in order to conduct tasks requiring technical expertise (pruning, spraying) and to supervise temporary workers. These farms largely use bank credit and state aids. Thanks to their focus on fruit production, they generate a far higher income per family worker than the other types (13.1 times the minimum wage). They can increase their area by buying land despite very high prices, which can vary from MAD 300000–500000 per hectare in the Saï's Plain for land with groundwater access.

T3c farms are specialized in milk production, based on irrigated fodder crops such as maize and alfalfa (one case) or on large areas of rainfed fodder (one case) under a direct land tenure system. This forage base supplemented by purchased concentrates allows an average production of 6000 litres/cow/year. The farmers have expertise in livestock management and invest in the genetic improvement of their herd. Faced with a heavy workload, these farms employ permanent workers performing all of the herd management work. These labour costs plus the cost of purchased feed, which tends to increase each year, affect

farm profits since the selling price of milk has been stagnant for the past decade. Consequently, the average annual income of a family worker corresponds to 6.1 times the minimum wage, a medium score in the sample.

Diverse farm change dynamics

The farms of the 1970s, which had different types of land tenure but mostly practiced the same traditional, rainfed, mixed crop–livestock system, followed quite different development pathways to arrive at the situation currently observed in our sample. The three farms which depend on collective lands all fall under T1 due to the status of their land. In contrast, farms belonging to the three other initial types of land tenure systems are now found in all three of the main current types, with a notable absence of old private farms with a fruit tree component. This is due to the absence of a successor to take over the farm or the division of the initial farm into smaller units which lack the capital to invest in perennial crops.

The development pathways of the group of farms which emerged from the agrarian reform are presented in Fig. 2. These farms are examined in greater detail due to their initial homogeneity in terms of both size and production systems. Pathway A, which led to the current T1a, represents the status quo. The ageing of the current farm head and the absence of a successor reinforce this immobility. Pathway B, which led to sub-type T1b, describes farms which, due to a lack of access to water resulting from their location, but thanks to accumulated know-how and the strong technical support they received before the state stopped supplying services and subsidizing inputs, pursued a strategy of leasing inexpensive, non-irrigable land to increase their cultivable area, and then purchasing land and equipment using income earned from cereal crops.

Pathway C, leading to T2a (diversified system with irrigated vegetable crops), describes farms which took up market vegetable crops relatively late, starting in the 1990s or in the 2000s, attracted by the significant vegetable crops revenues they observed in their farming environment. They have been slowed by difficulties in amassing the necessary capital and in reaching profitable levels of technical–economic performance. Since their agricultural income was too limited to invest in a well or irrigation equipment, they used various funding channels, such as family members working off-farm, sharecropping or rarely private loans. Some reinvested the profits earned from vegetable crops in intensive dairy farming (one case). Those with sufficient funding (three cases) improved their performance by introducing drip irrigation with support from PMV (one case).

Pathway D, which led to the two current fruit tree sub-types (T2b and T3b), is characteristic of farms which

innovated earlier than the rest. Affected by drought, they were able to introduce irrigated vegetable crops in the 1980s by investing income obtained from rainfed crops and livestock, by the sale of animals for those who had large herds, or with financial support from family members working off the farm. High income was earned before vegetables prices declined. Some reinvested their profits in intensive dairy farming, taking advantage of public support measures in this sector (two cases). Others improved their farms by introducing drip irrigation (one case) or by purchasing farming machinery (one case). Revenue from the sale of quality livestock, leasing of farming machinery and savings accumulated from vegetable crops began to be invested in fruit trees in the 2000s. In so doing, the farmers mimicked the agribusinesses that have been operating in the area since the 1990s. Irrigated crops such as melon or watermelon were intercropped during the orchards' unproductive periods. The T3b farms then specialized in fruit orchards, and several T2b farms plan to do the same. These farms have benefited from PMV subsidies to implement drip irrigation in their orchards (eight cases). The sale of housing land, resulting in massive amounts of cash, is another source of funds used to invest in orchards and specialize in fruit production (Pathway E). Farms specializing in vegetables (T3a) have followed a similar trajectory as T2a but wish to specialize in fruit trees by accumulating the capital needed through expected profits from vegetable crops (Pathway F). Farms in pathway G followed in the 1990s the same dynamics as those in pathway D later on, but they had poor technical and economic results and since 2000 have returned to vegetable crops.

This diversity of pathways reveals the role of several key drivers, both internal (IN) and external (EX) to the farm, in shaping farm trajectories over the last 45 years (Fig. 2). The drought in the 1980s (EX) was a strong incentive for some farmers to shift from rainfed to irrigated agriculture. That strategic evolution was made possible by the (1) potential availability of groundwater (EX), (2) access to private funding (IN) since public subsidies were difficult to obtain (only two farms benefited from drip subsidies when they were implemented in 1990) and (3) access to growing urban vegetable markets (EX). Being the first to innovate, these farms benefited from good selling prices and saved enough money to move from vegetables to fruit production when vegetables became less profitable due to market saturation. They also benefited from the experience gained by younger members of their families who worked in agribusiness firms involved in fruit production.

Although the availability of public subsidies (EX) has increased with PMV during the last six years (15 out of the 40 farms surveyed have benefited from subsidies), family

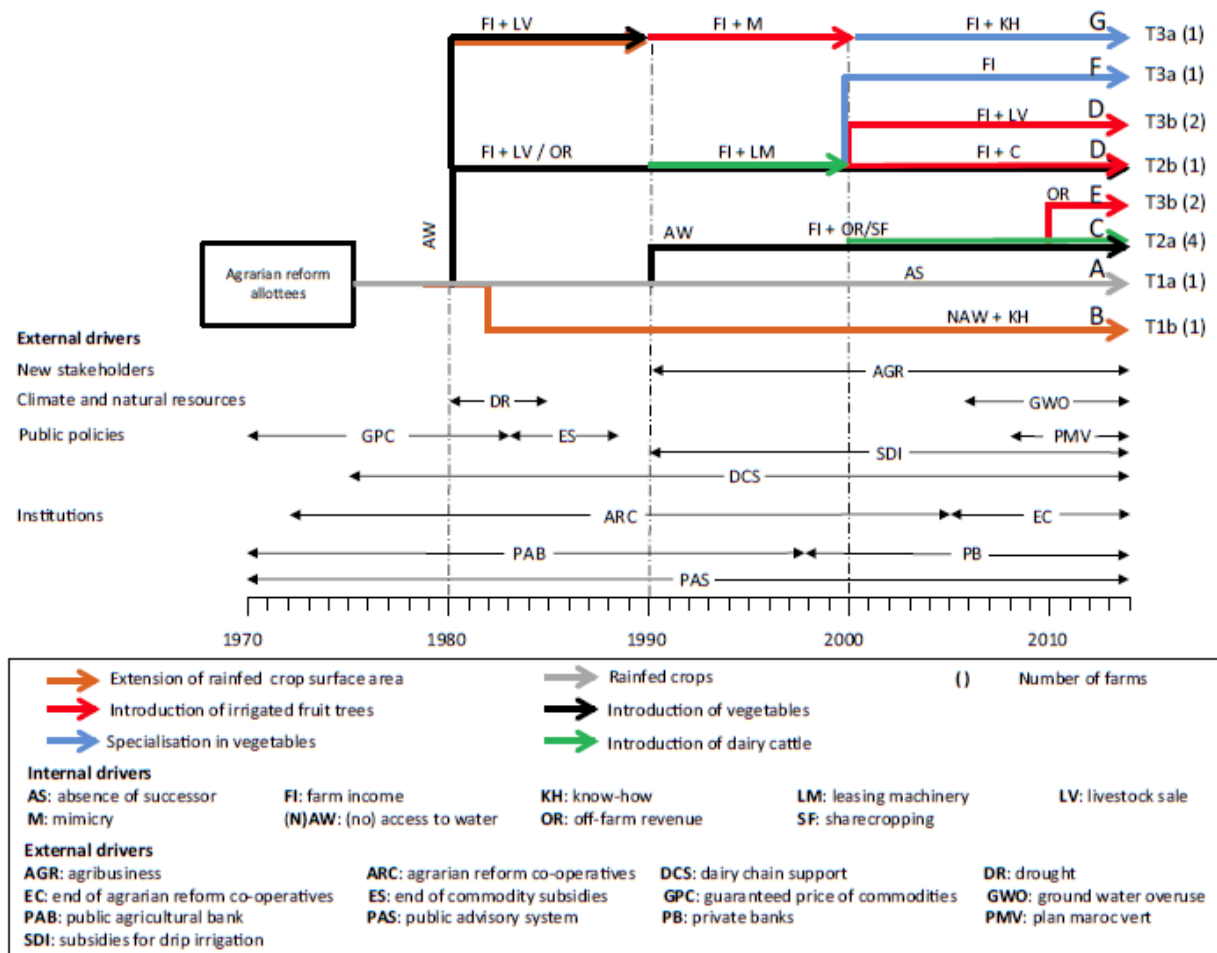


Fig. 2 Different development pathways of agrarian reform farms from their initial situation in 1970 to today

farmers' access to funding has remained limited for various reasons, such as the reluctance of farmers to take a bank loan and their preference for cheaper second-hand equipment (IN). Building up capital from farm income has remained a common determinant for many farmers, as it was for the pioneers in vegetable farming. In that respect, livestock farming (IN) has played a central economic role, either through the sale of animals in order to invest in irrigation or by investing the savings raised from vegetable production in dairy production. This dairy dynamic was supported by public and private incentives in terms of genetics and feed supply (EX). By providing regular revenues and herd capital, dairy production enabled some farmers to shift to fruit production from 2000 onwards.

Once freed to decide their own production systems in the 1980s, agrarian reform allottees have pursued similar directions as private farmers. However, since they could benefit little from public subsidies and loans without private land, the availability of off-farm capital (IN) was instrumental in increasing their cultivated land and

investing in irrigated crops. Moreover, sharecropping (IN/EX) has been a way for farmers with no or little private irrigated land but with experience in vegetable production (gained through work on irrigated farms) to produce vegetables and save money for future investments. However, their late arrival on vegetable markets has meant that these "new" private farms have faced lower vegetable prices, making it more difficult for them to shift to fruit production. Moreover, the increasing pressure on groundwater (EX) has made it more costly to access in terms of borehole and pumping costs, although the water resource has remained easily available up to now.

Discussion

This study confirms the capacity of family farms to react to changes in their environment, such as the emergence of new sectors under the impetus of outside actors, as illustrated by the development of fruit orchards (Hairong and

Yiyuan 2015). But the diversity resulting from the dynamics observed since the 1970s is now threatened by unequal access to markets, land and water under the growing pressure of agribusinesses, which have better access to capital, profitable markets and information.

Access to markets and services

Generally, competitive factors between family farms and agribusinesses consist of the size of the farm and the level of human capital (Gorton and Davidova 2004). Agribusinesses usually benefit from their size and economies of scale, while family farms benefit from cheap family labour (Deininger and Byerlee 2012). This low labour cost can be an advantage for labour-intensive crops such as vegetables and fruits as long as the workload is mainly borne by family members. When faced with price variations on domestic markets, farmers who can raise their productivity or reduce their unit costs of production faster than prices fall are more competitive (Reardon et al. 2009). Training and supporting family farmers to improve their technical and management skills is therefore critical and requires efficient support services (Bekkar and Compagnone 2015).

