



Doctorat ParisTech

THÈSE

pour obtenir le grade de docteur délivré par

L'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParisTech)

Spécialité : Sciences agronomiques

présentée et soutenue publiquement par

Caroline Tardivo

le 30 juin 2016

La modélisation collaborative pour stimuler l'émergence d'un système agricole plus durable.

Conception et mise en œuvre d'une démarche sur le plateau de Valensole

Directeur de thèse : **François Bousquet**

Co-encadrement de la thèse : **Jean-Marc Barbier, Sylvestre Delmotte, Christophe Le Page**

Jury

M. Marc BENOIT , Directeur de recherche, UPR SAD-ASTER, INRA	Rapporteur
M. Jean-Marc MEYNARD , Directeur de recherche, UMR SAD-APT, INRA	Rapporteur
M. Nicolas BECU , Chargé de recherche, UMR LIENSs, CNRS	Examinateur
M. Alexis DROGOUL , Directeur de recherche, UMI UMMISCO, IRD	Président du jury
Mme. Véronique SOUCHERE , Ingénieure de recherche, UMR SAD-APT, INRA	Examinatrice
M. Christophe LE PAGE , Chercheur, UPR Green, CIRAD	Encadrant
M. Jean-Marc BARBIER , Ingénieur de recherche, UMR Innovation, INRA	Encadrant Invité

REMERCIEMENTS

Tout au long de la rédaction de ma thèse, j'ai hésité entre le *nous* et le *je*, et sans les corrections systématiques de mes encadrants, c'est certainement le *nous* qui l'aurait emporté tant sont nombreuses les personnes qui y ont contribué.

J'ai tout d'abord eu le droit à une vraie équipe d'encadrants, que j'ai dû apprendre à animer et coordonner avant même d'avoir à faciliter un atelier sur le terrain. Trois encadrants aux disciplines et approches variées, aux points de vue parfois opposés, qui ont réussi avec brio à articuler leurs points de vue et leurs connaissances pour m'aider à mener à bien cette thèse. Finalement, quel meilleur exemple d'un processus de co-construction que celui de ma thèse ? Merci pour votre esprit conciliant, votre bonne humeur, votre écoute, et votre présence à toute heure, même depuis l'autre bout du monde. Christophe m'apportait son optimisme à toute épreuve et sa grande créativité en faisant fuser des idées en permanence. Je me reposais ensuite sur l'esprit rationnel et cartésien de Sylvestre, d'une grande efficacité pour m'aider à structurer et organiser mon travail et mes écrits. Enfin, la minutie et le sens du détail venait avec Jean-Marc, qui m'aura titillé jusqu'au bout avec mes sous-zones et mes sous-scénarios, mais m'aura été d'une grande aide pour clarifier mon discours, prendre du recul, et me poser les bonnes questions. Un grand merci à tous les trois !

Roberto et Laure n'étaient jamais très loin non plus, arrivés en cours de route pour porter main forte au projet CLIMATAC. Merci à Roberto pour m'avoir aidé à évaluer la démarche (et pour les *asado* !), et à Laure pour m'avoir beaucoup aidé sur les aspects agronomico-agronomiques de ma thèse.

Merci aussi à mes stagiaires, qui ont expérimenté mes talents d'encadrement (pour le meilleur et pour le pire) et ont parfois dû faire face une certaine dose de flou (toujours artistique) dans leurs stages : Annabelle la minutieuse, Alice l'artiste, Alicia la rêveuse, Etienne le théoricien. Votre travail a été essentiel à cette thèse, bien qu'il ait parfois été difficile d'en faire systématiquement mention dans ce manuscrit.

Merci aussi aux membres de mon comité de thèse, qui m'ont aidé à prendre du recul et ont contribué à mes réflexions dans des moments stratégiques : Cécile Barnaud, Raphaël Mathevet, Christophe Soulard, Laurence Guichard et Sarah Martin.

Merci beaucoup à Jean-Marc Meynard et Marc Benoît pour avoir accepté d'être les rapporteurs de cette thèse, ainsi qu'à Alexis Drogoul, François Prévost, Véronique Souchère, et Nicolas Becu pour leur participation au jury.

Enfin, merci à l'ADEME qui a financé cette thèse.

Le deuxième grand collectif sans lequel ma thèse n'aurait jamais pu voir le jour, c'est bien sûr ce fameux collectif d'acteurs de terrain dont je parle constamment de cette thèse. Je les remercie d'avoir cru au projet, de s'y être investis, et pour l'atmosphère détendue, bienveillante et constructive qui entourait nos rencontres. J'ai rencontré des professionnels passionnés par leur métier et leur territoire, et cela a contribué à rendre le plateau de Valensole si particulier pour moi. Merci donc à Serge, Paul, François, Marie, Nora, Perrine, Matthieu et tous les autres que je n'ai pas la place de nommer ici.

Il y a ensuite eu toutes les personnes qui ont contribué à ce que cette thèse se déroule dans des conditions optimales, à Green, à Innovation, ou sur le terrain.

Un grand merci à Martine, Aurélie, Christophe S., Guy F. et Pascal, directeurs d'unité anciens et actuels, pour votre souci permanent du bien-être des doctorants dans vos unités respectives.

J'ai aussi eu beaucoup de plaisir à échanger au quotidien avec les chercheurs des unités Green, d'Innovation, du collectif ComMod, et bien d'autres encore. Je pense notamment à Jean-Claude (tu arriveras bien à me battre à la pétanque un jour !) et à François et Pierre (toujours à l'écoute et disponibles), mais je n'oublie pas tous les autres.

Un grand merci aux gestionnaires, Nathalie, Annie, Manon et Delphine, pour avoir fait preuve d'autant de patience devant toutes mes bourdes administratives ! Merci aussi à Sophie, toujours disponible pour me donner un coup de main dans mes recherches bibliographiques, et à Nico, pour avoir réparé mon ordinateur un nombre incalculable de fois.

Qu'auraient été ces trois années et demie si tous les doctorants, CDD et générations successives de stagiaires, collègues devenus amis, n'avaient pas contribué à égayer des salles Camargue, 205 et 208 ? Un grand merci à Florine et James (camarades de thèse de la première heure embarqués dans le même bateau), Hermine (pour avoir fait face à mon humeur matinale de manière si énergique dans ta Papamobile), Paola (pour le chocolat équatorien qui a émerveillé mes papilles), Vincent (pour ta bonne humeur et ton optimisme inépuisables), Gabriel (je ne te remercie pas pour le fromage par contre !), Marc (qui finira par trouver le sens de la vie), Clara (qui finira aussi par trouver le sens de la vie), Arthur, Ola, Paulo, Camille, Pauline, Antonio, Francesca, Chloé et tous les autres que je ne peux pas tous lister mais que je n'oublie pas !! Merci aux doctorants d'Innovation pour la psychanalyse collective annuelle, et aux doctorants du SAD et de ComMod qu'il était toujours très sympa de recroiser au fil des séminaires et formations.

Un merci aussi aux collègues de System, avec qui c'était toujours un plaisir de papoter dans les couloirs : Manu, Jimmy, Sébastien, Clément, Alain, Jeff.... Je sais où revenir la prochaine fois que mon vélo ou ma voiture fait des siennes !

Merci aussi aux colocs de la gare, qui ont accepté d'héberger toute notre bande de chercheurs à plusieurs reprises la veille des ateliers, et qui m'ont accueilli pendant de longues semaines au début de ma thèse. J'y ai vu la gare de Mane comme je ne l'avais jamais vu ! Merci aussi à Maman pour s'est investie de toute son énergie pour que nous soyons toujours logés au mieux à Mane ou à Manosque.

Merci aux copains de l'escalade, de l'agro et de l'ENGREF, bref, aux copains tout court, qui ont été très présents, parfois malgré la distance: Ariane (pour avoir construit avec moi la théorie fondamentale de la procrastination), Fred et Genz (qui voulaient TOUT savoir depuis Hong Kong), Nico (pour m'avoir tout enseigné la botanique au lac du Salagou), Daniel, Hugo, Tuck, Bruno, Laura, Salem, Thibault et tous les autres.

Merci à mes chers frangins, à Papa, et encore à Maman pour avoir fait la chasse aux fautes d'orthographe et de ponctuation dans tout mon manuscrit.

Enfin, merci à Jean-Baptiste, pour sa patience, sa tolérance et pour m'avoir coaché avec brio tout au long de cette thèse, en particulier dans la dernière ligne droite !!

Au moment de soumettre ce manuscrit, j'ai une pensée pour mon grand-père, qui aurait été fier d'avoir enfin un docteur dans la famille. Je lui dédie cette thèse, réalisée dans le pays de son enfance auquel il tenait tant.

RESUME

Les démarches de modélisation collaborative visent à stimuler le partage des représentations et les apprentissages d'un ensemble d'acteurs à travers la co-construction et l'utilisation d'un modèle. La question centrale de cette thèse est d'analyser comment une telle démarche, centrée sur l'évaluation d'un système agricole, peut permettre de remplir ces objectifs pour à terme favoriser la durabilité du système agricole. J'ai conçu et mis en œuvre une démarche de modélisation collaborative sur le système agricole du plateau de Valensole, territoire d'environ 80 000 hectares situé dans le sud-est de la France. Une première phase visait à formuler collectivement le problème abordé et à engager les acteurs dans une dynamique collective. En particulier, j'ai développé une méthode de diagnostic préliminaire qui a permis d'identifier ces acteurs, les enjeux du système agricole selon eux, et la diversité de leurs représentations. Un modèle multi-agent a ensuite été co-construit avec un groupe d'acteurs pour représenter le système agricole et l'évaluer au moyen d'indicateurs économiques et environnementaux, calculés aux échelles de la parcelle, de l'exploitation, et du territoire. Enfin, une dernière phase a consisté en l'analyse collective des résultats obtenus pour la situation actuelle, ainsi qu'en explorant quelques scénarii prospectifs définis de manière participative. Je discute dans cette thèse la qualité du modèle obtenu par rapport aux objectifs qui lui étaient fixés, l'influence du contexte sur la démarche, le déroulement de cette dernière, et enfin les effets produits par la démarche.

Mots-clés

modélisation collaborative, simulation multi-agent, participation, apprentissages, durabilité, système agricole territorial, partage des représentations, scénarii, évaluation multicritère, plateau de Valensole, carte cognitive

COLLABORATIVE MODELING TO FOSTER MORE SUSTAINABLE AGRICULTURAL SYSTEM:
DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN APPROACH IN THE PLATEAU DE VALENSOLE,
FRANCE

Abstract

Collaborative modeling aims at fostering the sharing of representations and learning among different stakeholders through the co-design and use of a model. The central question of this thesis is to analyze how such an approach, centered on agricultural systems assessment, can fulfill these objectives to eventually enhance the sustainability of the agricultural system. To this end, I have designed and implemented a collaborative modelling approach in the agricultural system of the *Plateau de Valensole*, a 80 000-hectare territory located in Southeastern France. A first step aimed at formulating the problem tackled by the approach in a participatory manner to engage the stakeholders in a collective dynamic. I developed a method of preliminary diagnosis that led to the identification of the stakeholders, the issues faced by the agricultural system according to them, and the diversity of their representations. Then, an agent based model was co-designed with the stakeholders to represent and assess the agricultural system through a set of environmental and economic indicators defined at field, farm and regional scales. The final step concerned the analyses of the results and the exploration of prospective scenarios. I discuss in this thesis the quality of the model (related to its assigned goals), the influence of the context on the approach, the participatory process in itself as well as the effects produced by the approach.

Keywords

collaborative modeling, agent based simulation, participatory process, learning, sustainability, regional agricultural system, shared representation, scenario, multi-criteria assessment, *Valensole* plateau, cognitive map.

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION, POSITIONNEMENT SCIENTIFIQUE.....21

1. L'agriculture : une activité multifonctionnelle intimement liée à son environnement ..	23
2. Définitions d'une agriculture durable	24
3. Le territoire : une échelle pour aborder la durabilité d'un système agricole	25
4. Une multitude d'acteurs concernés par le système agricole	26
5. La nécessité d'impliquer les acteurs dans l'évaluation de la durabilité des systèmes agricoles	27
6. Modéliser pour évaluer la durabilité des systèmes agricoles	28
7. La modélisation collaborative : une approche pour partager les représentations et stimuler les apprentissages	30
8. Problématique de la thèse.....	32
9. Contexte de la thèse	32
9.1. Le projet CLIMATAC	32
9.2. Le plateau de valensole	33
10. Plan de la thèse	36

CHAPITRE 2 : DEMARCHE MISE EN ŒUVRE39

1. Une conception adaptative de la démarche.....	42
2. Objectifs de la démarche.....	42
2.1. Partager les représentations des acteurs	42
2.2. Favoriser les apprentissages pour faire face aux incertitudes propres aux systèmes agricoles	44
3. Un modèle pour évaluer la durabilité du système agricole.....	44
3.1. Une co-construction <i>ex nihilo</i> du modèle	44
3.2. Un modèle permettant une évaluation multicritère du système agricole....	45
3.3. Un modèle multi-échelle	46
3.4. Un modèle permettant une approche prospective.....	46
3.5. Un modèle de simulation multi-agent	48
4. Différents rôles des participants à la démarche.....	48
4.1. Rôles liés à la co-construction des objets intermédiaires.....	49
4.2. Rôles non liés à la co-construction des objets intermédiaires	50

5. Chercheurs ayant participé à la démarche.....	51
5.1. Caractéristiques des chercheurs.....	52
5.2. Posture des chercheurs.....	52
6. Acteurs participant à la démarche.....	53
6.1. Critères de sélection des acteurs participants	53
6.2. Présentation des types d'acteurs ayant participé à la démarche	54
7. Grandes phases de la démarche.....	56
7.1. Lancement du projet climatac sur le plateau de valensole.....	56
7.2. Phase 1 : formulation du problème abordé par la démarche	57
7.3. Phase 2 : co-construction du modèle informatique d'évaluation du système agricole	58
7.4. Phase 3 : evaluation des performances du système agricole et exploration de scénarii par le biais du modèle	59

CHAPITRE 3 : ELICITER LES MODELES MENTAUX DES ACTEURS POUR REALISER UN DIAGNOSTIC PRELIMINAIRE A UNE DEMARCHE DE MODELISATION COLLABORATIVE.....

61

1. Introduction	65
2. Methods	66
2.1. Study site	66
2.2. Methodological framework.....	67
2.3. Semi-structured interviews among stakeholders (step 1)	67
2.4. Stakeholder analysis and selection of potential participants (step 2)	68
2.5. Cognitive mapping (step 3).....	69
2.6. Participants' feedback through second individual interviews (step 4)	71
2.7. Analysis of cognitive maps (step 5).....	71
3. Results	72
3.1. Selection of the participants	72
3.2. Example of a final cm	73
3.3. Analysis and comparison of the cms	74
4. Discussion	81
4.1. Achievement of a preliminary diagnosis	81
4.2. Method for cognitive mapping.....	83
4.3. Contribution to stakeholder engagement.....	83
5. Conclusion and perspectives.....	84

CHAPITRE 4 : FORMULER COLLECTIVEMENT LE PROBLEME ABORDE PAR LA DEMARCHE : DU DIAGNOSTIC PRELIMINAIRE A L'EXPLORATION DE FUTURS POSSIBLES 89

1. Réalisation du diagnostic préliminaire.....	93
1.1. Rappel de la méthode.....	93
1.2. Résultats : synthèse des enjeux, problèmes, et opportunité du système agricole selon les acteurs interrogés.....	93
2. Construction collective d'une question partagée.....	111
2.1. Méthode.....	111
2.2. Résultats.....	112
3. Co-construction du modèle conceptuel.....	114
3.1. Méthode.....	114
3.2. Résultats.....	115
4. Travail de scénarisation participative.....	118
4.1. Méthode.....	118
4.2. Résultats.....	120

CHAPITRE 5 : CO-CONSTRUIRE UN MODELE INFORMATIQUE AVEC LES ACTEURS 125

SECTION 1 : PRESENTATION GENERALE DU MODELE INFORMATIQUE.....	128
1. Représentation de la région agricole.....	131
2. Représentation des exploitations-type.....	132
3. Définition et caractérisation des activités culturelles.....	133
4. Module climatique.....	134
5. Module de calcul des indicateurs.....	135
SECTION 2 : ACTIVITES AYANT PERMIS LA CO-CONSTRUCTION DU MODELE INFORMATIQUE.....	135
1. Présentation générale.....	136
2. Déroulement et organisation des ateliers.....	136
3. Séances de travail individuelles avec des experts des systèmes de culture... ..	139
4. Séances de travail individuelles avec des agriculteurs.....	139
5. Travail de modélisation au laboratoire.....	143
SECTION 3 : PROCESSUS DE CO-CONSTRUCTION DES MODULES.....	143
1. Construction du zonage agro-écologique.....	144

1.1.	Délimitation d'une zone irrigable et d'une zone non irrigable.....	145
1.2.	Zonage selon l'intensité du dépérissement du lavandin.....	145
1.3.	Zonage selon les types de sols	147
1.4.	Surfaces agricoles utiles des sous-zones agro-écologiques.....	151
2.	Représentation des systèmes de culture des exploitations-type.....	152
2.1.	Allocation du lavandin et de l'irrigation aux parcelles	153
2.2.	Durée d'une plantation de lavandin	155
2.3.	Durée moyenne d'une plantation de lavandin à l'échelle de l'exploitation- type	156
2.4.	Surface relative cultivée en lavandin.....	156
2.5.	Intervalle séparant deux plantations de lavandin sur une même parcelle	156
2.6.	Espèces complémentaires au blé dur et au lavandin et proportions relatives	157
2.7.	Rotations possibles au sein des exploitations-type	159
2.8.	Surfaces relatives cultivées en blé dur	160
2.9.	Rotations complètes.....	160
2.10.	Détermination des itinéraires techniques.....	161
3.	Définition et caractérisation des activités culturelles.....	166
3.1.	Processus général de définition et de caractérisation des activités.....	166
3.2.	Estimation des rendements du lavandin	167
4.	Module climatique	172
5.	Indicateurs calculés par le modèle.....	173
5.1.	Indicateurs liés aux aspects économiques.....	173
5.2.	Indicateurs liés aux aspects environnementaux	175
5.3.	Indicateurs au niveau territorial	178

CHAPITRE 6 : ÉVALUATION DU SYSTEME AGRICOLE DANS LA SITUATION DE REFERENCE ET SOUS DEUX SCENARII D'ÉVOLUTION..... 179

1.	Evaluation des performances dans la situation de référence	183
1.1.	Comparaison des performances des espèces cultivées dans la situation de référence	183
1.2.	Comparaison des performances des exploitations-type.....	187
1.3.	Evaluation des performances à l'échelle des sous-zones agro-écologiques et de la région agricole.....	193
2.	Développement de scénarii d'évolution du système agricole.....	196
3.	Evaluation des scénarii d'évolution.....	207
3.1.	Evolution des performances à l'échelle de la parcelle	207

3.2.	Evolution des performances à l'échelle des exploitations-type	210
3.3.	Evolution des performances à l'échelle de la région agricole.....	215
4.	Discussion des résultats	218
4.1.	Influence du niveau de spécialisation en lavandin des exploitations sur les performances du système agricole.....	218
4.2.	Influence de l'équipement pour l'irrigation des exploitations sur les performances du système agricole.....	219
4.3.	Limites dans la description des itinéraires techniques	220
 CHAPITRE 7 : DISCUSSION GENERALE.....		221
1.	Méthode de suivi-évaluation de la démarche	225
1.1.	Cadre conceptuel de l'évaluation de la démarche.....	225
1.2.	Procédures de suivi-évaluation de la démarche	227
2.	Evaluation des aspects opérationnels.....	228
2.1.	Réflexions sur la prospective participative.....	228
2.2.	Réflexions sur l'évaluation multicritère.....	230
2.3.	Concilier degré d'abstraction de la représentation spatiale et calcul d'indicateurs à différentes échelles.....	231
2.4.	Aspects liés à l'ingénierie de co-construction du modèle.....	232
3.	Analyse du contexte et de ses effets sur la démarche.....	234
3.1.	Intervenir sur un terrain sans antériorité: comment assurer l'engagement des acteurs ?	234
3.2.	Prendre en compte des enjeux globaux: l'exemple de l'atténuation du changement climatique.....	238
4.	Analyse du processus participatif.....	241
4.1.	Evolution de la participation des acteurs.....	241
4.2.	Articulation de phases individuelles et collectives.....	246
4.3.	Une démarche sur plusieurs années.....	247
5.	Effets sur les acteurs.....	248
5.1.	Apprentissages sur le système agricole	249
5.2.	Autres apprentissages liés au partage des représentations	249
5.3.	Différences d'apprentissages entre acteurs au cours de la démarche	250
 CONCLUSION GENERALE.....		251
 BIBLIOGRAPHIE.....		255

ANNEXES	267
Annexe 1 : Description géographique, biophysique, et climatique du plateau de Valensole	269
Annexe 2 : Acteurs ayant participé à la démarche.....	274
Annexe 3 : Délimitation du système considéré dans le modèle.....	275
Annexe 4 : Co-construction de la typologie structurelle des exploitations	280
Annexe 5 : Estimation des surfaces agricoles utiles des sous-zones représentées dans le modèle et coefficients d'extrapolation régionaux des exploitations	285
Annexe 6 : Description de la conduite des systèmes de culture à l'échelle des exploitations-type	292
Annexe 7 : Estimation des principaux paramètres utilisés pour le calcul des indicateurs.....	299
Annexe 8 : Résultats complémentaires obtenus à l'échelle de la parcelle	304
Annexe 9 : Résultats complémentaires à l'échelle de l'exploitation-type pour la situation de référence.....	313
Annexe 10 : Extrait du carnet de bord tenu au cours de la démarche.....	319
Annexe 11 : Retranscription des fiches d'évaluation de la démarche remplies par les acteurs participant à l'atelier E.....	322
Annexe 12 : Extrait de notes recueillies par les chercheurs au cours de l'atelier P2.....	324
Annexe 13 : Exemple de compte-rendu de réunion partagé avec les acteurs (atelier MI2)	327

LISTE DES FIGURES

Figure 1-1 : Image satellite du plateau de Valensole, et repères géographiques environnants.....	34
Figure 1-2 : Délimitation de zones de plateau, de fonds de vallée et de versants boisés.....	35
Figure 1-3 : Lavandin (au premier plan) et blé dur (au second plan) sur le plateau de Valensole	36
Figure 2-1 : Principales caractéristiques de la démarche	41
Figure 2-2 : Types de scénarii existants	47
Figure 2-3 : Spécification des rôles tenus par les participants au cours de la démarche	50
Figure 2-4 : Types de participants à la démarche.	55
Figure 2-5 : Chronogramme de la démarche.....	57
Figure 3-1 : Main steps of the method.....	67
Figure 3-2 : Structure of the cognitive maps.	70
Figure 3-3: Results of the stakeholder analysis.....	73
Figure 3-4: Simplified cognitive map of GA5-F.....	74
Figure 3-5: Focusing on the consequences of the extension of the irrigation system for the 4 participants called ‘experts’ who mentioned that characteristic in their cognitive maps.....	79
Figure 3-6: Focusing on the consequences of the extension of the irrigation system for the 4 participants with a ‘wide perception’ who mentioned that characteristic in their cognitive maps	80
Figure 4-1 : Calendrier des étapes de la phase de formulation du problème	92
Figure 4-2 : Synthèse des enjeux, problèmes et opportunités identifiés.....	94
Figure 4-3 : Champ de lavande (cliché personnel)	95
Figure 4-4: Parcelle de lavandin touché par le dépérissement.....	97
Figure 4-5 : Champ de blé dur	98
Figure 4-6 : Champ de sauge	100
Figure 4-7 : Arbres isolés entre les champs.....	106
Figure 4-8 : Outarde canepetière.....	107
Figure 4-9 : Délimitation de la zone équipée pour l'irrigation.....	109
Figure 4-10 : Comparaison des questions individuelles pour la formulation de la question partagée	112
Figure 4-11 : Modèle conceptuel final	115
Figure 4-12 : Initialisation de quatre scénarii à partir de l'évolution des deux principaux facteurs de changements.....	119

Figure 5-1 : Schéma de description du modèle	130
Figure 5-2 : Représentation intermédiaire de la région agricole présentée aux agriculteurs enquêtés.....	141
Figure 5-3 : Evolution du zonage agro-écologique de la région agricole.....	144
Figure 5-4 : Représentation de la zone irrigable.....	145
Figure 5-5 : Premier zonage du déperissement du lavandin basé sur la délimitation des communes de Puimoisson et Saint-Jurs	146
Figure 5-6 : Représentations de zones ayant des proportions différentes de classes de réserve utile du sol.....	148
Figure 5-7 : Pourcentage des classes de réserve utile obtenues pour chaque zone	149
Figure 5-8 : Localisation des zones ayant des sols à réserves utiles non renseignées.....	150
Figure 5-9 : Surface agricole utile des sous-zones représentées	151
Figure 5-10 : Méthode de construction des systèmes de culture	153
Figure 5-11 : Surface relative des espèces sur les sols de différentes réserves utiles	154
Figure 5-12 : Proportions relatives de pois, Sainfoin, colza et tournesol à l'échelle du plateau de Valensole	158
Figure 5-13 : Exemples de rotations possibles avec lavandin.....	159
Figure 5-14 : Rotations sans lavandin.....	160
Figure 5-15 : Attribution des échelons de rendements aux parcelles de lavandin.	168
Figure 5-16 : Rendements observés (déclaratifs) par les agriculteurs et un expert, et valeurs moyennes	169
Figure 5-17 : Détermination des échelons.....	170
Figure 5-18 : Rendements de référence	170
Figure 6-1 : Comparaison des exploitations-type spécialisées (A) et non spécialisées (B).....	189
Figure 6-2 : Surfaces relatives des différentes espèces cultivées pour les exploitations-type spécialisées et les exploitations-type non spécialisées.....	190
Figure 6-3 : Part de la marge brute due aux différentes espèces cultivées (hors PAC).....	190
Figure 6-4: Comparaison des (A) moyennes et (B) grandes exploitations-type équipées et non équipées pour l'irrigation.....	191
Figure 6-5 : Surfaces relatives des différentes espèces obtenues à partir (A) des données des déclaration PAC de toutes les exploitations du plateau de Valensole, (B) des données des déclaration PAC des exploitations ciblées dans le modèle, (C) du modèle.....	194
Figure 6-6 : Modules re-paramétrés pour le scénario.....	199
Figure 6-7: Modification du zonage du déperissement du lavandin entre a) la situation de référence et b) la situation future	200

Figure 6-8 : Evolution des assolements des exploitations-type spécialisées et non spécialisées en lavandin.....	211
Figure 6-9 : Evolution des performances des exploitations-type spécialisées et non spécialisées en lavandin	212
Figure 6-10 : Evolution des performances de la moyenne exploitation-type (a) équipée pour l'irrigation et (b) non équipées pour l'irrigation	214
Figure 6-11 : Evolution des surfaces relatives des différentes espèces à l'échelle de la région agricole: a) situation de référence, b) scénario «stratégies opposées», c) scénario «spécialisation»	216
Figure 6-12 : Evolution des performances A l'échelle de la région agricole	217
Figure 7-1 : Axes de suivi-évaluation discutés dans ce chapitre.....	225
Figure 7-2 : Prise en compte des enjeux identifiés lors du diagnostic préliminaire dans le modèle.	244

LISTE DES TABLEAUX

Table 3-1 : Participants involved in the different steps of the initialization stage.....	69
Table 3-2: Structural components cited by each participant.....	75
Table 3-3: Main characteristics mentioned by the participants.....	77
Tableau 4-1 : Questions formulées par les acteurs.....	113
Tableau 4-2 : Composantes initialement proposées et composantes retenues dans le modèle conceptuel.....	117
Tableau 4-3 : Changements de contexte listés lors de l'atelier P2.	120
Tableau 5-1 : Coefficients d'extrapolation régionaux des différents types structurels d'exploitations-type.....	132
Tableau 5-2 : Critères de définition des activités culturelles.....	133
Tableau 5-3 : Coefficients techniques décrivant les performances des activités culturelles.....	134
Tableau 5-4 : Indicateurs calculés par le modèle	135
Tableau 5-5 : Objectifs des différents ateliers participatifs et séances de travail individuelles.	137
Tableau 5-6 : Acteurs présents aux ateliers.....	138
Tableau 5-7 : Espèces abordées avec les experts des systèmes de culture	139
Tableau 5-8 : Exploitations-type représentées dans le modèle et agriculteurs enquêtés associés..	141
Tableau 5-9 : Proportions de classes de réserve utile retenues pour le modèle.....	150
Tableau 5-10 : Durée d'une plantation de lavandin en fonction de la réserve utile, de l'intensité de déperissement, et de l'irrigation ou non de la parcelle.....	155
Tableau 5-11 : Intervalle moyen entre deux plantations de lavandin selon le type structurel des exploitations-type.....	157
Tableau 5-12 : Espèces réalisées et surfaces relatives en fonction des exploitations-type.....	157
Tableau 5-13 : Exemple de choix de rotations pour une exploitation-type.	161
Tableau 5-14 : Synthèse des différences de systèmes de culture en fonction des exploitations-type représentées dans le modèle	165
Tableau 5-15 : Coefficients de correction des rendements de référence en fonction de la pluviométrie printanière et de la réserve utile du sol.....	171
Tableau 6-1 : Moyennes et variation des indicateurs pour chaque espèce.	184
Tableau 6-2 : Moyennes et variation de chaque indicateur à l'échelle de l'exploitation-type.....	188
Tableau 6-3: Surfaces et productions à l'échelle du territoire.....	193
Tableau 6-4 : Valeurs des indicateurs à l'échelle de la région agricole, et éléments de mesure de leur dispersion à l'échelle des sous-zones.....	195

Tableau 6-5 : Synthèse du paramétrage du modèle pour simuler le scénario	199
Tableau 6-6 : Adaptation des rotations et assolements des exploitations-type	204
Tableau 6-7 : Adaptations des itinéraires techniques des différents types structurels d'exploitations-type	205
Tableau 6-8 : Adaptations des rotations et assolements des exploitations-type non spécialisées en lavandin dans les scénarii «stratégies opposées» et « spécialisation ».....	207
Tableau 6-9 : Evolution des coûts de production, marges brutes et rendements des différentes espèces pour le scénario «stratégies opposées».....	208
Tableau 6-10 : Evolution des productions des différentes espèces entre la situation de référence et les deux scénarii	216
Tableau 7-1 : Suivi des participants à la démarche.	243

LISTE DES ABREVIATIONS

APCA	Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture
CEPS	Centre d'Etude et de Prospective Stratégique
CIHEF	Centre Interprofessionnel des Huiles Essentielles Françaises
CRIEPPAM	Centre Régional Interprofessionnel d'Expérimentation en Plantes à Parfum Aromatiques et Médicinales
CIRAD	Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement
CUMA	Coopérative d'Utilisation de Matériel Agricole
DPB	Droit à Paiement de Base
GPS	Groupe Provence Service
IEP	Irrigation avec Effacement de Pointe
IFT	Indice de Fréquence de Traitement
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique
IPPE	Indice de Pression Phytosanitaire sur l'Environnement
MAET	Mesure Agro-Environnementale Territorialisées
PAC	Politique Agricole Commune
PAPAM	Plante à Parfum, Aromatiques et Médicinales
PCET	Plan Climat Energie Territorial
PNR	Parc Naturel Régional
SAU	Surface Agricole Utile
SCA3P	Société Coopérative Agricole des Plantes à Parfum de Provence
SCP	Société du Canal de Provence

CHAPITRE 1

INTRODUCTION : POSITIONNEMENT SCIENTIFIQUE

En tant qu'activité économique, l'agriculture a pour fonction première de produire des biens (alimentaires ou non) à partir d'un milieu naturel plus ou moins artificialisé, tout en permettant aux agriculteurs et autres acteurs des filières agricoles de dégager des revenus satisfaisants. Au cours des dernières décennies, l'intensification de l'agriculture a permis une augmentation considérable de la production agricole, visant à nourrir une population mondiale en constante croissance. Dans certains contextes, elle a cependant été accompagnée d'impacts négatifs, comme la destruction ou la dégradation de ressources naturelles, ou des accroissements d'inégalités sociales (accaparement de terres par exemple) (Dufumier 2007). L'activité agricole est donc aujourd'hui l'objet de défis importants, et la recherche de modes de production permettant de faire face à ceux-ci est un enjeu central de la recherche agronomique du XXIème siècle (Le Cacheux 2012).

1. L'AGRICULTURE : UNE ACTIVITE MULTIFONCTIONNELLE INTIMEMENT LIEE A SON ENVIRONNEMENT

L'agriculture est en interaction forte avec l'environnement dans lequel elle s'inscrit. Ces interactions génèrent des fonctions de l'agriculture qui lui procurent une dimension publique par le biais d'attentes sociétales à des échelles spatiales variées (Allaire and Dupeuble 2004).

L'agriculture est tout d'abord en interaction avec son environnement économique. Les conditions de réalisation de l'activité agricole et ses performances dépendent ainsi des prix et de la structure de marchés globaux et locaux. A l'inverse, l'agriculture peut contribuer à d'autres activités économiques locales, comme l'activité touristique.

Basée sur l'utilisation de l'espace et de ressources naturelles, l'agriculture est aussi conditionnée par son environnement biophysique (par exemple en étant dépendante du climat ou de la présence de pollinisateurs). Elle influence réciproquement cet environnement biophysique à l'échelle locale (par exemple en fournissant des habitats pour la faune sauvage) ou globale (par exemple via le stockage de carbone atmosphérique ou l'émission de gaz à effet de serre).

Enfin, l'agriculture cohabite avec les espaces de vie des populations locales. Elle permet parfois la dynamisation des milieux ruraux et la transmission d'un patrimoine culturel spécifique et entre en synergie ou en compétition avec certaines dynamiques liées à ces espaces de vie, comme l'urbanisation (Pierre et al. 2008). Elle s'inscrit aussi dans des problématiques de santé publique, notamment en lien avec la qualité sanitaire des productions agricoles et l'usage des produits phytosanitaires (Allaire and Dupeuble 2004; Tafani 2011).

L'agriculture fait face à une multitude d'opportunités, problèmes et enjeux¹, liés en partie à ses interactions avec son environnement économique, biophysique et social. L'émergence d'une agriculture durable est par conséquent devenue un enjeu majeur pour la société et pour la recherche agronomique.

2. DEFINITIONS D'UNE AGRICULTURE DURABLE

Reprenant la définition de Harwood (1990), je définis une agriculture durable comme « **une agriculture qui évolue indéfiniment vers une utilité humaine plus grande, une utilisation plus efficace des ressources, tout en respectant un équilibre avec l'environnement, qui soit favorable aux hommes comme aux autres espèces** ». Dans la littérature, les définitions de l'agriculture durable sont cependant multiples (Zahm et al. 2015). Certaines de ces définitions se veulent normatives : elles mettent l'accent sur une combinaison d'objectifs divers que doit poursuivre l'agriculture, et reposent sur des idéaux et valeurs en rupture avec l'agriculture productiviste et agro-industrielle. La durabilité de l'agriculture peut aussi être considérée sous l'angle d'une combinaison de stratégies et pratiques d'ordre technique liées à la gestion des ressources et des intrants (minimiser l'utilisation de produits phytosanitaires par exemple).

On peut aussi distinguer une durabilité restreinte, centrée sur l'activité agricole, d'une durabilité élargie, qui considère les contributions et impacts de l'agriculture par rapport à son environnement proche (le local) et lointain (le global). Selon l'approche de la durabilité restreinte, une agriculture durable est une agriculture capable de perpétuer ses systèmes de culture et d'élevage, par la reproduction de ses facteurs de production, de ses ressources naturelles, et des structures économiques et sociales qui la conditionnent (Desfontaines 2001). A l'inverse, l'approche de la durabilité élargie est centrée sur les conséquences (positives ou négatives) de l'agriculture sur son environnement social, environnemental, et économique (Terrier et al. 2010; Zahm et al. 2015).

Ces définitions d'une agriculture durable s'accordent sur la nécessité de considérer l'agriculture et son environnement comme un système. Un système est un ensemble défini d'éléments en interaction les uns avec les autres qui ne peut pas être réduit à la somme de ses éléments. Le passage d'un sous-système à un système plus large n'est pas le fruit d'une simple addition mais le résultat d'interactions spatiales, de complémentarités et d'antagonismes (Allaire 2004). Selon cette approche, la durabilité de l'agriculture peut être abordée à différents niveaux, depuis l'échelle spatiale de la parcelle jusqu'à l'échelle mondiale.

¹ Je définis un problème comme une caractéristique ayant des conséquences négatives sur l'agriculture ou sur son environnement. Un enjeu est une caractéristique ou une dynamique dont l'évolution peut générer un problème ou une opportunité, que ce soit pour l'agriculture ou pour son environnement. Ces enjeux et problèmes dépendent des perceptions de chacun et sont donc directement liés aux acteurs qui les définissent.

3. LE TERRITOIRE : UNE ECHELLE POUR ABORDER LA DURABILITE D'UN SYSTEME AGRICOLE

Je définis un système agricole comme la manière dont un ensemble d'entités à vocation de production et de développement agricole sont structurées, interagissent et se coordonnent pour produire des biens et services. Parce que je prends peu en compte les dimensions socio-culturelles et historiques du système considéré, ma définition de système agricole se distingue de celle de système agraire² (Mazoyer and Roudart 1997).

Le territoire, **que je définis ici à l'échelle de la petite région agricole**, est généralement considéré comme une échelle pertinente pour aborder la durabilité d'un système agricole (Zahm et al. 2015). En m'inspirant de Benoît et al. (2006) et de Lardon (2012), **je définis un territoire comme un espace délimité au sein duquel se structurent les activités économiques et sociales de plusieurs acteurs en interaction.**

Le territoire peut être vu comme un triptyque de trois sous-systèmes (Benoît et al. 2006). Le premier est un système d'acteurs. Les acteurs ont envers le territoire un sentiment d'appartenance plus ou moins prononcé et en ont une perception qui leur est propre ; le territoire est donc socialement construit (Lardon 2012). Au sein d'un territoire, les acteurs entretiennent aussi des relations spécifiques. Les territoires peuvent être, par exemple, le lieu d'existence de structures communautaires et sociales fortes déterminant le comportement des acteurs (Roussel 2008). Un second sous-système est le système d'activités générées par ces acteurs. Ces activités sont en partie structurées à l'échelle du territoire, comme certaines filières économiques locales (Hochedez 2008), ou formes d'actions collectives et de coordination (Faliès 2008). Enfin, un troisième sous-système concerne les agencements, dynamiques, et interactions spatiales au sein de ce territoire.

Le système agricole est dit « ancré » dans ce territoire (à des degrés divers) dans la mesure où il utilise ses ressources (par exemple son espace, ses ressources naturelles ou son organisation sociale) (Le Gall and Beriot 2014). C'est donc à cette échelle que se définissent généralement de nombreux enjeux, aussi bien centrés sur l'activité agricole que sur la relation de celle-ci avec son environnement (Renting et al. 2009).

A l'échelle d'un territoire, il est donc possible d'aborder le système agricole à travers une approche interdisciplinaire prenant en compte les interactions entre les activités agricoles

² Mazoyer définit un système agraire comme « *l'expression théorique d'un type d'agriculture historiquement constitué et géographiquement localisé, composé d'un écosystème cultivé caractéristique et d'un système social productif défini, celui-ci permettant d'exploiter durablement la fertilité de l'écosystème cultivé correspondant* ». (Mazoyer, 1997)

(production et commercialisation), les processus environnementaux, les dynamiques territoriales et les acteurs en situation (Lardon 2012). Houdart (2005) a par exemple construit une approche permettant d'analyser les pollutions aux pesticides d'un bassin versant en croisant les pratiques agricoles, le fonctionnement spatial des exploitations agricoles et les politiques de gestion du foncier à l'échelle territoriale.

4. UNE MULTITUDE D'ACTEURS CONCERNES PAR LE SYSTEME AGRICOLE

A travers ses interactions avec son environnement à différentes échelles spatiales, un système agricole implique une grande diversité d'acteurs. Le terme « acteur » a deux traductions en anglais. La première, « *stakeholder* », se réfère à un individu ou à un groupe d'individus concernés de manière spécifique, directement ou indirectement, par un enjeu ou un problème (Grimble and Wellard 1997). Cette définition ne fait pas explicitement référence aux actions de cet acteur. La seconde, « *actor* », se réfère à l'inverse à un individu ou à un groupe d'individus capable de prise de décision de manière relativement autonome (Pahl-Wostl 2003). Dans cette thèse, **je définis un acteur comme un individu concerné par le système agricole, qu'il l'influence et/ou en dépende**. Cet acteur n'est donc jamais un groupe, bien qu'il soit influencé par le(s) groupe(s) au(x)quel(s) il appartient (Grimble and Wellard 1997). Ces relations d'influence et/ou de dépendance d'un acteur vis-à-vis du système agricole peuvent varier selon le problème ou l'enjeu considéré (Grimble and Wellard 1997).

La plupart de ces acteurs ont une diversité de missions et d'activités en partie liées à leurs institutions de rattachement. Certains acteurs appartiennent par exemple à des institutions dont l'objectif est de favoriser le développement agricole selon des approches technico-économiques. D'autres institutions ont des missions territoriales et n'abordent le système agricole qu'à travers ses interactions avec les autres composantes du territoire (par exemple un Parc Naturel Régional). Les échelles d'action des acteurs, c'est-à-dire les échelles auxquelles et pour lesquelles ils prennent leurs décisions, peuvent varier depuis l'exploitation agricole jusqu'à la nation voire au-delà (Pahl-Wostl 2003). Les relations que les acteurs entretiennent conditionnent aussi leurs actions, décisions, et impacts sur le système agricole (Newig et al. 2010).

Chaque acteur, fort des expériences liées à ses missions et activités, possède des connaissances et points de vue qui lui sont propres sur le système agricole et les autres acteurs. Ces connaissances et points de vue représentent une richesse dont la science, dans un renouvellement de ses rapports avec la société, tente de tirer le meilleur parti avec l'essor des recherches participatives (Houllier 2016).

5. LA NECESSITE D'IMPLIQUER LES ACTEURS DANS L'ÉVALUATION DE LA DURABILITE DES SYSTEMES AGRICOLES

Les sciences participatives peuvent être définies comme des « *formes de production de connaissances scientifiques auxquelles des acteurs non scientifiques-professionnels [...] participent de façon active et délibérée* » (Houllier 2016). Les approches sont multiples selon les disciplines, les types de public visés, les formes d'engagement des participants et leurs rôles. Au sein de cette diversité d'approches, Houllier (2016) définit la recherche participative comme un type de sciences participatives « *visant à produire des connaissances actionnables dans une perspective d'innovation et de transformation sociale* »³. La participation peut donc être assimilée à un dialogue entre chercheurs et acteurs (Lynam et al. 2007). Dans certains cas, l'objectif de la participation est pragmatique : elle est un moyen de recueillir les connaissances des acteurs locaux afin d'obtenir des résultats de recherche plus adéquats (Van Asselt et al. 2001). Dans d'autres cas, cet objectif est normatif : le processus de recherche vise alors non seulement à produire de la connaissance scientifique, mais aussi à participer à la résolution de problèmes et à des changements opérationnels sur les terrains d'intervention (Lynam et al. 2007; Faure et al. 2010). La participation est alors une fin en soi, et l'approche se veut collaborative. Les thèmes abordés par ces types de recherche peuvent notamment être l'émergence d'innovations techniques correspondant aux besoins et contraintes des acteurs (Neef and Neubert 2011), l'amélioration des compétences de ceux-ci, par exemple via des dispositifs de conseil efficaces (Faure et al. 2010), ou l'émergence de nouveaux dispositifs de collaboration entre acteurs à l'échelle des territoires (Hare et al. 2003).

Mes travaux visant l'émergence de systèmes agricoles plus durables, trois objectifs assignés à la participation des acteurs occupent une place centrale dans cette thèse et seront détaillés dans le chapitre 2.

Tout d'abord, les acteurs sont porteurs de **connaissances et de points de vue spécifiques** sur le système agricole, qu'il convient de prendre en compte pour une évaluation de la durabilité connectée au contexte local (Zahm et al. 2015). Je me place ainsi dans une approche constructiviste, selon laquelle la réalité n'est pas unique mais est construite différemment par chaque individu, en fonction de sa perception de son environnement et de son histoire personnelle, et évolue au cours

³ Houllier différencie les recherches participatives des sciences citoyennes, définies comme la « *contribution des citoyens-amateurs à la collecte et à l'analyse de données* », et des *community based research*, correspondant à une « *collaboration entre chercheurs et groupes concernés pour diagnostiquer et résoudre des problèmes qui les affectent* » (mouvement qui s'inscrit historiquement dans les relations des pouvoirs publics avec les communautés indigènes au Canada et Etats-Unis).

du temps (Röling 1996). La réalité du chercheur ne prévaut donc pas sur les réalités individuelles des acteurs, qui doivent être prises en compte (Faure et al. 2010).

Une évaluation participative de la durabilité permet aussi de **générer des apprentissages** des acteurs quant aux caractéristiques, dynamiques, et performances du système agricole (Dougill et al. 2006). Ces apprentissages peuvent ensuite être mobilisés pour concevoir et explorer des leviers d'action pour un système agricole plus durable, que ces leviers d'action soient directs (modification des pratiques agricoles) ou indirects (par exemple incitations pour favoriser certaines pratiques). Ils permettent aussi de faire face aux fortes incertitudes inhérentes à l'évolution du système agricole et de son contexte (Leith et al. 2014), et permettent ainsi une meilleure adaptation des acteurs face à ces changements incertains (López-Ridaura et al. 2002).

La participation des acteurs à l'évaluation du système agricole permet enfin de stimuler le **partage de leurs représentations, c'est-à-dire de leurs points de vue, connaissances, valeurs et normes** (une définition plus précise en sera donnée dans le chapitre 2). Ce partage des représentations permet à terme de favoriser leur **collaboration, que je définis comme la prise en compte des avis, objectifs et contraintes de l'ensemble des acteurs dans leurs décisions, ainsi que des conséquences potentielles de celles-ci sur ces acteurs** (Beuret 2006). A travers des transferts de connaissances, ce partage des représentations permet aussi des apprentissages des acteurs sur le système agricole (Bouwen and Taillieu 2004).

La co-construction et l'utilisation d'un modèle d'évaluation de la durabilité du système agricole par l'ensemble des acteurs concernés peut contribuer à l'atteinte de ces trois objectifs (Souchère et al. 2010). Le processus de modélisation stimule en effet une réflexion collective qui permet à la fois des apprentissages et un partage des représentations (Daré et al. 2010). De plus, l'utilisation d'un modèle permet la production de résultats qui contribuent aux apprentissages des acteurs (Souchère et al. 2010). Les modalités de modélisation et d'évaluation d'un système agricole sont donc centrales dans ma thèse.

6. MODELISER POUR EVALUER LA DURABILITE DES SYSTEMES AGRICOLES

En sciences agronomiques, de nombreuses approches de modélisation, participatives ou non, ont été développées afin de permettre l'évaluation de la durabilité d'un système agricole à diverses échelles.

A l'échelle de l'exploitation agricole ou de la parcelle, ces démarches sont généralement centrées sur les dimensions agronomiques et technico-économiques des systèmes agricoles. Certains modèles consistent en des ensembles d'indicateurs adaptés pour chaque système agricole et calculés

uniquement à l'échelle de la parcelle (Colomb and Glandières 2001; Van Cauwenbergh et al. 2007; Castoldi and Bechini 2010). D'autres approches prennent en compte à la fois l'échelle de la parcelle et celle de l'exploitation agricole, et permettent ainsi une meilleure prise en compte des logiques d'action et de décision des agriculteurs. Ces approches peuvent être utilisées pour l'accompagnement individuels des agriculteurs dans le cadre d'activités de conseil (par exemple Jakku and Thornurn 2010), ou pour l'aide à la conception de systèmes de culture innovants (par exemple Reau et al. 2010).

D'autres approches d'évaluation de la durabilité sont pensées à des **échelles allant de l'échelle régionale à une échelle internationale**. Elles sont généralement centrées sur le développement de scénarii intégrant des dimensions politiques, socio-économiques et climatiques, et utilisent des modèles d'évolution des usages des sols (*Land Use/Land Cover Models*) (par exemple Kok et al. 2007 ; Patel et al. 2007, Piorr et al. 2009). Dans ces modèles, les contraintes économiques et structurelles des exploitations agricoles (par exemple l'amortissement du matériel, le temps de travail, les contraintes liées à leur taille) et les logiques d'action des agriculteurs (par exemple pour définir les assolements et rotations) ne sont pas prises en compte de manière explicite.

A l'échelle d'une petite région agricole, les approches d'évaluation de la durabilité sont également diverses. Certaines de ces approches abordent la multifonctionnalité de l'agriculture à travers la prise en compte de multiples critères (Rossing et al. 2007; Renting et al. 2009). Ces approches sont alors parfois dites « intégrées », c'est-à-dire « *combinant, interprétant et communiquant des connaissances provenant de différentes disciplines de manière à ce que l'ensemble des interactions de cause à effet d'un problème puissent être évaluées d'une manière synoptique* » (Rotmans 1998). Lamanda et al. (2012) ont construit un protocole permettant la conceptualisation des systèmes agricoles afin d'explorer leurs différentes dimensions et dynamiques et de guider la collecte de données supplémentaires pour leur analyse. Delmotte et al. (2016) ont développé une démarche d'évaluation de la durabilité du système agricole camarguais permettant de considérer les échelles de la parcelle et de l'exploitation agricole, et prenant en compte les logiques d'action des agriculteurs. Cette démarche présente l'intérêt d'être : (i) multicritère, prenant ainsi en compte les différentes dimensions du système agricole et ses multiples enjeux ; (ii) multi-échelle, permettant ainsi d'explorer les relations entre les niveaux spatiaux ; (iii) prospective, considérant ainsi les incertitudes liées au futur ; et (iv) participative. Ces quatre caractéristiques sont considérées comme nécessaires pour permettre une évaluation pertinente de la durabilité d'un système agricole (Delmotte et al. 2013), comme je le détaillerai dans le chapitre 2.

Bien que la participation des acteurs pour l'évaluation de la durabilité des systèmes agricoles soit de plus en plus reconnue comme pertinente (Neef and Neubert 2011), elle est généralement vue en priorité comme un moyen de mobiliser les connaissances des acteurs. Les deux autres objectifs de la participation que j'ai mentionnés auparavant (partage des représentations, apprentissages), sont plus secondaires et même parfois non abordés. La participation des acteurs à la démarche d'évaluation du système agricole est alors ponctuelle : ils peuvent ainsi intervenir au début du processus de modélisation pour fournir des données et connaissances, ou bien uniquement à la fin, lors de la mise en discussion des résultats obtenus. Dans des contextes autres que l'évaluation de la durabilité des systèmes agricoles, des démarches visent prioritairement à renforcer le partage des représentations et les apprentissages des acteurs. La place des acteurs dans le processus de modélisation est alors plus importante. C'est par exemple le cas des démarches de modélisation collaborative, à l'instar de celle développée dans cette thèse.

7. LA MODELISATION COLLABORATIVE : UNE APPROCHE POUR PARTAGER LES REPRESENTATIONS ET STIMULER LES APPRENTISSAGES

La modélisation collaborative a pour objectif de favoriser le partage des représentations et les apprentissages d'un ensemble d'acteurs, en premier lieu via la construction d'un modèle du système considéré (Renger et al. 2008). Ce modèle peut être graphique (modèle conceptuel prenant la forme d'un diagramme par exemple) ou informatique (modèle de simulation multi-agent par exemple).

Dans les approches de modélisation collaborative, le modèle est co-construit, c'est-à-dire que sa construction implique plusieurs acteurs et chercheurs contribuant de manière équilibrée aux différentes tâches de modélisation (par exemple à l'apport de connaissances ou à la structuration du modèle). Le processus de co-construction est itératif, basé sur une alternance de phases de modélisation et de validation/exploration de ce modèle, toutes deux réalisées de manière participative (Grimm et al. 2014). Les démarches de modélisation collaborative se basant sur une vision constructiviste, la subjectivité du chercheur doit être constamment explicité auprès des acteurs afin de permettre une objectivation des hypothèses et une mise en perspective des résultats obtenus (ComMod 2005; Gasselin and Lavigne Deville 2010). Parce qu'il résulte de l'expression et de l'articulation de la diversité de points de vue et de connaissances, le modèle correspond à une description du système qui est partagée par l'ensemble de ces acteurs. Ce modèle est alors un objet intermédiaire, dont la construction génère discussions, apprentissages, et réflexions (Vinck 1999).

Plusieurs courants de modélisation collaborative ont été développés dans des domaines variés. J'en présente ci-dessous quelques exemples.

Les **approches de structuration et de résolution des problèmes** complexes ont initialement été développées dans le cadre de recherches opérationnelles en sciences de gestion des entreprises, puis ont été élargies au domaine des ressources naturelles (Mingers and Rosenhead 2004). Elles ont pour objectif la recherche de solutions opérationnelles et stratégiques à un problème complexe, et se basent sur le postulat que la structuration de ces problèmes permet leur résolution. Ces démarches s'appuient généralement sur des modèles non informatisés permettant de représenter de manière qualitative des systèmes complexes et leurs dynamiques (Mendoza and Prabhu 2006).

Les approches « **mediated modelling** » ont été développées pour la résolution de conflits ou problèmes liés à la gestion des ressources naturelles. Dans ce cas, le chercheur facilitant la démarche est aussi un médiateur et a un rôle d'intermédiaire entre les acteurs pour aider à la résolution de ces conflits (Van den Belt 2004). Ces démarches se basent généralement sur le développement de modèles de systèmes dynamiques (*systems dynamics* en anglais), centrés sur la représentation des relations de cause à effet entre les composantes du système afin d'en explorer les dynamiques (Antunes et al. 2006).

La **modélisation d'accompagnement** est un courant de modélisation collaborative développé dans le cadre de la gestion des ressources naturelles renouvelables. Les démarches de modélisation d'accompagnement ont deux principaux objectifs. Elles visent à améliorer la compréhension des systèmes complexes (Bah et al. 2006) et des règles de décision des acteurs (Le Page et al. 2014). Elles cherchent aussi à appuyer la gestion concertée du système considéré, via la modification des perceptions des acteurs, la modification de leurs manières d'interagir, ou directement la modification de leurs actions (ComMod 2009). La modélisation d'accompagnement se distingue des autres types de modélisation collaborative par l'importance accordée à la posture du chercheur, explicitée dans une charte (ComMod 2005). Les fondements de celle-ci sont : (i) la transparence quant aux hypothèses faites par le chercheur et quant à la procédure de co-construction du modèle, (ii) la remise en cause permanente de celui-ci par les acteurs, et (iii) la prise en compte du chercheur comme acteur à part égale aux autres dans le processus. Cette posture ayant été mobilisée dans le cadre de cette thèse, elle sera détaillée dans le chapitre 2.

Les approches de modélisation collaborative ont généralement été utilisées dans un contexte de gestion de ressources naturelles. Certaines de ces approches abordent les systèmes agricoles, mais sont alors plutôt centrées sur la gestion collective de certaines ressources agricoles partagées, comme l'eau d'irrigation (Daniell 2008), le foncier (d'Aquino and Bah 2013) ou les risques d'érosion au niveau d'un bassin versant (Souchère et al. 2010). Les autres composantes des systèmes agricoles n'ayant pas cette dimension collective (comme les systèmes de culture à l'échelle de la parcelle ou les dimensions économiques des exploitations) ne sont alors que secondaires et représentées de

manière plus rudimentaire dans ces modèles. Se pose alors la question d'une représentation plus fine des systèmes agricoles au cours des démarches de modélisation collaborative.

8. PROBLEMATIQUE DE LA THESE

La modélisation collaborative semble donc être une approche pertinente pour permettre aux acteurs de réfléchir collectivement aux conditions favorisant la durabilité d'un système agricole. Elle se fonde d'une part sur la co-construction d'un modèle par ces acteurs, ce qui favorise un partage de leurs représentations (incluant leurs connaissances). D'autre part, l'exploitation des résultats obtenus par le modèle doit permettre d'explorer des leviers d'actions et de renforcer l'adaptabilité des acteurs face à des évolutions de ce système agricole. Les applications de démarches de modélisation collaborative pour l'évaluation de la durabilité des systèmes agricoles sont cependant rares.

Dans le cadre de cette thèse, une démarche de modélisation collaborative a été conçue et mise en œuvre sur le plateau de Valensole, un territoire du sud de la France. Elle a pour objectif de favoriser la réflexion collective sur la durabilité des systèmes agricoles par le partage des représentations des acteurs et la mise en œuvre d'une dynamique d'apprentissage. « **Comment et jusqu'à quel point ces objectifs peuvent-ils être atteints ?** », est la question qui a guidé la mise en œuvre de ce travail de recherche.

9. CONTEXTE DE LA THESE

9.1. LE PROJET CLIMATAC

La thèse a été réalisée dans le cadre du projet CLIMATAC (ACcompagnement des acteurs de Territoires agricoles pour l'atténuation du changement CLIMAtique), conduit de 2012 à 2016 et coordonné par l'UMR Innovation (INRA). Ce projet, et donc cette thèse, ont été financés par l'ADEME⁴ dans le cadre d'un appel d'offre visant la recherche de leviers pour l'atténuation du changement climatique dû aux consommations d'énergie et émissions de gaz à effet de serre du secteur agricole (appel à projet REACT-TIF⁵). Deux terrains ont été concernés par le projet : le plateau de Valensole, sur lequel s'est déroulée cette thèse, et la Camargue.

L'objectif du projet CLIMATAC était de « *proposer, tester et évaluer une démarche au caractère générique pour accompagner les acteurs locaux de territoire dans la mise en œuvre de leurs réflexions*

⁴ Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

⁵ « Recherche sur l'Atténuation du Changement Climatique par l'agriculture et la forêt »

concernant les évolutions à favoriser pour les systèmes agricoles d'un territoire donné »⁶. Le projet CLIMATAC visait aussi une meilleure prise en compte des enjeux d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre et des consommations énergétiques d'origine agricole dans les actions et plans d'actions des acteurs locaux. Des leviers d'actions à l'échelle territoriale et des compromis possibles avec les autres enjeux auxquels font face les systèmes agricoles devaient ainsi être explorés.

Plusieurs partenaires se sont impliqués aux côtés de l'UMR Innovation dans ce projet. L'UR Green (CIRAD) s'est investie tout au long du projet sur les aspects d'animation et de modélisation informatique. L'unité *Farming System Ecology* (université de Wageningen) a réalisé une évaluation du dispositif de partenariat entre chercheurs et agriculteurs en Camargue. Enfin, l'école d'agronomie Montpellier SupAgro est intervenue, via la contribution d'étudiants, pour la réalisation d'un diagnostic agronomique sur le plateau de Valensole.

Le projet CLIMATAC a fait suite à une première démarche d'accompagnement mise en œuvre en Camargue par l'un des initiateurs du projet (Delmotte et al. 2016). Afin d'approfondir le travail et les réflexions qui avaient alors été amorcés, la Camargue a été choisie comme terrain d'étude du projet CLIMATAC. Le choix d'un second terrain, le plateau de Valensole, répondait à l'objectif de conduire une démarche analogue dans un territoire où l'équipe de recherche ne bénéficiait d'aucune antériorité. En effet, la Camargue est un terrain historique de l'UMR Innovation, qui y a acquis données, expertise et légitimité auprès des acteurs. La mise en œuvre de la démarche sur deux terrains permettait aussi de questionner la généricité de celle-ci et de dégager une réflexion sur la prise en compte des spécificités locales.

Le plateau de Valensole comme terrain d'étude pour le projet CLIMATAC a été suggéré par un ingénieur d'Arvalis-Institut du Végétal œuvrant à l'échelle de la région PACA et ayant participé à la première démarche mise en œuvre en Camargue en amont du projet. Une volonté de réfléchir collectivement à la durabilité du système agricole du territoire émergeait en effet de la part de plusieurs acteurs. La relative simplicité de ce système agricole, spécialisé et basé sur de grandes cultures, facilitait de plus son analyse et sa modélisation dans le temps imparti du projet.

9.2. LE PLATEAU DE VALENSOLE

Le plateau de Valensole s'étend sur environ 50 000 hectares dans le Sud du département des Alpes de Haute Provence, à des altitudes variant entre 400 à 800 mètres. (Figure 1-1). Il s'étend sur le territoire de quinze communes, dont la plus grande, Valensole, possède environ 3 500 habitants. La surface agricole utile représente environ 50 % de sa superficie totale.

⁶ Citation extraite de la réponse à l'appel à projet REACT-TIF

Le plateau de Valensole est bordé à l'ouest par la vallée de la Durance, fortement urbanisée et correspondant à un axe de communication important entre la plaine côtière industrialisée et touristique et les Alpes du sud. Localisée dans cette vallée, Manosque, plus grande ville du département (20 000 habitants) est un bassin économique important et constitue un pôle d'emploi non négligeable pour les communes du plateau de Valensole (53 % des actifs de la commune de Valensole y travaille) (Scot 2012). Au sud, le plateau de Valensole est délimité par la rivière du Verdon et trois lacs artificiels construits sur son cours pour l'énergie hydraulique dans les années 1970: les lacs de Sainte-Croix, d'Esparron et de Quinson. Ces lacs, ainsi que les gorges du Verdon situées en amont, sont mondialement réputés et attirent chaque année environ 1,5 millions de touristes (Verdon 2008). Enfin, les premiers contreforts alpins du Nord -Est du plateau de Valensole sont peu densément peuplés et ont une activité économique peu développée.

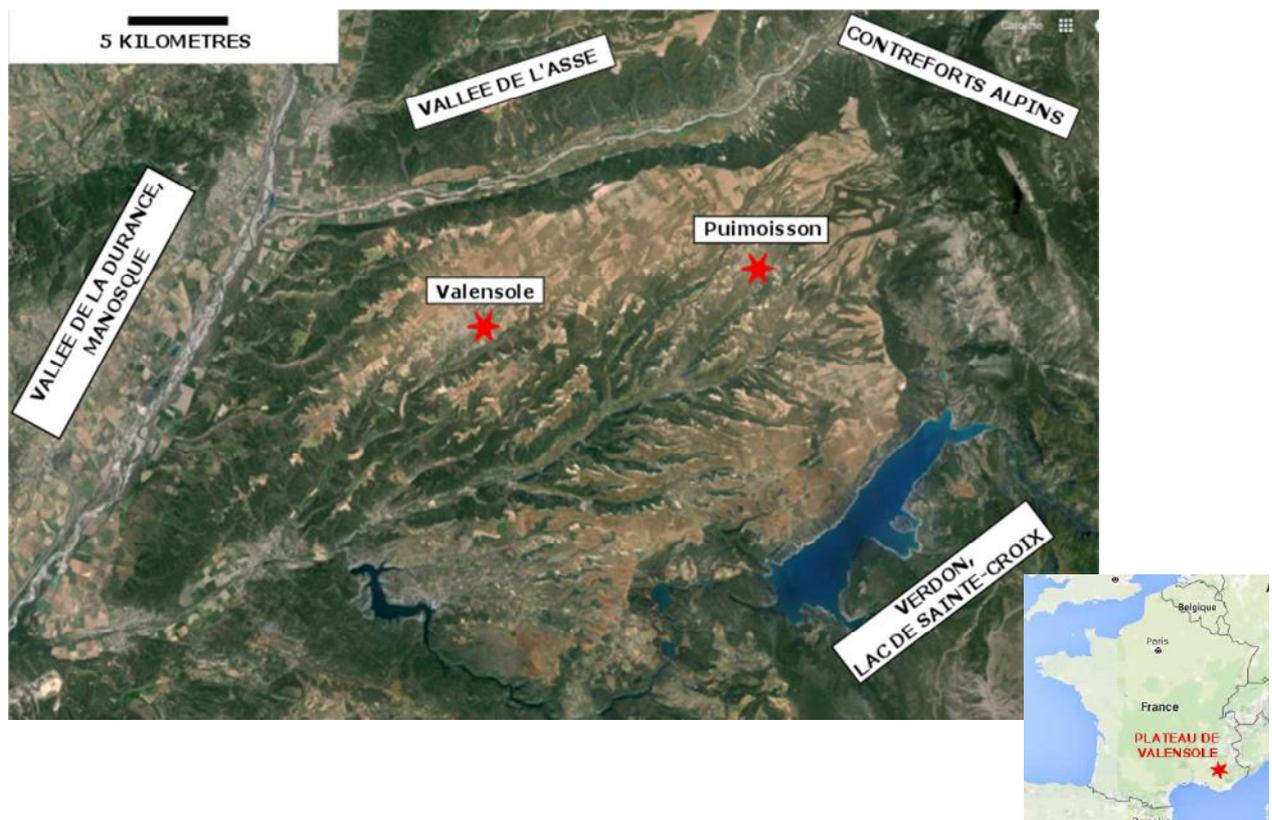


FIGURE 1-1 : IMAGE SATELLITE DU PLATEAU DE VALENSOLE, ET REPERES GEOGRAPHIQUES ENVIRONNANTS. LES ETOILES ROUGES REPRESENTENT LES DEUX PRINCIPALES VILLES DU PLATEAU DE VALENSOLE (GOOGLE EARTH)

Le cours d'eau principal du territoire, le Collostre, forme une vallée orientée du Nord-Est au Sud-Ouest. Ses nombreux affluents ont creusé autant de petites vallées délimitant des bandes parfois étroites de plateau. Ce relief permet de distinguer trois grands ensembles : des zones de plateau, des fonds de vallée, et les versants des vallées (Figure 1-2) (Lang and Ramseyer 2011).

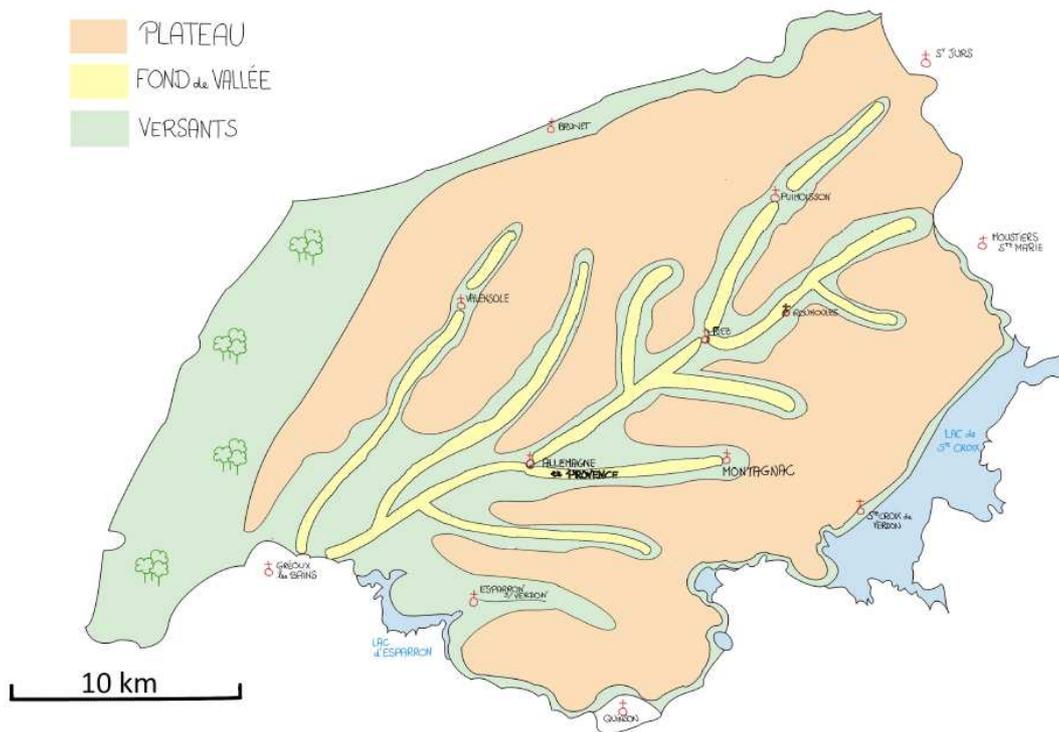


FIGURE 1-2 : DELIMITATION DE ZONES DE PLATEAU, DE FONDS DE VALLEE ET DE VERSANTS BOISES. FIGURE ISSUE DE LANG ET RAMSEYER (2011)

L'activité agricole est principalement localisée sur les zones de plateau. Les exploitations agricoles sont généralement de grande taille (100 hectares en moyenne) et sont centrées sur la culture de blé dur et de lavandin, plante à parfum semi-pérenne (Figure 1-3). Ces deux cultures couvrent plus de la moitié de la surface agricole utile du plateau de Valensole. Le climat de type méditerranéen du plateau de Valensole limite le développement d'autres cultures (par exemple le maïs). Les rotations sont donc peu diversifiées, entraînant divers problèmes agronomiques, comme des maladies du lavandin, une diminution de la fertilité des sols, ou une difficile valorisation des apports d'engrais azotés sur le blé. Le lavandin attire de nombreux apiculteurs lorsqu'il est en fleur (juillet), le miel de lavandin étant un produit réputé et ayant une valeur ajoutée importante. Il contribue aussi largement à l'attractivité touristique du plateau de Valensole, en offrant à la vue des visiteurs les paysages emblématiques de la Provence composés de grands espaces ouverts cultivés en lavandin et blé dur. Les fonds de vallée sont caractérisés par un parcellaire petit et peu accessible et sont peu valorisés d'un point de vue agricole. On y observe cependant quelques productions à forte valeur ajoutée (horticulture, fraises, pépinières de boutures de lavandin), favorisées par l'accès à l'irrigation grâce aux cours d'eau (Revel-Mouroz 2013). Enfin, les versants de vallées, de pentes élevées, sont boisés. On y trouve aussi quelques activités d'élevage ovins viande et caprins lait (Revel-Mouroz 2013).

Un diagnostic préliminaire du plateau de Valensole a été réalisé au début de cette recherche et sera présenté en détail dans le chapitre 2.



FIGURE 1-3 : LAVANDIN (AU PREMIER PLAN) ET BLE DUR (AU SECOND PLAN) SUR LE PLATEAU DE VALENSOLE (CLICHE PERSONNEL)

10. PLAN DE LA THESE

Ce manuscrit est organisé en 7 chapitres. Dans le **chapitre 2**, je présente les principales caractéristiques de la démarche conçue et mise en œuvre au cours de la thèse. Le **chapitre 3**, constitué d'un article scientifique rédigé en anglais qui a été soumis à la revue *Ecology and Society* (en révision à la date de la soumission de cette thèse), présente une méthode de diagnostic préliminaire permettant d'identifier et caractériser les acteurs, les enjeux de l'agriculture sur le plateau de Valensole tels qu'exprimés par ceux-ci, et la diversité de leurs points de vue et représentations. Le **chapitre 4** montre le déroulement de la première phase de la démarche, qui visait à formuler collectivement un problème à traiter et à engager les acteurs dans une dynamique collective. Dans le **chapitre 5**, le processus de co-construction du modèle informatique destiné à évaluer la durabilité du système agricole est décrit ; je mets en avant comment différentes formes de connaissances et différents points de vue portés par les acteurs sur le système agricole ont été articulés. Dans le **chapitre 6**, les résultats d'évaluation de la durabilité du système agricole obtenus grâce à ce modèle informatique sont présentés, à la fois pour la situation actuelle mais aussi pour deux scénarii d'évolution de l'agriculture du plateau de Valensole ; les apports de ces résultats pour une réflexion collective entre les acteurs sont précisés et discutés. Enfin, le **chapitre 7** revient sur l'ensemble de la démarche mise en œuvre et sur les outils construits pour une évaluation d'ensemble et des mises en perspectives.

La démarche mise en œuvre dans cette thèse revêt un aspect très collectif car elle a été mise en place dans le cadre d'un projet de recherche ayant impliqué plusieurs chercheurs. Si les décisions quant à la conception et à la mise en œuvre de la démarche ont été prises de manière collective, j'ai réalisé l'essentiel des tâches présentées dans ce manuscrit. L'implication des autres chercheurs dans la réalisation des différentes tâches sera précisée quand nécessaire, et le « nous » réfère à ce collectif.

CHAPITRE 2

DEMARCHE MISE EN ŒUVRE

Avant-propos

Ce chapitre a pour objectif de présenter les principales caractéristiques de la démarche mise en œuvre sur le plateau de Valensole (Figure 2-1). Ses **principes de conception** seront présentés dans la première partie de ce chapitre et ses **objectifs** en seconde partie. Cette démarche repose sur la co-construction et l'utilisation d'objets intermédiaires pour stimuler une réflexion collective entre les participants. Un modèle informatique et des scénarii exploratoires ont notamment été co-construits pour permettre une **évaluation de la durabilité du système agricole** (voir partie 3). Le calendrier de participation et les **rôles tenus** par les participants (acteurs et chercheurs) ont conditionné le déroulement de la démarche, et en particulier les processus de co-construction des objets ; je spécifie ces rôles en partie 4. Nos caractéristiques en tant que **chercheurs** (discipline, expérience, posture) et nos interactions ont influencé la façon de concevoir et de mettre en œuvre la démarche ; elles sont détaillées en partie 5. Les **acteurs participants** ont également largement influencé la mise en œuvre de la démarche. Les critères ayant permis de sélectionner ces acteurs et leurs principales caractéristiques (missions, points de vue, connaissances) sont présentés en partie 6. Enfin, les **principales phases** qui se sont enchaînées au cours de la démarche sont présentées en partie 7.

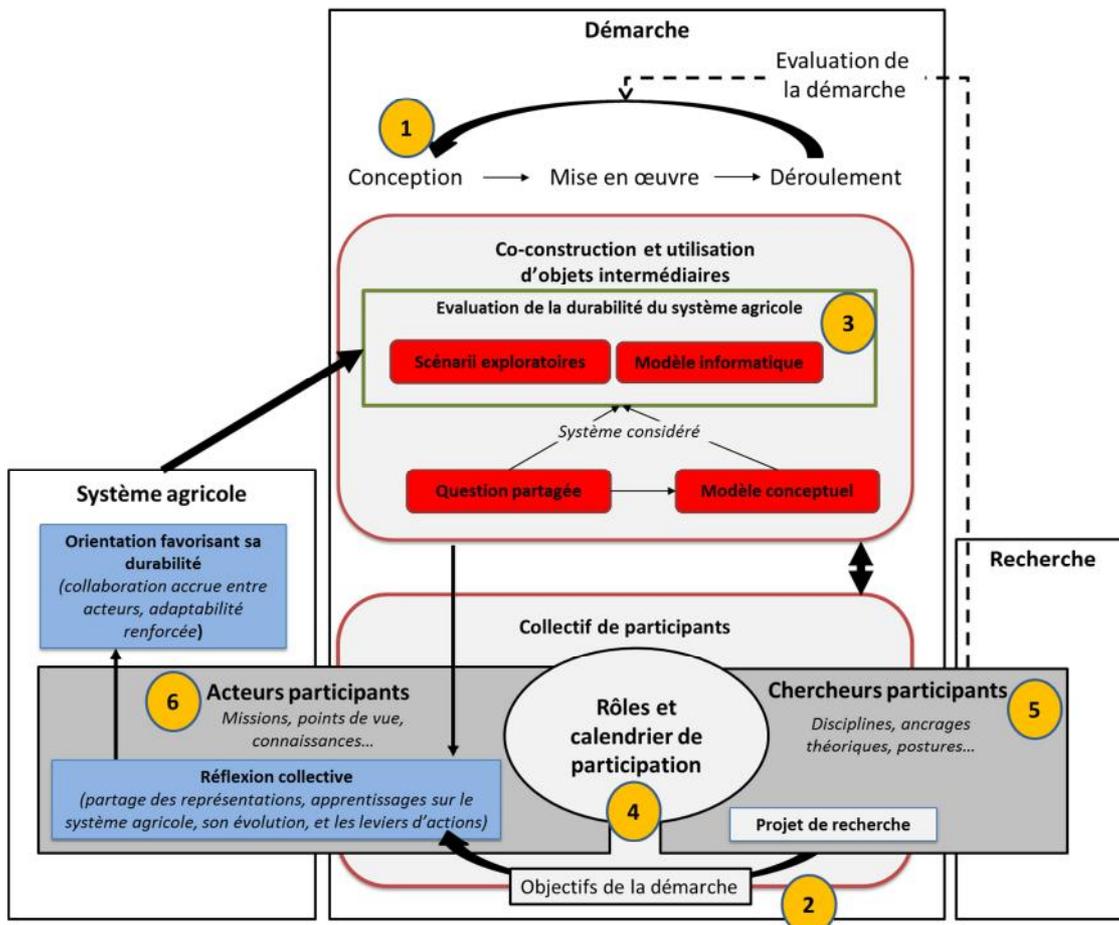


FIGURE 2-1 : PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE LA DEMARCHE (EN BLEU LES OBJECTIFS OPERATIONNELS DE LA DEMARCHE. EN ROUGE LES OBJETS INTERMEDIAIRES CONSTRUITS ET UTILISES AU COURS DE LA DEMARCHE. LES NUMEROS CORRESPONDENT AUX PARTIES DU CHAPITRE DANS LESQUELLES CES CARACTERISTIQUES SONT ABORDES

1. UNE CONCEPTION ADAPTATIVE DE LA DEMARCHE

La conception de la démarche inclut toutes les décisions que nous avons prises quant à la nature, la succession, et les modalités de réalisation (comme les méthodes d'animation utilisées) de chaque étape. La mise en œuvre de la démarche peut être différenciée de son déroulement qui implique des éléments non maîtrisables par les animateurs (Argyris 1999) (Figure 2-1). En effet, le déroulement de tout processus participatif est influencé par le contexte qui évolue constamment (Kolkman et al. 2005; Renger et al. 2008). La démarche doit donc être conçue de manière à pouvoir être adaptée chemin faisant (Reed 2008; Barreteau et al. 2010; Voinov and Bousquet 2010). Les principaux éléments de contexte pouvant évoluer sont : (i) les caractéristiques propres aux acteurs participants, et notamment leurs personnalités, ressources ou stratégies, activités (Kolkman et al. 2005; Prell et al. 2007) ; (ii) les relations entre ces acteurs participants, comme des conflits, ou des relations de pouvoir (Barnaud et al. 2010) ; (iii) la mise en place de nouveaux projets ; ou encore (iv) l'actualisation des enjeux ou problèmes relatifs à la durabilité du système agricole. La mise en œuvre de la démarche génère elle aussi de nouvelles configurations : les résultats obtenus peuvent faire émerger de nouveaux comportements ou une évolution des relations entre les acteurs.

Ainsi, la démarche mise en œuvre sur le plateau de Valensole a constamment été ajustée. En plus de permettre la flexibilité de la démarche, cette conception *in itinere* a permis aux acteurs d'avoir une influence sur son déroulement en fonction de leurs intérêts, préoccupations, et contraintes de calendrier.

2. OBJECTIFS DE LA DEMARCHE

La démarche présentée dans cette thèse vise à accompagner une réflexion collective entre acteurs concernés par le système agricole du plateau de Valensole de manière à explorer les conditions favorisant sa durabilité. Cette réflexion collective est permise par la co-construction d'un modèle et son utilisation pour évaluer la durabilité du système agricole. Comme je le détaille ci-dessous, ce processus doit permettre aux acteurs: (i) de partager leurs représentations ; et (ii) de contribuer à leurs apprentissages concernant le système agricole, ses potentielles évolutions, et les leviers d'actions mobilisables.

2.1. PARTAGER LES REPRESENTATIONS DES ACTEURS

La durabilité d'un système agricole, concernant et influencée par une multitude d'acteurs, peut être vue comme un problème complexe (Conklin 2001). Un problème complexe n'existe pas en lui-même, mais uniquement via les interprétations multiples qu'en font ces acteurs (Conklin 2001). De même, il n'existe pas de solution unique à ce problème, mais une multitude convenant à des degrés

différents à chacun de ces acteurs. Si tous les acteurs d'un territoire admettent généralement la nécessité d'un système agricole plus durable, la diversité de leurs activités et représentations limite ainsi la résolution des problèmes qu'ils identifient au sein du système agricole (Brugnach and Ingram 2012). La collaboration entre les acteurs est donc considéré comme une condition nécessaire pour permettre la résolution de ces problèmes (Beuret 2006).

Dans cette thèse, nous rapprochons la notion de « représentation » de celle de « modèle mental », défini comme la représentation abstraite d'une situation ou d'un système dans l'esprit d'un individu (Forrester 2007). Le modèle mental d'un acteur concerné par un système agricole intègre différentes dimensions (Doyle and Ford 1998):

- ses **intérêts et objectifs**, qui peuvent être ceux de son institution ou lui être plus personnels;
- ses **connaissances** sur les caractéristiques et les dynamiques du système agricole et/ou du territoire, et qui sont par exemple d'ordre économique, biophysique ou politique ;
- **l'importance qu'il accorde aux différents enjeux et problèmes** rencontrés par le système agricole, cette importance étant liée à ses intérêts, objectifs, connaissances et à sa relation de dépendance envers le système agricole ;
- la manière dont il perçoit les **autres acteurs du territoire**, leurs actions et points de vue;
- ses **croyances et ses valeurs** (Maani and Cavana 2007).

En construisant ensemble un modèle, vu ici comme une description du système agricole faisant sens pour chacun d'eux, les acteurs échangent, confrontent et font converger leurs représentations (Daré et al. 2010). Ce processus, qui peut s'assimiler à un processus d'apprentissage social⁷, favorise leur collaboration (Mingers and Rosenhead 2004). L'objectif ici n'est pas d'atteindre un consensus, ni de gommer la diversité des représentations individuelles des acteurs, mais plutôt de construire une base commune pouvant servir de support à l'expression et à la mise en perspective de cette diversité (Barnaud 2008). Un tel partage des représentations est aussi associé au renforcement des compétences organisationnelles et relationnelles des acteurs (par exemple capacité d'écoute, d'expression) (Daré et al. 2010).

Ce partage des représentations est donc un objectif de la démarche mise en œuvre sur le plateau de Valensole. En renforçant la collaboration entre les acteurs concernés par un système agricole, il permet en effet indirectement de favoriser la durabilité de ce dernier.

⁷ Un apprentissage est un processus par lequel un individu acquiert de nouvelles connaissances, de nouvelles compétences, ou change sa perception de son environnement (Newig 2010). Il est qualifié de social lorsqu'il est permis par des interactions collectives (Steyaert 2007)

2.2. FAVORISER LES APPRENTISSAGES POUR FAIRE FACE AUX INCERTITUDES PROPRES AUX SYSTEMES AGRICOLES

L'amélioration de la durabilité d'un système agricole implique aussi des apprentissages des acteurs quant à ses caractéristiques, performances et dynamiques. Ces apprentissages permettent en effet l'identification de leviers d'actions améliorant des performances des systèmes agricoles. Ces leviers d'actions peuvent porter directement sur les pratiques agricoles ou être mis en œuvre à des échelles plus larges pour orienter ces pratiques agricoles. Ces apprentissages sont réalisés en permanence par les acteurs (Goulet et al. 2008).

La complexité du système agricole induit aussi des incertitudes fortes quant à son évolution (Leith et al. 2014). Ces incertitudes sont aussi liées au caractère imprévisible de l'évolution de son contexte économique, environnemental, et social. L'adaptabilité du système face à ces changements est alors une condition *sine qua non* pour la durabilité du système (López-Ridaura et al. 2002). Concept clé de la théorie de la résilience, l'adaptabilité d'un système est définie comme sa capacité à s'adapter aux changements et perturbations et d'atténuer leurs effets (Löff 2010). Elle implique l'adaptabilité des prises de décision des acteurs, permise par des apprentissages quant à la nature des changements possibles, les leviers d'action qui pourraient alors être mobilisés, et leurs conséquences.

Favoriser les apprentissages des acteurs quant aux caractéristiques, dynamiques, et évolutions du système agricole permet donc de favoriser leur adaptabilité, et donc, indirectement, de favoriser la durabilité du système agricole. C'est donc le second objectif de la démarche mise en œuvre sur le plateau de Valensole.

3. UN MODELE POUR EVALUER LA DURABILITE DU SYSTEME AGRICOLE

La démarche présentée dans cette thèse repose sur la co-construction d'un modèle d'évaluation du système agricole. Ce modèle doit permettre d'évaluer et mettre en discussion la durabilité du système agricole à travers l'évaluation de ses performances actuelles et l'exploration de situations alternatives au système agricole actuel. Plusieurs critères ont été considérés comme nécessaires pour permettre une telle évaluation de la durabilité du système agricole. Je les détaille ci-dessous.

3.1. UNE CO-CONSTRUCTION EX NIHILO DU MODELE

Les modalités de participation des acteurs à la co-construction du modèle varient selon les démarches de modélisation collaborative. Dans certains cas, le modèle est co-construit *ex nihilo*. Les

acteurs participent à l'ensemble du processus de construction du modèle : délimitation du système représenté, structure du modèle conceptuel, degré de sophistication des différents composants, sélection des données d'entrée utilisées (voir par exemple Campo et al. 2010). Dans d'autres cas, ils ne participent qu'à certaines étapes relatives à la construction du modèle, concernant par exemple les apports de données, ou encore l'amélioration d'un modèle préexistant (voir par exemple Dray et al. 2006 ; Souchère et al. 2010). Enfin, ils peuvent ne participer qu'à une phase finale d'évaluation de scénarii via un modèle dont la construction a été non participative (voir par exemple Hossard et al. 2013).

Dans notre cas, nous avons fait le choix de développer le modèle *ex nihilo* avec les acteurs, afin d'accroître : (i) la maîtrise par les acteurs de toutes les composantes du modèle ; (ii) la prise en compte de leurs connaissances ; (iii) le sentiment d'appropriation du modèle ; et (iv) via ces trois points, le maintien, voire le renforcement de l'engagement des acteurs. Le modèle a constamment été remis en question et amélioré via l'appréhension des points de vue et connaissances des acteurs. Ce processus itératif permet aussi de faire évoluer les questions abordées avec les acteurs et d'adapter le processus à l'évolution des réflexions et apprentissages des acteurs (Barreteau et al. 2010).

3.2. UN MODELE PERMETTANT UNE EVALUATION MULTICRITERE DU SYSTEME AGRICOLE

La durabilité d'un système agricole dépend d'enjeux, d'opportunités, et de problèmes identifiés par les acteurs à une échelle locale (Allaire and Dupeuble 2004). Les critères d'évaluation pris en compte dans un modèle doivent donc être définis au cas par cas pour chaque système agricole (López-Ridaura et al. 2002). Les méthodes d'évaluation de la durabilité basées sur des critères et indicateurs génériques et définis *a priori*, à l'échelle de la parcelle (Bockstaller and Girardin 2003) ou de l'exploitation (Rigby et al. 2001) ont donc été considérées comme non pertinentes.

Aussi les critères d'évaluation de la durabilité ont été définis et construits au cours de la démarche avec la collaboration des acteurs (voir chapitre 5).

La définition de la durabilité repose sur la prise en compte des dimensions économiques, environnementales et sociales du système agricole et de ses relations avec le territoire (Zahm et al. 2015). Des critères d'évaluation économiques, sociaux et environnementaux doivent ainsi être explorés dans une démarche englobante afin de permettre une vision synoptique (Tansey et al. 2002). Une telle démarche multicritère permet alors d'explorer les antagonismes et compromis possibles entre certains enjeux contradictoires (Sadok et al. 2009).

Lors de la construction du modèle, nous avons cherché à respecter un équilibre entre la prise en compte des dimensions économiques et environnementales ; la dimension sociale, plus difficile à prendre en compte, a été plus faiblement abordée. Je discuterai de cet aspect dans le chapitre 7.

3.3. UN MODELE MULTI-ECHELLE

Aborder la durabilité d'un système agricole nécessite aussi la prise en compte de plusieurs échelles spatiales. En effet, les enjeux identifiés par les acteurs pour le système agricole concernent des mécanismes opérant à des échelles spatiales différentes. Ainsi, les aspects agronomiques et les relations du système agricole avec son environnement biophysique sont liés à des phénomènes s'exerçant généralement à l'échelle de la parcelle, alors que les décisions des agriculteurs pour la conduite de ces parcelles trouvent en partie leur cohérence à l'échelle de l'exploitation (par exemple temps de travail, contraintes structurelles de l'exploitation). Certains phénomènes décrits et quantifiés à l'échelle de la parcelle ou de l'exploitation agricole ont des conséquences à une échelle plus large ; et les pratiques des différents acteurs à des échelles variées sont fortement susceptibles d'être interconnectées.

Dans le modèle développé lors de la démarche, nous avons décrit le système agricole à l'échelle de la parcelle, à l'échelle de l'exploitation, et à celles de zones agro-écologiques délimitées à l'échelle du territoire (voir chapitre 5).

3.4. UN MODELE PERMETTANT UNE APPROCHE PROSPECTIVE

Pour améliorer la durabilité d'un système agricole, il convient de se projeter dans le futur pour concevoir des systèmes alternatifs plus durables à mettre en œuvre à court terme et vérifier que ceux-ci répondent bien aux exigences d'un développement durable sur une base intergénérationnelle. Les systèmes agricoles sont de plus soumis à des incertitudes fortes qui rendent impossibles la prévision de leur évolution (Hisschemöller et al. 2001). Le modèle doit permettre de tester divers changements de contexte, leurs conséquences sur le système, ainsi que les conséquences de certaines adaptations. Il peut alors être assimilé à un laboratoire fictif permettant un nombre illimité d'expérimentations (Barreteau et al. 2010).

Les approches prospectives se basent sur la construction et l'évaluation de scénarii exploratoires. Un scénario peut-être défini comme la description plausible d'un futur basée sur un ensemble d'hypothèses cohérentes concernant les relations entre les composantes du système et les forces motrices de celui-ci (Coreau et al. 2009). Börjeson (2006) définit trois grands types de scénarii (Figure 2-2). Les scénarii prédictifs, consistent à répondre à la question « Que va-t-il se passer ? ». Qu'ils

correspondent à une prévision générale ou cherchent à anticiper un changement spécifique, ils sont généralement construits par des experts et sont utilisés pour la planification des politiques d'adaptation. Les scénarii normatifs cherchent à répondre à la question « Comment un objectif spécifique peut-il être atteint ? ». Ces scénarii peuvent être centrés sur des ajustements minimaux à apporter au système, ou sur une transformation plus profonde de celui-ci.

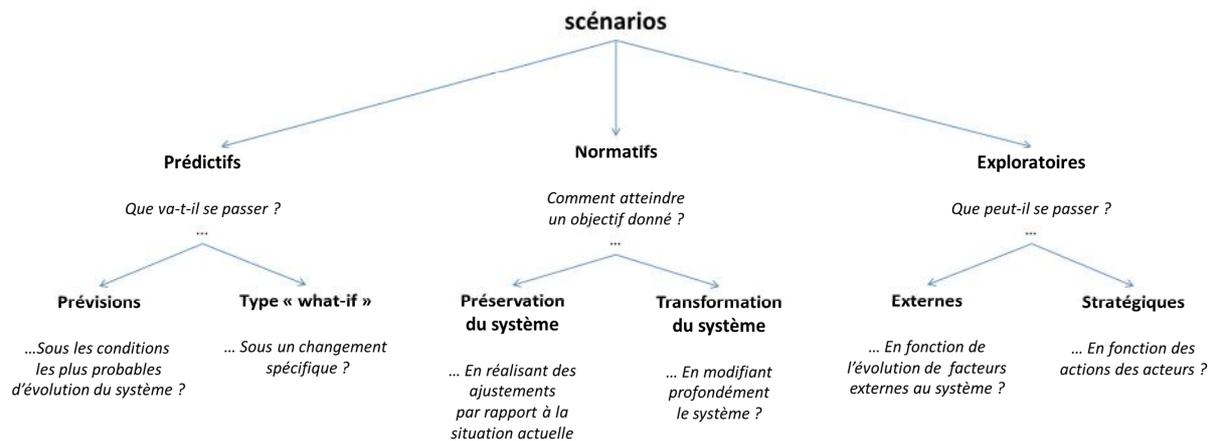


FIGURE 2-2 : TYPES DE SCENARII EXISTANTS (ADAPTE DE BÖRJESON (2006))

Enfin, les scénarii exploratoires répondent à la question « Que pourrait-il se passer ? » et « Que pourrait-il se passer si... ». C'est ce type de scénarii qui prédomine aujourd'hui dans les démarches d'évaluation des systèmes agricoles et que nous avons développé. Ils correspondent à des futurs considérés comme possibles, souhaitables, ou redoutés (Mahmoud et al. 2009). Un ensemble de scénarii exploratoires permet alors d'appréhender les conséquences d'une diversité de politiques ou changements sur différentes composantes du système. L'évolution du système agricole et de son contexte étant imprévisible, l'utilisation de scénarii exploratoires permet de gérer et explorer les incertitudes liées à ce système (Mahmoud et al. 2009).

Dans le contexte de notre démarche, je définis plus précisément un scénario comme une combinaison cohérente et plausible de changements au sein du système agricole et concernant son contexte. Les changements de contexte peuvent être économiques (par exemple évolution de prix), politiques (par exemple réglementation), biophysiques ou climatiques, et avoir lieu à différentes échelles spatiales (par exemple territoriale, internationale). Les changements au sein du système agricole impliquent notamment les adaptations mises en place par les agriculteurs pour faire face à ces changements de contexte.