For more integrated supply chains such as those involving supermarkets, exports or processing, coexistence with agribusinesses could exclude family farms due to their difficulties in meeting required standards and the higher transaction costs they generate due to their low product volumes. Downstream stakeholders may then prefer to deal with large farms and agribusiness firms (Carter and Mesbah 1993). However, family farms can be involved in these chains by forming cooperatives to reduce their transaction costs (Reardon et al. 2009). This supply organization is common in processing industries such as palm oil in Southeast Asia, where the production of smallholders and estates are combined (Hasnah et al. 2004), and cotton in West Africa (Hazell et al. 2010). In these configurations, agro-industries often use “resource providing contracts” to facilitate access to credit, farm inputs and output procurement to family farms (Austin 1981).

In Morocco, this kind of integration is well established in the dairy sector, where many small-scale dairy farmers supply industrial dairy units (Le Gal et al. 2007). Its application to fresh products such as vegetables and fruit oriented towards supermarkets and export markets is made possible by the “aggregation” concept proposed by PMV. This consists of establishing contractual relationships between family farmers and processing/packaging units to cover the purchase of raw products and the delivery of services such as technical advice with some subsidies from PMV. However, in order to work efficiently, this type of arrangement requires mutual trust between stakeholders and compliance with agreed contract rules, two points

which appear to pose difficulties in many cases (Akesbi 2012).

Public policy can reduce inequality between farms by setting up financial institutions, training producers and cooperatives, transmitting market information, enforcing contracts and investing in agricultural advisory services dedicated to family farms (Hazell 2005). However, the trend over the past few decades has been to suspend such services. Nonetheless, after focusing primarily on large-scale farms (Dugué et al. 2014), PMV is currently increasing its subsidies to family farmers to acquire irrigation equipment and plant orchards if they comply with water regulations, and to well managed cooperatives to acquire cooling units (Faysse 2015).

Access to production factors

In countries where agriculture is based on groundwater irrigation, large-scale farmers tend to squeeze out smallholders as shown in Gujarat (Prakash 2005) and North Africa (Faysse et al. 2011). Drops in groundwater levels significantly impact farmers whose capital does not allow them to deepen wells or acquire electrical-powered boreholes. Competition is more pronounced when it comes to high-value-added crops such as fruits and vegetables (Hoogesteger and Wester 2015). The pressure on the water resource can also prompt policy makers to set up instruments regulating its use (Bekkar et al. 2009). The collective management of groundwater by water users is seen as one solution (Schlager 2007). Indeed, it has been shown that local-level governance to ensure equitable access to groundwater is more efficient than centralized control efforts by government agencies (Hoogesteger and Wester 2015). In the Chaouia region in Morocco, dialogue between different stakeholders has identified strategies to mitigate the water crisis (Faysse et al. 2014). The Saïs region could import this successful governance model, which would involve family farmers in negotiations concerning groundwater management (e.g. quota allocation, water pricing).

As in Algeria, where the introduction of a land market has tended to exclude family farmers (Amichi et al. 2012), the liberalization of the land market in Morocco, and the PMV’s preference for the “large farm” model, can potentially threaten family farms, especially in the Saïs Plain where land prices have reached very high levels. Combined with difficulties to access water, this trend could favour the exclusion of family farms from agriculture. Agribusinesses could then accumulate land by buying land from these excluded farmers (Mehta et al. 2012). However, arrangements such as the rental of land can emerge between these two farm models as has happened in Mali (Adamczewski et al. 2015) and Argentina (Deininger and

Yiyuan 2015). But the diversity resulting from the dynamics observed since the 1970s is now threatened by unequal access to markets, land and water under the growing pressure of agribusinesses, which have better access to capital, profitable markets and information.

Access to markets and services

Generally, competitive factors between family farms and agribusinesses consist of the size of the farm and the level of human capital (Gorton and Davidova 2004). Agribusinesses usually benefit from their size and economies of scale, while family farms benefit from cheap family labour (Deininger and Byerlee 2012). This low labour cost can be an advantage for labour-intensive crops such as vegetables and fruits as long as the workload is mainly borne by family members. When faced with price variations on domestic markets, farmers who can raise their productivity or reduce their unit costs of production faster than prices fall are more competitive (Reardon et al. 2009). Training and supporting family farmers to improve their technical and management skills is therefore critical and requires efficient support services (Bekkar and Compagnone 2015).

For more integrated supply chains such as those involving supermarkets, exports or processing, coexistence with agribusinesses could exclude family farms due to their difficulties in meeting required standards and the higher transaction costs they generate due to their low product volumes. Downstream stakeholders may then prefer to deal with large farms and agribusiness firms (Carter and Mesbah 1993). However, family farms can be involved in these chains by forming cooperatives to reduce their transaction costs (Reardon et al. 2009). This supply organization is common in processing industries such as palm oil in Southeast Asia, where the production of smallholders and estates are combined (Hasnah et al. 2004), and cotton in West Africa (Hazell et al. 2010). In these configurations, agro-industries often use “resource providing contracts” to facilitate access to credit, farm inputs and output procurement to family farms (Austin 1981).

In Morocco, this kind of integration is well established in the dairy sector, where many small-scale dairy farmers supply industrial dairy units (Le Gal et al. 2007). Its application to fresh products such as vegetables and fruit oriented towards supermarkets and export markets is made possible by the “aggregation” concept proposed by PMV. This consists of establishing contractual relationships between family farmers and processing/packaging units to cover the purchase of raw products and the delivery of services such as technical advice with some subsidies from PMV. However, in order to work efficiently, this type of arrangement requires mutual trust between stakeholders and compliance with agreed contract rules, two points

which appear to pose difficulties in many cases (Akesbi 2012).

Public policy can reduce inequality between farms by setting up financial institutions, training producers and cooperatives, transmitting market information, enforcing contracts and investing in agricultural advisory services dedicated to family farms (Hazell 2005). However, the trend over the past few decades has been to suspend such services. Nonetheless, after focusing primarily on large-scale farms (Dugué et al. 2014), PMV is currently increasing its subsidies to family farmers to acquire irrigation equipment and plant orchards if they comply with water regulations, and to well managed cooperatives to acquire cooling units (Faysse 2015).

Access to production factors

In countries where agriculture is based on groundwater irrigation, large-scale farmers tend to squeeze out smallholders as shown in Gujarat (Prakash 2005) and North Africa (Faysse et al. 2011). Drops in groundwater levels significantly impact farmers whose capital does not allow them to deepen wells or acquire electrical-powered boreholes. Competition is more pronounced when it comes to high-value-added crops such as fruits and vegetables (Hoogesteger and Wester 2015). The pressure on the water resource can also prompt policy makers to set up instruments regulating its use (Bekkar et al. 2009). The collective management of groundwater by water users is seen as one solution (Schlager 2007). Indeed, it has been shown that local-level governance to ensure equitable access to groundwater is more efficient than centralized control efforts by government agencies (Hoogesteger and Wester 2015). In the Chaouia region in Morocco, dialogue between different stakeholders has identified strategies to mitigate the water crisis (Faysse et al. 2014). The Saïs region could import this successful governance model, which would involve family farmers in negotiations concerning groundwater management (e.g. quota allocation, water pricing).

As in Algeria, where the introduction of a land market has tended to exclude family farmers (Amichi et al. 2012), the liberalization of the land market in Morocco, and the PMV’s preference for the “large farm” model, can potentially threaten family farms, especially in the Saïs Plain where land prices have reached very high levels. Combined with difficulties to access water, this trend could favour the exclusion of family farms from agriculture. Agribusinesses could then accumulate land by buying land from these excluded farmers (Mehta et al. 2012). However, arrangements such as the rental of land can emerge between these two farm models as has happened in Mali (Adamczewski et al. 2015) and Argentina (Deininger and

Byerlee 2012). These arrangements could be linked to aggregation contracts.

Corporate agriculture has actually generated a relative surplus of labour for a significant portion of the world (McMichael 2009). In the Saï's region, no case of competition for labour has yet been reported. However, some trends could contribute to the disappearance of the family farm such as the growth of urban non-agricultural employment and the construction sector's ability to productively absorb labour (Deininger and Byerlee 2012). *A contrario* the development of agribusiness can inspire young farmers to improve family farms by mimicking their production systems (Ameur et al. 2015). Mobility to study and work can also enable young people to gain work experience, ensure the transfer of knowledge and skills to the farm and stimulate private initiatives (Ftouhi et al. 2015). However, maintaining young people in family agriculture will remain dependent on the revenues they can expect from that activity. Vegetable and fruit production, which are well integrated in profitable chains and supported by adapted public policies in terms of training and the land market, provides better economic opportunities than rainfed crops in the context of the Saï's Plain.

Farm typology: a tool to support adapted public policies?

Farm typologies based on in-depth surveys mixing quantitative and qualitative data on small, diversified samples have been proven to be suitable tools to understand and organize the diversity at work within a given context, whether this be in relation to questions of family farm resilience (Moreno-Pérez et al. 2011) or sustainable development (Marshall et al. 2014). Applied to a limited but diverse sample, this tool allows a deeper understanding of the processes at work in farmers' past and current decisions, while including marginal forms of production that might prove to be the source of future innovations.

However, in a perspective of public policy, it would be necessary to complement this method with an assessment of the weight of the different farm types in the entire regional agricultural population to design specific policy tools according to the problems and expected future of each type (Cortez-Arriola et al. 2015; Santos et al. 2016). Indeed, maintaining a balance between family farms and agribusiness, and preserving the diversity of family farms, may have positive effects for society by releasing social tensions, improving food security and maintaining biodiversity. A weighted typology could be useful to quantify these effects and anticipate processes such as farmer demographic dynamics or the use of groundwater. Without pre-existing farm databases, which do not exist in many

developing countries, such an objective requires the implementation of quantitative surveys on large randomized farm samples, combined with multivariate analysis, to validate and enrich the typology developed using an inductive methodology based on case studies.

Conclusion

Starting with relatively homogenous farms on its limited area in the 1970s, the Saï's Plain today holds a wide diversity of family farms which is based largely on access to groundwater. In this semi-arid climate, the opportunity to irrigate enabled numerous farms to introduce and develop vegetable and fruit cropping in their production systems, sectors which had been launched locally by large agribusinesses. The capital needed for such investments was mobilized through different sources, from savings generated by farm activities to financial contributions coming from outside the farm world.

These dynamics confirm the capacity of family farmers to seize opportunities and innovate in response, for example by adopting drip irrigation. Each farmer follows his own development pathway based on his own land resources, labour force and capital, as well as on individual choices made at a given moment in time, notably in terms of the diversification or specialization of production activities. Nonetheless, one must not overlook the fact that these individual choices have collective consequences. The drops in groundwater levels, like the volatile market prices of fruits and vegetables, are factors that can affect the sustainability of existing farms. Their future depends on both potential collective measures taken by public authorities and sector actors in the management of common resources as well as on their own capacity to envision different development scenarios in response to these measures. This prospective reflection will require outside support to clarify the choices to be made. This support assumes that strategy advisory services for family farms will be strengthened in these regions, although the current and widespread trend in both the public and private sectors is to develop purely technical advisory services.