L'évaluation d'un tel scénario consiste alors en l'analyse de ses conséquences sur les composantes du système à différentes échelles. Ces conséquences sont généralement évaluées par le biais d'indicateurs de durabilité du système agricole, permettant alors l'exploration de compromis entre ces indicateurs (Rossing et al. 2007). C'est ce qui a été fait dans la démarche.

3.5. UN MODELE DE SIMULATION MULTI-AGENT

On trouve en général quatre grands types de modèles dans la littérature lorsqu'il s'agit d'explorer les dynamiques agricoles actuelles et possibles pour le futur : (i) les modèles d'optimisation, qui permettent l'obtention d'un état du système permettant de maximiser ou minimiser certaines variables sous certaines contraintes (Feola et al. 2012; Delmotte et al. 2013), (ii) des modèles de type systèmes dynamiques (*system dynamics* en anglais), permettant de simuler des flux entre les compartiments d'un système (Li et al. 2012), (iii) les modèles d'usages de sol (*Land Use/Land Cover Change models* en anglais), qui permettent de décrire l'évolution des usages de sol sous divers scénarii (Delmotte et al. 2013), (iv) et enfin, les modèles multi-agents (Schreinemachers and Berger 2011). Ces derniers permettent de représenter des objets et agents interagissant avec un environnement spatial, les agents étant capables de prendre des décisions, de percevoir leur environnement et de communiquer entre eux (Bousquet and Le Page 2004).

Les modèles multi-agents m'ont semblé les plus adaptés pour la démarche que nous souhaitons mettre en œuvre. Ils sont en effet fréquemment utilisés pour la modélisation collaborative car facilement abordables par un public profane, à l'inverse des modèles linéaires (généralement très techniques) ou les modèles de type systèmes dynamiques (caractérisés par un haut niveau d'abstraction) (Feola et al. 2012). Ils peuvent aussi être utilisés de manière interactive en support à des jeux de rôles (Bousquet et al. 2002). Ils ont été utilisés à plusieurs reprises dans le cadre d'évaluations participatives et multicritères de systèmes agricoles (voir par exemple Souchère et al. 2010, Delmotte et al. 2016). Ces modèles sont aussi pertinents pour explorer les règles de décision des acteurs, et permettent la prise en compte de dynamiques spatiales et d'interactions entre des agents virtuels (représentant les acteurs du système agricole) et leur environnement (Delmotte et al. 2013). Ils permettent donc d'aborder la complexité d'un système selon des angles très variées (approche spatiale, temporelle, centrée sur les modèles de décision des acteurs) (Feola et al. 2012). Cette flexibilité permet donc ne pas brider trop fortement la construction du modèle dans un cadre contraignant.

4. DIFFERENTS ROLES DES PARTICIPANTS A LA DEMARCHE

Je spécifie ici les différents rôles tenus par les participants (acteurs et chercheurs) au cours de la démarche mise en œuvre sur le plateau de Valensole. Le rôle d'un individu est défini comme un ensemble de responsabilités que ce dernier a envers un groupe (Renger et al. 2008). Dans le contexte des démarches participatives, les rôles tenus par les participants peuvent : (i) être assignés par les concepteurs de la démarche ; (ii) être induits par les fonctions et relations des participants en dehors

de la démarche ; (ii) ou émerger des interactions entre participants ou de nouveaux objectifs et besoins de la démarche (Scholz et al. 2013). Les rôles que je présente ci-dessous s'inspirent de typologies définies dans la littérature dans le contexte de la modélisation collaborative (Renger et al. 2008; Daré et al. 2010; Scholz et al. 2013; Gouttenoire et al. 2014). Leur définition prend également en considération la façon dont s'est déroulée la démarche sur le plateau de Valensole. Ces rôles ont été tenus par nous-même, par des acteurs, ou par les deux à la fois. Un individu peut tenir plusieurs rôles à différents moments de la démarche, voire de manière simultanée.

4.1. ROLES LIÉS A LA CO-CONSTRUCTION DES OBJETS INTERMÉDIAIRES

Certains rôles tenus par les participants sont directement liés à la co-construction des objets intermédiaires. Quel que soit l'objet considéré (question, modèle informatique, scénario ou modèle conceptuel), sa co-construction est assimilable à un processus de modélisation car elle consiste en une représentation simplifiée d'une réalité complexe. Un processus de modélisation est un processus d'abstraction et de simplification d'une réalité telle qu'elle est perçue par les individus impliqués dans ce processus de modélisation (Voinov and Bousquet 2010). Il se base sur l'élicitation de connaissances, mais aussi sur des choix de modélisation, c'est-à-dire de sélection, structuration et représentation de ces connaissances (Becu 2006; Barreteau et al. 2010). L'élicitation et la modélisation des connaissances peuvent être plus ou moins dissociées dans le temps. En sciences de l'ingénierie des connaissances, on distingue ainsi des « démarches de transfert », au cours desquelles la modélisation des connaissances est distincte de leur expression, et des « démarches modélisatrices », au cours desquelles ces deux étapes ne sont pas différenciées (Becu 2006).

Dans la démarche que nous avons mis en place, des configurations diverses ont permis l'élicitation des connaissances et leur modélisation. Plusieurs rôles ont alors pu être spécifiés en les positionnant dans un gradient allant de l'expression de la connaissance à sa modélisation (Figure 2-3). Ces différents rôles peuvent tous être tenus dans des contextes variés (par exemple ateliers collectifs, entretiens individuels, échanges de mail).

L'**expert (chercheur ou acteur)** exprime ses connaissances (scientifiques ou empiriques) ou décrit ses pratiques (agriculteur par exemple).

L'**enquêteur (chercheur)** réalise des entretiens individuels afin d'éliciter les connaissances des participants, leurs points de vue, et/ou tout autre information considérée comme nécessaire au déroulement de la démarche.

L'**analyste (chercheur)** analyse des données afin que celles-ci soient mobilisées dans le processus de modélisation. Ces données peuvent être issues d'entretiens individuels ou d'autres sources

extérieures à la démarche. J'inclus dans ce rôle la tâche de partager l'analyse de ces données avec les autres participants.

Le **concerné (acteur ou chercheur)** livre son point de vue sur le système agricole. Au-delà de ses connaissances, il partage ses intérêts, objectifs, craintes et espoirs, ainsi que l'importance qu'il accorde aux différents éléments, enjeux et problèmes du système agricole. Ce rôle permet de cibler les éléments du système à modéliser et contribue à la dynamique de réflexion collective entre les acteurs du territoire.

Le **modélisateur (chercheur ou acteur)** choisit, structure et synthétise les connaissances exprimées dans l'objectif de les représenter dans un modèle (conceptuel ou informatique).

Je distingue le modélisateur de l'**informaticien (chercheur)**, qui implémente la version informatique du modèle en retranscrivant fidèlement les éléments issus du travail de modélisation.

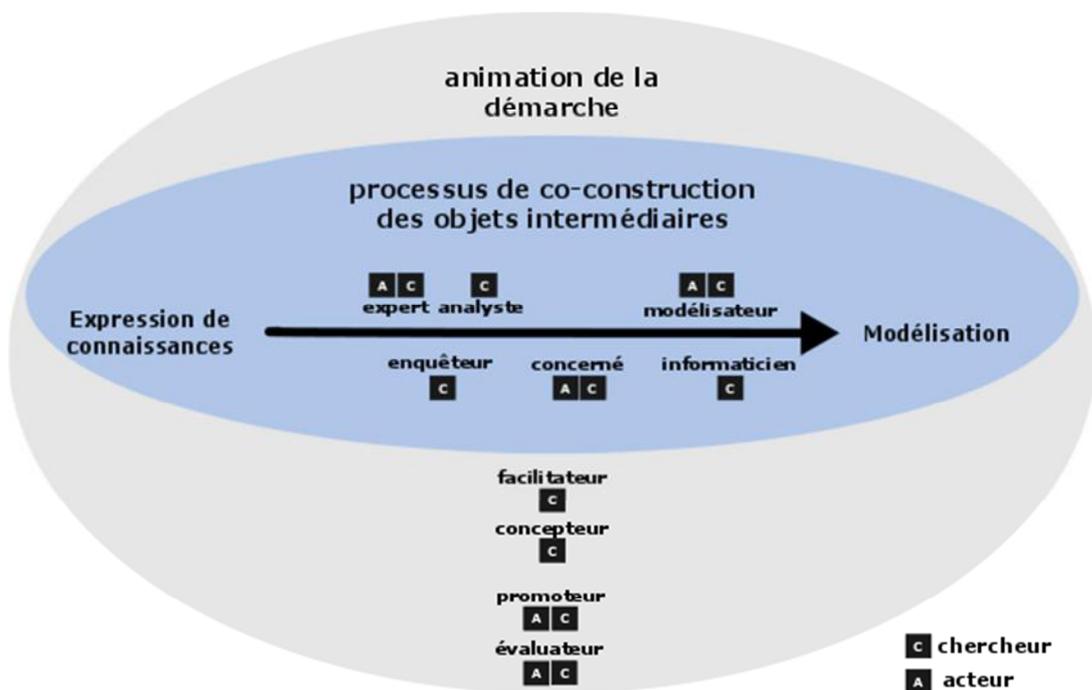


FIGURE 2-3 : SPECIFICATION DES ROLES TENUS PAR LES PARTICIPANTS AU COURS DE LA DEMARCHE

4.2. ROLES NON LIES A LA CO-CONSTRUCTION DES OBJETS INTERMEDIAIRES

D'autres rôles ne sont pas liés à la co-construction des objets intermédiaires.

Les interactions entre les participants lors des ateliers réunissant acteurs et chercheurs sont régulées par un **facilitateur (chercheur)**, qui aide les participants à travailler de manière collaborative (Scholz et al. 2013). Le facilitateur distribue et régule la parole afin de permettre l'expression et le respect des points de vue de tous les participants (Daré et al. 2010). Il se doit donc d'être neutre

(Reed 2008; Voinov and Bousquet 2010). Il veille aussi au respect des objectifs fixés pour les ateliers de co-construction des objets intermédiaires (Daré et al. 2010).

Le **concepteur de la démarche (chercheur)** décide de la nature des différentes étapes et de leur calendrier, objectifs, outils et méthodes mobilisés (Daré et al. 2010; Scholz et al. 2013). Il s'assure aussi du bon déroulement de la démarche en choisissant les participants à inviter et en organisant les ateliers.

L'**évaluateur de la démarche (chercheur ou acteur)** en analyse le déroulement et/ou ses apports en termes d'apprentissages et d'impacts sur le système agricole (Blackstock et al. 2007; Guérin Schneider et al. 2010). Ce rôle implique le recueil de données lors des ateliers (observation et prise de notes sur les interactions entre participants), et/ou entre les ateliers (entretiens auprès des acteurs). Dans le cadre de démarches de modélisation collaborative, les rôles de concepteur et d'évaluateur sont généralement confondus (Daré et al. 2010). Le chercheur se base ainsi sur l'évaluation du déroulement de la démarche pour concevoir ses phases ultérieures (Voinov and Bousquet 2010). Cela a été le cas dans notre démarche (voir partie 1).

Enfin, le **promoteur (chercheur ou acteur)** contribue à légitimer la démarche en relatant ses impressions sur ses apports potentiels à des interlocuteurs qui ne participent pas à la démarche et en les invitant à participer (Gouttenoire et al. 2014). Un acteur peut également tenir un rôle de promoteur en proposant de nouveaux acteurs à intégrer dans la démarche et en fournissant leurs contacts.

5. CHERCHEURS AYANT PARTICIPE A LA DEMARCHE

Parce que nous l'avons conçu et facilité, nous, chercheurs, avons été des participants centraux dans le déroulement de la démarche. Nous l'avons influencé par nos actions, mais aussi par le climat relationnel (confiance, transparence) que nous avons tenté de mettre en place avec les acteurs et qui influence le comportement de ces derniers (Neef and Neubert 2011). Les principaux éléments jouant sur l'impact des chercheurs sur la démarche sont d'après Neef and Neubert (2011) : (i) les caractéristiques du projet de recherche (par exemple financement, calendrier, objectifs scientifiques); (ii) l'approche théorique des chercheurs (par exemple ancrage disciplinaire et épistémologique, posture); (iii) les relations préalables des chercheurs avec le terrain d'implémentation de la démarche (par exemple connaissance des enjeux, relations préexistantes avec certains acteurs locaux); (iv) les compétences relationnelles et en termes de facilitation des chercheurs. Je me focalise ici sur notre approche théorique. Les autres points ont déjà été abordés dans d'autres parties de ce chapitre.

5.1. CARACTERISTIQUES DES CHERCHEURS

La démarche mise en œuvre sur le plateau de Valensole a impliqué la participation continue de quatre chercheurs-titulaires, d'un post-doctorant, de quatre stagiaires et de moi-même, doctorante. Tous ces participants sont regroupés sous le terme de chercheurs. Plusieurs disciplines scientifiques étaient représentées.

Sept agronomes (dont trois stagiaires) ont contribué à l'analyse de la durabilité du système agricole du plateau de Valensole à travers la construction du modèle et l'analyse de données agronomiques. Ils sont aussi quelquefois intervenus en questionnant la prise (ou non-prise) en compte de certaines caractéristiques, dynamiques, ou enjeux du système agricole⁸.

Un modélisateur spécialisé dans les systèmes socio-écologiques a contribué au codage du modèle informatique. Son expérience de modélisation collaborative a de plus été essentielle pour la conception et la facilitation de la démarche.

Deux sociologues (dont un stagiaire) ont évalué la démarche en termes d'interactions sociales lors des ateliers participatifs et en termes d'apprentissages des acteurs. Ce processus d'évaluation a cependant impliqué l'ensemble des chercheurs, via des débriefings collectifs des ateliers participatifs et de la démarche dans son ensemble.

Tous les chercheurs-titulaires avaient une expérience de la pluridisciplinarité et des démarches participatives. Ils avaient notamment tous déjà participé à des processus de modélisation participative. Ils se sont tous investis dans la conception, l'évaluation, et la facilitation de la démarche. J'ai moi-même maintenu un lien continu avec les acteurs, via le lancement des invitations aux ateliers collectifs, la rédaction régulière de comptes-rendus et des entretiens individuels. Aucun chercheur ne bénéficiait d'antériorité de recherche sur le plateau de Valensole avant le lancement de la démarche.

5.2. POSTURE DES CHERCHEURS

La posture adoptée par les chercheurs peut être définie comme l'« attitude morale » guidant leur comportement et leurs choix (Daré et al. 2010). Dans le cadre de la démarche mise en œuvre sur le plateau de Valensole, cette posture a été inspirée par celle des chercheurs du collectif ComMod, un collectif de recherche à l'origine d'une approche de modélisation collaborative appelée modélisation d'accompagnement.

Cette posture se base sur l'approche constructiviste, déjà évoquée dans l'introduction de cette thèse. Tous les participants, incluant les chercheurs, ont leur propre représentation, et toutes ces

⁸ Comme les enjeux liés à l'atténuation du changement climatique (voir discussion générale de la thèse)

représentations doivent être prises en compte dans la démarche (Bousquet et al. 2005). Celle du chercheur ne prédomine pas sur celles des acteurs. Il doit donc en permanence expliciter sa vision auprès des acteurs et n'avoir aucune hypothèse implicite (ComMod 2005). Le cycle de modélisation, via des allers-retours constants entre développement et validation du modèle, permet cette explicitation continue de la vision du chercheur.

Dans cette posture, le chercheur reconnaît qu'il n'est pas extérieur aux dynamiques d'interaction entre les acteurs dans le cadre de la démarche : ses actions et son statut sont systématiquement interprétés et influencent, consciemment ou inconsciemment, le comportement des acteurs (Daré et al. 2010). Il assume de plus son influence sur le système dans lequel il intervient. La démarche s'inscrivant dans le cadre de recherches pour l'action, cette influence est recherchée et explicite. Mais elle peut aussi être difficilement contrôlable et avoir des conséquences négatives pour le système. Lorsque les chercheurs n'ont pas une conscience suffisante des relations de pouvoir existant au sein du système, une manipulation de la démarche par un acteur puissant risque d'exacerber les asymétries de pouvoir entre les acteurs (Barnaud et al. 2010). Le chercheur a donc une responsabilité par rapport au système dans lequel il intervient, et doit constamment chercher à maîtriser son influence.

Cette vision du chercheur comme acteur à part entière du processus participatif a donc été la posture que nous avons retenue. Nous nous sommes ainsi constamment interrogés sur l'influence de notre propre subjectivité sur les dynamiques sociales observées, notamment grâce à l'analyse réflexive qui a sous-tendu l'évaluation *in itinere* de la démarche.

6. ACTEURS PARTICIPANT A LA DEMARCHE

6.1. CRITERES DE SELECTION DES ACTEURS PARTICIPANTS

Cinq principaux critères ont été pris en compte pour la sélection des acteurs participant à la démarche mise en œuvre sur le plateau de Valensole.

Un degré de concernement élevé des acteurs pour le plateau de Valensole a tout d'abord été considéré, afin de maximiser leur intérêt pour la démarche, et donc leur engagement dans celle-ci.

Les acteurs ont été sélectionnés sur la base des connaissances qu'ils possèdent sur le système agricole, afin qu'ils contribuent à la co-construction des objets via leur expertise. L'ensemble des acteurs participant à la démarche couvrait ainsi divers champs de connaissances, permettant de renseigner les aspects agronomiques, économiques, environnementaux et socio-territoriaux du système agricole.

Les acteurs participants devaient aussi permettre d'appréhender la diversité des représentations sur le système agricole, afin que ces différentes représentations puissent être confrontées, comparées, et prises en compte dans la représentation co-construite pendant la démarche. Un acteur a été considéré comme pertinent à engager (i) parce qu'il possédait un point de vue représentatif de nombreux acteurs (représentant des agriculteurs par exemple), ou (ii) parce qu'il possédait un point de vue original, permettant la prise en compte dans la démarche d'enjeux peu abordés par les autres acteurs.

Les leviers d'actions des acteurs pour l'amélioration de la durabilité du système agricole ont aussi été pris en compte. En effet, mobiliser des participants possédant de tels leviers d'actions est nécessaire afin de maximiser les chances que la démarche soit suivie d'effets sur cette durabilité (Grimble and Wellard 1997; Reed 2008; Barnaud 2013). Ces leviers d'actions peuvent exister à l'échelle individuelle (les pratiques d'un agriculteur par exemple), ou à une échelle institutionnelle (un plan d'action porté par une institution par exemple).

Enfin, nous avons pris en compte la légitimité des différents acteurs. Un acteur peut ainsi être engagé parce qu'il est central pour garantir l'engagement d'autres acteurs dans la démarche (Reed 2008). Sa seule participation peut ainsi accroître la confiance ou l'intérêt des autres acteurs envers la démarche.

6.2. PRESENTATION DES TYPES D'ACTEURS AYANT PARTICIPE A LA DEMARCHE

Les acteurs ayant participé à la démarche sont 34 agriculteurs et 38 «gestionnaires»⁹ (Figure 2-4). Je distingue ces «gestionnaires» selon leurs types de missions et d'activités, qui peuvent être : (i) économiques (par exemple directeur d'une coopérative) ; (ii) agronomiques et techniques (par exemple ingénieur dans un institut technique) ; ou (iii) liées au développement territorial (par exemple conseiller général). Au sein d'un même organisme, plusieurs acteurs peuvent avoir des types de mission et d'activités différents (directeur et technicien d'une même coopérative par exemple). Par exemple, bien qu'une coopérative soit une structure à vocation économique, un technicien y travaillant mène des activités se rapprochant de celles des techniciens des instituts techniques.

⁹ Je rappelle que tout acteur se réfère ici à un individu, et jamais à un groupe d'individus ou à une institution. Les institutions de ces différents acteurs sont présentées en annexe 2.

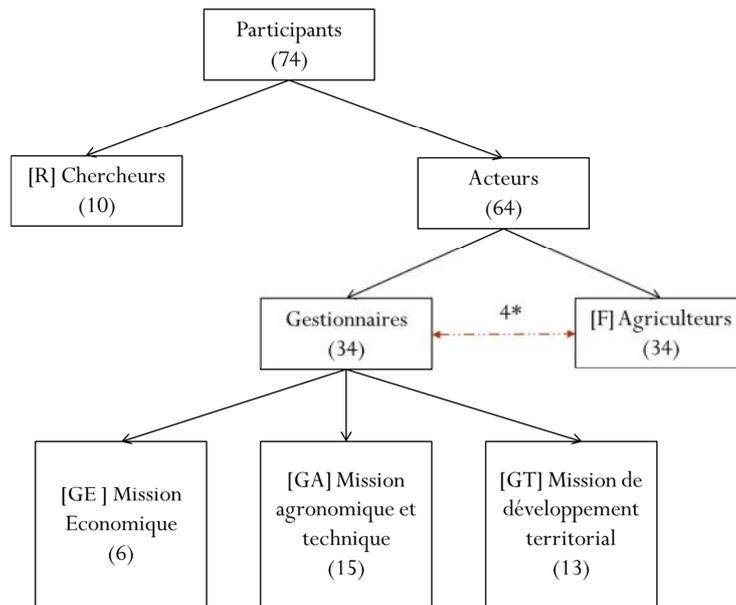


FIGURE 2-4 : TYPES DE PARTICIPANTS A LA DEMARCHE. LES DIFFERENTS ACTEURS SONT IDENTIFIES PAR UN ACRONYME DEBUTANT PAR UNE OU DEUX LETTRES CORRESPONDANT A LEUR TYPE, ET INDIQUEES ICI ENTRE CROCHETS. *QUATRE AGRICULTEURS ETAIENT AUSSI «GESTIONNAIRES» (PAR EXEMPLE PRESIDENT D'UNE COOPERATIVE, ELU D'UNE COLLECTIVITE TERRITORIALE)

L'engagement de ces acteurs, c'est-à-dire la manière dont ils se sont investis et ont participé aux différentes étapes de la démarche, a été variable. Cet engagement a pris différentes formes : (i) engagement en temps, à travers leurs présence aux réunions collectives ou entretiens individuels ; (ii) engagement dans les interactions entre participants, via leur prise de parole ; (iii) engagement dans l'évaluation de la durabilité des systèmes agricoles, en fournissant des données ou d'expertises.

Certaines de ces formes d'engagement, comme les modalités de participation des acteurs, relèvent de la conception de la démarche. Les agriculteurs ont principalement été sollicités lors d'entretiens individuels visant à éliciter des connaissances sur le fonctionnement de leurs exploitations. A l'inverse, les « gestionnaires » ont principalement été sollicités lors d'ateliers collectifs, et ont eu un rôle plus prépondérant dans le processus de modélisation. Ce point sera abordé dans la discussion générale.

D'autres formes que revêt cet engagement sont non maîtrisables par les chercheurs, comme la présence des acteurs aux ateliers ou leur prise de parole. Ces aspects sont alors liées à : (i) l'intérêt personnel et professionnel des acteurs pour la démarche et ses objectifs ; (ii) leur perception des chercheurs, et notamment la confiance qu'ils leur accordent ; (iii) leur disponibilité ; (iv) leur expérience en terme de recherche participative et/ou de modélisation ; et finalement (v) leur personnalité (Neef and Neubert 2011).

Tout au long de la conception et de la mise en œuvre de la démarche, nous avons donc accordé de l'importance à ces différentes caractéristiques des acteurs pouvant influencer leur engagement dans la démarche. Nous les discuterons dans la discussion générale de cette thèse.

En résumé, j'ai présenté dans les parties précédentes la démarche mise en œuvre sur le plateau de Valensole et visant à favoriser une réflexion collective entre les acteurs. Plus précisément, les objectifs de cette démarche sont triples : (i) représenter et évaluer le système agricole, afin de (ii) favoriser les apprentissages des participants sur le système agricole et son évolution, et (iii) stimuler le partage de leurs représentations. Conçue de manière adaptative, la démarche repose sur la co-construction d'un modèle multi-agent permettant une évaluation multicritère, multi-échelle, et prospective du système agricole. Les acteurs ayant participé à la démarche sont aussi bien des agriculteurs que d'autres acteurs intervenant à l'échelle du territoire, et que nous appellerons par la suite « gestionnaires ». Une dizaine de chercheurs aux disciplines variées se sont aussi impliqués dans la conception et la mise en œuvre de la démarche. Les rôles que les participants (acteurs ou chercheurs) ont tenus, concernent aussi bien des tâches d'élicitation de connaissances, de modélisation, ou d'animation de la démarche. Dans une dernière partie, je présente les principales phases ayant jalonné la démarche.

7. GRANDES PHASES DE LA DEMARCHE

7.1. LANCEMENT DU PROJET CLIMATAC SUR LE PLATEAU DE VALENSOLE

Lors de la rédaction du projet CLIMATAC, nous avons pris contact avec des représentants du Parc Naturel Régional¹⁰ (PNR) du Verdon afin de leur présenter le projet et de leur proposer de s'y associer. Le PNR du Verdon nous était en effet apparu comme légitime pour faciliter le portage du projet sur le territoire. Il était précisément en train d'initier une dynamique collective réunissant plusieurs acteurs du plateau, pour mener une réflexion sur l'avenir de l'agriculture du plateau de Valensole¹¹. Cette relation préalable n'a eu que peu d'incidence sur le déroulement ultérieur de la démarche. Le PNR du Verdon n'a en effet pas eu d'interactions privilégiées avec les chercheurs et est intervenu exactement au même titre que les autres institutions.

En décembre 2012, une réunion (atelier L, Figure 2-5) officialisant le lancement du projet CLIMATAC sur le plateau de Valensole a regroupé un représentant du PNR du Verdon (GT11), l'ingénieur agronome d'Arvalis nous ayant suggéré le plateau de Valensole comme terrain

¹⁰ Le PNR du Verdon, créé en 1997, regroupe 46 communes pour une surface totale de 188 000 hectares.

¹¹ Cette dynamique collective a abouti à la mise en œuvre d'un projet, le projet REGAIN. La coordination entre notre démarche et ce projet sera abordée dans le chapitre de discussion de cette thèse.

d'implémentation du projet CLIMATAC (GA10), et deux employés de la chambre d'agriculture (GA2, GA5). L'articulation de la démarche avec d'autres projets en cours sur le territoire a été discutée, et d'autres acteurs considérés comme centraux à engager dans la démarche ont été mentionnés. Cette réunion de lancement coïncidait avec le début de ma thèse.

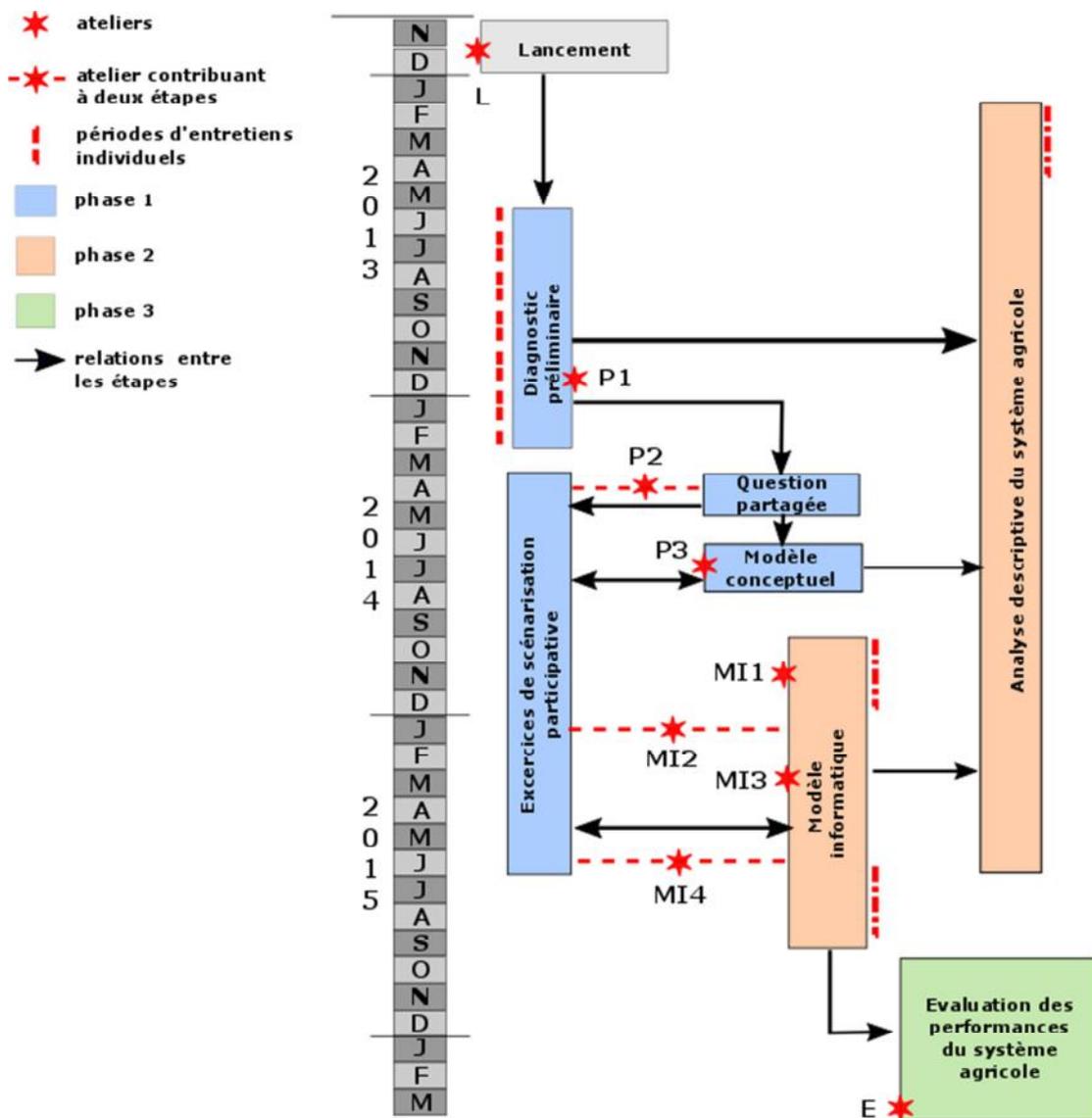


FIGURE 2-5 : CHRONOGRAMME DE LA DEMARCHE. « P » FAIT REFERENCE A DES ATELIERS AYANT EU LIEU LORS DE LA PHASE DE FORMULATION DU PROBLEME, « MI » A DES ATELIERS AYANT EU LIEU LORS DE LA PHASE DE CO-CONSTRUCTION DU MODELE INFORMATIQUE, ET « E » A DES ATELIERS AYANT EN LIEU LORS DE LA PHASE D'EVALUATION DES PERFORMANCES DU SYSTEME AGRICOLE

7.2. PHASE 1 : FORMULATION DU PROBLEME ABORDE PAR LA DEMARCHE

La mise en œuvre de la démarche a débuté par une phase visant à : (i) comprendre le système agricole ; (ii) identifier et analyser les acteurs concernés par le système agricole ; (iii) construire un collectif d'acteurs participants enclin à participer à la démarche ; et (iv) spécifier des objectifs opérationnels pour la démarche et les limites du système à prendre en compte. Ces différentes

étapes peuvent être vues comme un processus de formulation d'un problème complexe (Mingers and Rosenhead 2004).

Un **diagnostic préliminaire** a tout d'abord permis d'appréhender les principaux enjeux et problèmes du système agricole et de caractériser les acteurs le constituant. Ce diagnostic préliminaire a principalement reposé sur 24 entretiens semi-directifs et sur la construction de 10 cartes cognitives représentant les perceptions et les connaissances de certains acteurs. Une restitution de l'analyse de ces entretiens centrée sur les principaux enjeux identifiés a été organisée en décembre 2013 (atelier P1, Figure 2-5).

La **formulation d'une question partagée** par les acteurs participants (atelier P2, Figure 2-5) a ensuite permis de préciser collectivement les objectifs opérationnels de la démarche et les problèmes auxquels elle devait tenter d'apporter des éléments de réponse. L'élaboration de cette question, premier objet co-construit avec les acteurs, a permis de lancer une dynamique de réflexion collective sur la durabilité du système agricole.

Lors de l'atelier P3, un **modèle conceptuel** a été co-construit afin d'explicitier de manière collective les composantes, processus, et relations entre ces composantes et processus qui devaient prioritairement être prises en compte pour répondre à la question partagée formulée précédemment.

Enfin, un **travail de scénarisation participative** a été réalisé sur plusieurs ateliers, lors de la formulation de la question partagée et de la co-construction du modèle informatique. Ce travail a enrichi la formulation du problème en explicitant les principaux changements auxquels le système agricole est actuellement soumis ou pourrait être soumis dans le futur.

La méthode de réalisation du diagnostic préliminaire, ainsi que les principaux résultats obtenus sont présentés dans le chapitre 3 de cette thèse. L'ensemble de la phase de formulation du problème est décrite en chapitre 4.

7.3. PHASE 2 : CO-CONSTRUCTION DU MODELE INFORMATIQUE D'EVALUATION DU SYSTEME AGRICOLE

Un modèle informatique a ensuite été co-construit avec les acteurs afin de pouvoir évaluer la durabilité du système agricole actuel et explorer des scénarii d'évolution. Ce modèle, de type multi-agent, a été implémenté via la plateforme Cormas¹², développée par l'UR Green (CIRAD).

¹² <http://cormas.cirad.fr>

Le processus de co-construction du modèle a impliqué : (i) la représentation de différentes zones agro-écologiques au sein du plateau de Valensole ; (ii) la spécification d'exploitations-type et de leurs principaux systèmes de culture pour une situation de référence ; (iii) l'estimation des performances des systèmes de culture à l'échelle de la parcelle cultivée ; (iv) et le choix des critères et indicateurs de durabilité à calculer. Cette étape a été réalisée via un processus itératif alternant des ateliers participatifs (quatre entre octobre 2014 et juin 2015, Figure 2-5), des entretiens auprès d'experts et d'agriculteurs, et un travail au laboratoire, notamment pour le codage du modèle.

Le développement de ce modèle s'est appuyé sur une **analyse descriptive des systèmes agricoles**. Cette analyse descriptive comprend la description des systèmes de culture à l'échelle de la parcelle, des exploitations agricoles, ainsi que de leurs relations avec les milieux biophysiques et écologiques du territoire dans lesquels ils s'insèrent. Elle a été basée sur :

- la réalisation d'un diagnostic des pratiques agricoles sur le plateau de Valensole par des étudiants de l'école d'agronomie Montpellier SupAgro. Ce diagnostic, que j'ai en parti coordonné, se fondait sur des entretiens auprès de 34 agriculteurs et a fait l'objet d'une restitution en mars 2012 (SupAgro 2013),
- l'analyse de données issues des déclarations PAC (année 2012) des agriculteurs et de données cartographiques (notamment pédologiques),
- l'analyse de rapports déjà existants à propos de l'agriculture du plateau de Valensole.

Le processus de co-construction du modèle informatique est détaillé dans le chapitre 5.

7.4. PHASE 3 : EVALUATION DES PERFORMANCES DU SYSTEME AGRICOLE ET EXPLORATION DE SCENARII PAR LE BIAIS DU MODELE

Enfin, ce modèle a été mobilisé afin d'évaluer et mettre en discussion les performances du système agricole dans une situation de référence et sous différents scénarii d'évolution. Dans un premier temps, j'ai évalué la situation de référence simulée avec le modèle. Avec les acteurs, nous avons ensuite construit deux scénarii d'évolution du système agricole sur la base du travail de scénarisation participative réalisé lors de la phase de formulation du problème. Ces scénarii ont aussi été évalués grâce au modèle informatique. Une restitution, organisée en mars 2016, a permis la discussion de ces scénarii et des résultats obtenus avec les acteurs.

Cette dernière phase est présentée dans le chapitre 6.

CHAPITRE 3

ÉLICITER LES MODELES MENTAUX DES ACTEURS POUR REALISER UN DIAGNOSTIC PRELIMINAIRE A UNE DEMARCHE DE MODELISATION COLLABORATIVE

Résumé de l'article (traduction depuis l'anglais)

Lors de l'initialisation de démarches de modélisation collaborative, un diagnostic préliminaire permet d'identifier les principaux enjeux du système considéré et de révéler la diversité des perceptions des participants (Mathevet et al. 2010). Je montre ici comment l'élicitation des modèles mentaux de ces derniers par la construction de cartes cognitives a permis de réaliser un tel diagnostic sur le plateau de Valensole. Dans un premier temps, j'ai réalisé des entretiens semi-directifs auprès d'acteurs du territoire et sélectionné neuf participants potentiels à travers une analyse d'acteurs. J'ai ensuite construit des cartes cognitives individuelles sur la base des retranscriptions des neuf entretiens de ces participants. Lors d'un second cycle d'entretien, chaque participant a été invité à commenter et corriger la carte cognitive construite à partir de son entretien. Les versions finales des cartes cognitives représentent leurs modèles mentaux. Elles incluent leur perception générale du système agricole (c'est-à-dire les composantes du système sur lesquelles ils ont des connaissances, intérêts ou préoccupations), les enjeux qu'ils ont identifiés et leurs points de vue sur ces enjeux. L'analyse comparative de ces cartes cognitives permet un panorama compréhensif des enjeux auxquels fait face le système agricole et révèle le degré selon lequel ces enjeux sont partagés entre les participants. Il a aussi été possible de catégoriser les participants sur la base de leurs perceptions du système agricole et de leurs points de vue sur les principaux enjeux identifiés. Cette méthode de diagnostic préliminaire vise à préparer la facilitation du processus de modélisation collaborative ultérieur en permettant l'identification de questions pertinentes quant aux enjeux les plus largement partagés entre les acteurs et en questionnant la représentativité des participants futurs aux ateliers de co-construction.

ELICITING STAKEHOLDERS' MENTAL MODELS AS A PRELIMINARY DIAGNOSIS IN A PARTICIPATORY MODELING PROCESS

Tardivo Caroline¹², Delmotte Sylvestre¹, Barbier Jean-Marc¹, Hossard Laure¹, Cittadini Roberto¹³, Le Page Christophe²

¹INRA, UMR Innovation 951, Montpellier, France

²CIRAD GREEN, TAC-47F, Campus International de Baillarguet, Montpellier, France

³LABINTEX INTA - UMR Innovation INRA, Montpellier, France

ABSTRACT

When initializing a participatory modeling process, a preliminary diagnosis of the socio-ecological system enables the identification of the main issues and reveals the diversity of perceptions among participants. In this paper, we show how the elicitation of participants' mental models through a specific cognitive mapping process supported the realization of a preliminary diagnosis while paving the way for the co-design of simulation modeling for an agricultural region located in southern France. First we interviewed local stakeholders and selected the potential participants through a stakeholder analysis. We then built individual cognitive maps based on the transcripts of participants' interviews. During a second round of interviews, each participant provided feedback on his cognitive map. Final versions of the cognitive maps represent the participants' mental models, including their perception of the entire agricultural system (i.e. the components of the system where they have knowledge or interests and concerns), the issues elicited, and their viewpoint about these issues. The comparative analysis of the cognitive maps led to a comprehensive overview of the issues being faced by the agricultural system, revealing the extent to which they are shared among the participants. We show how it was then possible to categorize the participants on the basis of their perceptions of the agricultural system and of their viewpoints about the main issues. This type of preliminary diagnosis is expected to ease the facilitation of the subsequent modeling process by helping to identify questions relevant to the issues most frequently shared among participants, and by addressing the representativeness of future participants in the co-design workshops.

KEYWORDS

Agricultural system, cognitive map, stakeholder analysis, categorization of the stakeholders, engagement of the stakeholders

1. INTRODUCTION

Participatory modeling (PM) has become a common approach to encourage a more sustainable management of socio-ecological systems, by supporting collective thinking and decision-making among a diversity of stakeholders (Folke et al. 2005; Voinov and Bousquet 2010). PM aims at fostering the concept of “social learning” and the dimensions that it encompasses: (i) building an understanding of the socio-ecological system and the sustainability issues that are shared among stakeholders (Cundill and Rodela 2012; Le Merre et al. 2014), (ii) raising awareness about the objectives and concerns of each stakeholder (Pahl-Wostl and Hare 2004), and (iii) reinforcing skills of collective action through social network consolidation and communicational learning (Daré et al. 2010, Cundill and Rodela 2012).

A PM process usually starts with a preliminary diagnosis of the socio-ecological system under study (Barreteau et al. 2013). This preliminary diagnosis focuses on analyzing the stakeholders and identifying the main issues. Analyzing the local stakeholders involves several dimensions: (i) the diversity of their perceptions, specific interests, and concerns that can influence the social dynamics during the PM process (Maurel et al. 2007); (ii) the power relationships, which can lead to inequalities in the expression of these dynamics (Levrel et al. 2009) or to the manipulation of the PM process by a stakeholder (Barnaud 2013); and (iii) the institutional context that questions the feasibility and usefulness of the PM process and its consequences on current or future management of an agricultural system (Mathevet et al. 2010). Outlining the issues currently faced by the system under study or foreseen in the future, helps define the possible questions to be addressed by the PM process (Maurel et al. 2007). It also guides the process of conceptualizing the socio-ecological system in relation to these questions (Van den Belt 2004; Lamanda et al. 2012).

Issues of the socio-ecological system can be identified collectively with stakeholders during participatory workshops (see for example Souchère et al. 2010). However, organizing such workshops requires preliminary knowledge in order to determine which stakeholders to solicit (Mathevet et al. 2010). Moreover, these stakeholders need to have a predisposed interest to participate (Souchère et al. 2010). When the PM process concerns an agricultural region, an agrarian diagnosis (Trébuil and Dufumier 1993) can be used to identify the recent socio-economic and agro-ecological changes and describe the historical processes of socio-economic differentiation among farms that led to the present situation (Barnaud et al. 2008). Stakeholder analyses focusing on the institutional context and power relationships among stakeholders have been conducted (Mathevet et al. 2010), and in some cases have been combined with an agrarian diagnosis (Barnaud et al. 2008). The characterization, analysis and comparison of stakeholders’ perceptions about the socio-

ecological system have been undertaken in only a few cases (see for example Barnaud et al. 2006, Prell et al. 2007).

Eliciting stakeholders' mental models from interviews is a common way to reveal stakeholders' perceptions (Jones et al. 2014). As defined by Scholz et al. (2013: 3), a mental model is a "*personal internal representation of the surrounding world*" that conditions the reasoning, decision making, and behavior of an individual (Gray et al. 2014). Each individual's mental model is socially constructed through interactions with his physical and social environment (Lynam and Brown 2012), and constantly evolves through learning and personal experiences (Jones et al. 2011). In the context of PM processes, eliciting stakeholders' mental models can help outline the socio-ecological system and its issues through the collection of stakeholders' knowledge, and reveal stakeholders' perceptions and interests, as well as potential disagreement or consensus among them (Kolkman et al. 2005, Maurel et al. 2007).

Cognitive mapping is widely used to elicit mental models (Becu 2006, Jones et al. 2011, Mathevet et al. 2011, Gray et al. 2014). A cognitive map (CM) is an association of concepts that are connected by causal relationships; it is intended to represent complex and dynamic systems in a graphical way. Cognitive mapping enables organizing and structuring stakeholders' mental models in a flexible and easily comparable way (Özesmi and Özesmi 2004; Gray et al. 2014). CMs are also used for scenario development (van Vliet et al. 2010), farming systems design (Gouttenoire et al. 2013), or collaborative conceptual modeling to lay the foundations for developing a simulation tool (van Kouwen et al. 2008; Etienne et al. 2011). Since it is both flexible and readily understandable, cognitive mapping is also relevant for collective problem solving (Eden 2004; Jones et al. 2011), or as a support for conducting interviews (Trébuil et al. 1995).

This paper aims at demonstrating how the elicitation of mental models and their analysis through cognitive mapping may be relevant to conduct a preliminary diagnosis and initiating a PM process. We describe a PM process that was implemented on the *plateau de Valensole*, a 50 000 ha agricultural region located in *Provence* (south of France). The participatory modeling process is focused on the evolution of the agricultural system in this region.

2. METHODS

2.1. STUDY SITE

Land use on the *plateau de Valensole* (NUTS2 region) is divided between 20,000 ha of agricultural areas and 30,000 ha of urban areas, oak forests, fallows or riparian vegetation. The region accounts

for 15 small municipalities; the most populated, Valensole, has approximately 3,000 inhabitants. According to existing literature, the average farm size in the region is roughly 100 ha as compared with a general average of 55 ha in France (Agreste 2011). Most of these farms are specialized in lavender cultivation, which is a profitable perennial crop, cultivated in rotation with durum wheat.

2.2. METHODOLOGICAL FRAMEWORK

The method we implemented is composed of five steps (Figure 3-1). First we conducted semi-structured interviews among a diversity of stakeholders (step 1). We then selected 14 stakeholders on the basis of a stakeholder analysis (step 2), out of which nine (latter referred to as “participants”) participated in the following steps of the initialization stage. We transcribed the interviews and used them as a basis for individual cognitive mapping (step 3). Participants’ feedback during a second round of individual interviews (step 4) led to the completed CMs. Finally we analyzed and compared the participants’ mental models on the basis of the CMs (step 5).

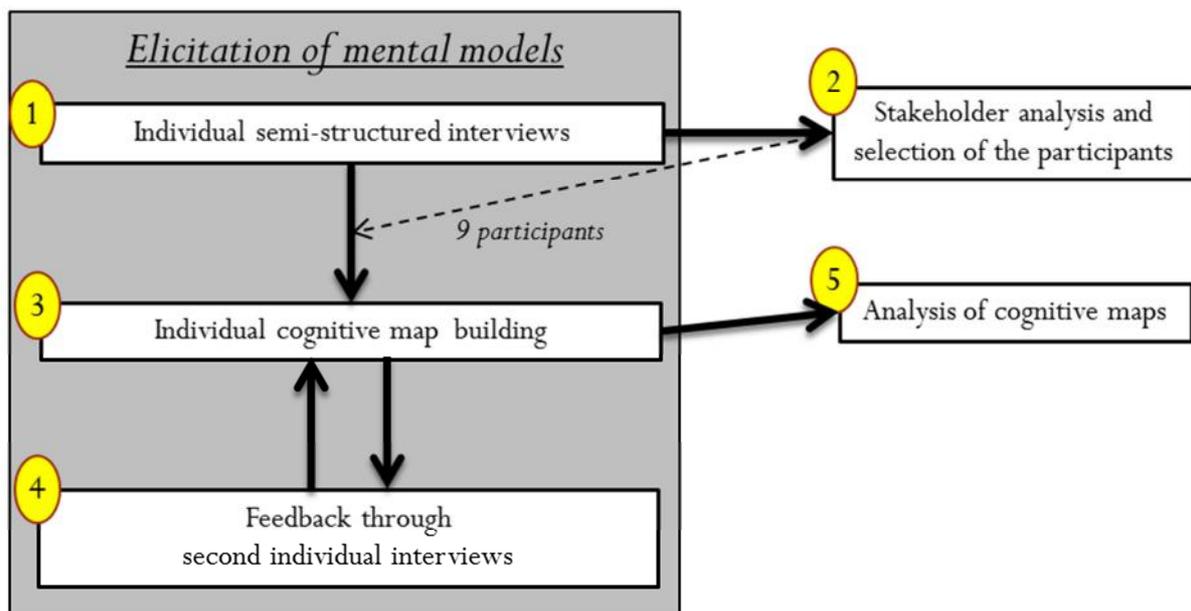


FIGURE 3-1 : MAIN STEPS OF THE METHOD

2.3. SEMI-STRUCTURED INTERVIEWS AMONG STAKEHOLDERS (STEP 1)

We conducted 24 interviews among a variety of stakeholders working in institutions related to the agricultural system. We call a “stakeholder” an individual working within a public or private institution (e.g. heads of cooperatives, technicians in specialized technical organisms, representatives of regional administration). We looked for institutions acting at diverse levels, from the municipality level to the regional level (i.e. NUTS2-region). First, we interviewed the main stakeholders that were

identified in existing reports about the region. Other stakeholders were then included through a snowball sampling where each interviewee was asked to recommend other stakeholders (Luyet et al. 2012). We stopped conducting interviews when no new stakeholders were recommended by the interviewees. The review of existing reports also led to the identification of four main types of local farming systems; four farmers were interviewed, each representing one type of farming system. One of these farmers was also the president of a cereals cooperative, thus representing dual activities. We conducted semi-structured interviews with minimal intervention from the interviewer in an effort to maximize the quality of data about stakeholders' mental models. The interviews were structured in three sections: (i) the presentation and discussion of the objectives and principles of the PM process; (ii) the description of the stakeholder's activities (*What are the missions and activities of the stakeholder and of its institution? What are the on-going projects of the stakeholder and of its institution?*); and (iii) the elicitation of the stakeholder's perception of the agricultural system (*What are the problems and opportunities of the agricultural system? What evolutions – hoped or feared- can be expected?*). Each interview lasted between one and three hours, and was recorded. All stakeholders were also questioned about their motivation to voluntarily participate in the PM process.