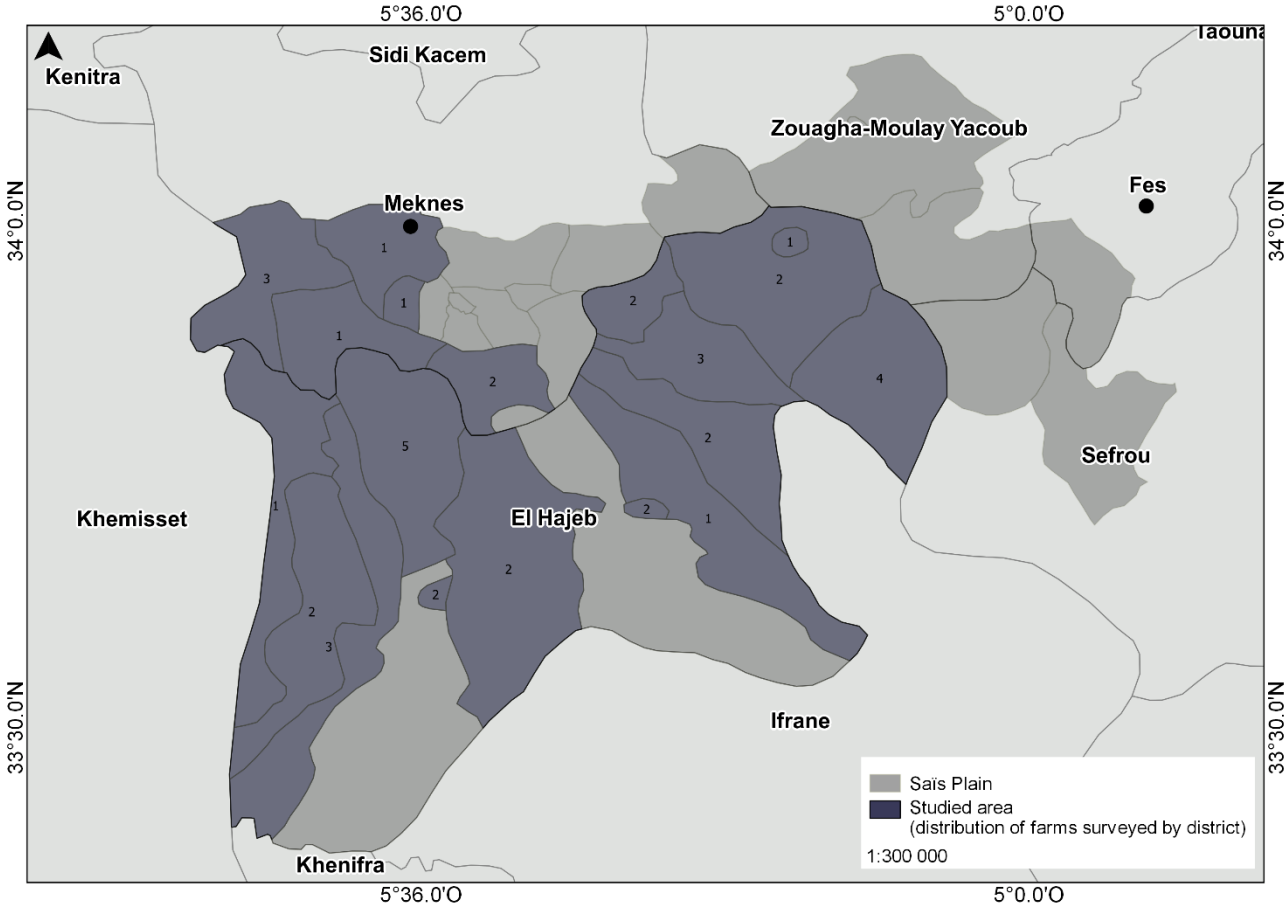
Acknowledgements The authors would like to acknowledge the Great Federative Project FABATROPIMED, financed by Agropolis Fondation under the reference ID 1001-009, the Groundwater ARENA projects (ANR CEP S 11/09) and the Programme Hubert Curien Toubkal for supporting this work. They are also grateful to the family farmers who accepted to be involved in the study as well as the representatives of the Moroccan administration who provided useful insights on the Saï's Plain agriculture. We would like to thank the two anonymous reviewers who provided valuable comments which helped us in improving this paper. We are also grateful to Grace Delobel for her contribution to the English edition.

References

- Adamczewski A, Hertzog T, Jamin JY, Tonneau JP (2015) Competition for irrigated land: inequitable land management in the Office du Niger (Mali). *Int J Sustain Dev* 18:161–179. doi:10.1504/IJSD.2015.070237
- Agence de bassin hydraulique du Sebou (2011) Étude d'actualisation du plan directeur d'aménagement intégré des ressources en eau du bassin hydraulique de Sebou. Agence de bassin hydraulique du Sebou. http://www.abhsebou.ma/images/actualite_event/rapport%20PDAIRE.pdf. Accessed 20 Dec 2015
- Akesbi N (2012) Une nouvelle stratégie pour l'agriculture marocaine: Le Plan Maroc Vert. *New Medit* 11:12–23
- Alston M, Whittenbury K (2011) Climate change and water policy in Australia's irrigation areas: a lost opportunity for a partnership model of governance. *Environ Polit* 20:899–917. doi:10.1080/09644016.2011.617175
- Ameur F, Quarouch H, Dionnet M, Lejars C, Kuper M (2015) Outiller un débat sur le rôle des jeunes agriculteurs dans une agriculture en transition dans le Saïss (Maroc). *Cah Agric* 24:363–371. doi:10.1684/agr.2015.0786
- Amichi H, Bouarfa S, Kuper M, Ducourtieux O, Imache A, Fusillier JL, Bazin G, Hartani T, Chehat F (2012) How does unequal access to groundwater contribute to marginalization of small farmers? The case of public lands in Algeria: unequal access to groundwater and marginalization of small farmers. *Irrig Drain* 61:34–44. doi:10.1002/ird.1660
- Antwi-Agyei P, Stringer LC, Dougill AJ (2014) Livelihood adaptations to climate variability: insights from farming households in Ghana. *Reg Environ Change* 14:1615–1626. doi:10.1007/s10113-014-0597-9
- Austin JE (1981) Agroindustrial project analysis. The Johns Hopkins University Press, Baltimore
- Barrett CB, Reardon T, Webb P (2001) Nonfarm income diversification and household livelihood strategies in rural Africa: concepts, dynamics, and policy implications. *Food Policy* 26:315–331. doi:10.1016/S0306-9192(01)00014-8
- Barrientos-Fuentes JC, Torrico-Albino JC (2014) Socio-economic perspectives of family farming in South America: cases of Bolivia, Colombia and Peru. *Agron Colomb* 32:266–275. doi:10.15446/agron.colomb.v32n2.42310
- Bekkar Y, Compagnone C (2015) Approche socio-historique de la structuration du conseil agricole au Maroc. In: Compagnone C, Goulet F, Labarthe P (eds) *Conseil privé en agriculture: acteurs, pratiques et marché*. Editions Quae, Versailles, pp 167–182
- Bekkar Y, Kuper M, Errahj M, Fayse N, Gafsi M (2009) On the difficulty of managing an invisible resource: farmers' strategies and perceptions of groundwater use, field evidence from Morocco. *Irrig Drain* 58:252–263. doi:10.1002/ird.527
- Benouniche M, Kuper M, Poncet J, Hartani T, Hammani A (2011) Quand les petites exploitations adoptent le goutte à goutte: initiatives locales et programmes étatiques dans le Gharb (Maroc). *Cah Agric* 20:40–47. doi:10.1684/agr.2011.0476
- Bernard J, Le Gal PY, Triomphe B, Hostiou N, Moulin CH (2011) Involvement of small-scale dairy farms in an industrial supply chain: when production standards meet farm diversity. *Animal* 5:961–971. doi:10.1017/S1751731110002478
- Berriane M (2002) Le maillon intérieur: la région de Fès-Meknès. In: Troin JF (ed) *Maroc: régions, pays, territoires*. Maisonneuve et Larose, Paris, pp 133–151
- Bouderbala N (1999) Les systèmes de propriété foncière au Maghreb. Le cas du Maroc. In: Jouve AM, Bouderbala N (eds) *Politiques foncières et aménagement des structures agricoles dans les pays méditerranéens: à la mémoire de Pierre Coulomb*, Cahiers Options Méditerranéennes, n. 36. CIHEAM, Montpellier, pp 47–66
- Caballero R (2001) Typology of cereal-sheep farming systems in Castile-La Mancha (South-central Spain). *Agric Syst* 68:215–232. doi:10.1016/S0308-521X(01)00009-9
- Carter MR, Mesbah D (1993) Can land market reform mitigate the exclusionary aspects of rapid agro-export growth? *World Dev* 21:1085–1100. doi:10.1016/0305-750X(93)90001-P
- Chatterjee S, Goswami R, Bandyopadhyay P (2015) Methodology of identification and characterization of farming systems in irrigated agriculture: case study in west Bengal State of India. *J Agr Sci Tech* 17:1127–1140
- Choisis JP, Thevenet C, Gibon A (2012) Analyzing farming systems diversity: a case study in south-western France. *Span J Agric Res* 10:605–618. doi:10.5424/sjar/2012103-533-11
- Collier P, Dercon S (2014) African agriculture in 50 years: smallholders in a rapidly changing world? *World Dev* 63:92–101. doi:10.1016/j.worlddev.2013.10.001
- Cortez-Arriola J, Rossing WAH, Massiotti RDA, Scholberg JMS, Groot CJ, Tittonell P (2015) Leverages for on-farm innovation from farm typologies? An illustration for family-based dairy farms in north-west Michoacán, Mexico. *Agric Syst* 135:66–76. doi:10.1016/j.agsy.2014.12.005
- Daskalopoulou I, Petrou A (2002) Utilising a farm typology to identify potential adopters of alternative farming activities in Greek agriculture. *J Rural Stud* 18:95–103. doi:10.1016/S0743-0167(01)00027-4
- Deininger K, Byerlee D (2012) The rise of large farms in land abundant countries: do they have a future? *World Dev* 40:701–714. doi:10.1016/j.worlddev.2011.04.030
- Dogliotti S, García MC, Peluffo S, Dieste JP, Pedemonte AJ, Bacigalupe GF, Scarlato M, Alliaume F, Alvarez J, Chiappe M, Rossing WAH (2014) Co-innovation of family farm systems: a systems approach to sustainable agriculture. *Agric Syst* 126:76–86. doi:10.1016/j.agsy.2013.02.009
- Dugué P, Lejars C, Ameur F, Amichi F, Braïki H, Burte J, Errahj M, Hamamouche M, Kuper M (2014) Reconstitutions des agricultures familiales au Maghreb: une analyse comparative dans trois situations d'irrigation avec les eaux souterraines. *Rev Tiers Monde* 4:99–118. doi:10.3917/rtm.220.0101
- Eisenhardt KM, Graebner ME (2007) Theory building from cases: opportunities and challenges. *Acad Manag J* 50:25–32. doi:10.5465/AMJ.2007.24160888
- Errington A, Gasson R (1994) Labour use in the farm family business. *Social Rural* 34:293–307. doi:10.1111/j.1467-9523.1994.tb00814.x
- Fayse N (2015) The rationale of the Green Morocco Plan: missing links between goals and implementation. *J North Afr Stud* 20:622–634. doi:10.1080/13629387.2015.1053112
- Fayse N, Hartani T, Frija A, Tazekrit I, Zairi C, Challouf A (2011) Agricultural Use of Groundwater and Management Initiatives in the Maghreb: challenges and Opportunities for Sustainable Aquifer Exploitation. *AFDB Economic Brief* 1–24
- Fayse N, Errahj M, Imache A, Kemmoun H, Labbaci T (2014) Paving the way for social learning when governance is weak: supporting dialogue between stakeholders to face a groundwater crisis in Morocco. *Soc Nat Resour* 27:249–264. doi:10.1080/08941920.2013.847998
- Ftoui H, Kadiri Z, Abdellaoui EH, Bossenbroek L (2015) Partir et revenir au village. Mobilité non permanente des jeunes ruraux dans la région du Saïss (Maroc). *Cah Agric* 24:372–378. doi:10.1684/agr.2015.0780
- Gorton M, Davidova S (2004) Farm productivity and efficiency in the CEE applicant countries: a synthesis of results. *Agric Econ* 30:1–16. doi:10.1111/j.1574-0862.2004.tb00172.x

- Graeb BE, Chappell MJ, Wittman H, Ledermann S, Kerr RB, Gemmill-Herren B (2015) The state of family farms in the World. *World Dev* 87:1–15. doi:10.1016/j.worlddev.2015.05.012
- Hairong Y, Yiyuan C (2015) Agrarian capitalization without capitalism? Capitalist dynamics from above and below in China. *J Agrar Change* 15:366–391. doi:10.1111/joac.12121
- Hasnah FE, Coelli T (2004) Assessing the performance of a nucleus estate and smallholder scheme for oil palm production in West Sumatra: a stochastic frontier analysis. *Agric Syst* 79:17–30. doi:10.1016/S0308-521X(03)00043-X
- Hazell PBR (2005) Is there a future for small farms? *Agric Econ* 32:93–101. doi:10.1111/j.0169-5150.2004.00016.x
- Hazell P, Poulton C, Wiggins S, Dorward A (2010) The future of small farms: trajectories and policy priorities. *World Dev* 38:1349–1361. doi:10.1016/j.worlddev.2009.06.012
- Hoogesteger J, Wester P (2015) Intensive groundwater use and (in)equity: processes and governance challenges. *Environ Sci Policy* 51:117–124. doi:10.1016/j.envsci.2015.04.004
- Kahane R, Hodgkin T, Jaenicke H, Hoogendoorn C, Hermann M, (Dyno) Keatinge JDH, d'Arros Hughes J, Padulosi S, Looney N (2013) Agrobiodiversity for food security, health and income. *Agron Sustain Dev* 33:671–693. doi:10.1007/s13593-013-0147-8
- Kesavan PC, Swaminathan MS (2014) 2014 International Year of Family Farming: a boost to evergreen revolution. *Curr Sci* 107:1970–1974
- Labonne M (1995) Ajustement structurel au Maroc: le secteur agricole en transition? In: Allaya M (ed) *Les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000, Options Méditerranéennes, Série B: Etudes et Recherches*, 14. CIHEAM, Montpellier, pp 297–305
- Landais E (1998) Modelling farm diversity new approaches to typology building in France. *Agric Syst* 58:505–527. doi:10.1016/S0308-521X(98)00065-1
- Le Gal PY, Kuper M, Moulin CH, PUILLET L, Sraïri MT (2007) Dispositifs de coordination entre industriel, éleveurs et périmètre irrigué dans un bassin de collecte laitier au Maroc. *Cah Agric* 16:265–271. doi:10.1684/agr.2007.0117
- Lejars C, Courilleau S (2014) Impact du développement de l'accès à l'eau souterraine sur la dynamique d'une filière irriguée. Le cas de l'oignon d'été dans le Saïs au Maroc. *Cah Agric* 24:1–10. doi:10.1684/agr.2014.0729
- Losch B, Fréguin-Gresh S (2013) Quelles agricultures face aux défis des transitions africaines? *Cah Agric* 22:10–15. doi:10.1684/agr.2012.0573
- Marshall NA, Stokes CJ, Webb NP, Marshall PA, Lankester AJ (2014) Social vulnerability to climate change in primary producers: a typology approach. *Agric Ecosyst Environ* 186:86–93. doi:10.1016/j.agee.2014.01.004
- McMichael P (2009) A food regime analysis of the 'world food crisis'. *Agric Hum Values* 26:281–295. doi:10.1007/s10460-009-9218-5
- Medina G, Almeida C, Novaes E, Godar J, Pokorny B (2015) Development conditions for family farming: lessons from Brazil. *World Dev* 74:386–396. doi:10.1016/j.worlddev.2015.05.023
- Mehta L, Veldwisch GJ, Franco J (2012) Introduction to the special issue: water grabbing? Focus on the (re) appropriation of finite water resources. *Water Altern* 5:193–207
- Moreno-Pérez OM, Arnalte-Alegre E, Ortiz-Miranda D (2011) Breaking down the growth of family farms: a case study of an intensive Mediterranean agriculture. *Agric Syst* 104:500–511. doi:10.1016/j.agsy.2011.03.007
- Oliveira F das C, Calle Collado Á, Carvalho Leite LF (2013) Autonomy and sustainability: an integrated analysis of the development of new approaches to agrosystem management in family-based farming in Carnaubais Territory, Piauí, Brazil. *Agric Syst* 115:1–9. doi:10.1016/j.agsy.2012.09.005
- Prakash A (2005) The dark zone: groundwater irrigation, politics and social power in North Gujarat, Wageningen University water resources series. Orient Longman, Hyderabad
- Quarouch H, Kuper M, Abdellaoui EH, Bouarfa S (2014) Eaux souterraines, sources de dignité et ressources sociales: cas d'agriculteurs dans la plaine du Saïss au Maroc. *Cah Agric* 23:158–165. doi:10.1684/agr.2014.0699
- Rearson T, Barrett CB, Berdegue JA, Swinnen JFM (2009) Agrifood industry transformation and small farmers in developing countries. *World Dev* 37:1717–1727. doi:10.1016/j.worlddev.2008.08.023
- Ryschawy J, Choisis N, Choisis JP, Gibon A (2013) Paths to last in mixed crop-livestock farming: lessons from an assessment of farm trajectories of change. *Animal* 7:673–681. doi:10.1017/S1751731112002091
- Santos JL, Madureira L, Ferreira AC, Espinosa M, Paloma SG (2016) Building an empirically-based framework to value multiple public goods of agriculture at broad supranational scales. *Land Use Policy* 53:56–70. doi:10.1016/j.landusepol.2015.12.001
- Schlager E (2007) Community management of groundwater, the agricultural groundwater revolution. In: Giordano M, Villholth KG (eds) *The agricultural groundwater revolution: opportunities and threats to development*. CABI Publication, Wallingford, pp 131–152
- Schroth G, Ruf F (2014) Farmer strategies for tree crop diversification in the humid tropics, a review. *Agron Sustain Dev* 34:139–154. doi:10.1007/s13593-013-0175-4
- Sourisseau JM (2015) *Family farming and the worlds to come*. Springer, Netherlands
- Van Der Ploeg JD (2013) Ten qualities of family farming. *Farming Matters* 29:8–11
- Van Der Ploeg JD, Verschuren P, Verhoeven F, Pepels J (2006) Dealing with novelties: a grassland experiment reconsidered. *J Environ Policy Plan* 8:199–218

Carte: Location of the Saïs Plain and the districts in which farms were surveyed



Annexe 6. Guide d'entretien de la première phase de terrain

Avril 2014

Entretien caractéristiques de la famille et de l'exploitation et durabilité

Questionnaire N° :

Date :

Prénom NOM de l'enquêté :

Téléphone :

Localisation de l'exploitation (Douar ou quartier, commune) :

Lieu de résidence du CE :

Chef d'exploitation et famille

Q 1 : AGE DU CHEF EXPLOITATION (CE) ?

Q 2 : NIVEAU D'ETUDE DU CE ?

- | | |
|-------------------|-----------------|
| - pas d'étude | - primaire |
| - secondaire | - universitaire |
| - école coranique | - autre |

Q 3 : FORMATION AGRICOLE ?

- | | |
|-------|-------|
| - oui | - non |
|-------|-------|

Q 4 : NOMBRE DES MEMBRES DU MENAGE ?

- | | |
|-------------|-------------------------|
| -Les actifs | - Les inactifs à charge |
|-------------|-------------------------|

Q 5 : AVEZ-VOUS RECOURS A LA MAIN D'ŒUVRE FAMILIALE ?

- | | |
|-------------------------|--------------------------|
| - permanente, combien ? | - saisonnière, combien ? |
|-------------------------|--------------------------|

EST-ELLE PAYEE ?

Q 6 : ACTIVITES HORS EXPLOITATION

	SECTEUR D'ACTIVITE			LIEU			
	Salarié agricole (saisonnier / permanent)	Prestataire agricole (saisonnier/ permanent)	Hors agriculture (à préciser)	commune ou commune voisine	région	autre région	autre
Pluriactivité du CE (hors exploitation)							
Actifs familiaux							

CARACTERISTIQUES DE L'EXPLOITATION

Q 7 : SAU TOTALE (2012/2013) ?

Q 8 : SAU EN MODE DE FAIRE VALOIR INDIRECT ET FORME (LOCATION, ASSOCIATION, ...)?

Q 9 : NOMBRE DE BLOC DE PARCELLES ?

Q 10 : DISPERSION ?

- dispersées

- regroupées

Q 11 : OCCUPATION ET CARACTERISTIQUES DES TERRES DE L'EXPLOITATION

SAU (2012/2013)	Bour	Irriguée	Irrigable	Friches individuelles	Parcours collectifs	jachère

N° parcelle	surface	Accès irrigation ¹	MFV ²	Statut ³	Culture n-2	Culture n-1	Culture n (2012/2013)

¹bour (1) / séguia (2) / puits (3) / forage (4)

²direct (1) / location seul (2) / location en association (3) / métayage (4)

³melk (1) / melk après main levée (2) / attributaire réforme agraire (3) / collective (4) / domaine de l'Etat (CPP) (6)

Q 12 : IRRIGATION

Types	Nombre	Financement (subvention, autofinancement...)
Puits		
Forage		
Bassin de stockage		
Equipements (filtration, fertigation, goutte à goutte)		
Pompe (électrique, à gaz ou à gasoil)		

Q 13 : EFFECTIFS DES ATELIERS D'ELEVAGE

Espèces et race	Effectif	Destination de la production
Bovin (.....)		
Ovin (.....)		
Caprin (.....)		

COMMERCIALISATION

Q 14: QU'AVEZ-VOUS COMMERCIALISÉ (2012/2013)? COMMENT ? AVEC QUELS PROBLEMES OU OPPORTUNITES ?

Q 15 : QUI EST VOTRE PREMIER ACHETEUR POUR CHAQUE PRODUIT ?

MAIN D'ŒUVRE

Q 16 : AVEZ- VOUS EMPLOYE DE LA MAIN D'ŒUVRE SALARIEE (2012/2013) ?

-permanente, (nombre) ?

- saisonnière ?

-oui

-non

Q 17 : ORIGINE DE LA MAIN D'ŒUVRE SALARIEE?