2.4. STAKEHOLDER ANALYSIS AND SELECTION OF POTENTIAL PARTICIPANTS (STEP 2)

A stakeholder analysis was conducted from the interviews and served as a basis to invite the potential participants to the PM process. Interviewed stakeholders were qualitatively positioned according to two axes adapted from Grimble and Wellard (1997). The first axis represents the level (high/medium/low) to which a stakeholder can be affected by the evolution of the agricultural system. For example, the farmers and the stakeholders acting in the supply chain are highly affected by a radical evolution in the agricultural system, since their very existence can be at risk, unlike the public administration, which has relatively little risk in this context. The second axis represents the level to which a stakeholder's actions impact the evolution of the agricultural system. For example, specialized technical institutions affect the evolution of the agricultural system through their research, development, and extension services.

Additionally, we outlined each stakeholder's knowledge base. Four fields of knowledge were differentiated: (i) regional development, (ii) ecological and environmental characteristics of the region, (iii) crop and livestock management and performance, and (iv) economic aspects (including supply chains). The two latter types of knowledge were characterized according to the four main agricultural productions: (i) lavender crops and other perfume plants, (ii) durum wheat and other field crops, (iii) livestock, and (iv) honeybees.

We used this stakeholder analysis to select participants for involvement in the PM process. We targeted participants who were strongly affected by the evolution of the agricultural system or who strongly impacted that evolution. In addition to this first criterion, we selected participants representing all the types of knowledge in order to obtain a comprehensive overview of the agricultural system. Through this process, 14 potential participants were identified. During the semi-structured interviews, one stakeholder refused explicitly to be further involved because of a lack of interest. Four others declared being interested, but did not attend any of the following steps of the PM process. Out of the 14 potential participants selected, nine became fully involved (Table 3-1).

TABLE 3-1 : PARTICIPANTS INVOLVED IN THE DIFFERENT STEPS OF THE INITIALIZATION STAGE. THE NUMBER OF PARTICIPANTS IS INDICATED FOR EACH TYPE AND EACH STAGE. EACH PARTICIPANT IS IDENTIFIED BY A CODE USED IN THE TEXT OF THIS PAPER. THE CODES OF THESE PARTICIPANTS ARE SHOWN (IN BRACKETS). † GA5-F IS A FARMER, BUT ALSO A REPRESENTATIVE OF A CEREAL COOPERATIVE.

Type of participants	Semi-structured interviews	Potential participants	Final participants
farmers	3 (GA14-F, GA5-F, GA15-F)	3 (GA14-F, GA5-F, GA15-F)	2 (GA14-F, GA5-F)
chamber of agriculture	5 (GA2, GT2, GA3, GT3, GT4)	3 (GA2, GT2, GA3)	2 (GA2, GT2)
representatives of specialized technical organisms	2 (GA11, GA10)	2 (GA11, GA10)	2 (GA11, GA10)
representatives of cooperatives	1 (GE1+GA5-F †)	1 (GE1+GA5-F †)	1 (GE1 +GA5-F †)
representatives of organizations for supply chain coordination	4 (GE2, GE3, GE4, GA9)	1 (GE2)	-
representatives of regional administration	6 (GT10, GT11, GT9, GT14, GT8, GT7)	3 (GT10, GT11, GT9)	2 (GT10, GT9)
representatives of companies active in regional development	1 (GT5)	1 (GT5)	-
representatives of associations	2 (GT1, GA1)	-	-
Total	24	14	9

2.5. COGNITIVE MAPPING (STEP 3)

2.5.1. ITERATIVE DESIGN OF A FORMALISM ADAPTED TO THE CONCEPTUALIZATION OF THE AGRICULTURAL SYSTEM

Cognitive mapping and its associated formalism design were achieved on the basis of the interview transcripts in an iterative process. We call “formalism” the structure and semantics used in every CM, which enables the comparison of CMs. A CM was built from an initial transcript, leading to the first version of a specific formalism. A second CM was built from another transcript according to this first version of the formalism. This formalism was then improved in order to be adapted to both the first

and second transcript specificities. The nine transcripts were progressively treated in the same manner.

2.5.2. FINAL STRUCTURE OF COGNITIVE MAPS

Several principles were used to represent the agricultural system with respect to the participants' logics and mindset. First we established the structural organization of the agricultural system through an object-oriented representation created by identifying the relevant objects (structural components) and how they relate to one another. We then determined the characteristics and dynamics of each of these objects in order to establish the causal relationships generating changes in the agricultural system. These causal relationships can be positive or negative. Additionally, a structuration on six spatial levels (field, farm, *plateau de Valensole*, *Provence*, France, international) helped us identify the significant levels of organization and relate each structural component to its specific level.

Figure 3-2 illustrates an example of three structural components: the lavender crop, representing the field spatial level; the farmer, representing the farm level; and water (rivers, groundwater), representing the *plateau de Valensole* level. Each structural component has characteristics, interlinked by positive or negative causal relationships. For example, the extensive cultivation of lavender in the region has a positive impact on the frequency of diseases. This results in increased pesticide use, which negatively impacts water quality. All the structural components and themes mentioned in their related characteristics are presented in appendix 3-1.

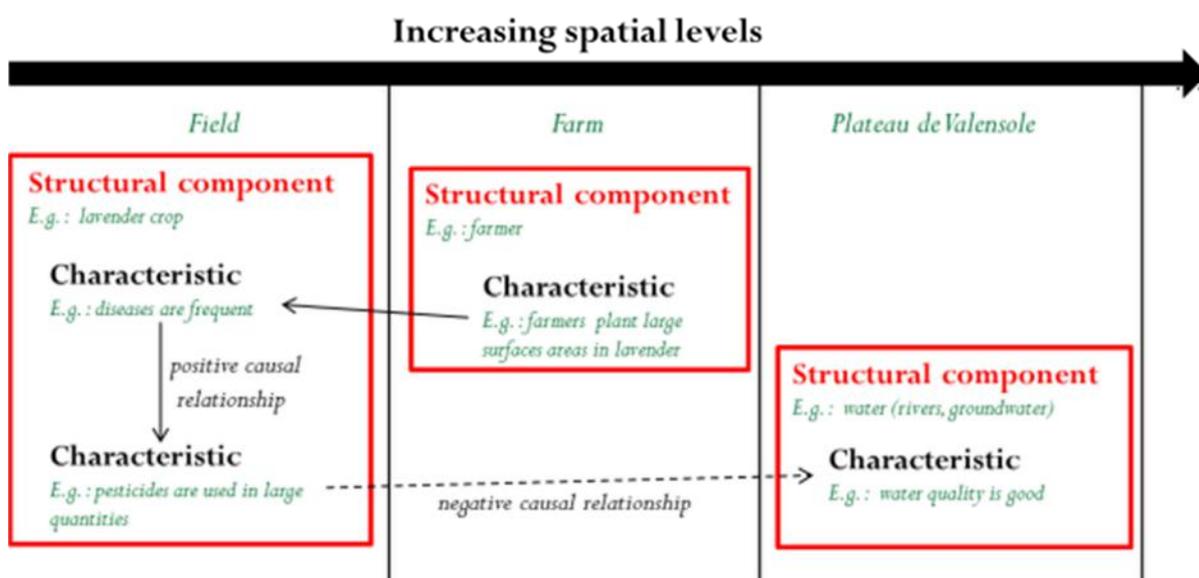


FIGURE 3-2 : STRUCTURE OF THE COGNITIVE MAPS. VERTICAL DELINEATION CORRESPOND TO THE SPATIAL LEVELS, RED SQUARES REPRESENT STRUCTURAL COMPONENTS, FULL ARROWS ARE POSITIVE RELATIONSHIPS AND DOTTED ARROWS ARE NEGATIVE RELATIONSHIPS. EXAMPLES ARE IN GREEN.

2.5.3. SEMANTIC RULES

We standardized the semantics through various means: (i) The vocabulary was standardized by assigning a unique description to replace various terms used for the same structural components or characteristics. This task relied on hypotheses made by the interviewer on the basis of the transcripts of the semi-structured interviews. For example, participants used the terms “lavender producer”, “cereal producer” and “farmer” to designate farmers growing both lavender and durum wheat. The various terms became one unique description, “farmer specialized in lavender and durum wheat production”. We assumed that the various terms represented the same farmers, because the participants described them with the same characteristics, and because most of the farmers in the region cultivate both lavender and durum wheat. Participants also validated this combination of terms during the feedback step. (ii) The level of detail was also standardized. For example, the definition of the cropping systems could be the cultivated species, or the variety, as well as the cultivation techniques. In order to allow the comparison of the CMs, the objective was to reduce the number of structural components while maintaining a level of detail that reveals the diversity of mental models. The cultivated species was found to be the most relevant level to achieve the two facets of this objective. General aggregated structural components were also adopted, such as “other field crops”, defined as all cereal crops other than durum wheat. Some of the participants spontaneously used these descriptions or similar formulations (e.g. “alternative crops”).

2.6. PARTICIPANTS’ FEEDBACK THROUGH SECOND INDIVIDUAL INTERVIEWS (STEP 4)

Each participant had the opportunity to discuss his CM during a second round of individual interviews. This step was aimed at correcting and validating the representation of each mental model by collecting feedback on the information presented as well as on the semantics. In light of their complexity, the interviewers undertook the presentation and discussion of CMs in a progressive manner, displaying successive subsets of structural components with their related characteristics and relationships. These interviews lasted about thirty minutes, on average.

Participants’ feedback led to significant modifications of the CMs. It revealed misunderstandings during the first interviews, improper interpretation or simplification of the first interview transcript, and aspects not mentioned during the first interview that the participant wanted to add.

2.7. ANALYSIS OF COGNITIVE MAPS (STEP 5)

The analysis and comparison of the nine CMs is based on three aspects:

- Their composition. We analyzed and compared the structural components noted in each CM, as well as the number of characteristics expressed for each of these structural components. The

analysis of the CM's composition revealed the participant's perception of the agricultural system, i.e. the components of the system about which he/she was knowledgeable or had interests or concerns.

- The main characteristics identified. We selected the characteristics that were mentioned by a significant proportion (at least four out of nine) of the participants, or that contradicted a characteristic mentioned by another participant. Questions asked during the interviews focused on problems, opportunities, hopes and fears about the agricultural system. We assume that each characteristic is an issue or is related to an issue and generates risks, opportunities, or uncertainties for the agricultural system in the perspective of the participant who expressed it. The selection of main characteristics reveals issues shared among the participants, whereas contradictory characteristics reveal divergences among the issues identified by the participants.
- The causal relationships related to the characteristics most frequently mentioned. Two issues are shared by almost all the participants (eight out of the nine). We analyzed and compared the causal relationships related to both of these issues in each CM. This revealed the participants' viewpoints on these issues, i.e. their perspective on how these issues affect the agricultural system.

3. RESULTS

3.1. SELECTION OF THE PARTICIPANTS

Farmers (GA5-F, GA15-F, GA14-F) and cooperatives representatives (GE1 and GA5-F) have the highest impact on the evolution of the agricultural system (Figure 3-3). Since their economic activity is directly related to agricultural production, they are also the most affected by the evolution of the system. Representatives of the chamber of agriculture (GA2, GT2, GA3), the supply chain organization (GE2), and the irrigation company (GT5), have indirect impacts and are indirectly impacted through their extension and services activities. Representatives of territorial administration (GT10, GT11 and GT9) have a low impact since they only direct a few projects on the *Plateau de Valensole*. Representatives of specialized technical institutions (GA10 and GA11) have indirect impacts on the system through their research and development projects, but are only impacted in a limited manner.

The 14 potential participants represented knowledge related to aspects of regional development, ecological and environmental characteristics, crop and livestock management, and performance and economic aspects. Knowledge about ecological and environmental characteristics was only

represented by a single participant (GT10), while knowledge about the aspects related to regional development was represented by four participants (GT5, GT2, GT10 and GT9).

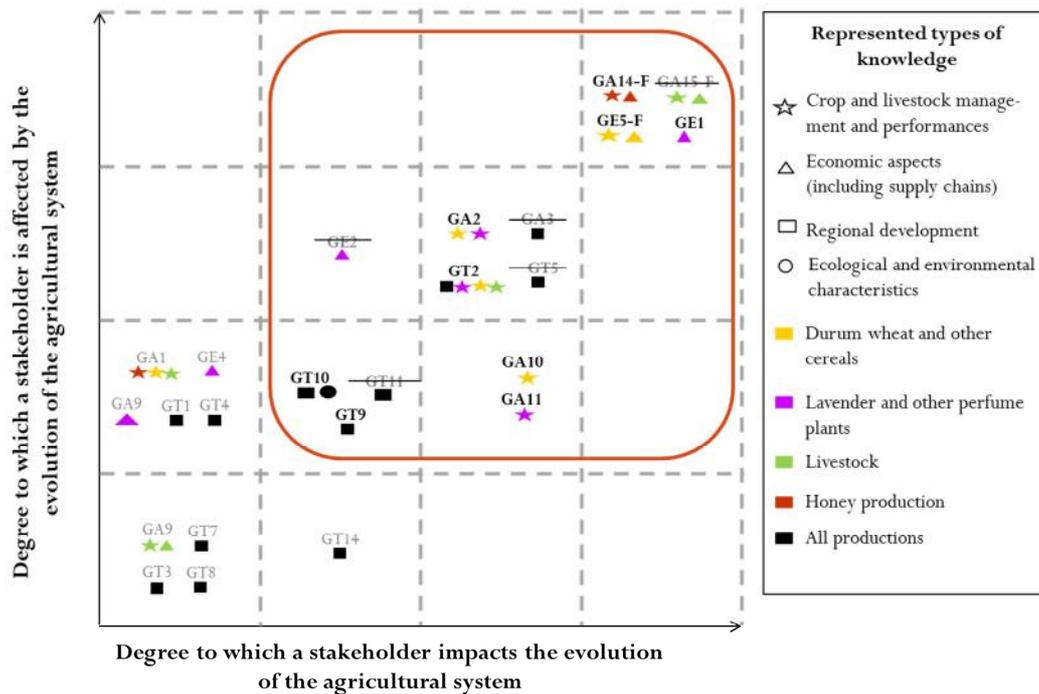


FIGURE 3-3: RESULTS OF THE STAKEHOLDER ANALYSIS (THE 14 STAKEHOLDERS INSIDE THE RED BOX WERE SELECTED. ONLY 9 OF THEM ACCEPTED TO PARTICIPATE IN THE COGNITIVE MAPPING STEPS (REPRESENTED WITH BOLD INITIALS), THE OTHER 5 DECLINED TO PARTICIPATE (REPRESENTED WITH STRIKEOUT INITIALS). THE SYMBOLS (STAR, TRIANGLE, SQUARE AND CIRCLE) CORRESPOND TO THE TYPES OF KNOWLEDGE, AND THE COLORS CORRESPOND TO THE RELEVANT AGRICULTURAL PRODUCTION.

3.2. EXAMPLE OF A FINAL CM

We have used the case of a stakeholder (GA5-F) acting in the cereals supply chain to illustrate the information a CM provides about a participant’s mental model (Figure 3-4 presents a simplified version of this cognitive map; the entire cognitive map is in appendix 3-2). This participant is particularly interesting because he is both a farmer and the representative of a cooperative.

The composition of his CM reveals his perceptions about the agricultural system. This stakeholder cited numerous elements concerning the cereal supply chain. He described the companies (cooperative, food-processing industry) and the market, as well as the durum wheat cropping system, and the farms and farmers specialized in this production. GA5-F also mentioned structural components related to lavender (lavender crop, distillery, lavender oil market), demonstrating that he holds knowledge and concerns about these productions as a farmer. The three most frequently described structural components are the cereal cooperative, the farm (primarily in terms of economics), and the durum wheat crop (primarily in agronomic terms). GA5-F also identified certain issues and revealed his views on them by describing their related causal relationships. For example, he maintains that crops are not diversified because profitability of crops other than durum wheat

participants, and a food-processing industry was that was mentioned by four participants. The CMs of four participants, GA5-F, GE1, GA10, and GA11, have detailed knowledge about either the lavender or durum wheat crops. These four participants are later referred to as the “experts” of the lavender-durum wheat farming systems. However, their mental models differ in some specific areas. For example, GA11 mentioned 26 characteristics for the lavender crop but only one characteristic for the durum wheat crop. On the contrary, GA10 focused on the durum wheat crop (13 characteristics), and gave a more limited description of the lavender crop (4 characteristics).

GT10, GA2, GT2, GT9, diverged from the “experts” of the lavender-durum wheat farming system, by mentioning two other farming systems: beekeeping and livestock breeding. In general, these four stakeholders introduced more structural components than the “experts” (Table 3-2). GA14-F’s CM reflects an intermediate mental model, with detailed knowledge about the honeybee farming system, and a broad viewpoint of issues concerning the agricultural system. These stakeholders have a wider perception of the region, and are concerned about different farming systems as well as non-agricultural components like natural resources or touristic activity. They are later referred to as stakeholders with a “broad perception” of the region.

Almost all of the participants mentioned other structural components that are not directly related to agriculture: the climate, because of its impact on yields; the irrigation system, because of its potential extension and its effect on yields; and the European Union, because of the recent changes in Common Agricultural Policy (CAP) subsidies. With the notable exception of the soil, which was mentioned by eight participants, natural resources were more frequently identified by participants with a “broad perception”. Finally, the five participants with a “broad perception” mentioned touristic activity (through its association with lavender crops) and three of them mentioned the municipality (through its drinking water needs).

By analyzing the structural components, we distinguished two main profiles of participants: the “experts” of the lavender and durum-wheat farming systems, and participants with a “broad perception” of the socio-ecological system. We performed a more complete analysis by considering the various issues mentioned by the participants as relating to each structural component.

TABLE 3-2 (NEXT PAGE): STRUCTURAL COMPONENTS CITED BY EACH PARTICIPANT. THE NUMBERS IN BRACKETS ARE THE NUMBER OF CHARACTERISTICS MENTIONED FOR THE GIVEN STRUCTURAL COMPONENT. FOR EXAMPLE, GA5-F MENTIONED TWO CHARACTERISTICS ABOUT THE DISTILLERY. † THE CHARACTERISTICS RELATED TO THE FARM CONCERN ITS STRUCTURE (FOR EXAMPLE SIZE) OR PERFORMANCE (FOR EXAMPLE PROFITABILITY), WHEN THE CHARACTERISTICS RELATE TO THE FARMER, THEY CONCERN HIS CHOICES (FOR EXAMPLE SURFACE AREA OF CROP)

Farming system corresponding to the structural component, or type of structural component	Structural component	Number of participants mentioning the component	“experts”				“with a broad perception” of the agricultural system				
			GA5-F	GA 10	GE 1	GA 11	GT10	GT 9	GT2	GA2	GA 14-F
lavender-Durum wheat farming system	farm specialized in lavender and wheat†	8	(10)	(1)	(5)	(4)	(2)	(4)	(7)	(3)	
	farmer specialized in lavender and wheat†	9	(6)	(5)	(5)	(6)	(5)	(9)	(10)	(8)	(1)
<i>(lavender and other perfume plants)</i>	lavender crop	9	(4)	(4)	(6)	(26)	(2)	(4)	(6)	(17)	(8)
	other diversified perfume plants	2			(2)	(1)					
	distillery	5	(2)			(6)		(2)	(3)	(1)	
	lavender oil cooperative	1			(5)						
	lavender oil market	6	(5)	(1)	(11)	(13)		(2)		(8)	
<i>(durum wheat and cereals)</i>	durum wheat crop	9	(9)	(13)	(2)	(1)	(4)	(7)	(8)	(5)	(1)
	cereals cooperative	5	(10)	(1)				(4)	(6)	(3)	
	cereals food-processing industry	4	(2)	(5)				(1)	(2)		
	durum wheat market	6	(4)	(2)	(1)		(2)	(2)	(3)		
<i>(other field crops)</i>	other field crops	9	(2)	(1)	(1)	(2)	(2)	(1)	(2)	(2)	(1)
	agricultural market (other than lavender and durum wheat)	6	(3)	(1)	(3)	(1)		(1)	(2)		
livestock farming system	livestock breeder	4					(1)	(1)	(1)	(1)	
	farm specialized in livestock breeding	2					(3)	(1)			
	sheep herd	1					(2)				
	forage crop	4					(3)		(2)	(1)	(2)
beekeeping farming system	beekeeper	1									(3)
	beekeeping farm	1									(7)
	outside-region beekeeping farm	1									(1)
	bee colony	3					(1)			(1)	(10)
	lavender honey market	1									(3)
	orchard	1									(1)
natural resource	soils	7	(1)	(1)		(2)	(3)	(1)	(1)	(6)	
	water (rivers, groundwater)	4					(2)	(1)	(2)	(2)	
	forest	2					(1)				(2)
	isolated tree	2					(1)				(2)
	hedge	2					(1)				(2)
	protected wildlife	2					(3)		(1)		
	hunted fauna population	1					(2)				
	wolf	1					(1)				
others	climate	9	(2)	(2)	(2)	(2)	(1)	(1)	(2)	(2)	(3)
	irrigation system	8	(5)	(3)	(2)	(2)	(1)	(1)	(5)	(2)	
	European union	9	(1)	(1)	(2)	(2)	(1)	(3)	(2)	(2)	(1)
	State	2				(2)				(1)	
	agricultural equipment company	1								(1)	
	plant-protection products company	2				(2)				(1)	
	fertilizer market	2	(1)	(1)							
	energy market	1							(1)		
	touristic activity	5					(1)	(2)	(1)	(1)	(2)
	municipality	3					(1)	(2)	(1)		
TOTAL of structural components mentioned by each participant			15	15	13	15	24	20	21	20	17

3.3.2. IDENTIFICATION AND ANALYSIS OF THE MAIN ISSUES

The main identified characteristics, i.e. the main issues, are summarized in the table 3-3. The 30 issues mentioned by at least four participants concern various structural components such as cropping systems, stakeholders, and natural resources (water, soils). Issues concerning economics, agronomics, and the environment are also mentioned. However, these issues are not always equally shared among the participants. For example, the participants identified similar issues for the lavender crop: two thirds of them mentioned the high profitability of the lavender crop, even if most of them also mentioned that the yields tend to decrease over time. On the contrary, they expressed divergent issues related to durum wheat profitability: four out of the nine participants (GT2, GA5-F, GT10 and GT9) stated that profitability was quite high, but GA10 considered that it was low.

The analysis of converging and diverging issues that were identified did not reveal a correlation between the identified issues and being an “expert” of the lavender-durum wheat farming system or a participant with a “broad perception”. Multiple perceptions were found within each group. However, this analysis shows the great diversity of issues that the agricultural system faces. We refined the analysis of the diversity of mental models by comparing the causal relationships between issues as mentioned by the participants, to reveal their viewpoints about these issues.

TABLE 3-3 (NEXT PAGE): MAIN CHARACTERISTICS MENTIONED BY THE PARTICIPANTS. †THE NUMBER IN BOLD INDICATES THE NUMBER OF PARTICIPANTS THAT MENTIONED THE CHARACTERISTIC.

structural component	characteristics	'experts'				"with a broad perception" of the agricultural system					†
		GA5-F	GA10	GE1	GA11	GT10	GT9	GT2	GA2	GA14-F	
farmer specialized in lav. and wheat	crops are not diversified	x	x	x	x	x	x	x	x		8
	<i>(surface area in lavender are decreasing)</i>				(x)						1
	<i>(surface area in lavender are stable)</i>							(x)			1
farm specialized in lav. and wheat	farm profitability is high	x		x		x	x	x	x		6
	farm size is increasing	x		x	x		x	x	x		6
	farm profitability is mainly due to lavender			x			x	x	x		4
lavender crop	profitability is high	x	x	x		x	x		x		6
	yields are decreasing		x	x	x		x		x	x	6
	mortality due to diseases is high		x				x	x	x		4
	mortality due to diseases is increasing	x		x	x					x	4
lavender oil market	lavender oil price is high	x		x			x		x		4
	lavender oil demand could decrease	x		x	x				x		4
	chemical substitutes to lavender oil exist	x		x	x				x		4
durum wheat crop	yields are unstable	x	x	x				x	x		5
	average yields are low		x			x		x	x		4
	profitability is quite high	x				x	x	x			4
	<i>(profitability is low)</i>		(x)								1
	<i>(protein rate is high)</i>							(x)			1
	<i>(protein rate is low)</i>	(x)									1
cereals cooperative	other crops are little collected	x					x	x	x		4
	collected crops types are not evolving	x					x	x	x		4
cereals food processing industry	there is strong emphasis on technological quality of durum wheat	x	x	x	x						
durum wheat market	<i>(the price is high)</i>	(x)				(x)					2
	<i>(the price is low)</i>		(x)								1
other field crops	average yields are low	x		x		x		x	x		5
agricultural market	markets of the other crops are small		x		x		x	x			4
soils	water holding capacity of the soil is low	x	x		x				x		4
water (rivers, groundwater)	pesticides pollution is high	x	x				x	x			4
	nitrate pollution is high	x					x	x			3
climate	the climate is dry	x	x	x			x	x	x		6
	the climate is unstable	x		x				x	x	x	4
irrigation system	the irrigation system could be extended	x	x	x	x	x	x	x	x		8
	the workload for irrigation is high	x						x	x		4
	Price of irrigation water is high	x	x	x	x			x			5
European union	CAP subsidies could decrease for field crops	x	x			x		x			4
	CAP subsidies are high for field crops			x	x		x		x		4
touristic activity	touristic attractiveness could decrease					x	x	x	x		4
	number of main characteristics mentioned by the participant	23	14	18	12	9	18	21	22	3	

3.3.3. COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CAUSAL RELATIONSHIPS LINKED TO THE EXTENSION OF THE IRRIGATION SYSTEM

Two of the main issues were mentioned by 8 of the 9 participants: “crops are not diversified” and “irrigation system could be extended”. For both of these issues, causal relationships were examined and compared in order to analyze participants’ viewpoints. Since the issue crop diversification did not reveal substantial differences in the relationships mentioned by the participants, we have focused on the analysis of relationships linked to the potential extension of the irrigation system (Figure 3-5 and Figure 3-6).

FIGURE 3-5: FOCUSING ON THE CONSEQUENCES OF THE EXTENSION OF THE IRRIGATION SYSTEM FOR THE 4 PARTICIPANTS CALLED ‘EXPERTS’ WHO MENTIONED THAT CHARACTERISTIC IN THEIR COGNITIVE MAPS

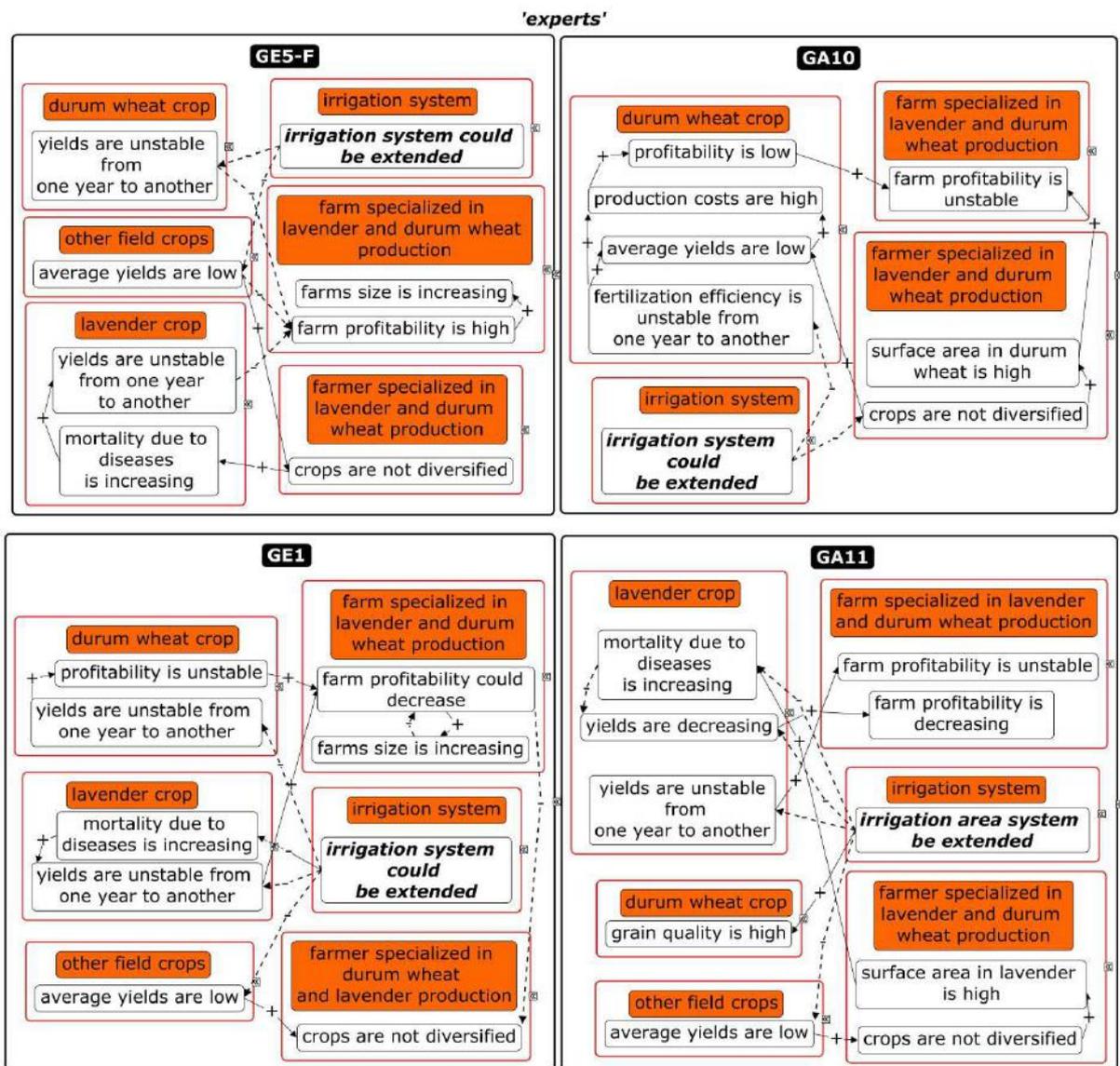
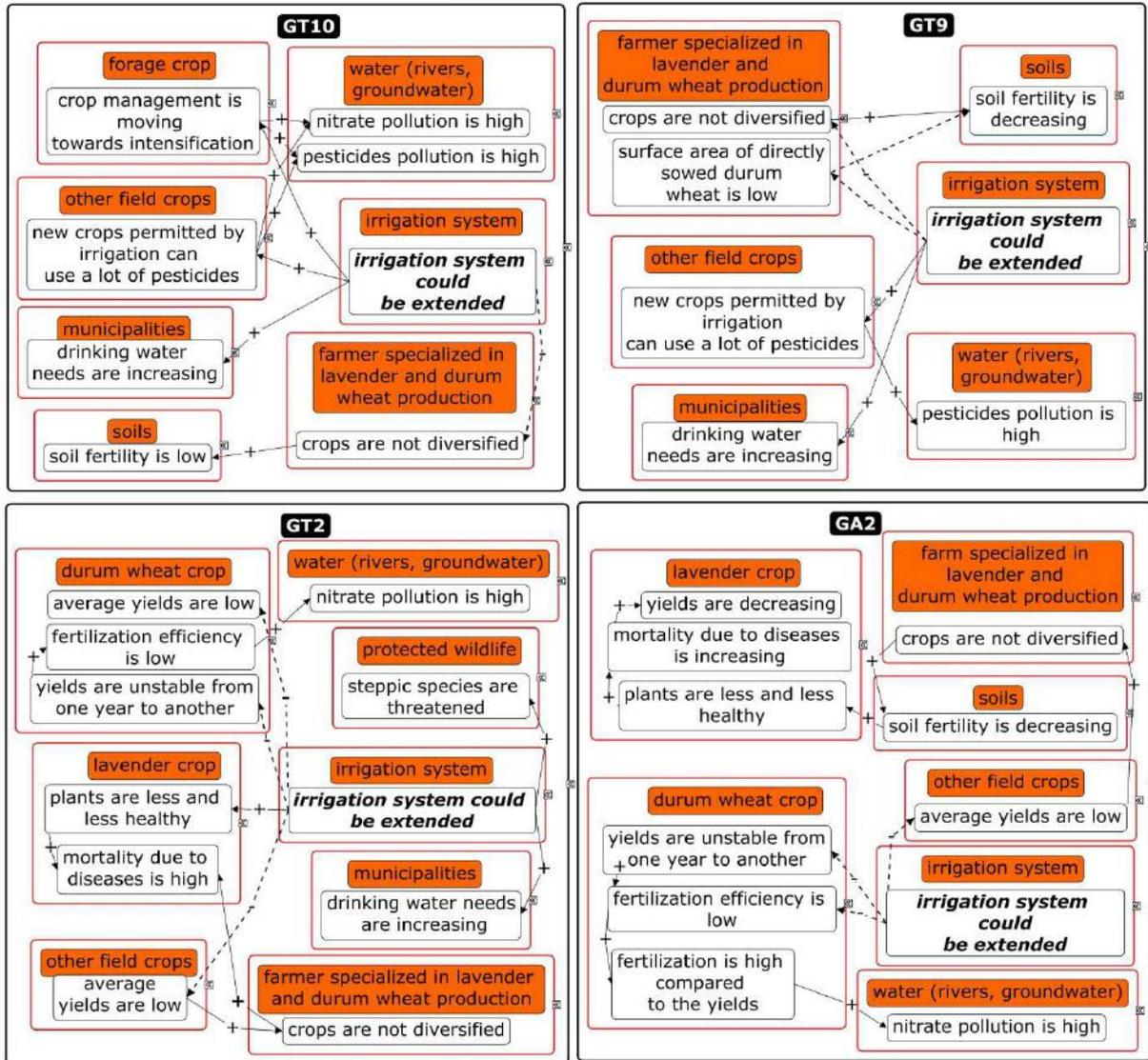


FIGURE 3-6: FOCUSING ON THE CONSEQUENCES OF THE EXTENSION OF THE IRRIGATION SYSTEM FOR THE 4 PARTICIPANTS WITH A 'WIDE PERCEPTION' WHO MENTIONED THAT CHARACTERISTIC IN THEIR COGNITIVE MAPS

'with a broad perception'



The 8 participants mentioned potential impacts of the extension of the irrigation system on crop diversification at the farm level, and 6 of them noted the potential impact on durum wheat yields. Nevertheless, there were slight differences in their views on the consequences of more diversified crops: four participants believed that the extension of the irrigation system could have a direct impact (GE1) or an indirect impact (GT2, GA11, GA5-F) on the reduction of lavender diseases while three others (GT10, GT9, GA2) foresaw an opportunity for improving soil quality. Some impacts were only mentioned by a couple of participants: GA11 was the only participant to mention a potential increase in the grain quality of durum wheat (greater yields decreasing the nitrate provided to each grain). GA5-F was the only one to mention the limitation on an increase in farm size (because it increases the profitability of the farm). Out of the eight participants mentioning impacts, five mentioned only positive impacts from the potential extension of the irrigation system, while three also mentioned negative impacts. Cab, for example, expressed a concern about a decrease in the natural wildlife population due to more intensified cropping practices. Participants had divergent viewpoints on the potential impacts on water quality. According to GT10 and GT9, this impact would be negative because it would lead to intensified cultivation of forage crops (GT10) and the addition of crops that require more pesticides (GT10, GT9). To the contrary, GA2 and GT2 believe the impact would be positive because of more efficient fertilization.

The four “expert” participants of the lavender-durum wheat farming system mentioned only positive impacts of the extension of the irrigation system, while stakeholders with a “broad perception” expressed some concerns about possible negative consequences of the development of the irrigation system (Figure 3-5 and Figure 3-6). The analysis of viewpoints on the extension of the irrigation system, as expressed by the two main profiles of participants, reinforces the differences identified through the analysis of their perception of the current agricultural system.

4. DISCUSSION

In this paper, we have presented a method to generate a preliminary diagnosis, and at the same time initiate a participatory modeling process. First, we will discuss the completion of this objective. We will then provide a critical assessment of the method used to develop the cognitive maps. Finally, we will discuss the extent to which the application of our method could stimulate stakeholders to participate in the following stages of the PM process.

4.1. ACHIEVEMENT OF A PRELIMINARY DIAGNOSIS

The method described in this paper allowed us to outline a large set of issues about environmental, economic, and agronomic aspects of the agricultural system. This outline was completed by the

identification and formalization of the main components of the system, their characteristics and interrelationships. This can serve as a basis for an initial conceptualization of the system for further participatory modeling (Etienne et al. 2011). Moreover, this method provides a way to formalize and compare a diversity of individual diagnoses coming from the main stakeholders of the studied area. Identifying the participants' viewpoints about the issues enabled an analysis of the extent to which each issue was shared among the participants. This information can be used to frame the question that will be addressed by the PM process. The question can also be defined before the initialization of the PM process, for instance when the PM process aims to meet a specific stakeholder's demand (see for example Campo et al. 2010). In such a case, there is a risk that the question will be oriented to meet this stakeholder's personal objectives, thus creating an ethical dilemma when the objectives of other participants are not compatible (Barnaud et al. 2010). Information about other stakeholders' perception of the issue related to the selected question can signal the risk of a dominating stakeholder manipulating the process (Barnaud et al. 2008). Sometimes, research teams predefine the question in accordance with their research objectives (see for example Souchère et al. 2010, Hossard et al. 2013) . In this case, the question sometimes mismatches stakeholder objectives and concerns, leading to a lack of stakeholder engagement in the process (Hossard et al. 2013). Identifying the issues that are shared among most stakeholders can help build bridges between the objectives of the research team and those of the participants.

The categorization of the stakeholders that will be involved in the participatory modeling process is also an important aspect of the preliminary diagnosis. Stakeholder analyses have been increasingly oriented toward the understanding of stakeholder networks (e.g. Lienert et al. 2013, Prell 2009), but this does not necessarily contribute to a complete understanding of the stakeholders' perspectives of the current system. The application of the method detailed in this paper enabled us to identify two main profiles of participants according to (i) their perceptions of the agricultural system in relation to their particular knowledge and concerns and (ii) their viewpoints about specific issues and their consequences. First, the categorization of participants provided information about the components of the agricultural system that corresponds to their field of knowledge. It allowed us to evaluate the extent to which complementary fields of knowledge were addressed during the PM process in regards to the evolution of the set of participants. Categorization also provided us with information about participants' viewpoints and existing discrepancies between participants for a given issue. This information has shown to be very useful for facilitating PM processes (Hjortsø et al. 2005). Indeed, shared viewpoints about an issue may lead to easier cooperation while opposing viewpoints may lead to conflict (Bryson 2004; Mathevet et al. 2011). In the context of preparation for future workshops, the categorization of participants by both their perception of the entire system and their

viewpoints on specific issues allows us to determine whether or not the group of participants can be considered representative of the different mental models identified in this analysis.

4.2. METHOD FOR COGNITIVE MAPPING

The cognitive mapping was realized in the research laboratory on the basis of transcripts of semi-structured interviews. This is a method of indirect elicitation (Jones et al. 2011). It contrasts with a method of direct elicitation that consists of co-constructing the CM directly with the participants. In our study, individual interviews often constituted the first meeting with the stakeholders. A very formalized approach using a direct elicitation method could have been counterproductive to the participants' interests, as discussed by Stauffacher et al. (2008). During our interviews, we wanted the participants to freely express their perceptions and communicate their knowledge about the agricultural system. We made an effort to avoid the biases that could result from overly detailed questions. However, by designing the CM semantics *a posteriori*, the researcher plays a prominent role, and his subjectivity may influence the CM. This influence was balanced by the feedback step. The corrections suggested by the participants proved that this step was crucial in order to limit misunderstandings and excessive influence from the researcher. The success of our method in achieving a preliminary diagnosis suggests that it is imperative that the interviews and the cognitive mapping are conducted by the same researcher in order to ensure homogeneity throughout the process.

The high level of detail that we used in the CM allowed us to expose nuances that might have otherwise remained hidden. However, such detailed cognitive mapping was time consuming and the feasible number of CMs was limited. Our preliminary diagnosis is therefore based on the elicitation of mental models from a small number of participants. All issues mentioned in the 24 semi-structured interviews have nevertheless been elicited in the nine CMs. Therefore, cognitive mapping all interviews would not have provided more information for the identification of issues, but it could have enlarged the categorization of participants.

4.3. CONTRIBUTION TO STAKEHOLDER ENGAGEMENT

The initialization stage of the PM process can also contribute to the engagement of the stakeholders by raising their interest and motivation to participate. The stakeholders' engagement depends notably on (i) their understanding of both the PM process objectives and its expected outcomes (Reed 2008; Barreteau et al. 2010), (ii) the adaptation of the PM process to the stakeholders' concerns (Voinov and Gaddis 2008), and (iii) a strong degree of trust and respect between the research team and the stakeholders (Barreteau et al. 2010; Voinov and Bousquet 2010). Our

procedure during the initialization stage was designed to encourage the engagement of the stakeholders: (i) Individual interactions were used to foster the participants' understanding of the overall process (for examples general objectives or possible outcomes) by allowing direct and very interactive discussions with each stakeholder; (ii) CMs were used as support to enhance a collaborative dialog between each participant and the interviewer during the feedback step; (iii) the participants' issues, knowledge, and viewpoints were used in the preliminary diagnosis (which served as the starting point for the following stage of model co-construction), thus helping to convince them that the researchers would consider their concerns.

5. CONCLUSION AND PERSPECTIVES

In this paper, we have presented a preliminary diagnosis for the initialization of a PM process involving a regional agricultural system. We constructed individual cognitive maps to elicit participants' mental models in the construction of this diagnosis, taking into account the diversity of stakeholders' perceptions of the agricultural system. During the next steps in the PM process, this input will help define the sustainability issues faced by the agricultural system, and be used for conceptual modeling. Sharing the preliminary diagnosis with the participants will increase their awareness of the variety of perceptions among their co-participants, and enrich the process. In parallel, the elicitation of participants' mental models led to the categorization of the participants. Using this categorization to ensure that participants are representative of the diversity of identified mental models will help us manage the facilitation of the next steps of the PM process. These initial CMs could also be used to assess before and after impacts of the PM process on the evolution of the participants' mental models by comparing the initial CMs to those realized at the end of the process. Our method could be tested in other less rural contexts with more complex combinations of different (non-farming) activities.