- commune ou commune voisine

- région

- autre région

-autre

EQUIPEMENTS

Q 18 : MACHINES	Nb (En propriété)	Financement (subvention, autofinancement...)
Tracteur(s) et équipements (chariot, traceur, charrue à disque...)		
Gros équipement(s) (moissonneuse)		
Véhicule de transport (camionnette, ...)		
Atomiseur de pesticides à moteur		
Atomiseur à tracteur		
Autres		

Q 19 : BATIMENTS

BATIMENT(S) D'ELEVAGE

-oui

-non

BATIMENT(S) DE STOCKAGE

-oui

-non

BATIMENT(S) DE CONDITIONNEMENT/TRANSFORMATION (LAIT, FRUITS...)

-oui

-non

DURABILITE

Q 20 : QUE SIGNIFIE POUR VOUS UNE EXPLOITATION DURABLE?

Q 21 : VOUS VOUS BASEZ SUR QUELS INDICATEURS POUR EVALUER LA DURABILITE DE VOTRE EXPLOITATION ?

-revenu

-fertilité du sol

- accès à l'eau (de surface, profonde)

- accès à la terre

- accès à la main d'œuvre

- autre

Enquête technico-économique

Prénom NOM de l'enquêté :

Culture :**Surface :**

Opérations	Caractéristiques	Date d'intervention	Quantité de travail en HJ	Quantité d'intrants	Prix (prestation, ou travail)	Prix (intrants)
Préparation du sol						
Reprise 1						
Reprise 2						
Semis						
Quantité utilisée (kg) (Nom de la variété, Provenance des semences)						
Enfouissement semences / Irrigation						
Désherbage 1						
Désherbage 2						
Autres Opérations culturales (buttage, ...)						
Fréquence d'Irrigation						
Fertilisation (plusieurs possibles)						
Traitements phytosanitaires (plusieurs possibles)						
Travail de Récolte						
Production et rendement	Quantité totale Rendement					
Gestion Résidus de culture						

Commercialisation de la production stockage : -Oui -Non

Coût du stockage : Estimation en % de la perte au stockage :

Période de vente	Quantité	Prix Unitaire	Produit brut	Charges de commercialisation	Lieu de vente et destination du produit

Elevage :

Espèce :

vente	Nb ou quantité (L/an)	Coût unitaire	Charge (transport,...)	Coût total
Animaux				
Lait				
Total vente				

achat	Nb	Coût unitaire	Charge (transport,...)	Coût total
Animaux				
Total achat				

Consommations intermédiaires - alimentation	Animaux par espèce
Nb d'animaux	
Aliments (concentré, son, pulpe de betterave, orge, fève...) (Kg/j)	
prix unitaire (MAD)	
nb de jours/an	
coût total (MAD)	
Autres aliments (foins...) (unité/J)	
prix unitaire (MAD)	
nb de jours/an	
coût total (MAD)	
Coût total	

Octobre 2015

Détermination des trajectoires

Questionnaire N° :

Date :

Prénom NOM de l'enquêté :
Téléphone :
Localisation de l'exploitation (Douar ou quartier, commune) :
Lieu de résidence du CE :

Q1 : ORIGINE DU CHEF D'EXPLOITATION (CE) ?

- commune ou commune voisine
- autre région
- autre
- région
- étranger

Q2 : DATE ET MODE D'ACQUISITION DE LA TERRE ?

Q 3 : DATE D'INSTALLATION ENTANT QUE CE ?

Q 4 : TRAJECTOIRE D'EVOLUTION DE L'EXPLOITATION :

Evolution	1960-1970	1970-1980	1980-1990	1990-2000	2000-2010	2010-2014
Terres en propriété						
MFVI						
Principales productions						
Elevage						
Investissements et mode de financement						

Annexe 7. Guide d'entretien IDEA

		Indicateurs	Mode de calcul	Bornes
Echelle de durabilité agro-écologique	Diversité domestique	Diversité des cultures annuelles et temporaires	Espèces cultivées (Par espèce cultivée : 2)	12
			Variétés (Si plus de 6 variétés au total : 2)	
			% de légumineuses dans l'assolement: - de 5 à 10 % : 1 - de 10 à 15 % : 2 - plus de 15 % : 3	
		Diversité des cultures pérennes	Arboriculture/ viticulture et autres cultures pérennes : Par espèce : 3	10
			Si plus de 5 variétés, cépages ou porte-greffes : 2 Agroforesterie, agrosylvopastoralisme, cultures ou prairies associées sous verger: Si présence > 1 ha : 1 / comprise entre 10 et 20% SAU : 2/ supérieure à 20% de la SAU: 3	
	Diversité animale	Par espèce présente : 4	10	
		Par race supplémentaire (RS) : 2 Avec races supplémentaires =(Nb races - Nb espèces) (Males reproducteurs et croisements industriels exclus)		
	Valorisation et conservation du patrimoine génétique	Par race ou variété régionale dans sa région d'origine (Timahdhit): 3 Par race, variété, cépages et porte-greffe, ou espèce rare et/ou menacée (vache race locale) : 2	3	
	Organisation de l'espace	Assolement	SCA= Surf de la principale culture annuelle/Surf assolable	8
			Inférieure à 20 % : 7	
Inférieure à 25 % : 6				
Inférieure à 30% : 5				
Inférieure à 35 % : 4				
Inférieure à 40 % : 3				
Inférieure à 45 % : 2				
Inférieure à 50 % : 1				
Supérieure à 50% : 0				
Dimension des parcelles	Présence significative (>10 % de la surface assolable) d'une culture en mixité intra parcellaire : 2	8		
	Parcelle en monoculture depuis 3 ans (sauf prairies, luzerne) : -3			
Gestion des matières organiques	Aucune « unité spatiale de même culture » de dimension supérieure à : 2 ha : 8 3 HA: 7 6 HA: 6 8HA:4 12HA:2 16HA:1 Si uniquement prairies naturelles, parcours et /ou alpages : 6 Si dimension moyenne ≤ 3 ha : 2	5		
	Valorisation de la matière organique (produite ou achetée) - sur plus de 10 % de la SAU : 2 - sur plus de 20% de la SAU: 3			
	Au moins 50% des apports sont compostés: 2			

	Zones de régulation écologique	Point(s) d'eau: 1 Bandes enherbées, bosquets, parcours, alpages, arbres isolés, haies : 3 Terrasses, murets pierres entretenus : 1	4
	Valorisation de l'espace	Point(s) d'eau: 1 Bandes enherbées, bosquets, parcours, alpages, arbres isolés, haies : 3 Terrasses, murets pierres entretenus : 1	5
	Gestion des surfaces fourragères	• Alternance fauche + pâture sur au moins 25 % des surfaces fourragères : 2 • Surface maïs ensilage : - inférieure à 20 % de la SDA : 1 - comprise entre 20 et 40 % de la SDA : 0 - supérieure à 40 % de la SDA : -1 SDA nulle : 0	3
Pratiques agricoles	Fertilisation	Bilan apparent de l'azote: inférieur à 30 kg N/ha : 6 - compris entre 30 et 40 kg : 5 - entre 40 et 50 kg : 4 - entre 50 et 60 kg : 3 - entre 60 et 80 kg : 2 - entre 80 et 100 kg : 0 - > 100 kg d'azote/ha/an : -2	6
		Cultures de pièges à nitrates sur au moins 10 % de la SAU : 2	
		Apport de P minéral > 40 U/ha SAU/an : -1	
		Apport de K minéral > 40 U/ha SAU/an : -1	
	Effluents organiques liquides	Absence d'effluents organiques liquides : 2	2
		Traitement individuel biologique aérobie des effluents avec épandage agréé uniquement sur les surfaces de l'exploitation : 2	
	Pesticides	Pas de traitement : 6	6
		Pression polluante (PP) PP = Surface développée / SAU (Surface traitée développée* (1 ha traité n fois à la dose homologuée = n ha et 1 ha traité 1 fois à 1/2 dose = 1/2 ha les traitements localisés ou de semence compte pour 1/2 traitement) - PP inférieure à 1 : 6 - comprise entre 1 et 2 : 5 - entre 2 et 3 : 4 - entre 3 et 4 : 3 - entre 4 et 6 : 2 - entre 6 et 8 : 1 - entre 8 et 10 : 0	
		Coef. de pondération: pulvérisation manuelle : compter 2 ha par ha traité.	
		Personnes travaillant sur l'exploitation a été exposé à des problèmes de santé suite à la manipulation de produits phytosanitaire -3	
Traitements vétérinaires	Traitement vétérinaire (TV) : TV = (Nb traitements x nb animaux traités) /Effectif cheptel total - TV inférieur à 0.5 : 2 - compris entre 0,5 et 2 : 1 - supérieur à 2 : 0 • Aucune utilisation de vermifuges systémiques : 1 LES EXPLOITATIONS SANS ELEVAGE, PAS CONSIDEREE	2	

Protection de la ressource des sols	Travail du sol sans retournement (voir aussi par rapport à l'arboriculture: couverture végétale permanente) - sur 30 à 50 % de la SAU : 1 - sur 50 à 80 % : 2	5
	Prairie permanentes ou couvert herbacé en végétation au moins 11 mois sur 12 (arboriculture, luzerne) : -moins de 25 % de la surface totale : 0 -de 25 à 40 % : 1 -de 40 à 60 % : 2 -plus de 60 % : 3	
	Aménagements et pratiques antiérosifs (terrasses, murets, bandes enherbées, labour en courbes de niveau): 1	
	utilisation délibérée des chaumes (enfouissement pour améliorer la MO du sol) 2	
	Paillage, enherbement des cultures pérennes...: 3	
	Brûlage des pailles ou sarments: - 3	
	Pas d'irrigation : 7	
Irrigation localisée - sur plus de 50 % des surfaces irriguées : 5 - entre 25 et 50 % : 4 - sur moins de 25 %: 0		
Dispositif d'irrigation (et/ou lutte antigel) - irrigation sur moins de 1/3 de la SAU: 2 - À partir d'une retenue collinaire ou d'un bassin de récupération des eaux de pluie, de drainage ou de ruissellement : 2		
Irrigation par pivot ou rampe frontale (si parcelle < 8 ha) : 2		
Rotation des parcelles irriguées : 2		
Prélèvement individuel (forage, ruisseau, puits), non déclaré - 3		
Non équipé de compteur : -3		
Problèmes d'eau sur les 3 dernières années : - 6		
Dépendance énergétique	Équivalent fioul par hectare SAU (EFH)= (fioul (MJ) + N(MJ) +elec(MJ) + gaz(MJ) + AC(MJ))/40 x SAU (Calculer l'EFH (équivalent fioul/ha SAU) avec : 1 litre fioul = 40 MJ / 1 unité d'azote = 56 MJ/ 1 kwh = 9,5 MJ/ 1 kg gaz = 51 MJ /1 kg AC= 4 MJ) - EFH inférieur à 200 l/ha : 6 - compris entre 200 et 250 l/ha : 5 - entre 250 et 300 l/ha : 4 - entre 300 et 400 l/ha : 3 - entre 400 et 500 l/ha : 2 - entre 500 et 700 l/ha : 1 - supérieur à 700 l/ha : 0 - supérieur à 1 000 l/ha : - 1	6
	Photovoltaïque : 2	
	Production et/ou utilisation de bois de chauffage : 2	

Echelle de durabilité socio-territoriale	Qualité des produits et des territoires	Démarche de qualité	Liée au territoire (pas de cahiers des charges ou signe officiellement reconnu mais des productions dont on associe la qualité à son origine territoriale : oignon de Saïs): 3 liée au process (transformation des pruneaux, huile d'olive ...): 2	5
		Valorisation du patrimoine bâti et du paysage	Auto-estimation : de -1 à +2 par item : • Entretien du bâti ancien et du petit patrimoine rural • Qualité architecturale et intégration paysagère du bâti récent • Qualité des abords du siège d'exploitation Aménagement paysager des surfaces de l'exploitation (bandes florales entretien du bocage...): 1	6
		Gestion des déchets non organiques	Réutilisation/valorisation au niveau local : 6 Brulage: 4 Jeter dans la nature: -2	6
			Devenir des gaines d'irrigation Vendu (recyclage) : 6 Brûlage : 2 Jeter dans la nature : -2	
		Accessibilité de l'espace	Dispositifs de clôtures passantes ou d'accessibilité du public, circulation VTT, chevaux, randonneurs: 4	6
			Entretien des chemins et/ou aménagement des abords : 2	
		Implication sociale	Implication dans structures associatives et/ou électives, par association : 4 (limité à 3 structures dont une professionnelle)	10
	Responsabilité dans une structure associative : 4			
	Ouverture de l'exploitation à la vente directe ou à la dégustation (ovins, veaux): 4			
	Habitation très éloignée du siège de l'exploitation : -2			
	Emploi et services	Valorisation par filières courtes	% de vente en filière courte dans le chiffre d'affaire= Valeur des ventes directes(hors aides)/Chiffre d'Affaires (hors aides) • 1 point par tranche de 5 % du Ratio	7
			Ventes à proximité (siège exploitation ou marché local): 2	
		Autonomie et valorisation des ressources locales	% d'autonomie alimentaire: • Autonomie ou quasi-autonomie fourragère : 4 • Plus de 50% des achats d'aliments du bétail (en quantité ou en valeur) sont issus du territoire local : 2 • Moins de 50% des achats d'aliments du bétail sont issus du territoire : 0	8
			% d'autonomie en engrais et amendements organiques: • Moins de 20% des approvisionnements (en valeur ou en quantité) sont produits sur le territoire : - 1 • Si échanges paille-fumier ou équivalent (achat fumier local) : 1	
Provenance des animaux d'élevage: Animaux (Hors reproducteurs) Achats d'animaux produits sur le territoire local : 1				
Energie Utilisation d'énergie d'origine agricole ou forestière produite sur le territoire (bois de chauffage) : 2				
Eau Valorisation, récupération de l'eau de pluie : 1				
Autonomie semencière Semences et plants en partie autoproduits : 2				
Services,			Exercice d'activité agricole hors exploitation (facteur de	

	pluriactivité	production, MO) : 2	
		Exercice d'une activité non-agricole hors exploitation : revenu/revenu total OU nb de jour/nb de jour du travail de l'exploitation SI >30% :4 10<SI <30 :3 SI existe et <10% :1	
		Ferme pédagogique : 2	
		Pratique d'insertion ou d'expérimentations sociales : 2	
	Contribution à l'emploi	Surface / UTH Somme des UTH (saisonniers, permanents et familiale) (doubler les surfaces irriguées maraîchage et arboriculture) > 20 ha /UTH : 0 Entre 12 et 20 UTH/ha : 1 Entre 6 et 12 UTH/ha : 2 < 6 ha/UTH : 4	6
		Création d'un emploi sur l'exploitation dans les 5 dernières années : 4	
		Plus de 50% de main d'œuvre saisonnière habite sur le territoire : 2	
	Travail collectif	travail en association: 2	5
		entraide (coup de main notamment avec le matériel) ou travail en association oui : 2 non: 0	
	Travail en réseau (bénéficiaire d'un projet INDH): 1		
Pérennité probable	Existence quasi certaine de l'exploitation dans dix ans : 3 • Existence probable : 2 • Existence souhaitée si possible : 1 • Disparition probable de l'exploitation d'ici dix ans : 0	3	
Ethique et développement humain	Contribution à l'équilibre alimentaire mondial	• Elevage : Calculer taux d'importation = surface importée/SAU (4 t d'aliment du bétail concentré acheté = 1 ha équivalent de surface importée) Taux d'importation (TI) TI inférieur à 10 %: 8 10 < TI < 20 %: 6 20 < TI < 30 %: 5 30 < TI < 40 %: 4 40 < TI < 50 %: 2 TI supérieur à 50 %: 0	8
		Exploitation sans élevage • Production de plantes à protéines (lentille, pois chiche, fève, fèverole) si plus de 30 % de la SAU: 4	
	Bien-être animal	• Bien-être animal (ne retenir que la note la plus faible obtenue pour les quatre items suivants : • -Auto-évaluation de la capacité d'accès à l'eau propre : 0 à 3 • -Auto-évaluation du confort dans les bâtiments d'élevage : 0 à 3 • -Auto-évaluation de l'état physique du cheptel (boiterie, blessures...) : 0 à 3 • RETENIR LA NOTE LA PLUS FAIBLE DES 4	3
Présence d'atelier en zéro-pâturage ou			

		en claustration : -1 par atelier	
		Absence de production animale : 0	
	Formation	Sur les deux dernières années Formation : 4 Réunion d'information : (1 points par réunion) Accueil de stagiaires : 4 Accueil de groupes de professionnels ou d'étudiants Par groupe : 1	6
	Intensité de travail	Nombre de semaines par an où l'agriculteur se sent surchargé : 6–N	6
	Qualité de vie	• Auto-estimation de 0 à 5	5
	Isolement	• Auto-estimation de 0 à 3 du sentiment d'isolement géographique, social, culturel...	3
	Accueil, hygiène et sécurité	(possibilité d'accueil de stagiaire deux semaines) de 0 à 2 Lieu de stockage des pesticides ? (s'il fait attention): 1 Sécurité des installations (lieu sûr, loin des enfants): 1	3

Echelle de durabilité économique	Viabilité	Viabilité économique	$VE = (EBE - BF) / UTH$ non salariée : BF= besoin de financement =1,5 amortissement $VE = (EBE - BF) / UTH$ non-salariée (UTH: ne pas compter les salariés ni associés rémunérés mais intégrer le travail effectué par la famille). (Réintégrer dans l'EBE la rémunération des associés) VE: Moins de 30 000 Smic annuel net : 0 - de 30 000 à 40 000 MAD : 2 - de 40 000 à 50 000 MAD : 4 - de 50 000 à 60 000 MAD : 6 - de 60 000 à 70 000 MAD : 8 - de 70 000 à 80 000 MAD : 10 - de 80 000 à 90 000 MAD : 14 - de 90 000 à 100 000 MAD : 18 - de 100 000 à 120 000 MAD : 22 - supérieure à 120 000 MAD : 25	24	
		Taux de spécialisation économique	La plus importante production ou le principal métier génèrent :	- moins de 25 % du CA: 4 - entre 25 et 50 % du CA: 2 - entre 50 et 80 % du CA: 1 - plus de 80 % du CA: 0	4
			Le plus important client achète (hors primes et subventions) :	- moins de 25 % du CA: 2 - de 25 à 50 % du CA: 1 - plus de 50 % du CA: 0	2
	Indépendance	Autonomie financière	Dépendance financière (DF) : $DF = \text{Somme Annuités} / EBE$ DF : - inférieure à 20 %: 15 - comprise entre 20 et 25 %: 12 - comprise entre 25 et 30 %: 9 - comprise entre 30 et 35 %: 6 - comprise entre 35 et 40 %: 3 - supérieure à 40 %: 0	15	
		Possibilité de sources de	Calculer possibilité revenu hors exploitation : 2 Elevage comme fond de financement : 4	10	

	revenus hors exploitation	Possibilité d'aides ou financements familiaux aux investissements: 4	
Transmissibilité	Transmissibilité	Transmissibilité = Capital d'exploitation / UTH non-salariés Transmissibilité : - inférieure à 200 000 MAD/UTH: 8 - comprise entre 200 000 et 400 000 MAD/UTH : 7 - comprise entre 400 000 et 600 000 MAD/UTH : 6 - comprise entre 600 000 et 800 000 MAD/UTH : 5 - comprise entre 800 000 et 1 200 000 MAD/UTH : 4 - comprise entre 1 200 000 et 1 800 000 MAD/UTH : 2 - comprise entre 1 800 000 et 2 500 000 DH : 1 - supérieure à 2 500 000 MAD/UTH : 0	8
		potentiel de revenu: VE= (EBE – BF) / UTH non salariée : à calculer BF= besoin de financement =1,5 amortissement VE = (EBE – BF) / UTH non-salariée (UTH: ne pas compter les salariés ni associés rémunérés mais intégrer le travail effectué par la famille. Réintégrer dans l'EBE la rémunération des associés) VE: - Moins de 30 000 MAD : 0 - de 30 000 à 40 000 MAD : 2 - de 40 000 à 60 000 MAD : 4 - de 60 000 à 70 000 MAD : 6 - de 70 000 à 80 000 MAD : 7 - de 80 000 à 100 000 MAD : 8 - de 100 000 à 120 000 MAD : 10 - supérieure à 120 000 MAD :12	12
Efficience	Efficience du processus productif	Efficienc e = (Produit – Intrants) /Produit Efficienc e : - inférieure à 10 %: 0 - comprise entre 10 et 20 %:1 - comprise entre 20 et 30 %:2 - comprise entre 30 et 40 %:3 - comprise entre 40 et 50 %:5 - comprise entre 50 et 60 %:7 - comprise entre 60 et 70 %:9 - comprise entre 70 et 80 %:11 - comprise entre 80 et 90 %:12 - supérieure à 90 %: 13	13
		Capacité à générer de la valeur ajoutée (CVA): CVA= (produits – charges d'intrants) / UTH (total) CVA : - moins de 30 000 MAD annuel net : 0 - de 30 000 à 55 000 MAD : 2 - de 55 000 à 80 000 MAD : 4 - de 80 000 à 110 000 MAD : 6 - de 110 000 à 140 000 MAD : 10 - supérieure à 140 000 MAD :12	12

Annexe 8. The determining factors of farm sustainability in a context of growing agricultural intensification (Appendix)

Appendix 1: Dimensions, components and indicators of the IDEA method (see www.idea.chlorofil.fr for a detailed presentation) and adaptations made to fit the Saïs context

Dimensions (3)	Components (10)	Indicators (42)	Score changed	Other adaptations	
Agroecological	Diversity	Diversity of annual and temporary crops (A1)	x	Item linked to permanent grassland removed	
		Diversity of perennial crops (A2)	-		
		Animal diversity (A3)	x		
		Animal biodiversity (A4)	x		
	Organization of space	Crop rotation (A5)	Scale of fields (A6)	x	Threshold values adjusted
			Management of organic waste (A7)	-	-
			Ecological buffer zones (A8)	x	-
			Contribution to environmental challenges of the territory (A9)	-	Deleted
			Land improvement (A10)	-	-
			Fodder area management (A11)	-	Item linked to permanent grassland removed
Farming practices			Fertilization (A12)	Manure management (A13)	x
	Pesticides (A14)	x			
	Veterinary products (A15)	x			
	Soil protection (A16)	-			
	Water management (A17)	x			
	Energy dependency (A18)	x			
	Socio-territorial	Quality of products and the land		Quality process (B1)	x
Enhancement of buildings and landscape heritage (B2)			x		
Non-organic waste management (B3)			x		
Access to the property (B4)			x		
Social involvement (B5)			x		
Employment and services		Short value chains (B6)	Autonomy and enhancement of local resources (B7)	x	
			Services and multiple activities (B8)	x	
				-	
				-	
				-	