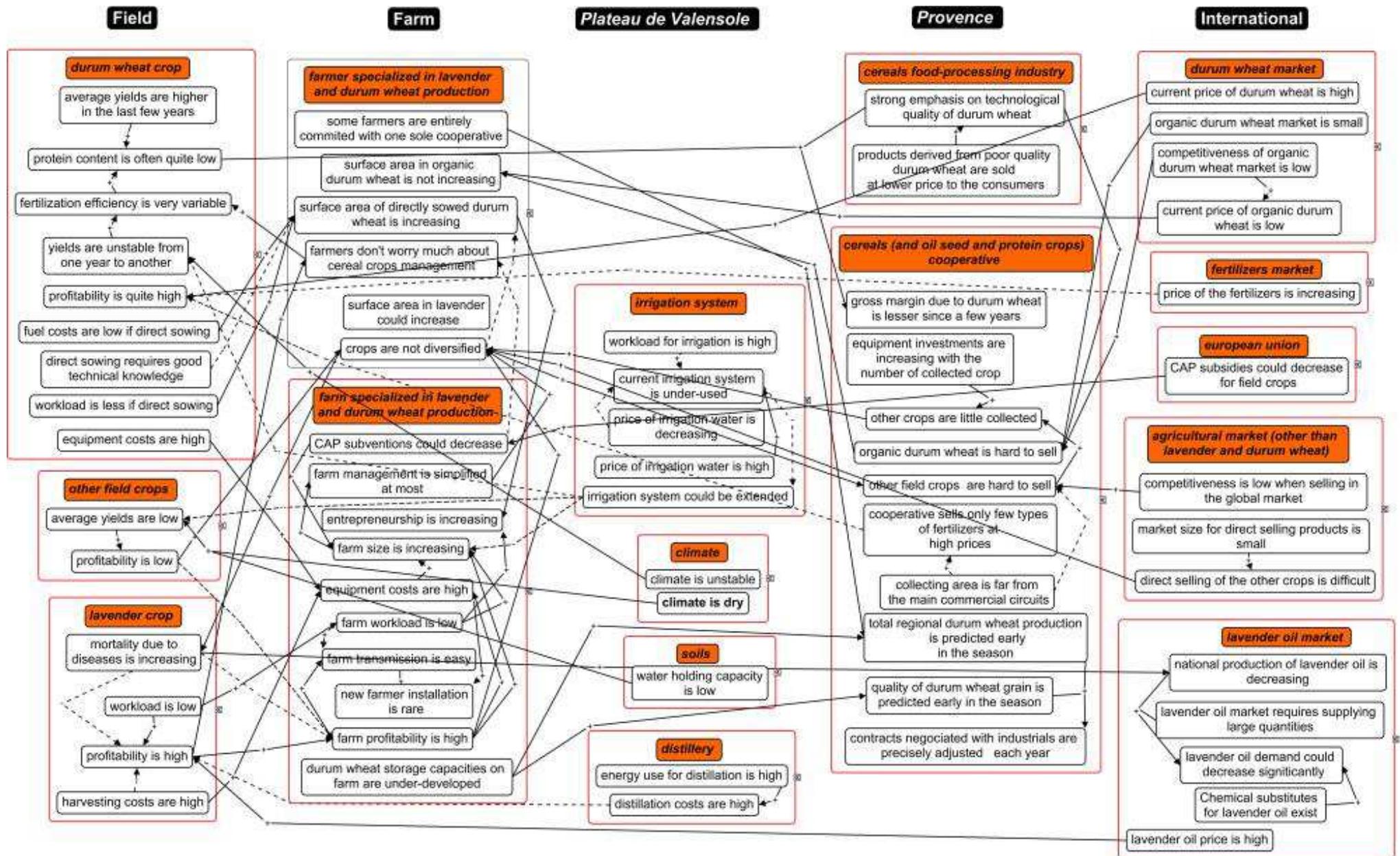
APPENDIX 3-1: STRUCTURAL COMPONENTS MENTIONED IN ALL THE COGNITIVE MAPS

Structural component	Level	Themes mentioned in the characteristics
stakeholder		
farmer specialized in durum wheat and lavender production	farm	crops surface area at farm level, priorities in terms of time and money investment, know-how, decisions about crop rotations (number of crops, number of years between two lavender cultivations), field size, free time, commitment with cooperatives
livestock breeder	farm	number of herds
beekeeper	farm	organic conversion, practice of transhumance
cereals (and oil seed and protein crops) cooperative	<i>Provence</i>	collected crops, total collection, profitability, cooperation between cooperatives, selling facilities, investment for storage equipment, collecting area, inputs selling activity
lavender (and other perfume plants) oil cooperative	<i>Provence</i>	total collection, collecting area
cereals food processing industries	<i>Provence</i>	preferences in terms of durum wheat quality, purchase area, control of the quality
company selling agricultural equipment	<i>Provence</i>	Profitability
company producing plant protection products	France	strategies for the research about pesticides and their selling
State	France	legislation about authorized pesticides
European union	International	PAC subsidies, legislation about lavender production
cropping or livestock production system		
lavender crop	field	conservation of lavender oil, workload, duration of lavender cultivation, oil quality, differences between varieties, aesthetics, diseases, resistance to diseases, pests dynamics, harvesting time, profitability, yield, pesticides treatments, equipment costs, pollen production, organic/non-organic production
durum wheat crop	field	fertilization needs, technical skills, grain quality, direct-seed, profitability, yield, protein rate, equipment costs, fuel costs, consumption of energy, production costs, workload, organic/non-organic production
diversified perfume plants (other than lavender)	field	profitability, yields
Forage crop	field	forage availability for herds, yields, specific environmental aids, crop management, pollen production
other field crops	field	yields, costs, practices, plant height, technicality, equipment costs
Orchard	field	pesticides treatments

sheep herd	field	size
bee colony	field	bee population, insecticide efficiency, number of available insecticides, hive location, pesticide treatments, bees health, honey yield
type of farm		
farm specialized in durum wheat and lavender crops	farm	workload, profitability, size, equipment costs, number, farm transmission, farm installation, entrepreneurship
farm specialized in livestock breeding	farm	number, size, farmer installation, profitability
beekeeping farm	farm	profitability, workload, technicality, hive quantity, number
outside-region beekeeping farm	<i>Provence</i>	number
technical infrastructure		
distillery	<i>Plateau de Valensole</i>	size, number of distilled species, working plan throughout a year, equipment costs, profitability, distillation costs, consumption of energy
irrigation system	<i>Plateau de Valensole</i>	Irrigation system extension costs, extra-workload due to crop irrigation, water price, available water resources, utilization of the current irrigation system
market		
lavender oil market	international	existing chemical substitutes, demand, organic/non organic, price, market size
durum wheat market	international	competition, price, organic/non organic, market size
agricultural market (other than lavender and durum wheat)	international	market size, competition, price, direct selling/indirect selling
lavender honey market	international	reputation, demand, price
fertilizer market	international	price
energy market	international	price
natural resource		
water (rivers, groundwater)	<i>Plateau de Valensole</i>	Pesticides pollution, nitrate pollution
Soils	<i>Plateau de Valensole</i>	fertility, depth of the arable layer, water holding capacity, microbial life, organic matter, erosion
Forest	<i>Plateau de Valensole</i>	surface, pollen production
isolated tree	<i>Plateau de Valensole</i>	number, pollen production
hedge	<i>Plateau de Valensole</i>	length, pollen production
protected wildlife	<i>Plateau de Valensole</i>	population size, species
hunted fauna population	<i>Plateau de Valensole</i>	population size, type of hunted fauna
wolf	<i>Provence</i>	presence
non agricultural or natural component		

touristic activity	<i>Plateau de Valensole</i>	evolution
municipality	<i>Plateau de Valensole</i>	drinkable water needs, water sanitation costs
climate		
climate	<i>Plateau de Valensole</i>	pluviometry, instability, climatic events

APPENDIX 3-2: FINAL COGNITIVE MAP OF GAS-F (BLACK BOXES REPRESENT THE SPATIAL LEVELS, BOXES FILLED IN RED ARE THE STRUCTURAL COMPONENTS, AND CLEAR BOXES (NOT FILLED WITH COLOR) ARE THE CHARACTERISTICS. LINES CORRESPOND TO RELATIONSHIPS, EITHER POSITIVE OR NEGATIVE (CONTINUOUS AND DOTTED LINES, RESPECTIVELY). BOLD CHARACTERISTICS AND RELATIONSHIPS ARE THE ONES DISCUSSED IN THE TEXT).



CHAPITRE 4

FORMULER COLLECTIVEMENT LE PROBLEME ABORDE PAR LA DEMARCHE : DU DIAGNOSTIC PRELIMINAIRE A L'EXPLORATION DE FUTURS POSSIBLES

Avant-propos

La mise en œuvre collective de la démarche a débuté par une phase de formulation du problème visant à : (i) comprendre le fonctionnement du système agricole actuel ; (ii) identifier et réaliser une analyse des acteurs concernés par ce système agricole ; (iii) construire un collectif de participants engagés dans la démarche ; et (iv) préciser les objectifs opérationnels poursuivis et les limites du système considéré.

La phase de formulation du problème s'est déroulée entre février 2013 et juin 2015 et a impliqué une diversité d'acteurs concernés par le système agricole du plateau de Valensole. Les acteurs participants remplissaient principalement des missions d'ordre économique (représentants de coopératives, d'organismes de structuration des filières), agronomique et technique (techniciens de chambre d'agriculture, d'instituts techniques), ou de développement territorial (chargés de mission du Parc Naturel Régional, représentants d'administrations territoriales)¹³. Cinq agriculteurs ont aussi participé, dont deux occupaient des postes dans certains organismes opérant à l'échelle locale (président de coopérative et élu du Parc Naturel Régional).

Cette phase de formulation du problème a été constituée de quatre étapes (Figure 4-1). Tout d'abord, un **diagnostic préliminaire** a permis de comprendre les principaux enjeux, problèmes et caractéristiques du système agricole, ainsi que les activités, points de vue et connaissances des acteurs. Ce diagnostic préliminaire a été poursuivi par la **formulation d'une question partagée**, afin de préciser les objectifs de la démarche au regard de ce diagnostic préliminaire. Puis, la **co-construction d'un modèle conceptuel** a permis d'explicitier collectivement les composantes, relations et dynamiques du système qui devaient prioritairement être considérées pour aborder cette question partagée. Enfin, en parallèle de ces étapes puis de la co-construction du modèle informatique (voir chapitre 5), un travail de **scénarisation participative**, réalisé sur plusieurs ateliers, a permis aux acteurs de se projeter collectivement dans le futur et a enrichi les réflexions sur les composantes et dynamiques du système à prendre en compte. Dans ce chapitre, je présente successivement la méthode et les résultats de chacune de ces quatre étapes.

¹³ Ces différents acteurs sont détaillés en annexe 2.

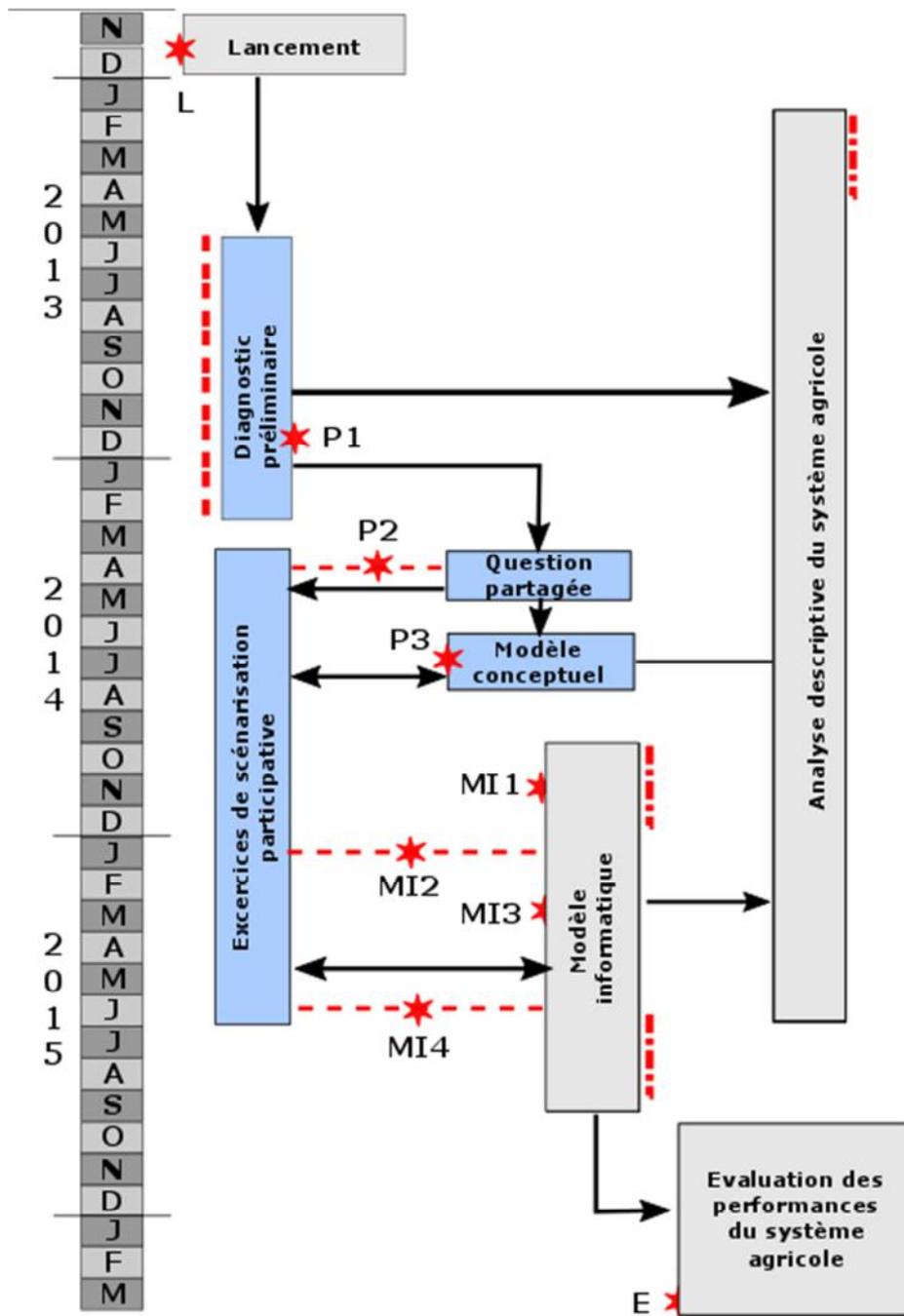


FIGURE 4-1 : CALENDRIER DES ETAPES DE LA PHASE DE FORMULATION DU PROBLEME (EN BLEU). EN GRIS LES AUTRES ETAPES DE LA DEMARCHE.

1. REALISATION DU DIAGNOSTIC PRELIMINAIRE

1.1. RAPPEL DE LA METHODE

Le diagnostic préliminaire cherchait à répondre à un double objectif : (i) appréhender les principales caractéristiques du plateau de Valensole et ses principaux enjeux et problèmes¹⁴ identifiés par les acteurs, (ii) identifier et réaliser une analyse des acteurs du territoire. La réalisation de ce diagnostic préliminaire a aussi joué un rôle central dans l'engagement des acteurs, via une première prise de contact et la présentation de la démarche.

J'ai déjà présenté dans le chapitre 3 la méthode de réalisation du diagnostic préliminaire. Cette méthode a consisté en la conduite de 24 entretiens semi-directifs auprès d'acteurs concernés par l'agriculture du plateau de Valensole, puis en la construction de cartes cognitives représentant les modèles mentaux de neuf acteurs. En complément du chapitre 3, je présente ici les résultats de ce diagnostic préliminaire en me concentrant sur la compréhension du système agricole, et de ses enjeux, problèmes et opportunités identifiées par les vingt-quatre acteurs initialement rencontrés. Celui-ci a aussi été enrichi par l'analyse de documents concernant l'agriculture du plateau de Valensole (diagnostics, cartes pédologiques). Ces résultats ont fait l'objet d'une restitution organisée en décembre 2013 (atelier P1¹⁵).

1.2. RESULTATS : SYNTHESE DES ENJEUX, PROBLEMES, ET OPPORTUNITE DU SYSTEME AGRICOLE SELON LES ACTEURS INTERROGES

Ces résultats peuvent être synthétisés via un schéma représentant les principaux enjeux, problèmes et opportunités du système agricole, ainsi que leurs relations (Figure 4-2).

¹⁴ Je définis un problème comme une caractéristique ayant des conséquences négatives sur le système agricole ou sur son environnement (naturel, économique, social). Un enjeu est une caractéristique ou une dynamique dont l'évolution peut générer un problème ou une opportunité, que ce soit pour le système agricole ou pour son environnement.

¹⁵ A l'atelier P1, huit acteurs étaient présents : GE4, GA13, GA2, GT2, GT5, F2, GT11, GT1

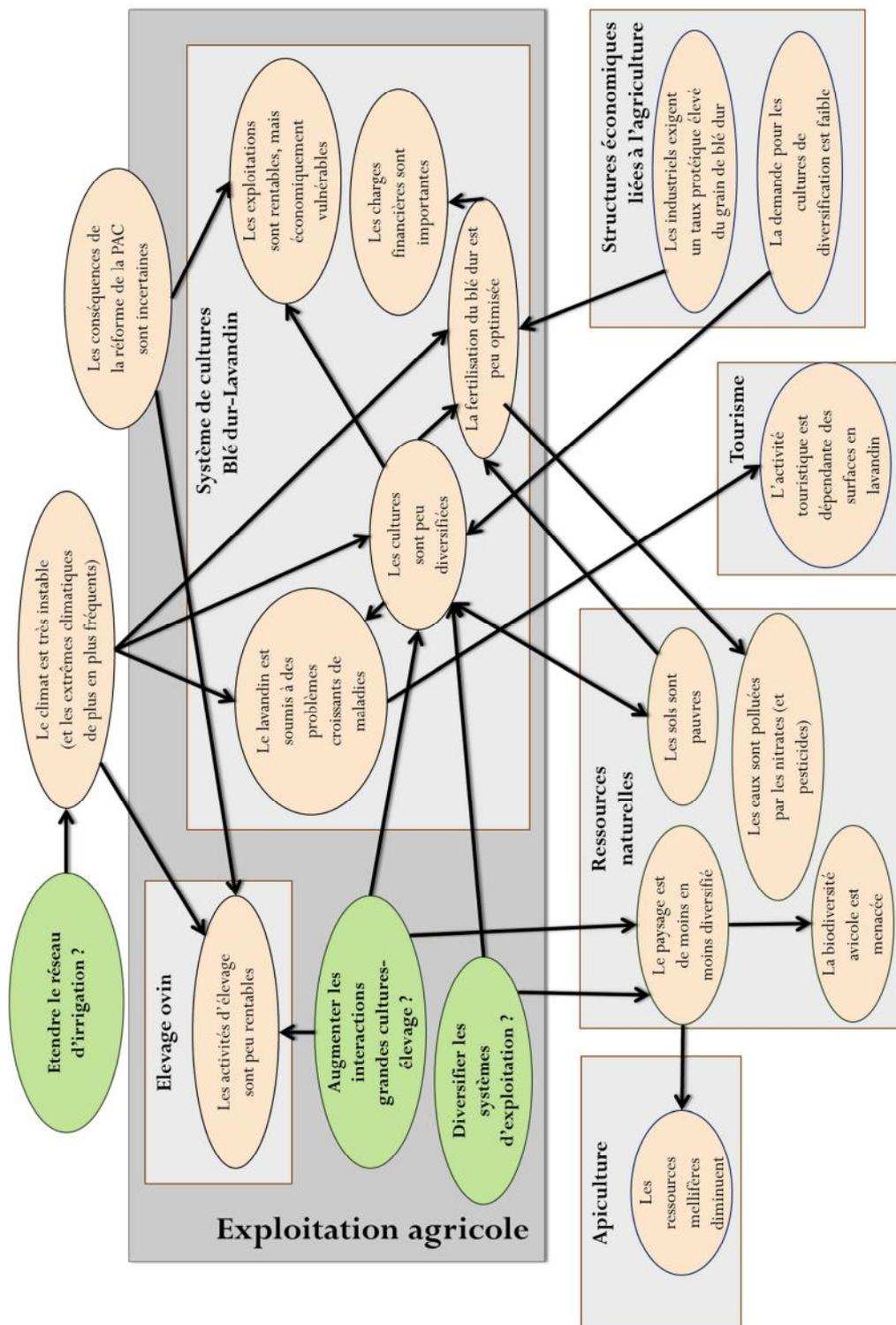


FIGURE 4-2 : SYNTHÈSE DES ENJEUX, PROBLÈMES ET OPPORTUNITÉS IDENTIFIÉS (EN ORANGE LES ENJEUX ET PROBLÈMES, EN VERT LES OPPORTUNITÉS)

2.1.1. UN SYSTÈME D'EXPLOITATION MAJORITAIRE : DE GRANDES EXPLOITATIONS CENTRÉES SUR LA CULTURE DU LAVANDIN ET DU BLE DUR

Le système de production qui a le plus largement été évoqué par tous les acteurs est centré sur la culture du lavandin et du blé dur. Ces exploitations sont généralement de grande taille (100 hectares en moyenne) et possèdent des parcelles plutôt groupées sur les zones de plateau. Le

lavandin et le blé dur représentent en moyenne 70% de la surface agricole utile (SAU) de l'exploitation¹⁶. D'autres cultures annuelles, comme le pois ou le colza, sont aussi cultivées en moindres proportions.

LE LAVANDIN, PILIER DE LA ROTATION TRES RENTABLE

Pilier de ce système de production, le lavandin permet de dégager la majeure partie du revenu des exploitations ; sa marge brute moyenne est d'environ 1 000 €/ha (Lang and Ramseyer 2011). Le lavandin est une plante semi-pérenne dont une plantation dure en général entre 7 et 12 ans¹⁷ (Figure 4-3). Il est bien adapté au climat sec et aux sols calcaires du plateau de Valensole, bien que des sécheresses importantes au printemps puissent fragiliser les plants et augmenter la mortalité de ces derniers. Les plants de lavandin sont produits au sein de pépinières par bouturage. En juillet, la récolte du lavandin est immédiatement suivie de la distillation¹⁸. Ces opérations correspondent au principal pic de travail de l'itinéraire technique, et mobilisent quatre à six actifs par hectare. Les désherbages des parcelles de lavandin sont nombreux et peuvent être réalisés de manière chimique ou mécanique (binages). La culture du lavandin nécessite peu de fertilisants azotés (en moyenne 60 unités d'azote).



FIGURE 4-3 : CHAMP DE LAVANDE (CLICHE PERSONNEL)

¹⁶ Ces différentes données ont été obtenues par l'analyse des données des déclarations PAC des agriculteurs, en 2012.

¹⁷ Le lavandin est un hybride naturel entre la lavande fine *Lavandula officinalis* et l'Aspic, *Lavandula latifolia*. Son inflorescence, et donc les rendements en huile essentielle qui peuvent en être attendus, sont beaucoup plus importants que pour la lavande fine. Son essence est cependant réputée moins délicate. Sa culture a progressivement supplanté celle de la lavande, et est aujourd'hui majoritaire dans tout le bassin de production d'huile essentielle de lavande et lavandin (Lang et Ramseyer, 2011).

¹⁸ La distillation est réalisée selon la méthode du vert-broyer : les ensileuses récoltent et broient les fleurs et tiges de lavandin qui sont directement stockées dans un caisson. Une fois le caisson rempli, il est transféré à la distillerie. Pendant qu'il est distillé, l'ensilage suit son cours pour remplir un nouveau caisson de fleurs et tiges broyées.

L'huile essentielle de lavandin est destinée à l'industrie de la détergence et de la cosmétique, où elle est utilisée à la fois comme parfum et comme fixateur de parfum. Si le marché est international, 90% de la production mondiale est localisée en France. Le plateau de Valensole représente environ la moitié des volumes produits, et a donc un véritable impact sur le marché via la maîtrise de l'offre. Le marché et la production du lavandin suivent des cycles : les surfaces en lavandin augmentent, provoquant une diminution des prix, qui se traduit à son tour par une diminution des surfaces en lavandin. Le lavandin est une culture qui peut revêtir un caractère spéculatif: les agriculteurs peuvent stocker l'huile essentielle en fonction de son cours, ce qui impacte aussi l'évolution des prix. Même si il est élevé ces dernières années par rapport aux coûts de production, le prix de l'huile essentielle reste donc variable.

La SCA3P (Société Coopérative Agricole des Plantes à Parfum de Provence) collecte la grande majorité de la production d'huile essentielle de lavandin du territoire. Elle réunit environ 300 producteurs, sur le plateau de Valensole, mais aussi sur le territoire voisin du plateau d'Albion. En raison de l'aspect régionalisé de la production de lavandin, la filière est très structurée. Le CIHEF (Centre Interprofessionnel des Huiles Essentielles Françaises) a ainsi été créé en 1997 pour mieux lier l'offre et la demande et stabiliser les prix. Cet organisme a été responsable, au début des années 2000, de l'établissement de quotas de production afin de réduire les effets d'une saturation des marchés. Contraires aux règles de libre concurrence de l'Union Européenne, ils ont depuis été supprimés. En parallèle, le CRIEPPAM (Centre Régional Interprofessionnel d'Expérimentation en Plantes à Parfum Aromatiques et Médicinales) est un institut technique travaillant autour de trois principaux thèmes : les aspects agronomiques (par exemple itinéraires techniques, lutte contre les maladies), les techniques de distillation (par exemple réduction de la consommation de gaz) et l'optimisation du matériel agricole. ***Des représentants de ces différents organismes ont tous été rencontrés lors du diagnostic préliminaire.***

UNE CULTURE FRAGILISEE PAR DES PROBLEMES CROISSANTS DE MALADIES

Le principal problème rencontré par la culture du lavandin et fréquemment mentionné par les acteurs concerne la présence de plus en plus intense de maladies. Le dépérissement du lavandin est l'une des principales, causant la mort prématurée des plants (Figure 4-4). Ce dépérissement est dû à un stolbur (maladie bactérienne) causé par un phytoplasme qui est transmis par la piqûre d'une cicadelle (*Hyalestes obseletus*). Les parcelles de lavandin, aux rendements déclinants, sont arrachées de plus en plus tôt, l'investissement lié à la mise en place de la parcelle étant même parfois à peine amorti. Aucune solution ne permet aujourd'hui de contrôler cette maladie, bien que certaines soient actuellement recherchées par le CRIEPPAM (bandes enherbées, sélection variétale, épandage de kaolinite). Le dépérissement du lavandin touche majoritairement le Nord-Est du territoire. Les

exploitations situées dans cette zone ont en effet des surfaces plus importantes en lavandin en raison de conditions pédoclimatiques plus favorables et ces surfaces cultivées en lavandin constituent autant de foyers de cicadelles. Selon les acteurs, le dépérissement est cependant en extension et est vu comme une menace à moyen terme pour tout le plateau de Valensole. Un autre ravageur important du lavandin est la cécidomyie, qui, contrairement au dépérissement, peut être traitée chimiquement. Cependant, les produits phytosanitaires disponibles pour la traiter sont considérés comme de moins en moins efficaces, en raison du faible nombre de produits autorisés. Les produits les plus efficaces se sont en effet vu retirer leur homologation.

En raison de ces maladies, et en particulier du dépérissement du lavandin, les acteurs redoutent une diminution de la production totale de lavandin sur le plateau de Valensole, phénomène qui pourrait être aggravé par des sécheresses printanières et automnales de plus en plus fréquentes. Une diminution trop forte de la production pourrait entraîner un remplacement plus systématique de l'huile essentielle par des produits de synthèse, et donc une chute de la demande et des prix. En raison de la forte dépendance des exploitations actuelles à la culture du lavandin, certains acteurs s'inquiètent donc du devenir des exploitations du plateau de Valensole si la rentabilité du lavandin venait à diminuer fortement.



FIGURE 4-4: PARCELLE DE LAVANDIN TOUCHE PAR LE DEPERISSEMENT (CLICHE PERSONNEL)

LE BLE DUR, UNE CEREALE PIVOT MOINS RENTABLE MAIS ADAPTEE AU CLIMAT LOCAL

Cultivé dans tout le Sud-Est de la France, le blé dur est une céréale d'hiver bien adaptée aux climats secs provençaux (Figure 4-5). Son rendement et la qualité des grains peuvent cependant être fortement impactés par des sécheresses printanières. Moins rentable que le lavandin, le blé dur est parfois considéré comme une culture secondaire par les agriculteurs. Sa marge brute moyenne est de 300 € (Lang and Ramseyer 2011). Les traitements chimiques pratiqués sont réduits à un traitement

herbicide anti-dicotylédones et éventuellement à un traitement herbicide anti-graminées. Cependant, la fertilisation azotée du blé dur est assez importante (150-200 unités d'azote).

Le blé dur est destiné à la production de semoule ou de pâtes alimentaires, par le biais de trois grandes semouleries localisées à Marseille. Le commerce de blé dur et de semoule est essentiellement international. Ainsi, seul 30% du blé dur français est transformé en France (Lang and Ramseyer 2011). Les cours mondiaux du blé dur sont très changeants, et peuvent osciller entre 100 et 300 €/tonne. La rentabilité d'une parcelle de blé dur est en grande partie liée aux subventions de la PAC (Politique Agricole Commune), à travers une aide couplée spécifique au blé dur.

La principale coopérative de céréales sur le plateau de Valensole est Groupe Provence Service (GPS), qui possède des silos dans toutes les communes du plateau de Valensole. Cette coopérative rassemble environ 1 000 adhérents sur les Alpes de Haute Provence et le nord du Var. Le blé dur représente environ les deux tiers de sa collecte totale. D'autres coopératives, plus faiblement représentées (Sud Céréales, Alpes Sud), et les quelques négociants privés (les établissements Garcin est le principal) n'ont pas été rencontrés lors du diagnostic préliminaire. Arvalis Institut du Végétal, organisme de recherche appliquée financé par les agriculteurs, possède une station expérimentale à proximité du plateau de Valensole (Gréoux-les-Bains). En partenariat avec la chambre d'agriculture et les coopératives, cette station expérimentale travaille principalement sur l'optimisation de la fertilisation et l'adaptation des variétés de blé dur au changement climatique. ***Lors du diagnostic préliminaire, j'ai rencontré des représentants de GPS, d'Arvalis Institut du Végétal, et de la chambre d'agriculture.***



FIGURE 4-5 : CHAMP DE BLE DUR (CLICHE PERSONNEL)

DES PROBLEMES D'OPTIMISATION DE LA FERTILISATION AZOTEE

Le principal problème de la culture du blé dur évoqué par les acteurs est lié à sa fertilisation. En effet, la pluviométrie printanière très variable du plateau de Valensole provoque des incertitudes fortes sur les rendements et la qualité du grain. Les agriculteurs ont ainsi des difficultés à ajuster la

fertilisation; ils ont tendance à apporter des doses utiles pour des objectifs de rendement et de qualité élevées qui ne pourront être atteints qu'avec une pluviométrie suffisante. En cas de pluies faibles, l'azote non prélevé par le blé est ensuite susceptible d'être lessivé par les pluies estivales et surtout automnales, entraînant une pollution des eaux. Le blé dur étant moins rentable que le lavandin, certains acteurs mentionnent un investissement plus faible des agriculteurs pour la conduite de cette culture : certains cherchent à limiter le temps de travail consacré à cette culture en ne fractionnant que peu les apports d'engrais et l'itinéraire technique réalisé ne serait que peu modifié en fonction des conditions climatiques. Du potentiel de rendement est donc perdu les années favorables à la culture du blé dur, alors que des quantités importantes de fertilisants ne sont pas utilisées par la culture et lessivées les années défavorables. Les exigences industrielles liées à la qualité du grain de blé dur sont élevées. Le grain doit ainsi avoir un taux protéique supérieur à 14,5 % afin de permettre la fabrication de pâtes et de semoules de bonne tenue. Un faible taux protéique du grain peut ainsi dégrader la qualité de la production vendue, et diminuer les prix de vente par les coopératives. Plusieurs initiatives, notamment pilotées par Arvalis Institut du Végétal et GPS, développent des méthodes de suivi permettant une meilleure fertilisation via un fractionnement piloté des apports et une surveillance accrue des parcelles. L'utilisation de fertilisants organiques, qui permettrait aussi de restaurer la qualité des sols, est aussi présentée comme une solution. Cependant, ces initiatives touchent uniquement les agriculteurs les plus innovants du plateau de Valensole, et peinent à être diffusées plus largement.

DES CULTURES DE DIVERSIFICATION PEU DEVELOPPEES

D'autres cultures occupent des surfaces plus réduites. Il s'agit principalement du pois, du colza et du tournesol. Nouvelle production en expansion, la sauge sclarée est aussi produite sur quelques centaines d'hectares (Figure 4-6). Cette culture trisannuelle est valorisée pour son huile essentielle en parfumerie, et le sclaréol obtenu par distillation par solvant de ses pailles, est une molécule utilisée en parfumerie fine. Marché de niche récent, ses prix sont très variables, mais généralement élevés. Du sainfoin est parfois produit sur les petites parcelles. Ce fourrage demande très peu d'entretien, et est ensuite vendu sur pied à un éleveur, ou fauché et vendu à une coopérative. Ces cultures de diversification restent cependant peu réalisées, en raison de limites climatiques, de limites pédologiques, et de limites liées aux marchés.



FIGURE 4-6 : CHAMP DE SAUGE (CLICHE PERSONNEL)

LIMITES CLIMATIQUES A LA DIVERSIFICATION DES CULTURES

Le climat du plateau de Valensole est caractérisé par une forte variabilité de la pluviométrie et des accidents climatiques fréquents. Les étés, chauds et secs, sont ainsi marqués par des orages violents. Les printemps et automnes sont généralement pluvieux, mais connaissent une forte variabilité interannuelle. Les sécheresses à ces périodes sont régulières, et, selon les acteurs, de plus en plus fréquentes en raison du changement climatique. L'hiver est rude (températures moyennes inférieures à 5°C), avec des gelées pouvant durer pendant plusieurs semaines. Le plateau de Valensole subit aussi le mistral, vent fort et froid du nord-ouest caractéristique de la Provence, qui assèche les sols. Ces instabilités climatiques entraînent des rendements faibles et la destruction régulière des récoltes. Elles constituent donc la principale limite à la diversification des systèmes de culture.

LIMITES PEDOLOGIQUES A LA DIVERSIFICATION DES CULTURES

La pauvreté des sols accentue encore les conséquences de ce climat instable. Les sols du plateau de Valensole sont généralement fersialitiques et proviennent de la décarbonatation de la couche supérieure du poudingue calcaire (Revel-Mouroz 2013). Ces sols sont souvent peu profonds (40-60 cm) et le labour provoque une remontée de la roche mère, rendant les sols caillouteux. Les faibles capacités de rétention de l'eau par ces sols, leur faible profondeur et leur composition chimique entraînent un déficit hydrique des cultures et accentuent les effets du climat sur leurs rendements.

LIMITES LIEE A LA STRUCTURE DES MARCHES POUR LA DIVERSIFICATION DES CULTURES

Un autre frein au développement de certaines cultures est lié à la structure des marchés et à la nécessité d'adapter les productions locales à la demande existante. Ainsi, certaines cultures de diversification adaptées au climat et aux sols du plateau de Valensole se développent peu du fait de

marchés trop petits ou sur lesquels la production du plateau de Valensole n'a pas d'avantage comparatif. La commercialisation de ces cultures par les coopératives nécessite de plus du matériel de stockage supplémentaire et des compétences techniques et commerciales spécifiques. Les cultures de diversification actuellement réalisées correspondent parfois à des cultures de niches, et ne sont cultivées que sur quelques centaines d'hectares. Elles sont généralement cultivées sous contrat direct avec un industriel (fenouil, tournesol), cultivées sur proposition d'une coopérative suite à une prospection de marché et la signature d'un contrat de taille réduite avec un industriel (saugue scolarée), ou commercialisées en vente directe (pommes, amandes).

ENJEUX ET PROBLEMES IDENTIFIES A L'ECHELLE DES EXPLOITATIONS SPECIALISEES EN BLE DUR ET LAVANDIN

DES EXPLOITATIONS GENERALEMENT RENTABLES ET DYNAMIQUES...

En conclusion, les exploitations centrées sur la culture du blé dur et du lavandin sont décrites comme très rentables par les acteurs. Leur marge brute moyenne varie ainsi autour de 700 euros par hectare (Lang and Ramseyer 2011). Ces exploitations profitent à l'ensemble du secteur agricole régional (organismes de vente, distilleries professionnelles, entreprises de machinerie agricole). Les agriculteurs, généralement bien formés, sont présentés comme innovants. Une autre qualité mise en avant par les acteurs est la faible quantité de main d'œuvre que ce système demande, quantité optimisée par des exploitations généralement constituées d'un seul tenant.

... MAIS TRES PEU DIVERSIFIEES

Leur ultra-spécialisation est cependant considérée comme un problème central par les acteurs. En effet, les rotations réalisées sont basées sur la culture pluriannuelle du lavandin et sur plusieurs cultures consécutives de blé dur. D'un point de vue économique, les exploitations sont donc fortement dépendantes du lavandin et du blé dur, et donc vulnérables face à leurs variations de prix ou de rendement.

D'un point de vue agronomique et environnemental, le nombre réduit d'espèces cultivées en rotation a aussi plusieurs conséquences. Il est tout d'abord responsable d'un appauvrissement des sols, provoquant une érosion de plus en plus importante. Les sols pauvres du plateau de Valensole étant, comme déjà mentionné, une des limites à la diversification des systèmes de culture, un cercle vicieux se met en place. La pauvreté des rotations aggrave de plus les problèmes liés aux maladies, et en particulier le dépérissement du lavandin. En effet, les surfaces importantes couvertes par le lavandin sur le plateau de Valensole favorisent la propagation spatiale des cicadelles, et donc de la maladie. En parallèle, le faible intervalle entre deux plantations de lavandin limite l'élimination du phytoplasme sur la parcelle (un intervalle minimal de 4 ans est estimé nécessaire pour limiter la maladie selon le CRIEPPAM).

DES CHARGES FINANCIERES IMPORTANTES A L'ECHELLE DE L'EXPLOITATION

Une autre caractéristique des exploitations centrées sur le blé dur et le lavandin est l'importance des charges liées à leur fonctionnement. Ce système d'exploitation est en effet caractérisé par un niveau de mécanisation très élevé conduisant à des investissements importants. Les exploitants agricoles possèdent ainsi plusieurs tracteurs et leur propre matériel. Seul le matériel de récolte et de distillation du lavandin est généralement possédé en CUMA (coopérative d'utilisation de matériel agricole), par des groupes allant de 3 à 6 agriculteurs. Son amortissement est ainsi partagé, et le travail est mutualisé. La fenêtre de récolte du lavandin est cependant très courte, puisque le lavandin en fleur doit être récolté très vite pour limiter le risque de destruction de la plantation par des aléas climatiques. La distillerie est parfois saturée et les parcelles des différents agriculteurs sont en compétition. Certains agriculteurs dont les surfaces cultivées en lavandin sont très importantes préfèrent donc investir dans leur propre distillerie et embaucher de la main d'œuvre temporaire. En raison de ces charges d'amortissement importantes du matériel, la rentabilité des exploitations est conditionnée par leur taille. Ainsi, les acteurs locaux évoquent souvent une limite de taille à 100 ha pour que ces exploitations soient rentables. On observe cependant des exploitations plus petites, qui ont en général des surfaces en lavandin plus importantes afin d'assurer leur rentabilité.

Les coûts opérationnels de production à la parcelle sont aussi estimés trop élevés, aussi bien pour la culture de blé dur que du lavandin. Les principaux postes évoqués par les acteurs sont les fertilisants azotés, épandus en quantités importantes sur le blé dur, et les consommations importantes d'énergie, qu'elles soient liées à la distillation du lavandin ou à la consommation de fuel. Dans un contexte d'augmentation des prix de l'énergie¹⁹, les acteurs redoutent en effet une augmentation de ces coûts, qui concernerait donc aussi les intrants azotés. Les techniques culturales simplifiées, en développement léger sur le plateau de Valensole, sont déjà explorées par plusieurs agriculteurs et permettrait une réduction des coûts de production tout en restaurant la qualité des sols.

DES CONSEQUENCES INCERTAINES DE LA REFORME DE LA PAC

Enfin, une dernière menace identifiée par les acteurs du territoire à propos de ce système d'exploitation est l'évolution de la PAC. La plupart des acteurs redoutent une baisse conséquente du montant des aides dans le futur. D'autres craignent aussi la mise en place d'exigences environnementales trop contraignantes (par exemple corridors écologiques ou couverture végétale des sols), qui limiteraient la rentabilité de leur système de production. Certains acteurs modèrent

¹⁹ Cette tendance était observée lors de la réalisation des entretiens. Depuis, les prix de l'énergie sont entrés en phase de diminution.

cependant cette menace, car le lavandin, rentable en dehors des aides de la PAC, permettrait à l'exploitation de rester suffisamment rentable malgré une baisse des aides. Les acteurs sont partagés sur les conséquences que la réforme de la PAC pourrait avoir sur le choix des cultures: plusieurs pensent que cette réforme n'aurait que peu de conséquences, alors que d'autres pensent que les surfaces plantées en lavandin pourraient augmenter afin de maintenir la rentabilité de l'exploitation.

UN SYSTEME D'EXPLOITATION GENERANT DES PROBLEMES DE POLLUTION DES EAUX

Les acteurs ont presque tous évoqué des problèmes de pollution de la nappe phréatique et des cours d'eau du plateau de Valensole. Deux types de pollution ont été évoqués. Tout d'abord, quelques acteurs ont évoqué des problèmes de pollution par les produits phytosanitaires, en raison de leur utilisation importante sur les parcelles de lavandin. Ce problème est cependant léger selon d'autres acteurs : ces pollutions seraient principalement liées à des produits utilisés il y a plus de 30 ans, mais dont les métabolites sont très rémanents. Plusieurs acteurs ont aussi évoqué des pollutions aux nitrates, qui seraient principalement liées à la fertilisation du blé dur. Lors de la réalisation du diagnostic préliminaire, deux communes du plateau de Valensole (Oraison et Gréoux) venaient ainsi d'être classées en zone vulnérable nitrate²⁰. A la fin de la mise en œuvre de la démarche, la zone vulnérable nitrate avait été étendue à toutes les communes du plateau de Valensole.

Les filières du lavandin et du blé dur ne sont pas des filières favorables au développement de démarches de qualité environnementale, comme l'agriculture biologique. La culture de blé dur est fortement contrainte par les exigences industrielles en termes de qualité protéique du grain. L'agriculture biologique ne permet en général pas de remplir ces exigences tout en maintenant un rendement acceptable et reste très peu développée. L'utilisation non alimentaire et industrielle de l'huile essentielle de lavandin limite aussi le développement de filières de qualité environnementale pour cette production. L'huile essentielle de lavandin issue de l'agriculture biologique est ainsi peu valorisée. Une démarche de qualité, mise en place par le CIHEF est cependant en cours d'émergence.

UNE ALTERNATIVE : DIVERSIFIER LES SYSTEMES D'EXPLOITATION ?

Face aux limites de ce système d'exploitation et sa forte représentation au sein du système agricole, une diversification des systèmes de production est vue comme une alternative par certains des acteurs interrogés. La rentabilité de ce système, le fort investissement financier qu'il demande, et les grandes tailles des exploitations limitent cependant la motivation et la faisabilité de faire évoluer ce système. Des exploitations ne correspondant pas à ce système d'exploitation existent

²⁰ Zones découlant de l'application de la directive « nitrates », concernant la prévention et la réduction des nitrates d'origine agricoles. Ces zones, dont les ressources en eau sont considérées comme polluées aux nitrates, sont soumises à une réglementation spécifique concernant la gestion de l'azote au niveau de parcelles (mise en place de CIPAN, interdiction d'épandre des fertilisants à certaines périodes de l'année...)

cependant en marge des villages et limites du plateau de Valensole. Dans les fonds de vallée, les sols très fertiles permettent par exemple la production de cultures à forte valeur ajoutée. Des exploitations de petite taille (moins de 10 hectares) et intensives en main d'œuvre produisent ainsi des productions aussi diverses que des pépinières de lavandin, du maraîchage, des productions fruitières (fraises, framboises) ou de l'horticulture. Les systèmes d'élevage ovin, régulièrement évoqués par les acteurs, sont détaillés ci-dessous. ***Certains acteurs prônant le développement de ces formes alternatives d'agriculture ont été rencontrés lors du diagnostic préliminaire, qu'ils travaillent au sein du Parc Naturel Régional (PNR) du Verdon, dans l'administration territoriale, ou qu'ils soient présidents d'associations à but non lucratif.***

2.1.2. LES SYSTEMES D'ELEVAGE OVIN

Un cinquième des exploitations du plateau de Valensole, principalement situées sur les zones de versant des vallées, possède un atelier d'élevage (Revel-Mouroz 2013). Ces exploitations sont principalement centrées sur la production de viande ovine. Ces ateliers d'élevage sont associés à la culture de lavandin et de blé dur pour les deux tiers de ces exploitations. L'élevage est en effet peu rentable, et les éleveurs se sont donc progressivement tournés vers les grandes cultures ces dernières décennies (Lang and Ramseyer 2011). Ces exploitations intègrent la production de sainfoin dans leur rotation. La transhumance estivale dans les zones alpines permet alors de libérer du temps de travail l'été pour la récolte du lavandin et les moissons. D'autres exploitations sont exclusivement centrées sur l'élevage. Elles louent alors généralement des terres en fermage aux agriculteurs spécialisés en blé dur et lavandin, et certains cherchant à diversifier leurs rotations leur vendent parfois du fourrage sur pied. ***Le représentant d'un syndicat d'éleveurs a été rencontré pendant le diagnostic préliminaire. Le plateau de Valensole n'était cependant que secondaire dans ses activités et préoccupations, en raison du faible nombre d'éleveurs qui s'y trouve en comparaison aux autres zones préalpines du département. Un éleveur du plateau de Valensole a aussi été rencontré. L'élevage est un thème qui a aussi fréquemment été abordé par les autres acteurs comme une alternative au système basé sur la culture du lavandin et du blé dur.***

DES ACTIVITES D'ELEVAGE TRES PEU RENTABLES...

Ces activités d'élevage sont très peu rentables, entre autre en raison de la faible valorisation économique de la viande. Les sécheresses de plus en plus fréquentes se traduisent de plus par une diminution de la production de sainfoin. La transhumance permet de palier à ce manque de ressources fourragères, bien que le loup, présent dans les alpages, soit aussi considéré comme une menace croissante par les éleveurs. Un autre problème évoqué par les acteurs est la diminution constante des aides de la PAC pour les activités d'élevage depuis plusieurs années.

... MAIS DONT LES COMPLEMENTARITES AVEC LE SYSTEME BLE DUR-LAVANDIN GAGNERAIENT A ETRE DEVELOPPEES ?

La complémentarité entre les systèmes céréaliers et l'élevage, via l'introduction de sainfoin dans les rotations, est vu par plusieurs acteurs comme une opportunité pour la diversification des rotations et la restauration de la qualité des sols. Deux types de complémentarités ont été évoqués : le maintien et l'installation d'agriculteurs-éleveurs possédant un atelier d'élevage en plus de leur système céréalier et lavandicole, ou le maintien et l'installation d'éleveurs en contrat de fermage avec des céréaliers-lavandiculteurs pour les cultures de fourrage. Redynamiser les activités d'élevage permettrait aussi d'accroître les surfaces en prairies, favorables à l'activité apicole et à la restitution d'une mosaïque paysagère. Les opérations agricoles réalisées au printemps sont cependant défavorables pour les espèces avicoles nidifiant dans ces parcelles. Une MAET (Mesure Agroenvironnementale Territorialisée) actuellement en vigueur sur le plateau de Valensole, vise à inciter les agriculteurs à ne pas faucher leur parcelle à cette période.

2.1.3. L'ACTIVITE APICOLE SUR LE PLATEAU DE VALENSOLE

Produit réputé, le miel de lavandin est caractérisé par une valeur ajoutée élevée. Lors de la floraison du lavandin, le plateau de Valensole attire donc de nombreux apiculteurs transhumants provenant des régions Provence-Alpes-Côte d'Azur, Languedoc-Roussillon, ou Rhône-Alpes. Ces apiculteurs déplacent leurs ruches d'une zone du Sud-Est de la France à l'autre selon la floraison des différentes espèces florales. Quelques apiculteurs amateurs non transhumants résident aussi sur le plateau de Valensole. Ils possèdent quelques ruches leur permettant de dégager une source de revenu supplémentaire à leur activité principale, l'apiculture étant peu contraignante en termes de temps de travail. Les apiculteurs placent leurs ruches en bordure des champs de lavandin sur des emplacements loués à des agriculteurs en échange d'argent ou de miel. Ces emplacements sont fortement demandés en été, ce qui peut provoquer des hausses importantes de prix. Le calendrier des opérations culturales, et notamment de la récolte du lavandin, peut donc impacter la productivité des abeilles. Quelques apiculteurs placent aussi leurs ruches au sein des vergers de pommiers moyennant finance de la part de l'arboriculteur, la pollinisation des fleurs par les abeilles étant indispensable à la fructification. ***Le vice-président du syndicat apicole départemental, lui-même apiculteur habitant sur le plateau de Valensole, a été rencontré dans le cadre de ce diagnostic préliminaire.***

LES ACTIVITES APICOLES SOUMISES A DES RESSOURCES MELLIFERES DE PLUS EN PLUS REDUITES

L'hyperspécialisation du système d'exploitation dominant du plateau de Valensole a pour conséquence un paysage agricole très simplifié, constitué de peu d'espèces culturales. Les espaces forestiers, jachères fleuries, haies et arbres isolés ont aussi progressivement disparu au profit de

parcelles de plus en plus grandes, plus facilement mécanisables (Figure 4-7). Cette mosaïque culturale très simplifiée a provoqué une diminution de la diversité florale et une baisse des ressources pollinifères. Ce manque de ressources entraîne une hausse de la mortalité des abeilles, et une baisse de la production apicole.



FIGURE 4-7 : ARBRES ISOLES ENTRE LES CHAMPS (CLICHE PERSONNEL)

2.1.4. ACTIVITES ET ENJEUX LIES AU PAYSAGE

LA BIODIVERSITE REMARQUABLE DU PLATEAU DE VALENSOLE

Le plateau de Valensole contient une grande diversité d'habitats naturels (par exemples grands espaces ouverts, forêts des versants, ripisylves des fonds de vallée), dont 22 sont qualifiés d'intérêt communautaire, c'est-à-dire rares ou menacés à l'échelle européenne (Parc Naturel Régional du Verdon, 2013). Cette diversité d'habitats héberge une biodiversité faunique et végétale particulièrement riche. Ainsi, 3 espèces végétales, 48 espèces animales et 51 espèces d'oiseaux sont classées d'intérêt communautaire par l'Union Européenne, et font l'objet de mesures de protection particulières.



FIGURE 4-8 : OUTARDE CANEPETIERE (CREDIT PHOTO : LIGUE DE PROTECTION DES OISEAUX)

Plusieurs de ces espèces, et notamment d'oiseaux, sont directement liées aux grands espaces agricoles ouverts du plateau de Valensole. La mosaïque de cultures sèches est par exemple favorable au maintien et à la reproduction de plusieurs espèces d'affinité steppique. Ainsi, le plateau de Valensole hébergerait une des plus grandes populations d'Outarde Canepetière de France (Parc Naturel Régional du Verdon, 2013) (Figure 4-8). La Fauvette à lunettes, quant à elle, a fait du lavandin son habitat préférentiel suite au déclin de ses habitats traditionnels, et 40 à 50 % de sa population répertoriée est localisée sur le plateau de Valensole. En parallèle, la présence sur le plateau de Valensole de quelques vergers et de vieux amandiers et oliviers est indispensable pour le maintien d'espèces comme le Moineau soulcie, la Chevêche d'Athéna ou le Bruant ortolan. Enfin, le bâti agricole contribue aussi à cette biodiversité. Les anciennes granges et les entrepôts de matériel agricole servent ainsi lieu de reproduction au Petit Rhinolophe, espèce de chauve-souris particulièrement présente sur le plateau de Valensole. ***Deux chargés de missions du PNR du Verdon, dont une des missions est de protéger cette biodiversité remarquable, ont été rencontrés lors du diagnostic préliminaire afin d'aborder ces enjeux. Ces derniers étaient aussi abordés par les autres acteurs interrogés.***

UNE BIODIVERSITE DEPENDANTE DE L'EVOLUTION DES SYSTEMES AGRICOLES

Les systèmes agricoles actuels, très ouverts, sont donc favorables au maintien des espèces d'affinité steppique. Cependant, l'intensification des pratiques est vue comme une menace par certains acteurs. Au printemps en particulier, certaines espèces nidifient en effet dans ces champs, et des passages trop fréquents de tracteurs et matériel agricole causent des mortalités importantes. Deux sites Natura 2000 ont été mis en place sur le périmètre du plateau de Valensole, l'un étant centré sur la protection des espèces avicoles, et l'autre sur les chauves-souris. Leur établissement a abouti à la mise en place de mesures agro-environnementales territorialisées (MAET) pour les cultures fourragères, ces cultures étant particulièrement favorables à la nidification de certaines

espèces. La biodiversité est aussi menacée par la simplification de la mosaïque paysagère et l'arrachage des haies et arbres isolés au profit de parcelles plus grandes.

L'ACTIVITE TOURISTIQUE, FORTEMENT DEPENDANTE DES SURFACES CULTIVEES EN LAVANDIN

En plus des aspects économiques liés à sa production pour les exploitations agricoles, le lavandin présente un caractère esthétique influençant fortement l'activité touristique du territoire. Maintenir des surfaces importantes en lavandin permet ainsi de maintenir cette attractivité paysagère. Le dépérissement du lavandin, parce qu'il impacte à la fois la beauté des parcelles et les surfaces cultivées, est donc aussi vu comme une menace pour l'activité touristique.

2.1.5. UNE PARTIE DU TERRITOIRE DISPOSANT D'UN ACCES A L'IRRIGATION

HISTOIRE DU RESEAU D'IRRIGATION

Afin de permettre une diversification des cultures malgré les aléas climatiques et notamment les sécheresses fréquentes, une partie du plateau de Valensole dispose d'un accès à l'irrigation. Cette zone, située au Sud-Est du territoire (Figure 4-9), est alimentée à partir du lac de Sainte-Croix dont l'eau est pompée sur un dénivelé de presque 500 m. Ce réseau a été développé à partir de 1992, principalement en réponse à des pénuries estivales d'eau potable pour les communes du plateau de Valensole (SIVOM 2010). Il a été développé par la Société du Canal de Provence (SCP), société d'aménagement régional responsable des aménagements hydrauliques et de la gestion de la ressource en eau du Verdon. ***Un représentant de la SCP a été rencontré lors du diagnostic préliminaire.***

Dans un contexte où les cours du blé dur et du lavandin étaient bas, l'irrigation a initialement été pensée pour le développement de cultures d'été à forte valeur ajoutée. Les cultures promues étaient ainsi le maïs, la production de semence et l'arboriculture (essentiellement les pommiers). Les agriculteurs étaient nombreux à souscrire à l'irrigation lors de sa mise en place, mais plusieurs limites les ont amenés à progressivement l'abandonner.

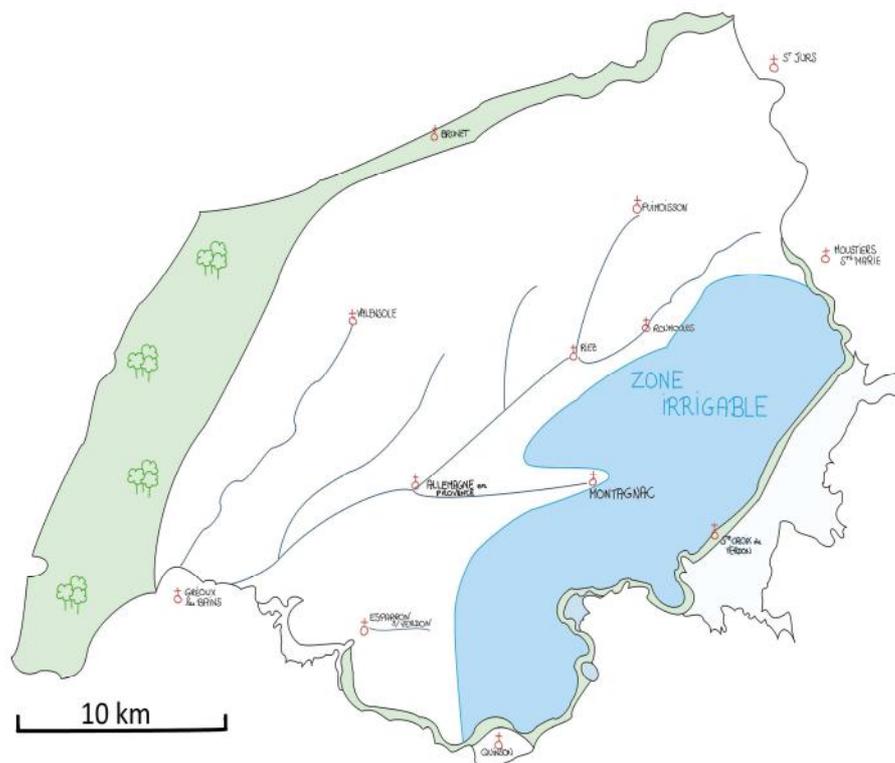


FIGURE 4-9 : DELIMITATION DE LA ZONE EQUIPEE POUR L'IRRIGATION (LANG ET RAMSEYER, 2011)

Tout d'abord, l'arboriculture a rencontré de nombreux problèmes à la fois techniques et économiques : la destruction des récoltes par des épisodes de gel ou de grêle s'est additionnée à des coûts de production très élevés et à un marché défavorable. Les investissements importants, notamment pour la mise en place de filets anti-grêle, sont entrés en concurrence directe avec les investissements liés à la démocratisation de la technique du vert broyé pour la distillation du lavandin. Le développement du réseau d'irrigation a de plus été concomitant avec la réforme de la PAC de 1992. Suite à cette réforme, le blé dur était fortement soutenu via une prime à la production alors que les subventions étaient diminuées pour les productions irriguées. Les marges réalisées par la production de maïs n'étaient alors plus supérieures à la production de blé dur non irrigué (Lang and Ramseyer 2011).

En parallèle, d'autres contraintes liées au travail ont émergé. L'irrigation, réalisée par le biais d'enrouleurs, demande en effet une charge de travail très importante. La grande taille et le parcellaire parfois étalé des exploitations augmentent encore ces contraintes en termes de temps et d'organisation du travail. L'irrigation des cultures d'été entre de plus en compétition avec la récolte du lavandin et la moisson du blé dur, contraignant les agriculteurs à embaucher de la main d'œuvre pour faire face à ce pic de travail. Enfin, le prix de l'eau, très élevé, est limitant pour une grande

partie des agriculteurs. Une partie des coûts d'aménagement du réseau d'irrigation, ainsi que les coûts liés au pompage de l'eau sont en effet répercutés sur l'agriculteur.

STRATEGIES ACTUELLES D'IRRIGATION

Aujourd'hui une vingtaine d'agriculteurs irriguent seulement 15% des terres irrigables. L'irrigation a progressivement été réorientée vers les cultures de printemps, afin de permettre une meilleure organisation du travail. La SCP a de plus mis en place le tarif IEP (Irrigation avec Effacement de Pointe), un tarif incitatif pour l'irrigation de printemps réduisant le prix de l'eau si les cultures ne sont pas irriguées entre le 15 juin et le 15 septembre. Plusieurs stratégies d'irrigation sont observées sur le plateau de Valensole, et cohabitent souvent au sein d'une même exploitation.

Une première stratégie est l'irrigation des cultures économiquement centrales au système d'exploitation (lavandin, blé dur). Cette irrigation permet de contrer les aléas climatiques et d'assurer des rendements hauts et constants années après années. L'impact est particulièrement important pour le blé dur, qui peut voir ses rendements augmenter de 50%. Généralement, cette irrigation est occasionnelle : elle est utilisée uniquement les années sèches. Quelques exploitations, possédant une main d'œuvre importante, procèdent cependant à une irrigation systématique de ces cultures. Cette stratégie implique en général très peu de changements dans la conduite des exploitations : leurs assolements et rotations restent les mêmes.

Une seconde stratégie est l'irrigation des cultures de diversification, telles que le colza ou le pois. Ces cultures, peu adaptées au climat sec du plateau de Valensole, sont alors systématiquement irriguées. L'agriculteur peut ainsi diversifier ses rotations, restaurer la qualité de ses sols, et rendre ses revenus moins dépendants du lavandin et du blé dur.

Enfin, certaines grandes exploitations possédant beaucoup de main d'œuvre ont maintenu l'irrigation de cultures d'été à forte valeur ajoutée. Les productions de semences sont les plus répandues. On peut aussi encore observer des pommiers sur le plateau de Valensole. Les pommes, vendues en vente directe ou en coopérative, dégagent une marge brute très élevée (presque 20 000 €/ha (Lang and Ramseyer 2011)). On peut enfin noter quelques centaines d'hectares de fenouil en contrat avec l'entreprise Pernod Ricard pour l'extraction d'anéthol (composant du pastis), dont la marge brute est aussi élevée (1 800 €/ha (Lang and Ramseyer 2011)).

L'EXTENSION DU RESEAU D'IRRIGATION : OPPORTUNITE OU MENACE ?

L'extension du périmètre irrigable, comme opportunité pour faire face aux différents enjeux et problèmes du système de production centré sur le lavandin et le blé dur, a très souvent été mentionnée par les acteurs. La mise en œuvre de ce projet, qui a finalement été validé à la fin de ma thèse, était en effet projetée et débattue par les différents acteurs concernés par la question. Ce

projet était soutenu par les communes du plateau de Valensole, soumises à une diminution de leurs ressources en eau potable suite aux sécheresses récurrentes et au développement du tourisme.

L'extension du réseau d'irrigation pourrait avoir un impact positif sur la diversification des systèmes agricoles, et permettre une sécurisation des rendements des cultures principales (lavandin, blé dur). Selon d'autres acteurs, la vulnérabilité des cultures de lavandin face aux maladies, et en particulier face au dépérissement, serait aussi diminuée par une meilleure robustesse des plants. Cependant, l'impact de l'irrigation sur l'usage des intrants est fortement débattu. Selon certains acteurs, une meilleure prévision des rendements du blé dur grâce à l'irrigation permettrait un meilleur pilotage de la fertilisation, et limiterait ainsi le lessivage des nitrates. A l'inverse, d'autres acteurs redoutent le développement de cultures nécessitant des quantités importantes d'intrants, comme le maïs. L'irrigation pourrait avoir un impact négatif sur la diversité spécifique du plateau, via l'intensification des pratiques et la diminution des surfaces s'apparentant aux surfaces steppiques (c'est-à-dire plantées en lavandin).

Bien que la demande pour l'irrigation soit forte de la part des agriculteurs sur les zones actuellement non irriguées, l'irrigation reste sous-utilisée sur la zone pouvant y avoir accès. Le prix de l'eau est en effet considéré comme trop élevé par les agriculteurs, et la charge de travail supplémentaire est importante. Certains acteurs redoutent donc que l'extension du réseau ne soit pas valorisée en raison d'une sous-utilisation par les agriculteurs. Dans tous les cas, les coûts de l'aménagement ont été fortement limitants pour la validation de l'extension du réseau. Une solidarité des communes envers l'agriculture du territoire, via la prise en charge de la majorité du financement et donc une répercussion plus faible de ces frais sur le prix de l'eau d'irrigation, était ainsi indispensable au projet.

2. CONSTRUCTION COLLECTIVE D'UNE QUESTION PARTAGEE

Le diagnostic préliminaire présenté dans la partie précédente a révélé une multitude d'enjeux et de problèmes liés au système agricole selon les acteurs interrogés. La formulation d'une question partagée a donc ensuite visé à en dégager un objectif clair pour la mise en œuvre de la démarche, objectif qui se devait d'être partagé par l'ensemble des acteurs. Cette question a été le premier objet co-construit avec les acteurs du territoire et a permis de lancer la dynamique de réflexion collective sur la durabilité du système agricole du plateau de Valensole.

2.1. METHODE

Dans un premier temps, chaque acteur rencontré lors du diagnostic préliminaire a été invité à formuler une question autour de laquelle il souhaitait que la démarche se structure. Pour les neuf acteurs concernés par la construction des cartes cognitives, ces questions individuelles ont été

formulées à la fin de l'entretien de validation des cartes cognitives ; pour les autres acteurs, elles ont été formulées lors d'entretiens téléphoniques. Deux de ces acteurs²¹, n'ont pas pu être joints et n'ont donc pas formulé de question. Afin de s'assurer de l'obtention d'une question possible à traiter au regard de notre approche de modélisation collaborative, il a été proposé aux acteurs de la formuler sous la forme : «Que se passerait il si...» ou « Que faudrait-il faire pour...».

Dans un second temps, une question partagée a été construite lors de l'atelier P2²². Pour cela, les questions individuelles ont été présentées aux participants, qui les ont commentées, comparées et regroupées selon leurs points communs (Figure 4-10). Les participants ont ensuite été invités à formuler ensemble une question permettant de tenir compte de cet ensemble de préoccupations et de questionnements. Sur les douze acteurs ayant participé à cet atelier, quatre rejoignaient la démarche et n'avaient donc pas participé au diagnostic préliminaire²³.



FIGURE 4-10 : COMPARAISON DES QUESTIONS INDIVIDUELLES POUR LA FORMULATION DE LA QUESTION PARTAGEE (CLICHE PERSONNEL)

2.2. RESULTATS

2.2.1. FORMULATION DE QUESTIONS INDIVIDUELLES

Les questions individuelles formulées par les acteurs sont synthétisées dans le Tableau 4-1. J'ai moi-même introduit la question ayant trait aux émissions de gaz à effet de serre et aux consommations énergétiques. Elle avait pour objectif d'inciter à la prise en compte de ces enjeux dans la démarche, afin de répondre aux objectifs fixés pour le projet CLIMATAC lors de sa conception (voir chapitre 2 et chapitre 7).

²¹ GT5 et GE2

²² 12 acteurs participaient à cet atelier : GE4, GA12, GE5-F, GA10, GA2, GT2, GT5, GA4, GA8, F2, GT12, GT13-F

²³ GA4, GT13-F, GA12, GA8

Les enjeux et problèmes auxquels font référence ces questions sont très variés et correspondent pour la plupart à des enjeux ou problèmes identifiés lors du diagnostic préliminaire. L'enjeu le plus évoqué est ainsi le développement de l'irrigation, le fort intérêt porté par les acteurs à cette opportunité étant ainsi confirmé. D'autres questions se réfèrent à des problèmes actuels ou futurs pouvant avoir un impact négatif sur la rentabilité des exploitations : c'est ainsi le cas des questions portant sur le dépérissement du lavandin, la réforme de la PAC, ou l'augmentation des coûts de l'énergie. Enfin, certaines questions sont centrées sur les impacts environnementaux des exploitations (biodiversité, qualité de l'eau, atténuation du changement climatique). En parallèle, l'objet sur lequel la question se focalise peut varier : il peut d'agir de systèmes de culture, d'exploitations, de filières, ou de la région agricole.

TABLEAU 4-1 : QUESTIONS FORMULEES PAR LES ACTEURS (LE CHIFFRE ENTRE PARENTHESES INDIQUE LE NOMBRE D'ACTEURS AYANT FORMULE LA MEME QUESTION)

<i>Thème principal</i>	<i>Questions</i>
<i>Irrigation</i>	Quelles seraient les conséquences de l' extension du réseau d'irrigation sur les systèmes agricoles ? (4) Comment développer l' irrigation sur le plateau de Valensole ? (3)
<i>Rentabilité des exploitations</i>	Quelles seraient les conséquences du dépérissement du lavandin sur les systèmes agricoles ? Quelles seraient les conséquences de la diminution des surfaces en lavandin sur le plateau de Valensole ? Quelles seraient les conséquences de la disparition du lavandin sur le plateau de Valensole ? Quelles seraient les conséquences de l' évolution de la PAC sur les systèmes agricoles, les filières et l'environnement ? Quelles seraient les conséquences de l' évolution de la PAC sur les systèmes agricoles ? Quelles seraient les conséquences de l' augmentation des coûts de l'énergie sur les systèmes agricoles ? Quelles seraient les conséquences de la diminution des pluies sur les systèmes agricoles ? Que faire pour des systèmes agricoles moins sensibles aux aléas climatiques et économiques ?
<i>Impacts environnementaux des exploitations</i>	Que faire pour le retour de la biodiversité sur le plateau ? Comment atténuer les émissions de gaz à effets de serre et les consommations énergétiques dans les systèmes agricoles ? (<i>question formulée par moi-même</i>) Que faire pour limiter les pollutions en nitrates tout en maintenant la rentabilité des exploitations et des filières ? Quels systèmes agricoles pour maintenir la qualité de l'eau et faire face à son déficit ? Que faire pour avoir des systèmes agricoles plus respectueux de l'environnement ?
<i>Thèmes transversaux</i>	Que faire pour diversifier les rotations de manière durable ? Comment favoriser l' installation de jeunes agriculteurs porteurs d'une autre forme d'agriculture ?

2.2.2. FORMULATION DE LA QUESTION PARTAGEE

La question partagée formulée lors de l'atelier P2 est : « **Quel avenir durable pour les exploitations du plateau de Valensole ?** ». Les acteurs ont aussi souhaité faire mention d'une sous-question précisant cette question : « **Quelles solutions pour améliorer les systèmes de production sur le plateau de Valensole ?** ». La deuxième question précise le propos en associant l'avenir de l'agriculture à la nécessité d'améliorer les systèmes de production déjà présents sur le plateau de Valensole.

En mettant en avant la notion de durabilité, les acteurs ont formulé une question consensuelle permettant d'englober les nombreux enjeux et problèmes abordés dans les questions individuelles. Les interdépendances entre ces enjeux et problèmes ont beaucoup été discutées lors du processus de formulation de la question. Les tentatives par certains acteurs de focaliser la question sur une thématique ou un enjeu plus spécifique, n'ont pas été retenues. En effet, d'autres participants regrettaient alors que ne soient pas pris en compte d'autres enjeux ou thématiques. L'objet sur lequel se centre cette question est l'exploitation agricole. En tant qu'unité décisionnelle, source de revenu de l'agriculteur soumis à divers changements impactant ses performances, c'est en effet l'élément qui s'est imposé comme le plus central à prendre en compte dans la démarche. L'évaluation de la durabilité ainsi privilégiée est donc une évaluation centrée sur l'activité agricole, les autres activités ou éléments naturels du territoire n'étant alors plus que secondaires.

3. CO-CONSTRUCTION DU MODELE CONCEPTUEL

Le modèle conceptuel représente les principales composantes du système agricole et leurs relations considérées par les acteurs comme les plus importantes à prendre en compte pour pouvoir répondre à la question formulée ci-dessus. Ce modèle a été co-construit avec les acteurs lors de l'atelier P3²⁴. La question partagée a servi de base pour identifier les principaux éléments à représenter dans ce modèle conceptuel.

3.1. METHODE

La première partie de l'atelier a été consacrée à la sélection des composantes à représenter dans le modèle conceptuel. Une liste de 37 composantes, correspondant aux composantes structurelles élicitées via les cartes cognitives lors du diagnostic préliminaire, a été proposée aux participants (Tableau 4-2 et Figure 4-11). Ces composantes pouvaient être des types d'exploitation agricole, des filières, des systèmes de culture, des ressources naturelles, des acteurs, ou encore des infrastructures (distilleries, réseau d'irrigation). Chaque acteur a été invité à sélectionner les cinq

²⁴ Les acteurs présents à l'atelier P3 étaient GA12, GA2, GT2, GT5, GA1, GA4

composantes qui lui semblaient les plus importantes à représenter dans le modèle conceptuel. Les acteurs avaient de plus la possibilité de reformuler les composantes, d'en fusionner plusieurs, ou encore d'en ajouter des nouvelles. Ces composantes sélectionnées ont ensuite été mises en relation : à tour de rôle, les acteurs participants ont explicité une relation entre deux de ces composantes par un mot-clé. Le modèle conceptuel ainsi obtenu a ensuite été discuté et amélioré collectivement.

3.2. RESULTATS

Le modèle conceptuel est composé de 13 composantes, reliées par des mots-clés (Figure 4-11).

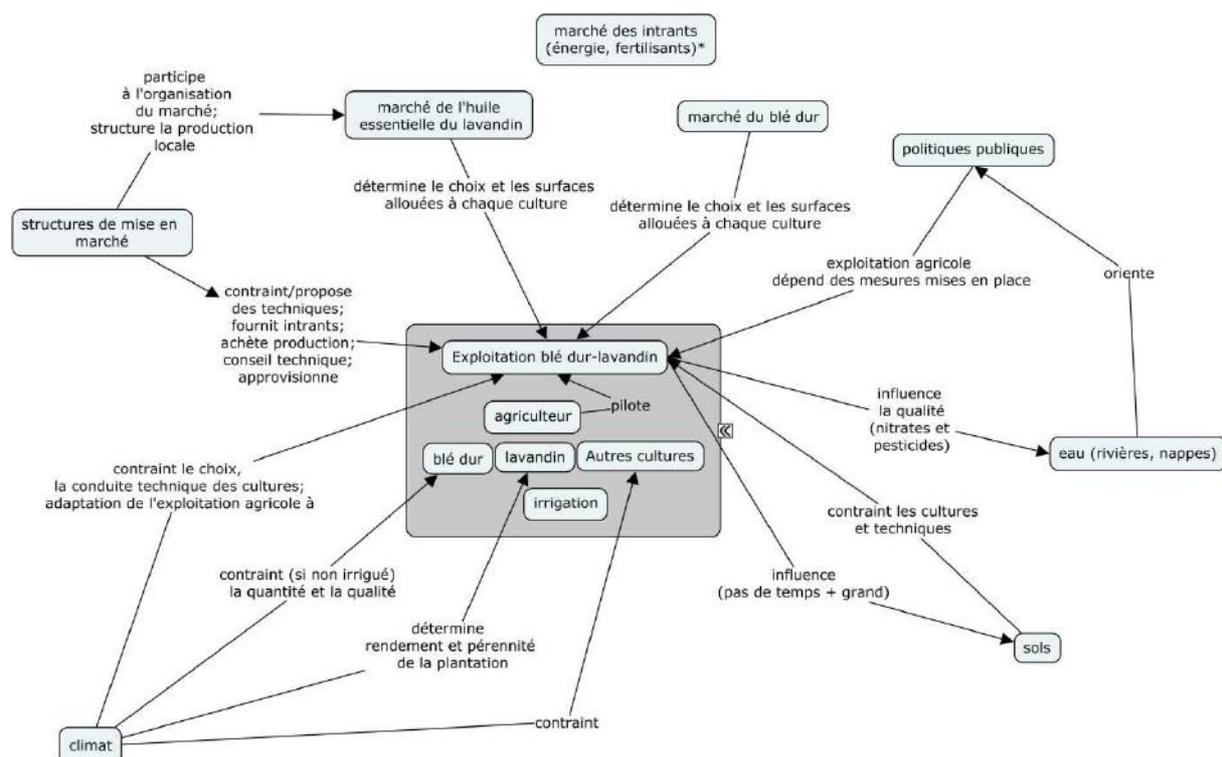


FIGURE 4-11 : MODELE CONCEPTUEL FINAL (* LE MARCHÉ DES INTRANTS A ETE RAJOUTE A LA FIN DE L'ATELIER, SES RELATIONS AVEC LES AUTRES COMPOSANTES N'ONT PAS ETE EXPLICITEES AVEC LES ACTEURS)

Seule l'exploitation basée sur la culture du lavandin et du blé dur, pilotée par l'agriculteur, apparaît dans ce modèle conceptuel. En plus de ces deux cultures centrales, les acteurs ont mentionné d'« autres cultures », mais n'ont pas jugé utile de les spécifier à cette étape de la démarche. Les autres systèmes de production présents dans les cartes cognitives n'ont pas été retenus : ainsi, l'apiculture n'a pas du tout été évoquée lors de l'atelier, et l'élevage ne l'a été que via l'évocation des cultures fourragères comme « autre culture ». Alors que l'irrigation avait été considérée à une échelle territoriale dans les cartes cognitives (via des caractéristiques liées à l'extension du réseau, au prix de l'eau, et aux réserves disponibles), elle apparaît à l'échelle de l'exploitation dans le modèle conceptuel. Les participants ont en effet souhaité l'aborder par l'angle de son impact sur les performances des systèmes de cultures et de sa gestion par l'agriculteur.

Deux filières de production agricole apparaissent aussi dans le modèle conceptuel : la filière de l'huile essentielle de lavandin et celle du blé dur. Ces deux filières ont une influence directe sur l'exploitation, puisqu'elles déterminent le choix des cultures ainsi que les surfaces allouées à chacune d'elles. L'ensemble des types de structures de mise en marché présents sur le territoire (coopératives de Plantes à Parfum, Aromatiques et Médicinales (PAPAM), coopératives de céréales, négociants) sont englobés dans une seule composante. Les participants n'ont en effet pas souhaité les différencier car ces types de structure ont les mêmes types de relation avec les exploitations (achat de la production, fourniture d'intrants, conseil). Une influence des structures de mise en marché sur le marché de l'huile essentielle de lavandin a aussi été explicitée, en raison du poids de la production d'huile essentielle du plateau de Valensole par rapport à la production mondiale. Le marché des intrants, englobant le marché de l'énergie et le marché des engrais, a aussi été rajouté au modèle conceptuel afin de prendre en compte des variations de prix de l'énergie dans l'évaluation de scénarii, ce changement de contexte ayant été identifié comme important à prendre en compte lors de l'atelier P2 (voir partie 4). Cette composante remplace le seul marché des fertilisants, proposé en début d'atelier sur la base des cartes cognitives. Ajoutée à la fin de l'atelier, ses relations avec les autres composantes du modèle n'ont pas été explicitées.

Les politiques publiques ont été prises en compte en raison de leur influence sur les performances des exploitations agricoles et sur les stratégies des agriculteurs. Elles englobent plusieurs composantes issues des cartes cognitives (état, union européenne), ainsi que d'autres échelles administratives mentionnées par les acteurs lors de l'atelier (département).

Le climat a aussi été représenté dans le modèle conceptuel. Ses impacts sur les cultures ont été différenciés par les acteurs. Ainsi, il affecte les rendements et la qualité protéique du blé dur, et les rendements et la pérennité des plantations de lavandin. Des contraintes directes sur l'exploitation, via le choix des cultures et des itinéraires techniques par l'agriculteur, ont aussi été explicitées. L'influence de l'activité agricole sur les sols et l'eau des rivières et nappes phréatiques a été explicitée. Dans le cas des sols, cette influence s'inscrit sur une échelle de temps plus long et est réciproque, puisque la qualité des sols peut conditionner les choix de cultures et d'itinéraires techniques.

TABLEAU 4-2 : COMPOSANTES INITIALEMENT PROPOSEES ET COMPOSANTES RETENUES DANS LE MODELE CONCEPTUEL (LA NOTION DE ROTATION ET LA SCP ONT ETE RAJOUTEES APRES LA CONSTRUCTION DES CARTES COGNITIVES). *NOMBRE DE CARTES COGNITIVES DANS LESQUELLES LA COMPOSANTE EST EXPLICITEE.

CM*	Composantes proposées	Composantes retenues
8	exploitation blé dur-lavandin	exploitation blé dur-lavandin
5	distillerie	<i>descripteur de l'exploitation</i>
2	exploitation centrées sur l'élevage	
1	exploitation apicole	
9	agriculteur blé-dur lavandin	agriculteur blé-dur lavandin
4	éleveur	
1	apiculteur	
9	lavandin/lavande	lavandin
9	blé dur	blé dur
9	autres grandes cultures	autres grandes cultures
4	fourrages	
1	troupeaux ovins	
3	cheptel d'abeilles	
2	PAPAM autre que lavande/lavandin	
1	vergers	
-	rotation	<i>descripteur de l'exploitation</i>
8	irrigation	irrigation
-	SCP	
1	coopérative de PAPAM	structure de mise en marché
1	négociants en PAPAM	
5	coopérative de céréales	
6	marché de l'huile essentielle de lavandin	marché de l'huile essentielle de lavandin
1	formulateurs de parfum, utilisateurs finaux de PAPAM	
6	marché du blé dur	marché du blé dur
4	industriels céréales-grandes culture	
2	marché des engrais azotés	marché des intrants (énergie, nitrate)
6	marché des autres cultures	
2	marché de l'huile essentielle de lavande	
1	marché du miel de lavandin	
9	Union Européenne	politiques publiques
2	Etat	
9	climat	climat
7	sols	sols
4	eau (rivières, nappes)	eau (rivières, nappes)
2	arbres isolés	
1	faune de chasse	
2	biodiversité faunique naturelle	
2	forêts	
2	haies	
3	commune	
5	filère touristique	

Finalement les composantes sélectionnées lors de la co-construction du modèle conceptuel sont généralement les composantes qui ont été le plus fréquemment explicitées dans les cartes cognitives (Tableau 4-2). Cependant, certaines de ces composantes fréquemment explicitées n'apparaissent pas dans le modèle conceptuel. C'est par exemple le cas de la distillerie (qui n'a été considérée que comme faisant partie de l'exploitation), et de la filière touristique (composante souvent mentionnée mais décrite très superficiellement dans les cartes cognitives). A l'inverse, certaines composantes peu représentées dans les cartes cognitives ont été considérées comme importantes à représenter dans le modèle conceptuel : l'Etat (intégré dans les politiques publiques), les coopératives et négociants en PAPAM (fusionnées avec les coopératives de céréales pour former les « structures de mise en marché »), et le marché des engrais azotés, composante ajoutée à la fin de l'atelier.

4. TRAVAIL DE SCENARISATION PARTICIPATIVE

Un travail de scénarisation participative a été réalisé en parallèle de la phase de formulation du problème et de la co-construction du modèle informatique (voir chapitre 5). Il avait pour objectif d'enrichir la formulation de ce problème en invitant les acteurs à s'interroger sur les futurs possibles, redoutés, ou espérés pour le système agricole. Il a aussi servi de base pour la construction de scénarii évalués par le biais du modèle dans la troisième phase de la démarche (voir chapitre 6). L'horizon de temps considéré en termes de projection dans le futur a été fixé à 10-15 ans.

4.1. METHODE

4.1.1. ETABLISSEMENT D'UNE LISTE DE CHANGEMENTS DU CONTEXTE

Les principaux changements de contexte auxquels le système agricole du plateau de Valensole est soumis, ou pourrait être soumis dans l'horizon de temps de 10-15 ans, ont été listés lors de l'atelier P2. Ces changements pouvaient concerner les contextes climatique, économique, socio-politique, ou encore technique. Ils pouvaient se situer à trois niveaux : local (par exemple, l'évolution de la disponibilité de la main d'œuvre), national (par exemple, modification de la réglementation sur l'usage des pesticides) ou international (par exemple, l'évolution des cours des céréales). Les participants ont à tour de rôle été invités à proposer et décrire un changement possible de contexte, jusqu'à épuisement des idées. Dans la liste de changements ainsi établie, chaque participant a ensuite sélectionné les trois changements qui lui semblaient les plus importants, c'est-à-dire qui auraient le plus de conséquences sur le système agricole, et les trois changements qui lui semblaient les plus probables. Ces deux types de vote de la part des participants m'ont alors permis de hiérarchiser ces changements selon la nécessité de les prendre en compte dans la démarche.

4.1.2. CONSTRUCTION DE SCENARII NARRATIFS

Des scénarii narratifs ont été construits lors de deux ateliers de co-construction du modèle informatique (MI2²⁵ et MI4²⁶). Ces scénarii, de nature exploratoire, articulent de manière cohérente un ou plusieurs des changements de contexte listés lors de l'atelier P2 ainsi que des adaptations des exploitations agricoles à ces changements. Ces adaptations consistent en la modification des systèmes de culture (assolements, rotations, pratiques), ou en des modifications structurelles de l'exploitation agricole (par exemple embauche de main d'œuvre, agrandissement de l'exploitation).

J'ai utilisé les deux changements de contexte locaux considérés par les acteurs comme les plus importants pour proposer quatre initialisations possibles de scénario (Figure 4-12). Ces changements de contexte sont l'évolution du dépérissement du lavandin (extension ou statu quo selon les initialisations) et l'évolution du réseau d'irrigation (extension ou statu quo). Deux groupes de trois acteurs ont été constitués et chacun d'eux a choisi une initialisation de scénario qu'il souhaitait approfondir dans le cadre de la démarche. Les deux groupes ont choisi de développer un scénario incluant l'extension du dépérissement du lavandin mais sans extension du réseau d'irrigation. Ils ont ensuite complété cette initialisation de scénario, en ajoutant d'autres changements de contexte et en précisant les adaptations des exploitations, tout en veillant à la cohérence du scénario.



FIGURE 4-12 : INITIALISATION DE QUATRE SCENARII A PARTIR DE L'EVOLUTION DES DEUX PRINCIPAUX FACTEURS DE CHANGEMENTS

Les deux scénarii construits par les acteurs lors de l'atelier MI2 étaient principalement composés de stratégies d'adaptation des exploitations. La seconde séance de scénarisation, lors de l'atelier MI4, visait à compléter ces éléments d'adaptation des exploitations avec la prise en compte d'évolutions concernant d'autres changements de contexte.

²⁵ Les acteurs présents à l'atelier MI2 étaient GE4, GA12, GE5-F, GT9, GA1

²⁶ Les acteurs présents à l'atelier MI4 étaient GA11, GA2, GT9

4.2. RESULTATS

4.2.1. LISTE DES PRINCIPAUX CHANGEMENTS DE CONTEXTE

La liste des changements de contexte auxquels le système agricole est déjà soumis ou pourrait être soumis à un horizon temporel de 10-15 ans, construite lors de l'atelier P2, est présentée en Tableau 4-3.

TABLEAU 4-3 : CHANGEMENTS DE CONTEXTE LISTES LORS DE L'ATELIER P2. LES + ENTRE PARENTHESES CORRESPONDENT A L'INTERET DES ACTEURS POUR PRENDRE EN COMPTE LE CHANGEMENT DANS LE CADRE DE LA DEMARCHE, CET INTERET AYANT ETE MESUREE PAR LES VOTES DES PARTICIPANTS LORS DE L'ATELIER

Changements de contexte	
globaux	Augmentation de l'occurrence d'événements climatiques extrêmes (+++) Fluctuation des prix des productions et évolution de la demande (+++) Durcissement de la réglementation nationale ou européenne sur les engrais azotés (++) Evolution de la réglementation nationale ou européenne sur les produits phytosanitaires (++) Variations des prix de l'énergie (++) Nouvelles réformes de la PAC (++) Mise en place de la réglementation REACH (durcissement des obligations techniques de la distillation)
locaux	Extension géographique du réseau d'irrigation (+++) Progression du dépérissement du lavandin (++) Erosion des sols accrue (+) Organisation collective des agriculteurs (par exemple sous forme de CUMA) (+) Mise en place de politiques favorisant l'installation de jeunes agriculteurs Sanctuarisation d'espaces pour le tourisme
techniques	Amélioration des techniques culturales simplifiées permettant l'obtention de rendements plus élevés (+) Développement de nouveaux systèmes de gestion de la matière organique

Les changements les plus mentionnés sont des changements globaux qui avaient pour la plupart déjà été mis en évidence lors du diagnostic préliminaire et la formulation des questions individuelles. C'est par exemple le cas d'une augmentation de l'occurrence d'événements climatiques extrêmes, et en particulier de sécheresses (printanières ou automnales), augmentation qui apparaît comme très importante à prendre en compte dans la démarche. Des changements au niveau des marchés ont aussi été considérés comme importants à prendre en compte pour les acteurs. Ces changements peuvent être des fluctuations de prix : une chute importante des prix de l'huile essentielle du lavandin est ainsi redoutée, alors que le prix du blé dur a actuellement tendance à augmenter. Les acteurs ont cependant mentionné des fortes incertitudes sur ces évolutions des prix de ces deux

productions. La demande peut aussi évoluer pour certaines productions, engendrant ainsi de nouvelles opportunités de diversification. La demande de certaines productions de niche comme la sauge sclarée est aujourd’hui déjà croissante, bien que cette demande soit irrégulière. La hausse des prix de l’énergie, qui impacterait les coûts liés à la fertilisation du blé dur et à la distillation du lavandin, est aussi redoutée.

Un durcissement des réglementations nationales et internationales ont aussi été évoqué, à la fois pour l’utilisation des fertilisants azotés et pour celle des produits phytosanitaires. Concernant l’utilisation des fertilisants azotés, les acteurs redoutent l’entrée en vigueur du classement en zone vulnérable nitrate d’un nombre croissant de communes du plateau de Valensole²⁷. Ce classement en zone vulnérable nitrate aurait pour conséquence une interdiction d’épandre des engrais azotés sur le blé dur en automne, ce qui pourrait provoquer des diminutions des rendements. Concernant les produits phytosanitaires, les acteurs ont évoqué des risques d’interdiction de produits phytosanitaires actuellement autorisés (ces produits n’ont pas été spécifiés). De telles interdictions se sont en effet déjà produites et ont eu des conséquences importantes sur les rendements du lavandin. A l’inverse, de nouveaux produits phytosanitaires pour lutter contre la cécidomyie sont actuellement en attente d’homologation.

La réforme de la PAC était en cours lors de l’atelier P2, et ses principales lignes étaient connues (comme le principe de convergence des aides ou son verdissement). Ses conséquences sur les résultats économiques des exploitations restaient cependant très incertaines, de même que les adaptations qui seraient alors mises en place par les exploitations.

A l’échelle locale, les deux principaux changements évoqués, l’extension de l’irrigation et la progression du dépérissement du lavandin, avaient déjà été longuement abordés lors des entretiens du diagnostic préliminaire et la formulation de la question partagée.

4.2.2. SCENARIIS CONSTRUITS LORS DE L’ATELIER MI2

Les deux scénariis construits par deux groupes différents lors de l’atelier MI2 sont présentés ci-dessous (voir encadrés). Ces deux scénariis sont centrés sur les stratégies d’adaptation des exploitations dans un contexte d’extension du dépérissement du lavandin. Dans les deux scénariis, ces stratégies d’adaptation sont basées sur une diversification des cultures réalisées, avec notamment l’introduction de cultures à forte valeur ajoutée. Ces stratégies sont cependant différenciées en fonction de la taille de l’exploitation et de sa possibilité d’irrigation ou non. Des innovations techniques sont aussi imaginées (couverts végétaux, nouvelles variétés), mais leur diffusion est

²⁷ Lors de l’atelier P2, deux communes du plateau de Valensole venaient d’être classées en zone vulnérable nitrate. A la fin, conformément aux prévisions des acteurs, toutes les communes du plateau de Valensole avaient été classées.

conditionnée par la motivation et les compétences des agriculteurs. Enfin, une évolution du climat est aussi évoquée, avec des pluies printanières de plus en plus importantes. Cette évolution du climat est contradictoire avec celle généralement évoquée par les acteurs lors des précédentes phases de la démarche, à savoir une augmentation de la fréquence des sécheresses. Cette contradiction témoigne d'incertitudes fortes quant à ces évolutions climatiques.

Scénario 1 (dans un contexte d'extension du dépérissement du lavandin): Sur la zone non irriguée, les exploitations moyennes à grandes s'agrandissent pour baisser leurs charges à l'hectare, diversifient leurs PAPAM en plantant de l'immortelle et de la sauge, et développent le semis direct pour les céréales. Les petites et moyennes exploitations se tournent éventuellement vers l'agriculture biologique pour les grandes cultures (hors lavandin) pour augmenter la valeur ajoutée de leurs productions, et réintroduisent éventuellement un troupeau à l'occasion du renouvellement du chef d'exploitation. Les fortes pluies printanières permettent aussi une diversification en oléagineux (notamment tournesol), et en légumineuses (pois chiche). L'introduction de légumineuses est cependant limitée en raison des dégâts provoqués par les sangliers. En zone irriguée, le prix toujours élevé de l'irrigation est un frein à la diversification des exploitations moyennes et grandes. Pour valoriser l'irrigation, le lavandin est en partie remplacé par la production de semences de céréales et des cultures industrielles à plus forte valeur ajoutée. Pour les exploitations de taille petite à moyenne, une diversification des ateliers voit le jour sous forme d'introduction d'arboriculture (amandiers, fruits), mais à condition que de la main d'œuvre saisonnière soit disponible.

Scénario 1bis (dans un contexte d'extension du dépérissement du lavandin): Sur la zone non irriguée, l'itinéraire technique du lavandin se complexifie, avec introduction de couverts végétaux, épandage d'argile sur les plants, et utilisation de pailles compostées. Les rotations sont allongées par l'usage de protéagineux (pois protéagineux, sainfoin). Les PAPAM sont diversifiées pour rentabiliser les distilleries, avec notamment plantation d'immortelle. Le rythme de renouvellement des plantations de lavandin augmente (la durée des plantations est réduite à 4 ou 5 ans), mais le lavandin reste rentable. De nouvelles variétés de lavandin sont introduites : elles présentent des qualités de produit fini différentes (également des productions moins élevées) mais subissent moins de pertes de rendements liées aux maladies. Des outils de cartographie permettent un meilleur suivi du dépérissement et donc une meilleure « protection » des zones qui ne sont pas encore touchées. Ils permettent également de mieux repérer la qualité des sols et de mieux pouvoir adapter les pratiques localement. Ces changements techniques ne sont pas accompagnés d'une activité de conseil accrue de la part des techniciens. On observe donc un décalage entre des agriculteurs innovants, porteurs d'une grande expertise et motivés, et généralement jeunes, et les autres agriculteurs. Si le dépérissement devient trop important, les exploitations s'agrandissent et des surfaces agricoles sont remplacées par des champs de panneaux photovoltaïques.

4.2.3. SCENARIO CONSTRUIT LORS DE L'ATELIER MI4

En complément des scénarii présentés précédemment, le scénario construit lors de l'atelier MI4 est plus centré sur l'évolution des changements de contexte globaux (voir encadré ci-dessous). Ce scénario évoque ainsi des évolutions de prix (chute du prix de l'huile essentielle du lavandin, hausse du prix des intrants), les conséquences du classement en zone vulnérable nitrate, ainsi que des évolutions climatiques, contradictoires avec celles évoquées lors de l'atelier MI2. Certaines adaptations des exploitations sont aussi mentionnées, comme des modifications des pratiques et une diminution des surfaces en blé dur.

Scénario 2 : *Le changement climatique est de plus en plus marqué : les sécheresses sont de plus en plus fréquentes. Ces sécheresses peuvent aussi bien être printanières, diminuant les rendements de toutes les cultures ; qu'automnales, aboutissant à l'arrachage d'une partie des parcelles de lavandin en raison de la mort prématurée des plants. Parallèlement, la réforme de la PAC aboutit à une augmentation des surfaces des cultures les plus rentables (et donc du lavandin). Le prix de l'huile essentielle de lavandin chute, passant de 20 € à 14-15 €. Le prix des intrants chimiques (pesticides et fertilisants confondus) augmente de 2 à 4 % chaque année. La directive nitrate est aussi appliquée, interdisant l'épandage d'engrais azotés en automne, ce qui a des conséquences sur les itinéraires techniques mis en place et sur les rendements obtenus (notamment pour le blé dur). Ces changements, et en particulier la PAC, ont pour conséquence une diminution de la surface en blé dur. La baisse des rendements a pour conséquence un agrandissement des exploitations.*

Au cours de la phase de formulation du problème, les limites du système abordé par la démarche se sont précisées. Ainsi, certaines activités agricoles évoquées lors du diagnostic préliminaire n'ont pas été ré-évoquées dans les autres étapes de la phase de formulation du problème et n'ont donc pas été prises en compte lors de la co-construction du modèle informatique. C'est par exemple le cas des systèmes d'élevage, peu nombreux sur le plateau de Valensole, et de l'apiculture, réalisée par des apiculteurs non présents de manière permanente sur le plateau de Valensole. Bien que certains acteurs représentant ces activités agricoles aient été interrogés lors du diagnostic préliminaire, ils n'ont en effet pas participé aux étapes ultérieures (ils ont été systématiquement invités). De même, la démarche s'est progressivement centrée sur l'activité agricole. Les autres éléments périphériques à l'activité agricole, comme la biodiversité ou l'activité touristique, n'apparaissent ainsi plus à la fin de la phase de formulation du problème. Aucun acteur portant une approche territoriale n'était en effet présent lors de la co-construction du modèle conceptuel et des séances de scénarisation participative. L'évolution du groupe de participants tout au long de la démarche, ainsi que ses conséquences sur celle-ci seront discutées dans le dernier chapitre de cette thèse.