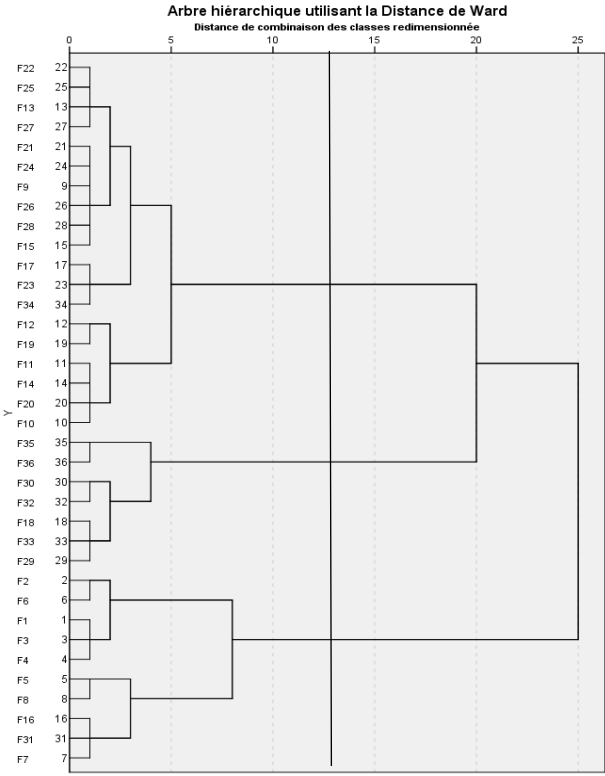
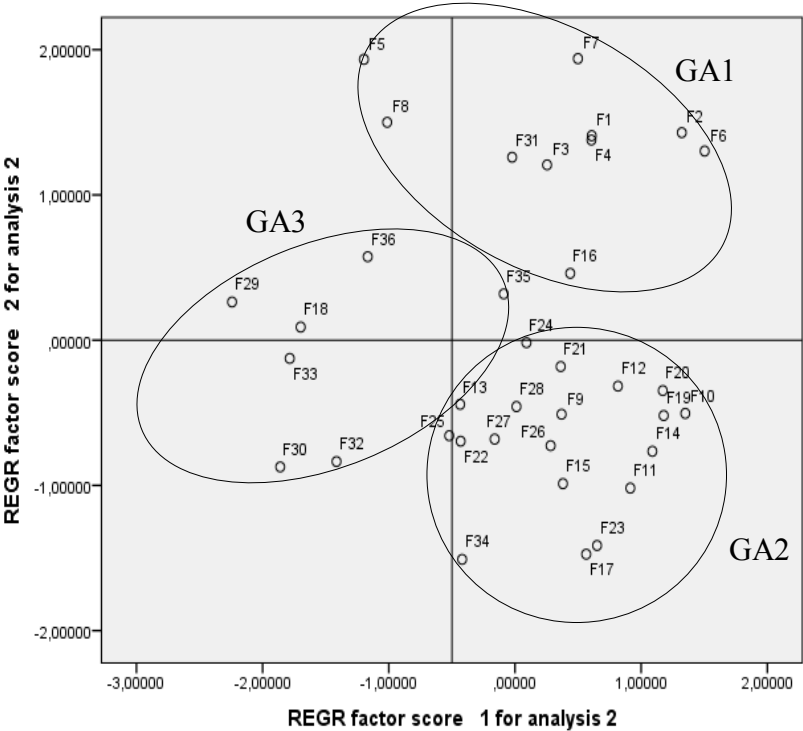
		Contribution to employment (B9) Collective work (B10) Expected farm sustainability (B11)	- - -	Replaced by sharecropping
	Ethics and human development	Dependence on commercial concentrates (B12) Animal welfare (B13) Training-education (B14) Labour intensity (B15) Quality of life (B16) Isolation (B17) Quality of buildings (B18)	x - - x x - x	
Economic	Viability	Economic viability (C1)	x	Threshold values adjusted
		Economic specialization rate (C2)	x	
	Independence	Financial autonomy (C3) Sensitivity to public subsidies (C4)	- -	Modified to « possibility of financing investments »
		Transferability	Transferability (C5)	-
Efficiency	Efficiency of the productive process (C6)	-	Item linked to value added by man-work unit (MWU) added	

Appendix 2: Calculated indicators and method of calculation

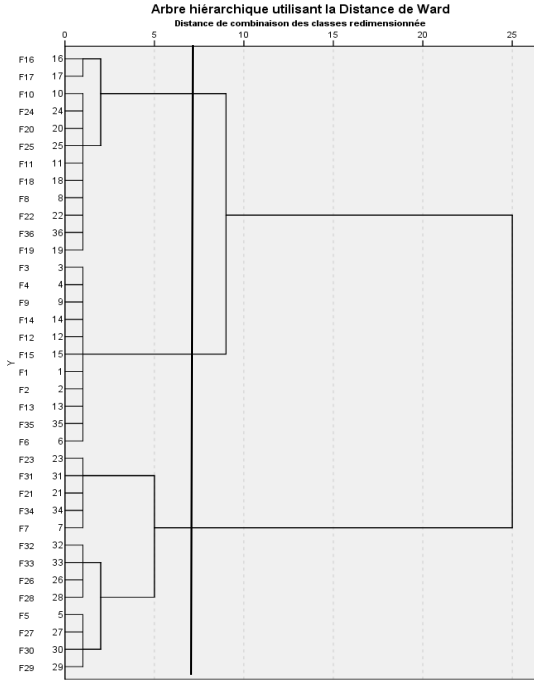
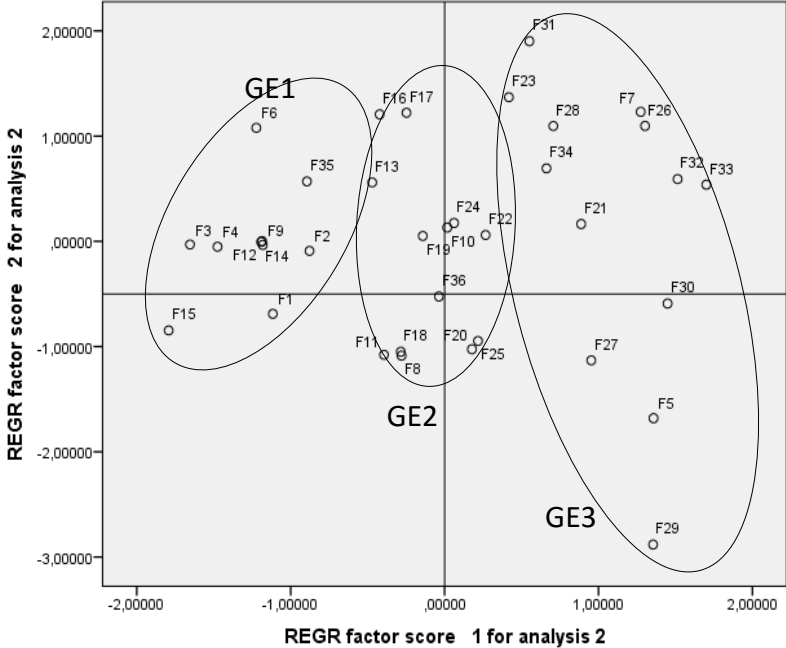
Indicators	Calculation	Explanation
Land improvement (A10)	Stocking rate = LU/Main forage area	LU: livestock unit
Fertilization (A12)	The annual nitrogen farm-gate balance (NB)= (Nin - Nout)/ UAA ¹	Nin is the total amount of nitrogen in purchased inputs: mineral fertilizers and manure, cattle feed and animals. Nout is the sum of nitrogen outputs of the system: products sold such as crops, animal, milk or animal manure. The nitrogen concentration exported per crop and livestock product was taken from: Vertes F., 2005. Outil de calcul du Bilan apparent. http://documents.tips/embed/bilan-apparent-v-30.html
Pesticides (A14)	Pollution pressure (PP)= (applied dose/ authorized dose) x (treated surface/UAA) x weighting coefficient	Weighting coefficient is used if the treatment is done manually. The treated surface is doubled in the case of manual application.
Energy dependency (A18)	Fuel equivalent per ha (FEH) = fuel (MJ) + units of nitrogen (MJ) + electricity (MJ) + gas (MJ) + purchased feed concentrates (MJ)/40 x UAA	Energies are expressed in megajoules (MJ) and the FEH is expressed in fuel litre/ha per year. 1 litre fuel = 40 MJ; 1 unit of nitrogen = 56 MJ; 1 kwh electricity = 9.5 MJ; 1 kg of gas = 51 MJ; 1 kg purchased feed concentrate = 4 MJ
Economic viability (EV) (C1)	EV= (GOS ² - 1.5 depreciation)/Family MWU ³	Viability of the farm reflects the capacity of financing investments on the farm and the farm's economic sustainability. Viability can be limited by low income or by important depreciation related to investments on the farm.
Financial autonomy (C3)	Financial dependence (FD) = Sum annuities/GOS x 100	Financial dependence indicates the level of debt or dependence of the farm.
Transferability (C5)	Transferability = farm capital/Family MWU and EV= (GOS - 1.5 depreciation)/Family MWU	Transferability expresses the appraisal of the amount of the reversal for a potential new owner who could be from the younger generation. The objective is to allow the new owner to benefit from a minimum income based on an amount of reversal. A good balance between capital and viability improves the transferability of the farm.
Efficiency of the production process (C6)	Efficiency = (Product - Inputs)/Product and Capacity to generate value added (CVA) = (Products-Inputs)/total MWU	Efficiency of a production process allows an assessment of the economic efficiency of inputs used and the amount of value created per worker. A balance between efficiency and capacity to generate value added is necessary for productive efficiency.