Ces différentes étapes ont aussi permis de faire émerger un collectif de participants (acteurs et chercheurs). A la fin de cette phase, les participants s'étaient ainsi rencontrés plusieurs fois dans le cadre de la démarche, avaient échangé leurs points de vue, fait état de leurs connaissances, et avait construit collectivement des premiers objets (question partagée et modèle conceptuel). Ils avaient de plus été familiarisés avec les principes inhérents à la démarche de modélisation collaborative comme par exemple l'objectif de favoriser une réflexion et la construction d'un modèle comme moyen plutôt que comme but en soi.

Le problème abordé par la démarche ainsi formulé, il a alors été possible de débiter la co-construction d'un modèle informatique visant à y apporter des éléments de réponse via l'évaluation des performances du système agricole du plateau de Valensole.

CHAPITRE 5

CO-CONSTRUIRE UN MODELE INFORMATIQUE AVEC LES ACTEURS

Avant-propos

Un modèle informatique a été co-construit avec les acteurs participants. Ce modèle permet d'évaluer certaines performances du système agricole, et ainsi apporter des éléments de réponse au problème tel que formulé lors de la phase précédente. Ce modèle représente le système agricole dans une situation dite « de référence », qui se base sur des éléments de description du plateau de Valensole recueillis pour la plupart au début de la démarche. Cette situation de référence a ensuite été modifiée pour l'évaluation des scénarii (voir chapitre 6). Je présente ici le modèle informatique ainsi que son processus de co-construction avec les acteurs. Je débiterai par une présentation générale du modèle. Une deuxième section aborde les activités, participatives ou non, ayant permis d'élaborer ses différents modules. Enfin, le processus de co-construction de ces modules est décrit dans la troisième section.

SECTION 1 : PRESENTATION GENERALE DU MODELE INFORMATIQUE

Le modèle co-construit avec les acteurs est une représentation simplifiée et stylisée du système agricole du plateau de Valensole. Il est composé de cinq modules (

Figure 5-1). Un premier module correspond à la **représentation de la région agricole** (i.e. le plateau de Valensole): il inclut un zonage agro-écologique de cette dernière ainsi qu'une typologie structurelle des exploitations qui est indépendante de ce zonage²⁸. L'entité décisionnelle représentée dans le modèle est l'**exploitation-type**, caractérisée par des surfaces cultivées et par des systèmes de culture (rotations culturales, itinéraires techniques). Ceux-ci dépendent des caractéristiques propres à chaque type structurel (taille, degré de spécialisation en lavandin, équipement pour l'irrigation) ainsi que de la localisation dans le zonage agro-écologique. Les systèmes de culture sont décrits dans un **module définissant et caractérisant les activités culturales** (terme défini en partie 3) qu'il est possible de mettre en œuvre dans les parcelles des exploitations-type. La **pluviométrie printanière annuelle** à laquelle est soumise la région agricole est spécifiée dans un quatrième module. Enfin, ces quatre modules permettent le **calcul d'indicateurs** environnementaux et économiques à l'échelle de la parcelle, de l'exploitation-type et de la région agricole.

La représentation de la région agricole, la structure des exploitations-type et le module de calcul des indicateurs sont implémentés sous la plateforme multi-agent Cormas© (Bousquet et al. 1998). La définition et la caractérisation des activités culturales sont décrites dans une base de données implémentée sous Access©. Les systèmes de culture réalisés par chaque exploitation-type et le module climatique sont deux tableurs Excel©.

²⁸ Bien que la typologie structurelle des exploitations soit indépendante du zonage agro-écologique, la proportion d'exploitations-type de chaque type varie selon les zones (voir annexe 5)

Représentation de la région agricole

zonage agro-écologique



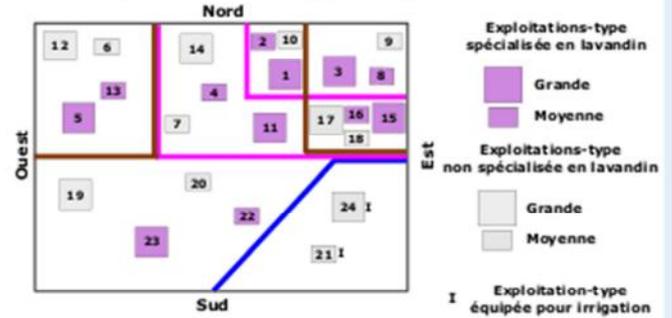
typologie structurelle des exploitations

Critère 1	Critère 2	Critère 3
taille	niveau de spécialisation en lavandin	équipement pour l'irrigation
moyenne (60 Ha) ou grande (160 Ha)	spécialisée (+ de 35% de la SAU en lavandin) ou non spécialisée (- de 35% de la SAU en lavandin)	oui ou non

coefficients d'extrapolation régionaux

exploitation-type	SAU correspondante à l'échelle de la sous-zone et de la région	coefficient d'extrapolation régional "à l'échelle de la région et de la sous-zone, l'exploitation-type est dupliquée z fois"
exploitation-type 1	x hectares	$z = \frac{X}{\text{taille de l'exploitation-type 1}}$
...

24 exploitations-type représentées



Représentation de chaque exploitation-type

systèmes de culture

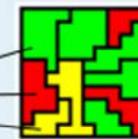
exploitation-type	parcelle	année 1	...	année 15
1	1	Colza Lab_FertBase_PhytoMinCour_NonIrrig
	2	Lavandin PasDePrep_FertBase_PhytoMinCour_NonIrrig

2	1	Colza Lab_FertBase_PhytoMinCour_Irrig

surfaces cultivées

Réserve utile selon la zone

élevée
faible
moyenne



10 parcelles de taille égale

chaque exploitation-type est caractérisée selon son type structurel et sa localisation dans le zonage agro-écologique

Calcul des indicateurs

Paramètres exogènes au système agricole

prix des productions, montant des aides PAC à l'hectare...

association d'une activité à chaque parcelle

calcul des indicateurs (calcul annuel, puis moyenne sur les 48 années de la simulation)

année simulée	pluviométrie printanière
année 1	faible
...	...
année 15	moyenne

Module climatique

Excel

Définition et caractérisation des activités agricoles à l'échelle de la parcelle

définition des activités

Modalités	critères de définition des activités							autres facteurs influençant le rendement		
	Espèce	Précédent cultural	Type de sol	Mode de préparation du sol	Mode de fertilisation	Mode de traitements phytosanitaires	Recours à l'irrigation	Intensité du déperissement*	Age de la parcelle**	Climat
	lavandin ou blé dur...	lavandin ou blé dur...	réserve utile faible ou ...	labour ou ...	basique ou ...	intensité minimale ou ...	oui ou non	faible ou ...	1 ou 2 ou ...	printemps sec ou ...

* uniquement pour le lavandin
** uniquement pour les espèces pérennes (lavandin, sauge, sainfoin)

coefficients techniques

coefficients techniques	activité 1	...
rendement	30	
temps de travail	7	
...	...	

FIGURE 5-1 : SCHEMA DE DESCRIPTION DU MODELE

La **période de simulation** a été choisie selon la longueur des rotations culturales représentées dans la situation de référence, qui peuvent être très longues en raison de la durée des plantations de lavandin (entre 6 et 12 ans). La plus longue rotation culturale simulée dans le modèle atteint ainsi 48 ans : elle intègre trois cycles de plantation de lavandin de 10 ans séparés par trois successions de cultures annuelles d'espèces différentes²⁹. La situation de référence est donc simulée sur 48 ans, avec un pas de temps annuel³⁰. Les valeurs des indicateurs analysées en sortie du modèle correspondent à la moyenne des valeurs atteintes annuellement.

1. REPRESENTATION DE LA REGION AGRICOLE

La région agricole est représentée sous forme schématique par un rectangle. Trois paramètres de zonage sont pris en compte et permettent de distinguer **sept sous-zones agro-écologiques**: (i) un paramètre différencie une zone équipée pour l'irrigation d'une zone non équipée; (ii) un second paramètre délimite trois zones sujettes au dépérissement du lavandin selon une intensité croissante, et (iii) un troisième paramètre permet de distinguer trois zones ayant des proportions différentes de types de sols. Trois types de sols sont distingués en fonction de leur réserve utile qui peut être faible (moins de 50 mm pour 1 mètre de sol), moyenne (entre 50 et 75 mm) ou élevée (plus de 75 mm). Ces paramètres de zonage et leurs origines sont détaillés en section 3, partie 1.

La **typologie structurelle des exploitations** se base sur trois critères : (i) leur Surface Agricole Utile (SAU), qui permet de distinguer des exploitations-type de taille moyenne (60 ha de SAU) et de exploitations-type de grande taille (160 ha); (ii) leur **niveau de spécialisation en lavandin**, qui aboutit à distinguer des exploitations-type spécialisées en lavandin (plus de 35% de leur SAU en lavandin) d'exploitations-type non spécialisées (moins de 35%); (iii) leur **équipement pour l'irrigation** (elles sont équipées ou non équipées). La décision de ne prendre en compte que des moyennes et grandes exploitations sans considérer les petites fait suite au ciblage de la démarche sur le système de production lavandin-blé dur, et est justifié en annexe 3. La co-construction de la typologie structurelle des exploitations présentant moins de valeur démonstrative pour cette thèse que les autres composantes du modèle, je la présente en annexe 4.

La **répartition de ces types structurels dans les sept sous-zones** permet de définir 24 exploitations-type (Figure 5-1). Certains types structurels ou de zonage sont exclusifs : les

²⁹ Cette rotation est : L(10)BBCBTB L(10)BBCBPB L(10)BBTBPB, avec L : lavandin (pendant 10 ans), B : blé dur, C : colza, P : pois, T : tournesol

³⁰ Ce pas de temps introduit un léger biais dans les résultats obtenus, car 48 ans n'est pas un multiple de toutes les durées de rotations représentées. Pour une rotation de 5 ans par exemple, la simulation sur 48 ans permet de réaliser 9 fois cette rotation, puis, sur les 3 années restantes, seulement les 3 premières cultures de la rotation. Ces trois premières cultures sont donc représentées 10 fois durant la simulation, contre 9 pour les 2 dernières cultures.

exploitations-type équipées pour l'irrigation sont par exemple uniquement situées dans la sous-zone irrigable. Par ailleurs, certaines exploitations-type ne sont pas présentes dans certaines sous-zones : par exemple, les grandes exploitations-types non spécialisées en lavandin ne sont pas présentes dans la zone fortement sujette au dépérissement du lavandin.

A chacune de ces exploitations-type est associé un **coefficient d'extrapolation** permettant le calcul des indicateurs à l'échelle de la région agricole. On considère que chaque exploitation-type représentée dans le modèle couvre, au niveau régional, une surface agricole utile totale correspondant à celle estimée sur le plateau de Valensole pour les exploitations réelles assimilées à cette exploitation-type (i.e., appartenant à la même sous-zone et au même type structurel), et connues à partir des données des déclarations PAC (Politique Agricole Commune) des agriculteurs pour l'année 2012. Les valeurs de ces coefficients d'extrapolation et les quelques hypothèses ayant dû être formulées pour leur estimation sont présentées en annexe 5.

Notons ici que des différences d'assolement entre moyennes et grandes exploitations-type sont prises en compte dans les coefficients d'extrapolation des différents types d'exploitation, puisque le nombre de grandes exploitations-type spécialisées en lavandin est plus faible que le nombre de moyennes exploitations-type spécialisées en lavandin (Tableau 5-1).

TABLEAU 5-1 : COEFFICIENTS D'EXTRAPOLATION REGIONAUX DES DIFFERENTS TYPES STRUCTURELS D'EXPLOITATIONS-TYPE

	Non spécialisées en lavandin	Spécialisées en lavandin
Moyennes	23.82	25.25
Grandes	21.98	10.13

2. REPRESENTATION DES EXPLOITATIONS-TYPE

Une **exploitation-type** est composée de dix parcelles contigües de taille égale. Les parcelles d'une exploitation-type moyenne mesurent 6 ha, et celles d'une grande exploitation 16 ha. Selon les proportions en termes de types de sol de la sous-zone où se situe l'exploitation-type, chacune de ses parcelles se voit attribuer un sol à réserve utile faible, moyenne, ou élevée.

Les **systèmes de culture de chaque exploitation-type** sont décrits tout au long des 48 années simulées. Pour chaque parcelle est attribuée une rotation culturale, en fonction de laquelle une espèce est attribuée chaque année à la parcelle. Pour chacune de ces espèces, les itinéraires techniques réalisés sont ensuite spécifiés. Ces itinéraires techniques sont caractérisés par plusieurs pratiques agricoles : une certaine préparation du sol, une fertilisation, une modalité de traitements phytosanitaires, et le recours ou non à l'irrigation (si l'exploitation est équipée pour l'irrigation, c'est-

à-dire localisée dans la sous-zone irrigable). Les itinéraires techniques possibles dépendent du précédent cultural, et sont spécifiés dans le module de définition et de caractérisation des activités culturales (voir partie 3). Les rotations culturales et les itinéraires techniques sont propres à chaque exploitation-type : ils dépendent de son type structurel (le critère le plus impactant étant son caractère spécialisé ou non spécialisé en lavandin) et de la sous-zone dans laquelle elle est située (voir section 3, partie 2).

3. DEFINITION ET CARACTERISATION DES ACTIVITES CULTURALES

A l'échelle de la parcelle, la notion d'activité culturale (Hengsdijk et al. 1999) est utilisée pour décrire les itinéraires techniques possibles en prenant en compte les contraintes liées notamment aux couples précédent-suivant. Une activité correspond à une culture (une espèce et les pratiques associées) aboutissant à des performances spécifiques (par exemple rendement, coûts liés aux intrants, ou impacts environnementaux). Dans notre modèle, **les critères de définition des activités culturales considérés sont : l'espèce cultivée, le précédent cultural et certaines pratiques culturales (mode de préparation du sol, fertilisation, traitements phytosanitaires, irrigation)** (Tableau 5-2).

TABLEAU 5-2 : CRITERES DE DEFINITION DES ACTIVITES CULTURALES (*UNIQUEMENT POUR LE LAVANDIN, ** UNIQUEMENT POUR LES ESPECES PERENNES)

Critères de définition des activités culturales							Autres facteurs influençant le rendement			
Modalités	Espèce	Précédent cultural	Type de sol	Mode de préparation du sol	Mode de fertilisation	Mode de traitements phytosanitaires	Recours à l'irrigation	Intensité du dépérissement*	Age de la parcelle**	Climat
	lavandin ou blé dur ou pois ou tournesol ou sauge ou colza ou sainfoin	lavandin ou blé dur ou pois ou tournesol ou sauge ou colza ou sainfoin	réserve utile ou faible ou réserve utile ou moyenne ou réserve utile ou élevée	labour ou travail superficiel ou pas de préparation	basique ou alternatif ou pas de fertilisation	intensité minimale ou moyenne ou maximale ou / produits courants ou produits alternatifs	oui ou non	faible ou moyen ou élevé	1 ou 2 ou ... 13	printemps sec ou printemps moyen ou printemps humide

Chacun de ces critères se décline en plusieurs modalités (exemple : le recours à l'irrigation a deux modalités : « oui » et « non »). Certaines combinaisons de modalités sont impossibles : le lavandin

ne peut par exemple pas être planté après une culture de tournesol, ou être planté sans labour. Les opérations culturales correspondant à une même modalité peuvent varier d'une espèce à une autre : par exemple, la modalité « fertilisation de base » ne correspondra pas aux mêmes opérations (date, dose apportée) si l'espèce est le blé dur ou le lavandin.

L'influence du type de sol sur les itinéraires techniques n'est pas prise en compte. Il n'a en effet pas été possible de spécifier cette influence, faute de données disponibles et de connaissances des acteurs à ce sujet.

Les **coefficients techniques** spécifient les valeurs des performances de chaque activité culturale (Hengsdijk et al. 1999). Certains sont calculés à partir de la description détaillée des itinéraires techniques (comme les coûts de production) ; d'autres sont estimés directement pour chaque activité (rendements). En plus de varier selon les critères de définition des activités culturales, les rendements sont aussi influencés par la pluviométrie printanière, le type de sol de la parcelle, l'âge de la plantation (pour les plantes pérennes : lavandin et sauge), et l'intensité du dépérissement à laquelle la sous-zone est sujette (pour le lavandin). Ces coefficients techniques sont synthétisés en Tableau 5-3.

Le processus de définition et de caractérisation des activités culturales est abordé en section 3, partie 3.

TABLEAU 5-3 : COEFFICIENTS TECHNIQUES DECRIVANT LES PERFORMANCES DES ACTIVITES CULTURALES. * LES EMISSIONS DIRECTES (RESP. CONSOMMATIONS) ONT LIEU DIRECTEMENT AU CHAMP (CONSOMMATION DU CARBURANT, VOLATILISATION DU N2O). ** LES EMISSIONS INDIRECTES (RESP. CONSOMMATIONS) SONT LIEES A LA PRODUCTION, AU STOCKAGE ET AU TRANSPORT DES INTRANTS UTILISES.

Coefficients techniques des activités culturales
rendement (<i>T/ha ou kg/ha</i>)
temps de travail (<i>heures cumulées sur l'année/ha</i>)
coûts des intrants chimiques (<i>€/ha</i>)
coûts des semences (<i>€/ha</i>)
coûts de l'irrigation (<i>€/ha</i>)
Indice de Fréquence de Traitement (IFT) (<i>sans unité</i>)
Indice de Pression Phytosanitaire sur l'Environnement (IPPE) (<i>sans unité</i>)
consommation de carburant (<i>L/ha</i>)
émissions de GES directes* (<i>TeqCO2/ha</i>)
émissions de GES indirectes** (<i>TeqCO2/ha</i>)
consommation d'énergie directe* (<i>MJ/ha</i>)
consommation d'énergie indirecte** (<i>MJ/ha</i>)

4. MODULE CLIMATIQUE

Le module climatique caractérise chaque année simulée par une pluviométrie printanière (21 mars-21 juin). Le climat printanier annuel peut être sec (moins de 50 mm de pluies cumulées), moyen (entre 50 et 100 mm), ou pluvieux (plus de 100 mm). Dans la situation de référence, le climat est simulé par une succession d'années à la pluviométrie printanière moyenne uniquement. Ce module a cependant permis d'explorer des changements climatiques dans le cadre des scénarii (voir chapitre 6). La co-construction du module climatique est abordée en section 3, partie 4.

5. MODULE DE CALCUL DES INDICATEURS

Ce module permet de calculer les différents indicateurs aux échelles de la parcelle, de l'exploitation-type, des sous-zones agro-écologiques et de la région agricole (Tableau 5-4). A chaque pas de temps, chaque parcelle est associée à une activité en fonction de la description de ses systèmes de culture, et se voit attribuer des coefficients techniques. Ces coefficients techniques sont ensuite utilisés pour le calcul des indicateurs. D'autres paramètres considérés comme exogène au système agricole (prix des productions agricoles, prix des intrants, montant des aides PAC à l'hectare...) sont aussi mobilisés.

TABLEAU 5-4 : INDICATEURS CALCULES PAR LE MODELE (P : ECHELLE DE LA PARCELLE, E : ECHELLE DE L'EXPLOITATION-TYPE, R : ECHELLE DE LA SOUS-ZONE ET DE LA REGION AGRICOLE). T : TONNE ; KG : KILOGRAMME, HA : HECTARE, TEQCO2 : TONNES D'EQUIVALENT CO2, MJ : MEGAJOULE

	indicateur	échelle(s)
Indicateurs liés aux aspects économiques	Rendement (<i>q/ha or kg/ha</i>)	P
	Production totale des différentes espèces (<i>T</i>)	E, R
	Surface relative des différentes espèces (%)	E, R
	Coûts de production (<i>€/ha</i>)	P
	Part des différents postes de dépenses en valeur absolue (<i>€/ha</i>) et en valeur relative (% des coûts de production totaux) : intrants chimiques, carburant, irrigation, semences	
	Marge brute avec les subventions PAC (<i>€/ha</i>)	P, E, R
	Part des subventions PAC dans la marge brute (%)	E
	Part de la marge brute provenant des différentes espèces cultivées (%)	E
	Temps de travail (<i>heures cumulées sur l'année/ha</i>)	P, E, R
	Surface relative cultivée en lavandin (%)	R
	Performance nourricière (nombre de personnes/an, exprimée en calories)	R
Indicateurs liés aux aspects environnementaux	IFT : Indice de Fréquence de Traitement (<i>sans unité</i>)	P, E, R
	IPPE : Indice de Pression Phytosanitaire sur l'Environnement (<i>sans unité</i>)	P, E, R
	Emissions de gaz à effet de serre (<i>TeqCO2/ha</i>)	P, E, R
	Part en valeur absolue (<i>TeqCO2/ha</i>) et en valeur relative (% des émissions de gaz à effet de serre totales) des émissions directes, indirectes, et liées à la distillation	
	Consommation énergétique (<i>MJ/ha</i>)	P, E, R
	Part en valeur absolue (<i>MJ/ha</i>) et en valeur relative (% des consommations énergétiques totales) des consommations directes, indirectes et de la distillation	
	Indice de diversité des cultures (<i>sans unité</i>)	R

SECTION 2 : ACTIVITES AYANT PERMIS LA CO-CONSTRUCTION DU MODELE INFORMATIQUE

1. PRESENTATION GENERALE

Les cinq modules du modèle ont été construits au cours d'un processus itératif alternant différentes formes d'activités : (i) des **ateliers participatifs** avec le groupe d'acteurs participants (quatre ateliers), (ii) des **séances de travail individuelles avec des experts des différents systèmes de culture**, (iii) des **séances de travail individuelles avec des agriculteurs**, et (iv) des **travaux en laboratoire**, que je réalisais seule avec l'aide des autres chercheurs du projet CLIMATAC.

Ce processus de modélisation collaborative a reposé sur deux principes généraux.

Tout d'abord, j'ai cherché à le rendre le plus transparent possible, comme préconisé par Voinov et Bousquet (2010). Tous les acteurs participants devaient ainsi connaître, comprendre, et avoir la possibilité de remettre en cause la structure et le contenu du modèle. Lorsque des données complémentaires aux connaissances des acteurs ont été mobilisées, j'ai donc, dans la mesure du possible, partagé leur analyse avec ces derniers.

J'ai aussi cherché à rendre la construction du modèle la plus flexible possible, afin que celui-ci puisse s'adapter aux points de vue et exigences évolutifs des acteurs participants. Aucun élément du modèle n'est ainsi resté figé pendant le processus : les acteurs avaient constamment la possibilité de remettre en cause des choix de modélisation faits auparavant.

En accord avec ces différents principes, j'ai développé au début du processus une **première version du modèle délibérément très simple et stylisée**. Cette première version s'inspirait du modèle conceptuel construit avec les acteurs (voir chapitre 4) sans chercher à le représenter de manière exhaustive.

2. DEROULEMENT ET ORGANISATION DES ATELIERS

Quatre ateliers d'une demi-journée ont été organisés entre octobre 2014 et juin 2015. Ces ateliers ont principalement contribué à la co-construction de la représentation de la région agricole (incluant le zonage agro-écologique et la typologie structurelle des exploitations), et à la discussion des indicateurs (Tableau 5-5).

TABLEAU 5-5 : OBJECTIFS DES DIFFERENTS ATELIERS PARTICIPATIFS ET SEANCES DE TRAVAIL INDIVIDUELLES. LES ATELIERS SONT IDENTIFIES PAR DES SIGLES (MI FAISANT REFERENCE A MODELE INFORMATIQUE)

			Thèmes abordés
ateliers	MI1	novembre 2014	Représentation de la région agricole (<i>zonage agro-écologique</i>) Discussion des indicateurs et de leur méthode de calcul
	MI2	janvier 2015	Représentation de la région agricole (<i>zonage agro-écologique</i>) Discussion des indicateurs et de leur méthode de calcul Définition et caractérisation des activités culturelles (<i>définition des activités</i>)
	MI3	mars 2015	Représentation de la région agricole (<i>zonage agro-écologique, typologie structurelle des exploitations</i>) Discussion des indicateurs et de leur méthode de calcul Systèmes de culture des exploitations-type
	MI4	juin 2015	Représentation de la région agricole (<i>zonage agro-écologique, typologie structurelle des exploitations</i>) Discussion des premières valeurs d'indicateurs obtenues Systèmes de culture des exploitations-type
entretiens	experts	novembre-juin 2015	Définition et caractérisation des activités culturelles (<i>définition des activités, itinéraires techniques, valeur des coefficients techniques</i>)
	agriculteurs	avril-juin 2015	Représentation de la région agricole (<i>zonage agro-écologique, typologie structurelle des exploitations</i>) Discussion des indicateurs et de leur méthode de calcul Systèmes de culture des exploitations-type Définition et caractérisation des activités culturelles (<i>itinéraires techniques, valeur des coefficients techniques</i>)

Les vingt-quatre acteurs ayant participé aux entretiens exploratoires réalisés lors du diagnostic préliminaire étaient invités à participer à chaque atelier. Ces acteurs étaient principalement des «gestionnaires»³¹ représentants des organismes de filière, de développement territorial, de conseil technique, ainsi que quelques agriculteurs (Tableau 5-6). Un agriculteur (F1) a rejoint la démarche lors de l'atelier MI3 et n'a pas participé à la phase de formulation du problème.

Finalement, trois à six «gestionnaires» étaient présents à chacun des ateliers. Trois agriculteurs, dont un était aussi président de coopérative, ont aussi participé de manière ponctuelle (Tableau 5-6).

³¹ Pour rappel (chapitre 2), j'appelle «gestionnaire» tout acteur concerné par l'agriculture à l'échelle du plateau de Valensole. Les «gestionnaires» se distinguent donc des agriculteurs.

TABLEAU 5-6 : ACTEURS PRESENTS AUX ATELIERS (CHAQUE CODE REPRESENTE UN ACTEUR. ¹ AGRICULTEUR AYANT AUSSI UNE FONCTION DANS UN ORGANISME OPERANT A L'ECHELLE LOCALE, ² PLANTES A PARFUM, AROMATIQUES ET MEDICINALES)

acteur ayant une approche plutôt...		Ateliers				séances de travail individuelles
		MI1	MI2	MI3	MI4	
centrée sur le système agricole	lavandin et PAPAM ²	GE3 GE1	GE4 GA12	GA12	GA11	GA12 (x2)
	blé dur, céréales, oléo-protéagineux	GA10	GE5-F ¹			GA10 GE5-F ¹ GA7 GA6
	apiculture					
	élevage					
	approche transversale à plusieurs types de systèmes de culture	GA2 GT5	GT9 GA1	GA2 GA1 GA4 F2, F1,	GA2 GT9	GA2 (x2) F2, F1, F4, F6, F7, F5, F8, F9
territoriale	GT12		GT12			
Total acteurs		6	5	7	3	14

Au début de chaque atelier, un chercheur facilitateur présentait la version la plus récente du modèle, dont plusieurs éléments étaient ensuite abordés les uns après les autres. Les acteurs étaient invités à commenter les modifications apportées depuis l'atelier précédent et celles-ci étaient validées ou corrigées collectivement. Dans certains cas, les acteurs concevaient et proposaient certaines de ces transformations sans qu'aucune proposition préalable ne soit faite par le facilitateur. Une présentation Powerpoint© complétée au fil des discussions synthétisait ces améliorations, et était utilisée comme support interactif afin de limiter les ambiguïtés et décalages de compréhension entre les acteurs, et entre les acteurs et les chercheurs.

Après chaque atelier, je rédigeais et envoyais un compte-rendu à tous les acteurs invités, y compris à ceux n'ayant pas participé à l'atelier. Les acteurs étaient invités à corriger, compléter ou commenter ce compte-rendu. Je produisais aussi un compte-rendu détaillé des interventions successives des participants (acteurs et chercheurs), sur la base des notes prises par les chercheurs ayant eu un rôle d'observateur pendant l'atelier. Ce compte-rendu était ultérieurement utilisé pour évaluer le déroulement de la démarche (voir chapitre 7). Les ateliers étaient aussi suivis d'une séance

de débriefing pendant laquelle nous, chercheurs, échangeons nos ressentis sur le déroulement de l'atelier, nos interventions, et celles des acteurs.

3. SEANCES DE TRAVAIL INDIVIDUELLES AVEC DES EXPERTS DES SYSTEMES DE CULTURE

Entre novembre 2014 et juin 2015, cinq entretiens auprès d'experts des systèmes de culture du plateau de Valensole ont été réalisés (Tableau 5-5 et Tableau 5-6). Ces entretiens ont contribué à la définition et à la caractérisation des activités culturelles. Ils ont notamment permis la description des itinéraires techniques courants, l'estimation des valeurs de certains coefficients techniques (rendements), et celle de paramètres caractérisant les intrants utilisés (comme les prix). Sur les six espèces représentées dans le modèle, cinq ont ainsi fait l'objet d'un apport de connaissances de la part d'experts (Tableau 5-7). Seul le tournesol, espèce la moins cultivée sur le plateau de Valensole, n'a pas été abordé par contrainte de temps.

Trois de ces experts (GA12, GA2 et GA10) travaillent au sein d'organisations à vocation agronomique et technique. Ils étaient aussi invités aux ateliers de co-construction du modèle informatique, et y ont participé de manière plus ou moins régulière (Tableau 5-6). Deux experts (GA7, GA6) sont salariés d'une coopérative céréalière ; ils n'avaient pas été rencontrés lors du diagnostic préliminaire et n'ont été invités qu'au dernier atelier, ultérieur à la réalisation de leurs entretiens, mais sans participer.

TABLEAU 5-7 : ESPECES ABORDEES AVEC LES EXPERTS DES SYSTEMES DE CULTURE

Expert interrogé	Espèce abordée lors de l'entretien
GA12 (2 entretiens)	Lavandin
GA2 (2 entretiens)	Blé dur, Pois, Colza
GA10	Blé dur
GA7	Colza, blé dur
GA6	Sauge

4. SEANCES DE TRAVAIL INDIVIDUELLES AVEC DES AGRICULTEURS

J'ai réalisé deux cycles d'entretiens auprès de neuf agriculteurs entre avril et juin 2015 (Tableau 5-5 et Tableau 5-6). Ces entretiens ont permis de discuter, d'amender et de valider avec eux la représentation de la région agricole et la caractérisation des activités culturelles, qui étaient alors déjà dans une forme avancée. Les itinéraires techniques décrits, en particulier, ont été repris. De plus, ces entretiens ont permis de partager des premières valeurs d'indicateurs, aboutissant ainsi la

discussion des méthodes de calcul et paramètres utilisés. Enfin, ces entretiens ont contribué à la construction des systèmes de culture des exploitations-type.

Les neuf agriculteurs rencontrés ont été sélectionnés parmi ceux enquêtés lors d'un diagnostic des pratiques agricoles réalisé dans les premiers temps de la démarche (voir partie 5) afin de correspondre à la diversité des exploitations-type telles qu'elles sont représentées dans le modèle, c'est-à-dire aux types structurels et sous-zones agro-écologiques représentés. J'ai ainsi cherché à visiter des exploitations moyennes (moins de 100 ha de SAU) et grandes, spécialisées en lavandin (plus de 35% de la SAU en lavandin) et non spécialisées, équipées pour l'irrigation ou non, et situées dans des zones aux intensités de dépérissement variées.

PREMIER CYCLE D'ENTRETIENS : VALIDATION DE LA REPRESENTATION SPATIALE ET DISCUSSION DES SYSTEMES DE CULTURE

Le premier cycle d'entretien était composé de trois parties.

La première partie visait à vérifier que les neuf agriculteurs enquêtés permettaient bien d'appréhender la diversité des exploitations-type représentées dans le modèle. Pour cela, chaque agriculteur était invité, avec mon aide, à se rapprocher d'une exploitation-type du modèle. Cette exploitation-type devait correspondre à celle qui était la plus similaire à sa propre exploitation au regard de la taille, de la surface généralement cultivée en lavandin, de l'équipement ou non de l'exploitation pour l'irrigation, et de l'intensité du dépérissement subi par les parcelles de lavandin.

Cet exercice se basait sur une représentation spatiale impliquant quelques repères géographiques (Figure 5-2). Lors de la réalisation de ces entretiens, le zonage en fonction des types de sols était encore en construction ; seuls les zonages concernant l'irrigation et l'intensité du dépérissement du lavandin ont donc été pris en compte. L'agriculteur choisissait l'intensité de dépérissement du lavandin de l'exploitation-type en fonction de la localisation de l'exploitation et des rendements de ses parcelles de lavandin. Seules les exploitations équipées pour l'irrigation étaient positionnées dans la zone irrigable. En effet, dans le modèle, j'ai considéré que toutes les exploitations-type situées en zone irrigable étaient équipées pour l'irrigation (voir annexe 4).

Ce cycle d'entretien a permis d'évaluer dans quelle mesure les neuf agriculteurs enquêtés permettaient d'aborder la diversité des exploitations-type du modèle, et a permis de mettre en discussion la représentation de la région agricole avec ces agriculteurs.

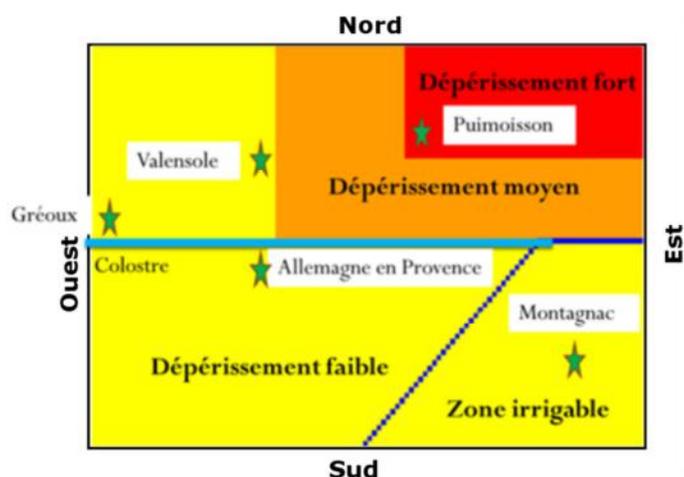


FIGURE 5-2 : REPRESENTATION INTERMEDIAIRE DE LA REGION AGRICOLE PRESENTEE AUX AGRICULTEURS ENQUETES

Tous les agriculteurs enquêtés se sont reconnus sans difficulté dans la typologie structurelle des exploitations et le zonage agro-écologique de la région agricole. Les neuf agriculteurs permettent d’appréhender plusieurs exploitations-type (Tableau 5-8). Cependant, certaines exploitations-type représentées dans le modèle n’ont pu être associées à aucun agriculteur : c’est notamment le cas dans la zone faiblement sujette au dépérissement du lavandin, dans laquelle seules les exploitations-type irriguées ont été associées à un agriculteur.

TABLEAU 5-8 : EXPLOITATIONS-TYPE REPRESENTEES DANS LE MODELE ET AGRICULTEURS ENQUETES ASSOCIES. *CES AGRICULTEURS ONT AUSSI PARTICIPE A CERTAINS ATELIERS PARTICIPATIFS.

Exploitations-type représentées dans le modèle				Agriculteur rapproché de l’exploitation-type
Intensité de dépérissement du lavandin	Equipement pour l’irrigation	Spécialisation en lavandin	Taille	
Zone très sujette	NON	spécialisée	Grande	F7
			Moyenne	F5
non spécialisée		Grande	F6	
		spécialisée	Grande	F2*
non spécialisée			Grande	F4
		Moyenne		
Zone faiblement sujette			spécialisée	Grande
		Moyenne		
	non spécialisée	Grande		
		Moyenne		
OUI	non spécialisée	Grande	GE5-F*	
		Moyenne	F3	

Dans un second temps, l'agriculteur était invité à schématiser son exploitation selon le formalisme utilisé dans le modèle, c'est-à-dire sur la base d'un schéma d'une exploitation composée de 10 parcelles de taille égale et contiguës. L'agriculteur devait ainsi déterminer :

- **La classe de réserve utile des sols de chaque parcelle.** Au moment des entretiens, la décision avait déjà été prise de différencier les types de sols selon trois classes de réserve utile (faible, moyenne et élevée). Chaque agriculteur était invité à attribuer une de ces classes de réserve utile à chacune des dix parcelles de l'exploitation schématique, en se basant sur les caractéristiques de ses propres parcelles. Une carte des réserves utiles des sols du plateau de Valensole (SCP, 2013), superposée avec une carte IGN utilisée pour localiser les parcelles de l'agriculteur, guidait ce travail.
- **Les rotations mises en place sur chaque parcelle.** Ces rotations, formulées par l'agriculteur, pouvaient prendre en considération toutes les espèces représentées dans le modèle. L'influence de la réserve utile des sols sur le choix des espèces en rotation a été explorée. D'autres paramètres contraignant ces rotations pouvaient aussi être mentionnés par l'agriculteur.
- **Les assolements.** L'agriculteur était aussi questionné sur les surfaces relatives moyennes des différentes espèces, ainsi que les éventuelles règles ou objectifs liés à ces assolements (surface minimale en lavandin, régularité de l'assolement au cours du temps...).
- **Les itinéraires techniques réalisés pour chaque espèce.** Lors de la réalisation de ces entretiens, des itinéraires techniques avaient déjà été construits pour les différentes espèces sur la base d'une revue de la littérature et de séances de travail avec les experts (voir section 3, partie 3). Ces itinéraires techniques ont été présentés à l'agriculteur, afin qu'il sélectionne ceux qui se rapprochent le plus de ses propres pratiques. Ces itinéraires techniques ont été corrigés lorsque plusieurs agriculteurs formulaient les mêmes suggestions de modifications. Cette partie de l'entretien a ainsi permis l'amélioration du module de caractérisation des activités culturelles.

Enfin, les agriculteurs étaient invités à commenter, et éventuellement corriger, les estimations de rendements.

Les rotations construites par les agriculteurs ont été mise en discussion lors de l'atelier MI4, afin de construire des hypothèses qui ont ensuite été utilisées pour la construction des systèmes de culture des exploitations-type (voir section 3, partie 2). Les acteurs participant à cet atelier les ont jugées globalement représentatives des exploitations-type desquelles les agriculteurs s'étaient rapprochés. Seul F4 a été considéré comme ayant construit des rotations peu représentatives de

l'exploitation-type à laquelle il avait été associé, car plus complexes que ce qui est généralement fait sur le plateau de Valensole.

SECOND CYCLE D'ENTRETIENS : VALIDATION DES PERFORMANCES A L'ECHELLE DE LA PARCELLE ET DE L'EXPLOITATION-TYPE

Entre le premier et le second cycle d'entretiens, j'ai utilisé le modèle pour simuler les performances des systèmes de culture tels que construits avec l'agriculteur. Les résultats obtenus à l'échelle de la parcelle et de l'exploitation-type ont été présentés et discutés avec l'agriculteur lors du second entretien. Les indicateurs et leurs méthodes de calcul ont ainsi été validées au regard des performances de l'exploitation de l'agriculteur. Quelques corrections, notamment concernant les prix des productions et des intrants (carburant, semences) ont été apportées à cette occasion.

5. TRAVAIL DE MODELISATION AU LABORATOIRE

Le travail que j'ai réalisé en laboratoire impliquait le codage et l'amélioration de certains éléments du modèle. Il s'agissait ainsi de compléter, préciser, valider ou corriger les informations recueillies auprès des acteurs. Ces améliorations se sont basées sur une analyse descriptive du système agricole réalisée en parallèle de la co-construction du modèle, impliquant notamment:

- L'analyse des données des déclarations PAC des agriculteurs pour 2012³², et notamment du Registre Parcellaire Graphique, permettant d'appréhender l'usage des sols et des caractéristiques structurelles des exploitations réelles. Leur géo-référencement a de plus permis de les superposer à des données topographiques et pédologiques. **L'analyse des déclarations PAC s'est centrée sur un échantillon de 82 exploitations, correspondant aux exploitations ayant une SAU de de plus de 30 hectares et cultivant au moins 5 hectares de lavandin en 2012.** Pour rappel, ce choix fait suite au ciblage de la démarche sur le système de production lavandin-blé dur et est justifié en annexe 3.
- Un diagnostic des pratiques agricoles, réalisé sur la base de 34 enquêtes auprès d'agriculteurs cultivant du lavandin (SupAgro 2013). Ce diagnostic, réalisé au tout début de la démarche, a permis de récolter et d'analyser des données à l'échelle de l'exploitation (structure de l'exploitation, assolements, stratégie globale de l'agriculteur...) et de la parcelle (rotation, itinéraires techniques, performances...).
- Des éléments bibliographiques, et en particulier un diagnostic agraire du plateau de Valensole réalisé par Lang et Ramseyer (2011).

³² Obtenues auprès de l'Agence des Services des Paiements.

SECTION 3 : PROCESSUS DE CO-CONSTRUCTION DES MODULES

1. CONSTRUCTION DU ZONAGE AGRO-ECOLOGIQUE

Pour rappel, la représentation de la région agricole fait apparaître trois zonages agro-écologiques, fondés sur des intensités différentes du dépérissement du lavandin, des proportions différentes en termes de types de sols, et le caractère irrigable ou non des terres cultivables (Figure 5-3, zonage final).

Dans la première version du modèle que j'ai développé, je proposais de représenter le plateau de Valensole comme un quadrilatère (Figure 5-3, première version). Les acteurs ont accepté et n'ont jamais remis en question cette forme par la suite.

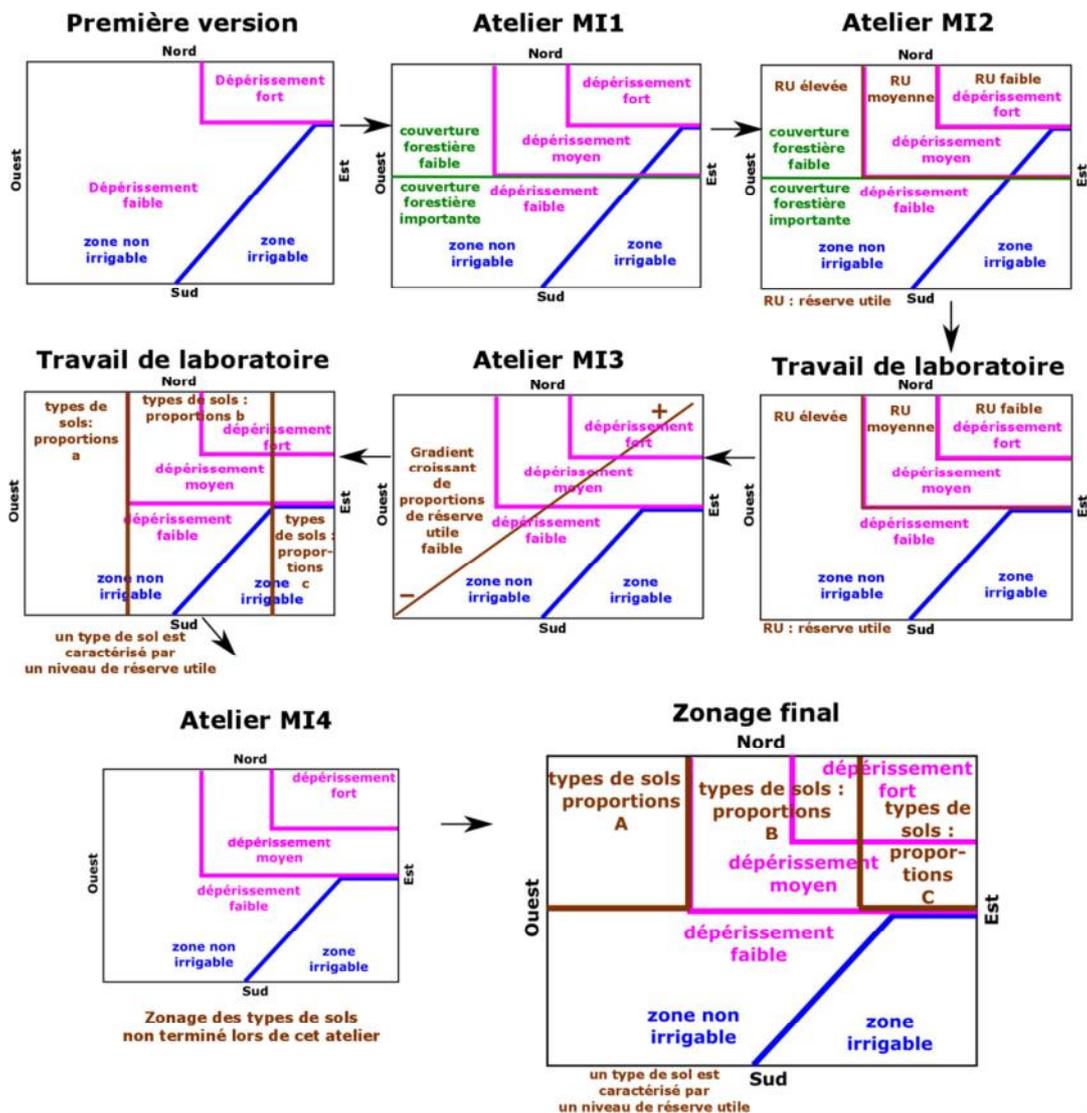


FIGURE 5-3 : EVOLUTION DU ZONAGE AGRO-ECOLOGIQUE DE LA REGION AGRICOLE

1.1. DELIMITATION D'UNE ZONE IRRIGABLE ET D'UNE ZONE NON IRRIGABLE

Lors de la phase de formulation du problème, la présence d'une zone irrigable sur le plateau de Valensole est apparue comme un élément central pour les acteurs. Elle induit en effet une différenciation entre exploitations équipées ou non pour l'irrigation en termes de pratiques, de potentialités de développement (notamment en termes de diversification possible) et de performances (notamment en termes de rendement). La possible extension du réseau d'irrigation, projet qui était alors évalué par les parties prenantes du plateau de Valensole, était aussi largement évoquée par les acteurs. Elle est vue par certains comme une opportunité pour une agriculture plus durable, alors que d'autres la perçoivent comme un risque, notamment en raison de ses éventuels impacts environnementaux.