Notes: UAA, Utilized Agricultural Area; GOS, Gross Operating Surplus; MWU, Man-Work Unit

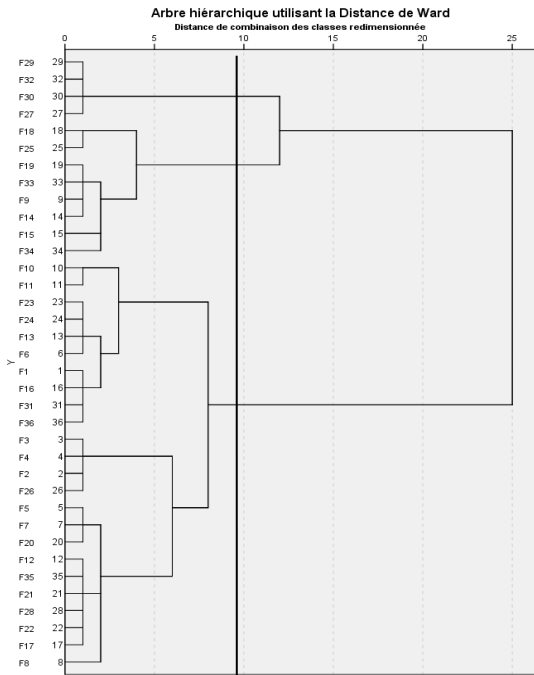
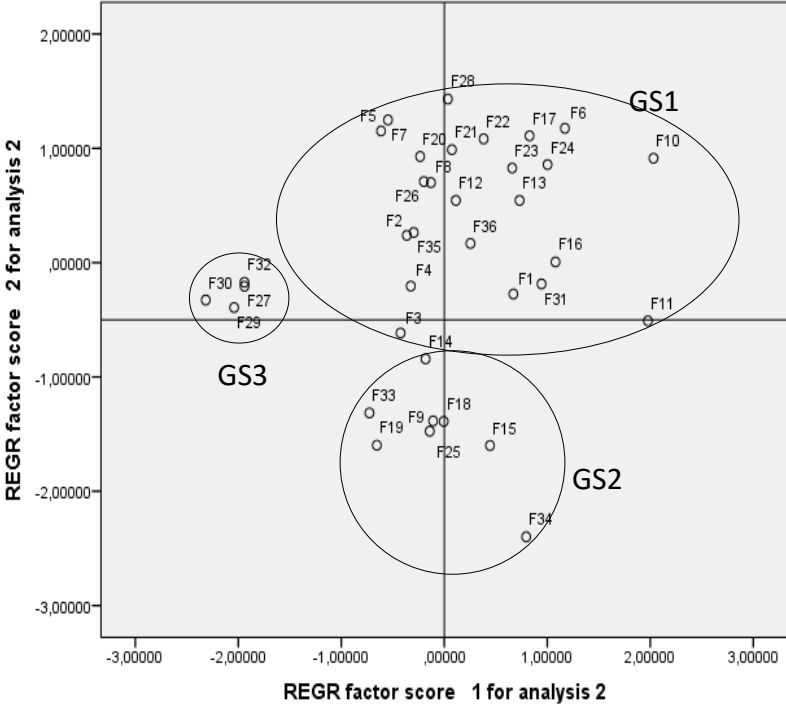
Appendix 3: Multivariate analysis of the three components of the agroecological dimension of sustainability and the coordinates of the 36 observations. The two PCA axes explain 88% of the variance. Axis 1 explains 52% of the variance. It is represented by the “diversity” and “organization of space” components. The “farming practices” component contributes greatly to axis 2, which explains 36% of the variance. The three clusters identified by the AHC (GA1, GA2, GA3) are shown on the PCA graph by the three ellipses.



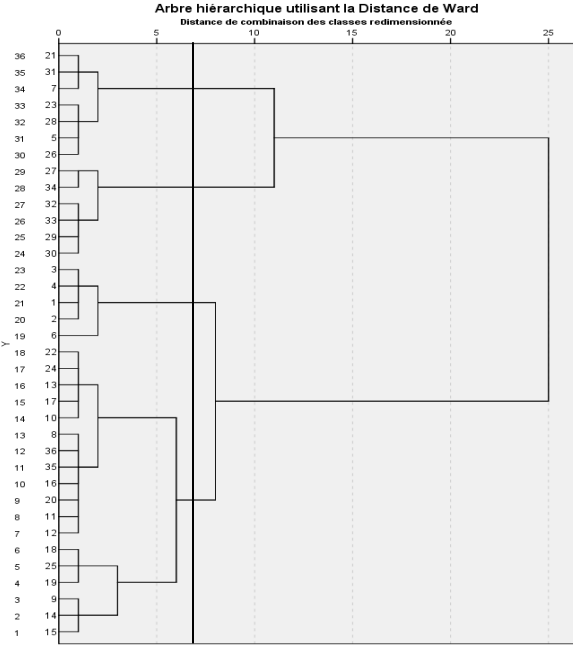
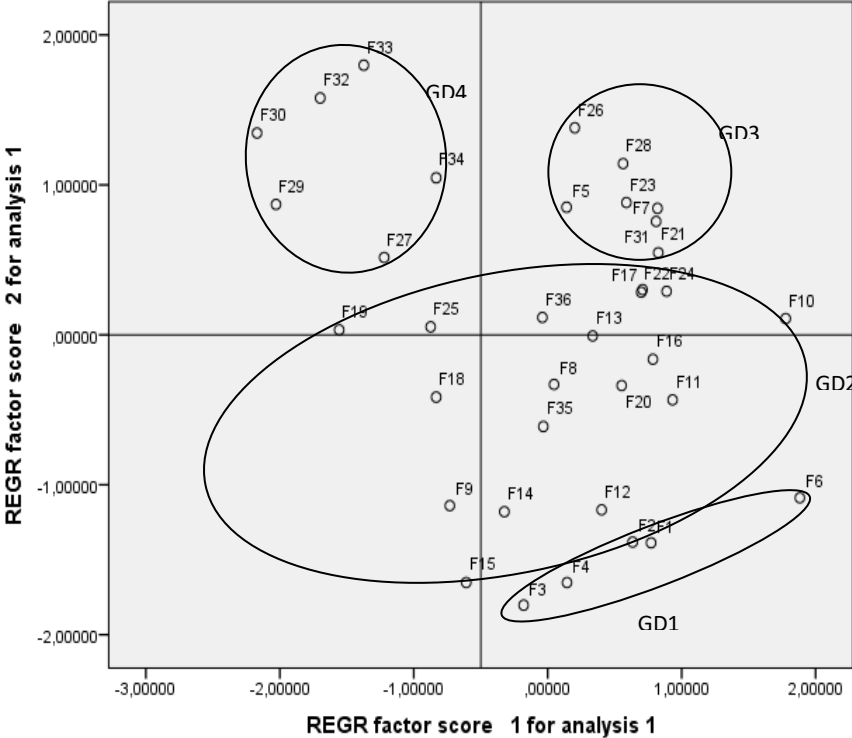
Appendix 4: Multivariate analysis of the four components of the economic dimension of sustainability and the coordinates of the 36 observations. The “viability”, “transmissibility”, and “efficiency” components respectively contribute 39%, 38% and 34% on axis 1, which explains 61% of the variance. The “independence” component is well represented on axis 2, which explains 25% of the variance. The two axes explain 87% of the variance. The three clusters identified by the AHC (GE1, GE2, GE3) are shown on the PCA graph by the three ellipses.



Appendix 5: Multivariate analysis of the three components of the socio-territorial dimension of sustainability and the coordinates of the 36 observations. The two PCA axes explain 79% of the variance. The “quality of products and the land” and “employment and services” components respectively contribute 66% and 56% to axis 1, which explains 48% of the variance. The “ethics and human development” component contributes greatly to axis 2, which explains 31% of the variance. The three clusters identified by the AHC (GS1, GS2, GS3) are shown on the PCA graph by the three ellipses.



Appendix 6: Multivariate analysis of the three dimensions of sustainability and the coordinates of the 36 observations. The two PCA axes explain 89% of the variance. The “socio-territorial” and “agroecological” dimensions respectively contribute 72% and 44% to axis 1, which explains 61% of the variance. The “economic” dimension contributes 83% to axis 2, which explains 28% of the variance. The four clusters identified by the AHC (GD1, GD2, GD3, GD4) are shown on the PCA graph by the four ellipses.



Annexe 9. Guide d'entretien des stratégies des agriculteurs pour durer

Mars 2016

Entretien sur la durabilité et les stratégies des agriculteurs pour durer

Questionnaire N° :

Date :

Prénom NOM de l'enquêté :

Famille et agriculture

Q 1 : APPARTENEZ-VOUS A UNE ORGANISATION PROFESSIONNELLE ? RAISON DE L'ADHESION ?

Q 2 : ENVISAGEZ-VOUS LA SUCCESSION DE L'EXPLOITATION A VOS ENFANTS?

Q 3 : QUELLES EST LA DYNAMIQUE FONCIERE DE L'EXPLOITATION ?

Q 4 : AVEZ-VOUS DES PROJETS FONCIERS (MFVD/MFVI)? POURQUOI ?

Q 5 : AVEZ-VOUS UN AUTRE PROJET D'INVESTISSEMENT SUR L'EXPLOITATION ?

Q 6 : SI OUI, POURQUOI ? QUELLE EST LA NATURE DE L'INVESTISSEMENT ?

Q 7 : QUELS MODES DE FINANCEMENT DES INVESTISSEMENTS FUTURS ?

Performances économiques de l'exploitation

Q 8 : QUEL OBJECTIF DE REVENU AVEZ-VOUS ? POUR QUELLES RAISONS ?

Q 9 : QUELS OBJECTIFS D'INVESTISSEMENT AVEZ-VOUS ? QUE PENSEZ VOUS DU NIVEAU D'INVESTISSEMENT ACTUEL SUR VOTRE EXPLOITATION ?

Choix des activités de production

Q 10 : COMMENT SE FAIT LE CHOIX ET LE DIMENSIONNEMENT DES ACTIVITES AGRICOLES (STRATEGIQUE)? SELON QUELS INDICATEURS ?

Q 11 : SUR QUELLE PERIODE SE FAIT LA PLANIFICATION DES ACTIVITES AGRICOLES (années/saisons)? SELON QUELS INDICATEURS ?

Q 12 : Q'EST-CE QUI VOUS PARAIT LE PLUS RENTABLE DE VOS ACTIVITES AGRICOLES ? POURQUOI ?

Q 13 : QUELS SONT LES CONTRAINTES RETROUVEES SUR VOTRE EXPLOITATION ET DANS VOTRE ACTIVITE AGRICOLE ?

Q 14 : QUELS SONT LES OPPORTUNITES RETROUVEES SUR VOTRE EXPLOITATION ET DANS VOTRE ACTIVITE AGRICOLE ?

Q 15 : QUELLES SONT VOS PERCEPTIONS SUR LE DEVENIR DE L'AGRICULTURE DANS LA ZONE ?

Pratiques productives

Q 16 : QUE PENSEZ-VOUS DE L'EVOLUTION DE LA FERTILITE DE VOS TERRES

Q 17 : COMMENT VOUS ENTRETENEZ LA FERTILITE DU SOL ?

Q 18 : COMMENT SE FAIT LA GESTION DU FUMIER SUR L'EXPLOITATION (PRODUCTION, VENTE, ACHAT...) ? SUR QUELLES SURFACES EST-IL UTILISE ?

Q 19 : UTILISEZ-VOUS DES PRODUITS DE TRAITEMENTS PHYTOSANITAIRES ? SUR QUELLES BASE VOUS CONDUISEZ VOS TRAITEMENTS ?

Q 20 : SELON VOUS VOS PRATIQUES CULTURALES ONT-ELLES UN IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT OU LA SANTE HUMAINE ?

Q 21 : ETES VOUS AU COURANT DE LA SUREXPLOITATION DE LA NAPPE ? CELA VOUS AFFECTE-T-IL ? COMMENT ?

Q 22 : QUELLES SONT LES CONTRAINTES D'IRRIGATION OBSERVEES OU RENCONTREES CES DERNIERES ANNEES (QUANTITE, QUALITE DE L'EAU EN FONCTION DES SAISONS...), COMMENT VOUS VOUS ADAPTEZ ?

Q 23 : QUELLES SONT LES CONDITIONS NECESSAIRES POUR QUE VOUS PUISSIEZ CONTINUER A CULTIVER VOS TERRES ?

Q 24 : EST-CE QU'IL Y A DES OPPORTUNITES DANS VOTRE REGION ? (PMV, MARCHE)