La première version du modèle que j'ai proposée faisait donc apparaître ce critère de zonage. La délimitation de la zone irrigable se basait sur celle proposée par Lang et Ramseyer (2011) (Figure 5-4). Elle a été présentée aux acteurs lors de l'atelier MI1 et validée. La délimitation de cette zone a ensuite été ajustée afin de supprimer son intersection avec la zone moyennement sujette au dépérissement du lavandin (Figure 5-3). Selon les résultats du diagnostic préliminaire, et comme cela a été validé par les acteurs lors de l'atelier MI3, la zone irrigable n'est en effet que faiblement sujette au dépérissement du lavandin.

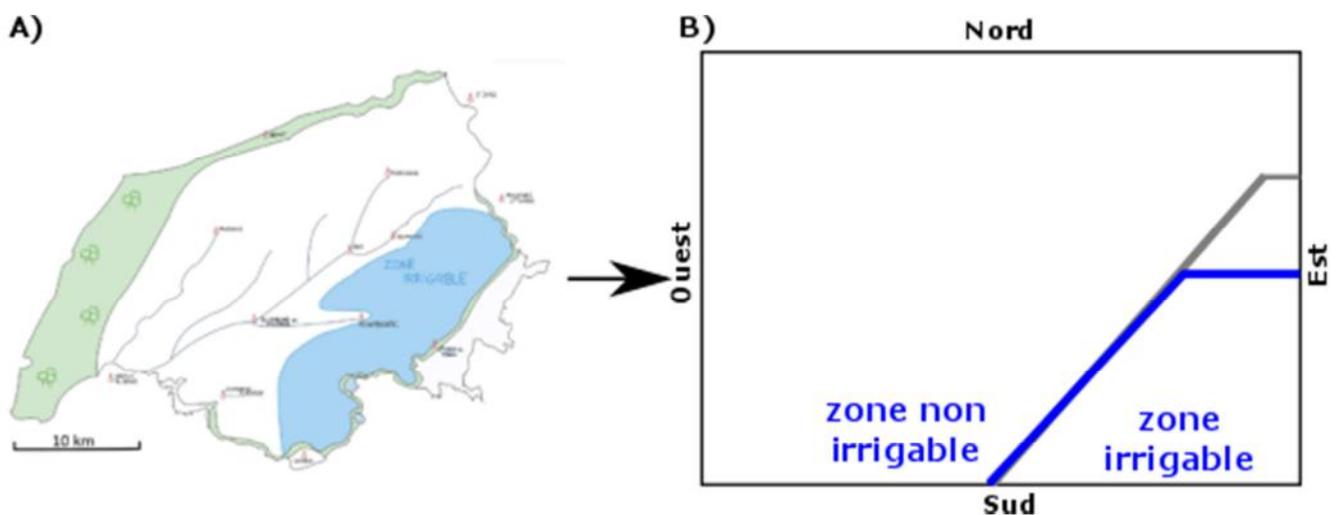


FIGURE 5-4 : REPRESENTATION DE LA ZONE IRRIGABLE. A) DELIMITATION PROPOSEE PAR LANG ET RAMSEYER (2011). B) REPRESENTATION SCHEMATIQUE PROPOSEE LORS DE L'ATELIER MI1 (EN GRIS), ET FINALEMENT RETENUE (EN BLEU)

1.2. ZONAGE SELON L'INTENSITE DU DEPERISSEMENT DU LAVANDIN

La présence du dépérissement du lavandin sur le plateau de Valensole est aussi apparue comme un élément central pour les acteurs lors de la phase de formulation du problème. Le dépérissement du lavandin, principalement dû à un phytoplasme véhiculé par des cicadelles (*Hyalesthes obsoletus*),

a en effet des conséquences importantes sur la durée de vie des plantations et sur les rendements obtenus, et donc sur les résultats économiques des exploitations. Les exploitations fortement touchées par cette maladie adaptent leurs assolements (augmentation ou diminution des surfaces plantées en lavandin selon les agriculteurs) et leurs rotations culturales (plantations de lavandin arrachées plus tôt).

Les acteurs ont mentionné une hétérogénéité spatiale importante de l'occurrence du dépérissement, qui serait liée à la présence de foyers de cicadelles à partir desquels se propage la maladie. Cette variabilité est présente à des échelles très réduites, des petites zones très sujettes au dépérissement pouvant être observées au sein d'étendues non ou peu touchées par la maladie. Les acteurs ont cependant mentionné une zone Nord-Est particulièrement affectée au sein du plateau de Valensole, correspondant schématiquement aux communes de Saint-Jurs et Puimoisson. Cette zone se différencie aussi par des exploitations cultivant des surfaces plus importantes en lavandin³³, car soumises à un climat plus rude moins adapté à la culture des céréales (périodes de gel tardives, précipitations moins importantes).

La **première version du modèle** que j'ai proposée faisait donc apparaître cette zone Nord-Est délimitée par les communes de Puimoisson et Saint-Jurs, le reste de la région agricole étant considéré comme faiblement sujet au dépérissement du lavandin (Figure 5-5). Lors de l'atelier MI1, une **zone intermédiaire** moyennement sujette au dépérissement a été ajoutée afin de prendre en compte une intensité plus graduelle de la présence de la maladie.

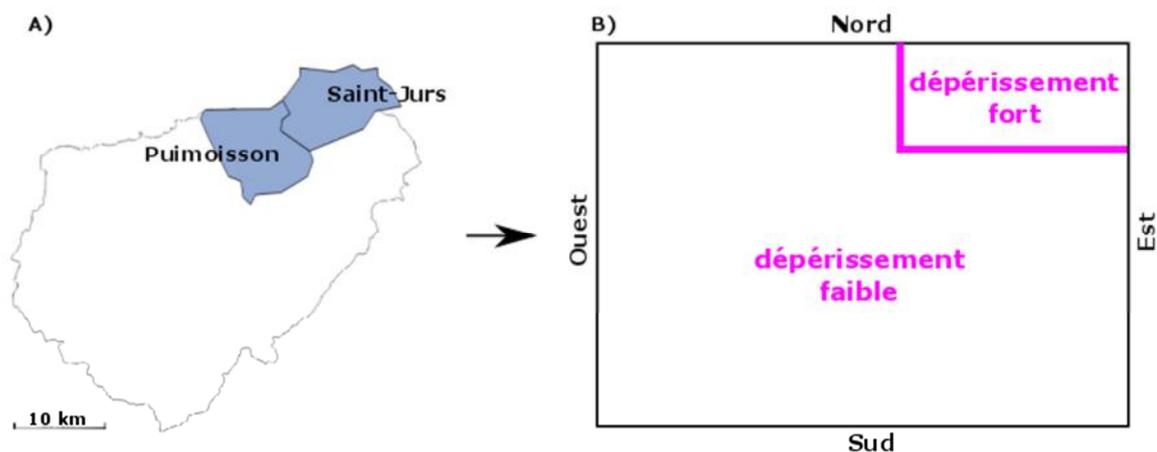


FIGURE 5-5 : PREMIER ZONAGE DU DEPERISSEMENT DU LAVANDIN BASE SUR LA DELIMITATION DES COMMUNES DE PUIMOISSON ET SAINT-JURS

³³ Cet aspect a par la suite été validé par l'analyse des données des déclarations PAC des agriculteurs, voir annexe 5.

1.3. ZONAGE SELON LES TYPES DE SOLS

L'hétérogénéité des types de sols à l'échelle du plateau de Valensole a été évoquée lors de la phase de formulation du problème. Elle a à nouveau été introduite par les acteurs lors de l'atelier MI1, en raison de son influence sur le choix des espèces et les rendements obtenus. Différents facteurs impactant la qualité des sols ont été évoqués, comme leur caractère pierreux ou caillouteux, leur taux de matière organique, leur composition chimique, ou encore leur « profondeur ». Les acteurs ont finalement proposé de prendre en compte la **réserve utile du sol**. Ce critère permet en effet de (partiellement) synthétiser les différents facteurs évoqués précédemment et a été considéré comme le critère ayant le plus fort impact sur les rendements. Lors de cet atelier, il a aussi été décidé de prendre en compte trois classes de réserve utile du sol.

Un **premier zonage a été proposé** lors de l'atelier MI2 (Figure 5-3, atelier MI2). Avec ce zonage, les limites de trois zones possédant chacune une réserve utile donnée se superposaient au zonage issu de l'intensité du dépérissement du lavandin, sans qu'aucune relation de cause à effet ne soit explicitée pour justifier cette superposition. La zone fortement sujette au dépérissement du lavandin était ainsi également une zone à sols ayant une faible réserve utile, celle moyennement sujette au dépérissement présentait des sols à réserve utile moyenne, et celle faiblement sujette au dépérissement des sols à réserve utile élevée.

Cette **première proposition de zonage a cependant été rejetée** lors de l'atelier MI3 par deux agriculteurs. Selon eux, la prise en compte des types de sol devait mieux considérer l'hétérogénéité observée sur l'ensemble du territoire, y compris à des échelles faibles (dans la réalité, elle est observée à l'échelle intra-parcellaire). Un nouveau zonage a donc été co-construit avec la participation active des facilitateurs. Il reposait sur un gradient Sud-Ouest / Nord-Est, en fonction duquel chaque unité spatiale élémentaire avait une probabilité donnée d'avoir un sol à réserve utile élevée, moyenne ou faible. Dans la zone Nord-Est, la probabilité d'avoir une réserve utile du sol faible était très importante, alors qu'elle était très faible dans la zone sud-ouest. Une hétérogénéité des réserves utiles sur des petites surfaces était ainsi introduite, tout en représentant un gradient à l'échelle de la région agricole.

Les deux agriculteurs initiateurs de cette meilleure prise en compte de l'hétérogénéité spatiale (F2 et F1) étaient absents à l'atelier MI2, alors que l'initiateur du premier zonage (GE5-F) était pour sa part absent à l'atelier MI3. Deux acteurs étaient présents aux deux ateliers (GA11 et GA1), mais se sont peu prononcés lors de la seconde discussion. Ces contradictions entre les points de vue de ces acteurs a fait apparaître des incertitudes quant à la répartition spatiale des différents types de sols.

Afin de lever ces incertitudes, il a été suggéré la **mobilisation d'une carte des réserves utiles** maximales du plateau de Valensole au 1 :100 000, réalisée par la Société du Canal de Provence (SCP, 2013)³⁴. Cette carte représente les réserves utiles du plateau de Valensole à partir de l'examen (i) de profils de sols, permettant la prise en compte de la profondeur du sol, du taux d'éléments grossiers et du taux de matière organique (obtenu par analyse de laboratoire), et (ii) d'une carte pédologique du plateau de Valensole. Cette carte représente ainsi cinq classes de réserves utiles (Figure 5-6).

Lors d'un entretien individuel, GA10 a considéré que la prise en compte de trois classes plutôt que cinq était suffisante afin de représenter la diversité des réserves utiles sur le plateau de Valensole tout en simplifiant le travail de modélisation (et notamment de différenciation des performances des activités culturales). Ces trois classes, issues de la fusion de certaines des 5 classes initialement proposées, sont : **une réserve utile élevée (réserve utile > 75 mm sur l'épaisseur utile du sol), moyenne (réserve utile entre 50 et 75 mm), et faible (réserve utile < 50 mm)**.

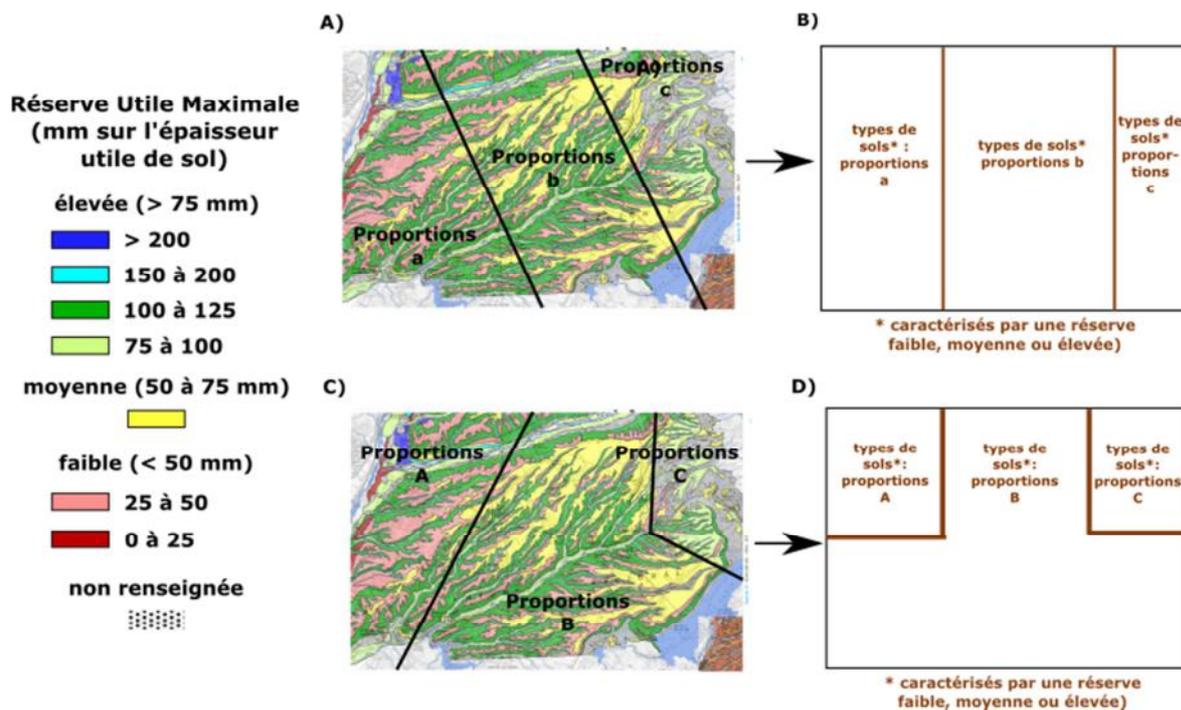


FIGURE 5-6 : REPRESENTATIONS DE ZONES AYANT DES PROPORTIONS DIFFERENTES DE CLASSES DE RESERVE UTILE DU SOL (A PARTIR DE LA CARTOGRAPHIE DE LA RESERVE UTILE MAXIMALE AU 1/100 000 (SCP, 2013)) A) ZONAGE INITIAL REALISE PAR LES CHERCHEURS ET B) REPRESENTATION SCHEMATIQUE CORRESPONDANTE. C) ZONAGE REPRIS PAR LES ACTEURS LORS DE L'ATELIER MI4 ET D) REPRESENTATION SCHEMATIQUE CORRESPONDANTE CONSTRUITE PAR LES CHERCHEURS

J'ai proposé un premier zonage sur la base de cette carte, que j'ai transposé à la représentation de la région agricole (Figure 5-6A et Figure 5-6B). Chacune des trois zones A, B, et C identifiées comporte des sols correspondant aux trois classes de réserve utile, mais dans des proportions différentes. Lors de l'atelier MI4, **ces zones ont été reprises** par les acteurs selon leur interprétation

³⁴ Société d'aménagement fournissant l'irrigation du plateau de Valensole

personnelle de la carte et de leurs connaissances (Figure 5-6C). Je les ai ensuite transposées à la représentation simplifiée de la région agricole dans le modèle (Figure 5-6D).

Pour chacune de ces zones finales A, B et C, les **proportions des trois classes de réserve utile** ont été obtenues par analyse cartographique au laboratoire. Dans chaque zone, les classes de réserve utile de la carte (SCP, 2013) ont été superposées avec les surfaces agricoles utiles des 82 exploitations ciblées dans le modèle, obtenues via les données des déclarations PAC des agriculteurs (voir section 2, partie 5) (Figure 5-7 et Figure 5-8).

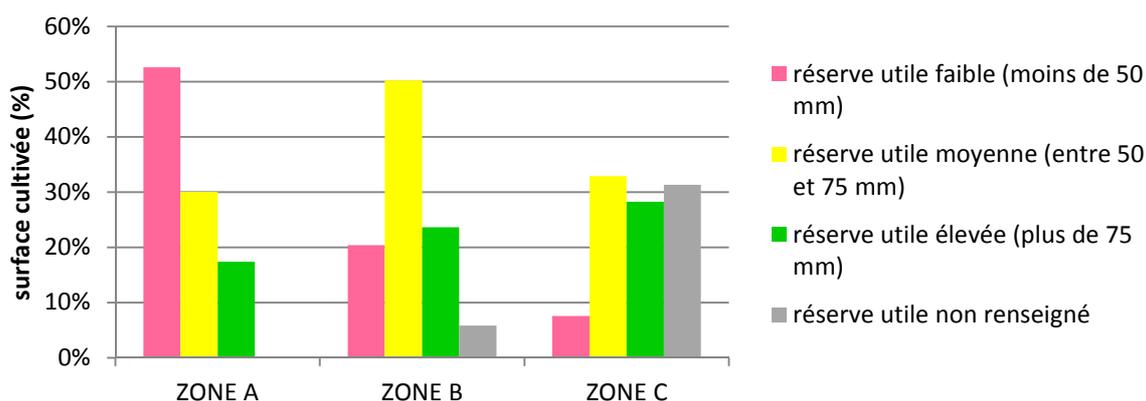


FIGURE 5-7 : POURCENTAGE DES CLASSES DE RESERVE UTILE OBTENUES POUR CHAQUE ZONE (DECLARATIONS PAC 2012, SCP 2013)

La Figure 5-8 fait apparaître des réserves utiles non renseignées pour les zones B et C. La localisation de ces terres agricoles et les données pédologiques à notre disposition (Revel-Mouroz 2013) m'ont permis d'établir les hypothèses suivantes :

- **Zone B** : Les caractéristiques topographiques et géologiques de cette zone sont variées, mais de même nature que le reste du plateau de Valensole : on retrouve ainsi des sols fersiallitiques, limono-sableux et limono-argileux, dont l'épaisseur varie de moyenne à très faible. J'ai donc distribué ces sols à réserve utile non renseignée de manière homogène entre réserve utile faible, moyenne et élevée.
- **Zone C** : Les sols de la zone aux réserves utiles non renseignées sont peu épais et/ou caillouteux et/ou sur zones pentues et/ou en zone d'éboulis. J'ai donc fait l'hypothèse que ces sols ont des réserves utiles faibles. Cette hypothèse avait déjà été évoquée par les acteurs participant à l'atelier MI4.

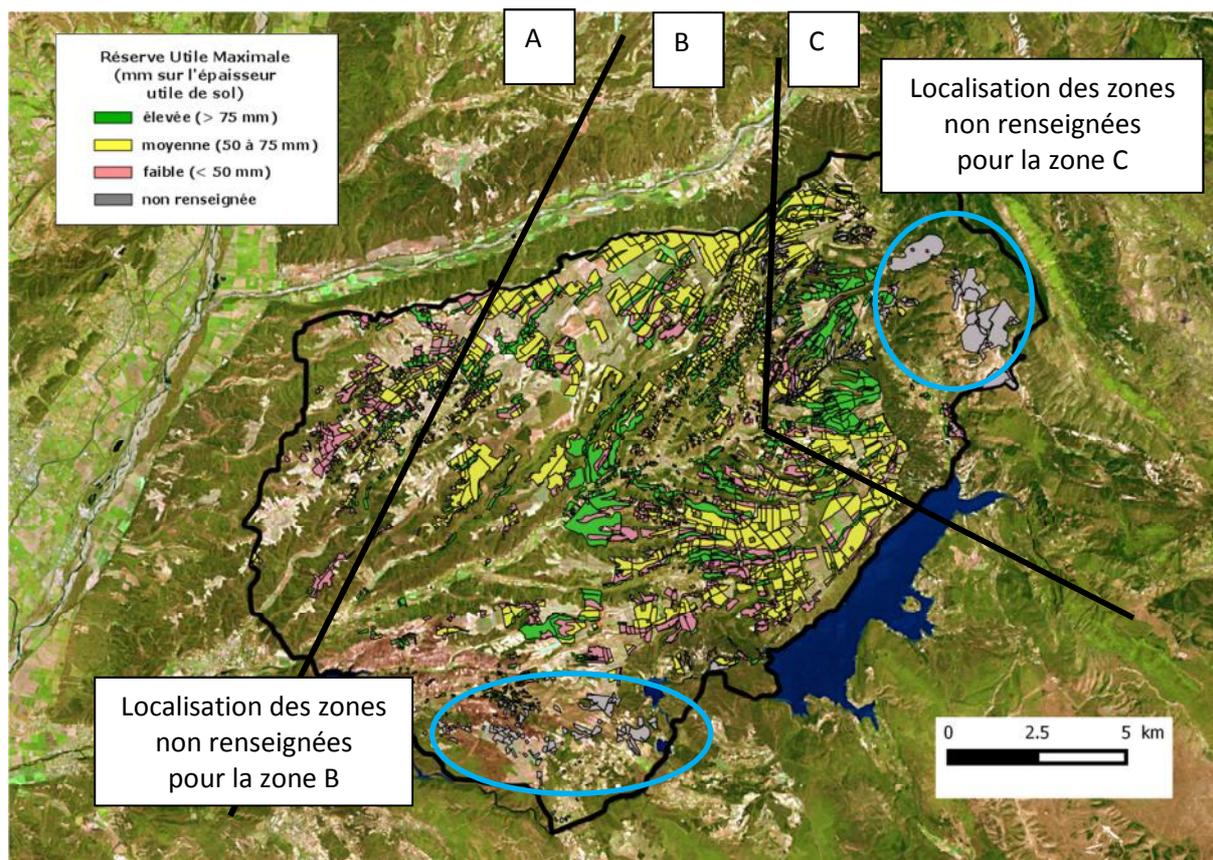


FIGURE 5-8 : LOCALISATION DES ZONES AYANT DES SOLS A RESERVES UTILES NON RENSEIGNEES

Finalement, les proportions retenues pour chacune des zones sont présentées en Tableau 5-9. Pour les besoins du modèle, ces proportions ont été arrondies à la dizaine. En effet, je représente chaque exploitation-type par 10 parcelles, chacune étant caractérisée par une réserve utile donnée.

TABLEAU 5-9 : PROPORTIONS DE CLASSES DE RESERVE UTILE RETENUES POUR LE MODELE. LES CHIFFRES ENTRE PARENTHESES CORRESPONDENT AUX PROPORTIONS REELLES OBTENUES. LES CHIFFRES EN GRAS CORRESPONDENT AUX PROPORTIONS ARRONDIES UTILISEES DANS LE MODELE.

Zone	RU faible	%RU moyenne	%RU élevée
A	(53 %) 50 %	(30%) 30 %	(17%) 20 %
B	(22 %) 20 %	(52 %) 50 %	(26 %) 30 %
C	(39 %) 40 %	(33 %) 30 %	(28 %) 30 %

1.4. SURFACES AGRICOLES UTILES DES SOUS-ZONES AGRO-ÉCOLOGIQUES

Le zonage effectué a abouti à la délimitation de sept sous-zones agro-écologiques. La surface agricole utile que chacune d'elle recouvre a été calculée à partir de l'analyse des données des déclarations PAC des 82 exploitations agricoles ciblées dans le modèle (voir annexe 5) (Figure 5-9).

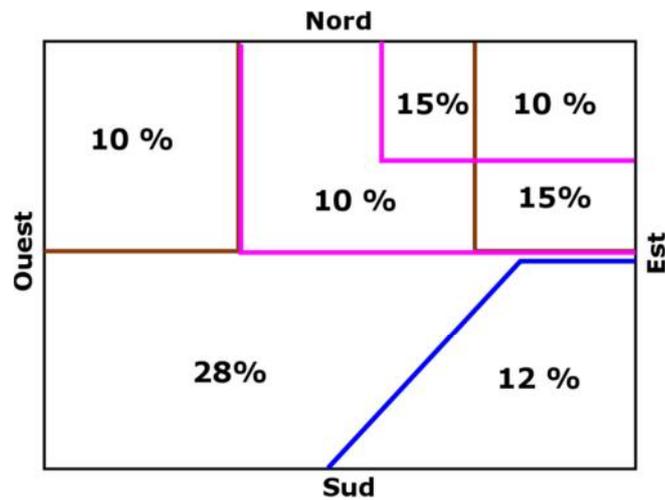


FIGURE 5-9 : SURFACE AGRICOLE UTILE DES SOUS-ZONES REPRESENTÉES

2. REPRESENTATION DES SYSTEMES DE CULTURE DES EXPLOITATIONS-TYPE

Pour rappel, les systèmes de culture des exploitations-type sont définis pour chaque exploitation-type et dépendent de son type structurel (taille, spécialisation en lavandin, équipement en irrigation) et de la sous-zone agro-écologique dans laquelle elle se situe.

Les espèces culturales représentées dans le modèle sont le lavandin, le blé dur, le colza, le pois, le tournesol et la sauge. Ces espèces représentent environ 85% des surfaces cultivées³⁵ au sein des 82 exploitations ciblées dans le modèle, et 75 % des surfaces totales³⁶ du plateau de Valensole (déclarations de la PAC 2012, voir annexe 3).

Deux rotations ont été définies par exploitation-type : une de ces rotation n'inclut pas la culture de lavandin, alors que l'autre l'inclut (la durée d'une plantation de lavandin peut cependant varier d'une parcelle à l'autre en fonction de la réserve utile du sol). Pour chaque exploitation-type, ces rotations ont été construites en neuf étapes (Figure 5-10), auxquelles s'est ajoutée une dernière étape de choix des itinéraires techniques.

J'ai construit les systèmes de culture au laboratoire en me basant sur plusieurs sources de données : les assolements des exploitations issus des déclarations PAC des agriculteurs 2012, le diagnostic des pratiques (SupAgro 2013) et les informations recueillies auprès des acteurs lors du diagnostic préliminaire. Lors des neuf séances de travail individuelles avec les agriculteurs et des ateliers participatifs MI3 et MI4, certaines hypothèses ont aussi été formulées. Je présente ici ces dix étapes, les principales hypothèses, ainsi que quelques résultats ; les résultats complets sont présentés en annexe 6.

³⁵ Hors gels, prairies permanentes et estives

³⁶ Hors gels, prairies permanentes et estives

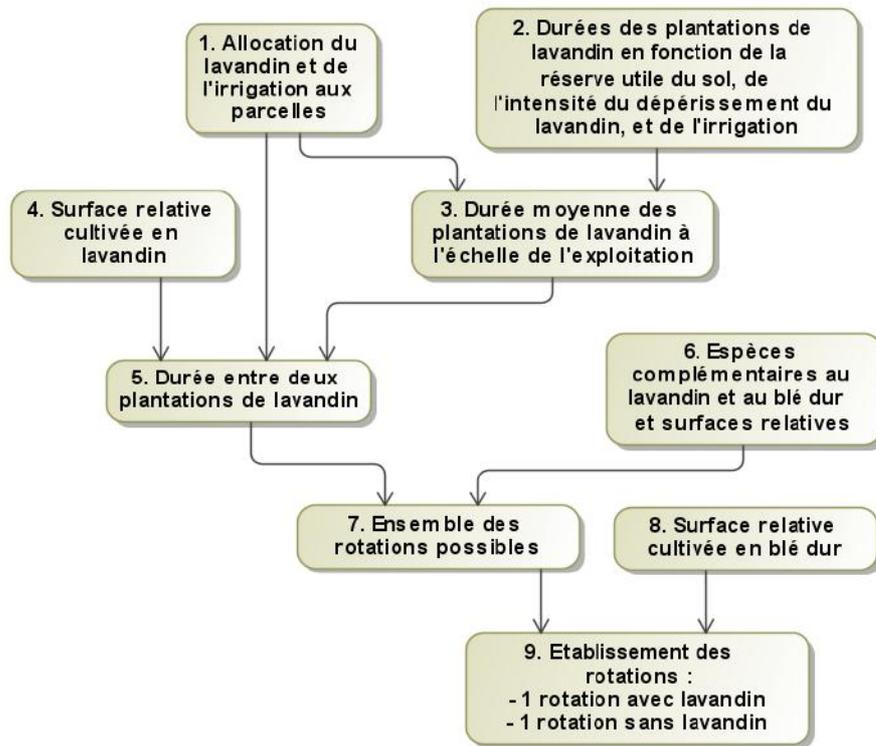


FIGURE 5-10 : METHODE DE CONSTRUCTION DES SYSTEMES DE CULTURE

2.1. ALLOCATION DU LAVANDIN ET DE L'IRRIGATION AUX PARCELLES

Dans un premier temps, l'allocation spatiale des espèces représentées dans le modèle a été spécifiée au sein de chaque exploitation-type. Trois éléments régulièrement cités lors des interactions avec les acteurs ont été explorés : (i) l'existence de parcelles sur lesquelles la culture de lavandin est exclue, (ii) l'influence de la réserve utile du sol sur le choix des espèces, (iii) la localisation des parcelles irriguées en fonction de la réserve utile du sol et de l'exclusion ou non du lavandin.

2.1.1. EXCLUSION DE LA CULTURE DU LAVANDIN DE CERTAINES PARCELLES

Le diagnostic des pratiques agricoles (SupAgro 2013) et les séances de travail avec les neuf agriculteurs ont montré que pratiquement tous les agriculteurs ne cultivaient jamais de lavandin sur certaines de leurs parcelles. Plusieurs raisons ont été évoquées : (i) des sols défavorables à la culture du lavandin (les deux principales causes mentionnées sont une réserve utile du sol ou des risques de maladies trop élevés) ; (ii) un manque d'accessibilité de la parcelle, incompatible avec le matériel de récolte du lavandin ; (iii) un éloignement important des distilleries, rendant plus coûteux en temps et en consommation de carburant le transport du lavandin du champ à la distillerie.

Par croisement de ces données à la fois quantitatives et qualitatives³⁷, j'ai fixé à 30% les surfaces des exploitations-type spécialisées en lavandin qui ne sont jamais cultivées en lavandin, soit 3 parcelles sur les 10 de l'exploitation-type. Pour les exploitations-type non spécialisées en lavandin, cette surface a été fixée à 60%, soit 6 parcelles sur 10.

2.1.2. INFLUENCE DE LA RESERVE UTILE SUR LE CHOIX DES ESPECES

Les surfaces des différentes espèces à l'échelle du plateau de Valensole ont été mises en parallèle avec les classes de réserve utile des sols grâce aux données des déclarations PAC des 82 exploitations ciblées dans le modèle et à la carte fournie par la SCP (SCP 2013). On remarque que la surface relative en lavandin par rapport à celle en blé dur est légèrement plus faible sur les sols à réserve utile élevée, par rapport aux sols à réserves utiles faibles ou moyennes (Figure 5-11). Une telle préférence dans l'attribution du lavandin aux différentes parcelles a aussi été mentionnée par les agriculteurs lors des séances de travail individuelles: trois agriculteurs sur les quatre possédant des sols à réserve utile élevée n'y cultivent pas de lavandin car cela correspond à des terrains situés dans des bas-fonds, et donc parfois inondés ou plus sujets aux maladies.

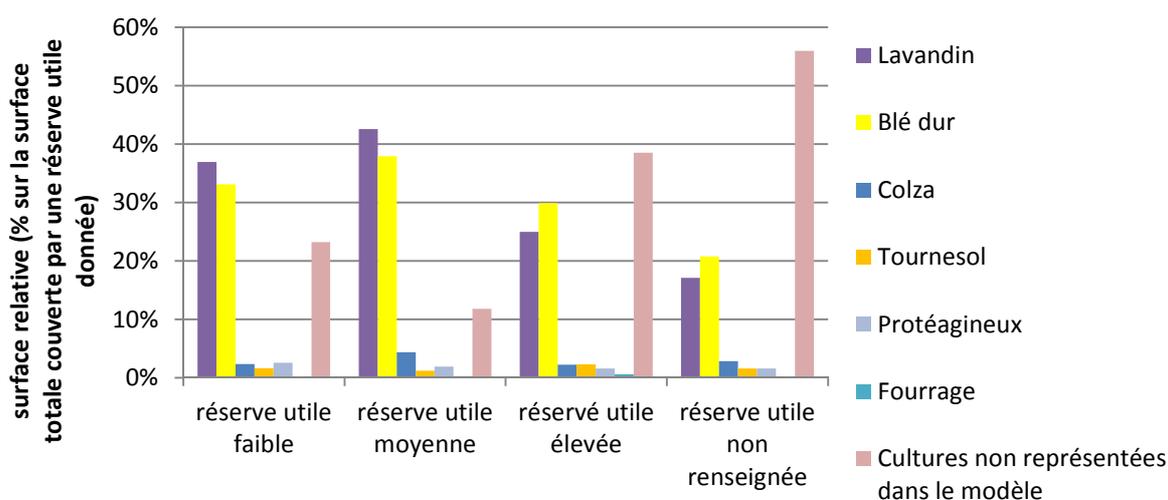


FIGURE 5-11 : SURFACE RELATIVE DES ESPECES SUR LES SOLS DE DIFFERENTES RESERVES UTILES (DECLARATIONS PAC 2012)

2.1.3. LOCALISATION DES PARCELLES IRRIGUEES

Selon les agriculteurs utilisant l'irrigation et interrogés lors du diagnostic des pratiques (SupAgro 2013) et les séances de travail individuelles, les parcelles irriguées sont généralement situées sur des terres de plateau ayant une réserve utile plutôt moyenne et sont toutes cultivables en lavandin. Les

³⁷ Le diagnostic des pratiques agricoles et les séances de travail avec les neuf agriculteurs m'ont permis d'obtenir des fourchettes de nombre de parcelles dont le lavandin est exclu pour les exploitations-type spécialisées et non spécialisés. Les valeurs finales ont été fixées suite à des tests successifs: ces valeurs sont ainsi celles permettant d'obtenir des durées séparant deux plantations de lavandin cohérentes par rapport à ce qui était observé au sein des exploitations (voir partie 2.5.)

parcelles irriguées peuvent changer tous les ans car les enrouleurs peuvent être déplacés. Seules les parcelles situées à proximité du siège de l'exploitation peuvent cependant être irriguées, en raison des contraintes importantes liées au déplacement et à la surveillance des enrouleurs.

Sur la base de ces données disponibles, j'ai estimé à 40% de l'exploitation-type la surface pouvant être irriguée au sein des exploitations-type, soit 4 parcelles. Sur ces 4 parcelles irrigables, seules 2 sont cependant irriguées chaque année (voir annexe 4).

Ces trois types de contraintes, qui jouent un rôle dans l'allocation spatiale des espèces, ont été mis en regard des proportions des trois classes de réserve utile de chaque exploitation-type, dépendant de la localisation de l'exploitation-type dans la zone A, B ou C. Finalement, en plus de son type de sol, chaque parcelle est caractérisée par : (i) l'intégration ou non du lavandin dans la rotation réalisée sur cette parcelle, (ii) la possibilité d'irriguer ou non la parcelle.

2.2. DUREE D'UNE PLANTATION DE LAVANDIN

Pour chacune des parcelles sur lesquelles le lavandin peut être cultivé, la durée d'une plantation a été estimée à partir des valeurs de rendements simulés dans le modèle (voir partie 3.2). Le diagnostic des pratiques agricoles (SupAgro 2013) et les séances de travail individuelles avec les neuf agriculteurs ont en effet montré que la majorité des agriculteurs arrachaient leur plantation de lavandin quand les rendements obtenus étaient compris entre 60 et 80 kg/ha. De plus, aucun agriculteur enquêté n'arrache sa plantation en deçà de 6 ans, car les coûts importants de plantation d'une parcelle ne seraient alors pas amortis. Aucune variation des règles d'arrachage n'a été mise en évidence en fonction de la taille ou du niveau de spécialisation en lavandin de l'exploitation. D'après les rendements du lavandin tels qu'ils ont été simulés (voir partie 3.2), avec un climat moyen, on obtient les valeurs présentées dans le Tableau 5-10. Ces durées dépendent de l'intensité du dépérissement, de la réserve utile et de l'irrigation ou non de la parcelle. Elles sont cohérentes avec celles proposées lors de l'atelier MI3 par les acteurs : ceux-ci avaient fixé à 12 ans la durée d'une plantation pour la zone faiblement sujette au dépérissement, à 8-9 ans pour la zone moyennement sujette, et à 6-8 ans pour la zone fortement sujette.

TABLEAU 5-10 : DUREE D'UNE PLANTATION DE LAVANDIN EN FONCTION DE LA RESERVE UTILE, DE L'INTENSITE DE DEPERISSEMENT, ET DE L'IRRIGATION OU NON DE LA PARCELLE

	Dépérissement peu intense		Dépérissement moyennement intense	Dépérissement très intense
	Non irrigué	Irrigué		
Réserve utile faible	9	11	6	6
Réserve utile moyenne	10	12	7	6
Réserve utile élevée	12	13	8	7

2.3. DUREE MOYENNE D'UNE PLANTATION DE LAVANDIN A L'ECHELLE DE L'EXPLOITATION-TYPE

La durée moyenne des plantations de lavandin pour chaque exploitation-type est obtenue à partir : (i) des caractéristiques des parcelles dont le lavandin n'est pas exclu (réserve utile, irrigation) ; (ii) de l'intensité du dépérissement de la zone dans laquelle se trouve l'exploitation-type, et (iii) des valeurs obtenues précédemment et présentées dans le Tableau 5-10.

2.4. SURFACE RELATIVE CULTIVEE EN LAVANDIN

Pour chaque exploitation-type, la surface relative cultivée en lavandin a ensuite été estimée. Cette estimation s'est basée sur les données des déclarations PAC des agriculteurs pour 2012, qui ont permis de déterminer le type structurel de chacune des exploitations ciblées dans le modèle (taille, degré de spécialisation en lavandin), si celles-ci sont localisées en zone très déperie ou non³⁸, et finalement leurs surfaces relatives en lavandin. Les résultats obtenus pour chaque exploitation-type du modèle ont été arrondis à un multiple de 5 afin de faciliter la lisibilité et la comparaison des résultats avec les acteurs.

En zone peu ou moyennement sujette au dépérissement du lavandin, on trouve des différences entre exploitations-type moyennes et grandes: les grandes exploitations-type ont ainsi des surfaces relatives en lavandin plus faibles par rapport aux exploitations-type moyennes (respectivement 45 % et 55 % pour les exploitations-type spécialisées en lavandin, et 20% et 25 % pour les exploitations-type non spécialisées). Aucune différence entre exploitations-type moyennes et grandes n'apparaît en zone fortement sujette au dépérissement du lavandin (55 % pour les exploitations-type spécialisées).

2.5. INTERVALLE SEPARANT DEUX PLANTATIONS DE LAVANDIN SUR UNE MEME PARCELLE

La surface relative cultivée en lavandin, la durée moyenne des plantations, ainsi que le nombre de parcelles cultivables en lavandin pour chaque exploitation-type ont permis de calculer le nombre d'années séparant deux plantations de lavandin sur une même parcelle.

Les résultats varient entre 2 et 11 ans selon les exploitations-type, avec une moyenne observée à 4,9 ans (Tableau 5-11). L'intervalle entre deux plantations de lavandin est en moyenne plus important pour les exploitations-type non spécialisées que pour les exploitations-type spécialisées. L'intervalle entre deux plantations est globalement plus faible pour les exploitations-type moyennes,

³⁸ Aucun autre facteur de zonage n'a été pris en compte à ce niveau, en raison d'une imprécision trop importante des données mobilisées (voir annexe 5).

que pour les grandes. De telles différences avaient été mentionnées par les acteurs lors des ateliers et des séances de travail individuelles.

TABLEAU 5-11 : INTERVALLE MOYEN ENTRE DEUX PLANTATIONS DE LAVANDIN SELON LE TYPE STRUCTUREL DES EXPLOITATIONS-TYPE

	exploitation-types moyennes	grandes exploitations-type
exploitation-types spécialisées en lavandin	2,3	3,8
exploitation-types spécialisées non spécialisées en lavandin	5	9

2.6. ESPECES COMPLEMENTAIRES AU BLE DUR ET AU LAVANDIN ET PROPORTIONS RELATIVES

Les espèces réalisées en plus du lavandin et du blé dur ont été définies lors des ateliers participatifs. Il s'agit de la sauge, du colza, du tournesol, et du pois fourrager. A l'échelle de l'exploitation-type, leur présence et leur surface relative dépendent du type structurel de l'exploitation-type et de sa localisation dans le zonage agro-écologique. **Le caractère équipé ou non équipé pour l'irrigation des exploitations-type n'induit pas de différences quant aux espèces complémentaires réalisées ; mes données ne m'ont en effet pas permis de mettre en évidence des différences significatives.**

2.6.1. CULTURE DE LA SAUGE

D'après les informations récoltées auprès des acteurs lors de l'atelier MI3, seules les grandes exploitations spécialisées cultiveraient de la sauge (Tableau 5-12). En effet, la distillation de la sauge a lieu dans la même fenêtre calendaire que le lavandin, et nécessite donc d'avoir son propre matériel de distillation. Cela est seulement le cas des grandes exploitations spécialisées. Selon Lang et Ramseyer (2011), on peut estimer que, lorsqu'une exploitation cultive de la sauge, la surface relative de cette dernière est proche de 10%.

TABLEAU 5-12 : ESPECES REALISEES ET SURFACES RELATIVES EN FONCTION DES EXPLOITATIONS-TYPE. LES SURFACES RELATIVES DECOULENT DES ROTATIONS FINALES REALISEES SUR CHAQUE PARCELLE (VOIR PARTIE 2.9.) ; ELLES VARIENT POUR TOUTES LES EXPLOITATIONS-TYPE. *TOUTES LES ESPECES SIGNEES PAR UN ASTERISQUE SONT CULTIVEES DANS LES MEMES PROPORTIONS PAR LE TYPE STRUCTUREL D'EXPLOITATION-TYPE CONCERNE.

Spécialisée en lavandin	Taille	Sauge	Colza	Pois	Tournesol
Oui	Grande	9-11 %	3-13 %		
	Moyenne		15-20 %		
Non	Grande		12-14 % *	12-14 % *	12-14 % *
	Moyenne		8-13 % *	8-13 % *	8-13 % *

2.6.2. CULTURE DU POIS, DU COLZA ET DU TOURNESOL

PROPORTIONS RELATIVES A L'ECHELLE DU PLATEAU DE VALENSOLE

Les proportions relatives de pois, sainfoin, colza et tournesol ont été calculées à l'échelle du plateau de Valensole sur la base des données des déclarations des agriculteurs à la PAC (Figure 5-12). Ces proportions relatives excluent les surfaces en lavandin, blé dur, sauge, et les autres espèces non représentées dans le modèle.

Les surfaces relatives cultivées en pois et tournesol sont proches (autour de 25%), alors que la surface relative cultivée en colza représente environ le double. A la suite du diagnostic préliminaire, le sainfoin avait été considéré comme espèce alternative. Cependant, les surfaces couvertes par ce type de fourrage sont très faibles, et je ne l'ai donc finalement pas représenté.

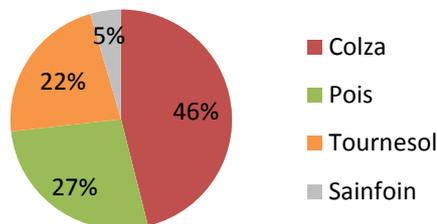


FIGURE 5-12 : PROPORTIONS RELATIVES DE POIS, SAINFOIN, COLZA ET TOURNESOL A L'ECHELLE DU PLATEAU DE VALENSOLE

EXPLOITATIONS-TYPE SPECIALISEES EN LAVANDIN

Selon les acteurs, les exploitations spécialisées en lavandin cultiveraient toutes du colza en plus du blé dur, du lavandin, et éventuellement de la sauge. D'après le diagnostic des pratiques agricoles (SupAgro 2013) et les séances de travail avec les neuf agriculteurs, les cultures de pois et de tournesol ne sont que très peu réalisées par ces exploitations, en raison des difficultés techniques rencontrées sur le plateau de Valensole, comme la destruction des cultures par les sangliers pour le pois, ou le climat instable.

EXPLOITATIONS-TYPE NON SPECIALISEES EN LAVANDIN

Les exploitations non spécialisées en lavandin cultiveraient toutes les espèces à part la sauge. J'ai donc fait l'hypothèse, validée par les acteurs, que les proportions relatives de colza, pois et tournesol étaient les mêmes. En effet, le colza est cultivé par toutes les exploitations-type du modèle (exploitations-type spécialisées et non spécialisées en lavandin), quand le pois et le tournesol ne sont cultivés que par la moitié des exploitations-type (uniquement par les exploitations-type non spécialisées en lavandin). Attribuer à ces trois espèces les mêmes proportions au sein des exploitations-type non spécialisées permettait ainsi d'obtenir des surfaces des différentes espèces cohérentes à l'échelle du territoire.

2.7. ROTATIONS POSSIBLES AU SEIN DES EXPLOITATIONS-TYPE

A partir des ateliers participatifs, du diagnostic des pratiques agricoles (SupAgro 2013) et des séances de travail avec les neuf agriculteurs, plusieurs règles ont été établies pour la construction des rotations :

- on ne plante du lavandin qu'après un blé dur ;
- on ne plante que du blé dur après une plantation de lavandin ;
- deux espèces complémentaires au blé dur et au lavandin ne sont pas plantées à la suite : au moins une culture de blé dur est intercalée ;
- seule la sauge, espèce pluriannuelle, reste en place trois ans sur une même parcelle ;
- le blé dur ne peut pas être cultivé plus de deux années successives ;
- deux plantations de lavandin sont séparées par un intervalle minimal de 2 années.

2.7.1. ROTATIONS AVEC LAVANDIN

Pour une exploitation-type donnée, les rotations possibles avec lavandin dépendent de l'intervalle séparant deux plantations de lavandin (Figure 5-13). La culture ou non de la sauge par l'exploitation-type entre aussi en jeu. Le pois, le colza et le tournesol sont interchangeables selon les règles établies auparavant (partie 2.6.)

Certaines rotations aboutissent aux mêmes valeurs d'indicateurs dans le modèle. C'est le cas de certaines rotations constituées des mêmes espèces, mais réalisées dans un ordre différent, comme les rotations **LBXB** et **LBBXB***. Ces rotations sont donc équivalentes pour le modèle, et j'en ai donc choisi une seule (notée avec un astérisque dans la Figure 5-13).

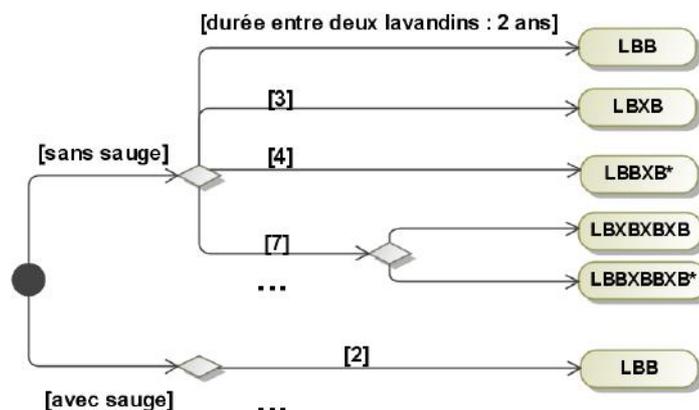


FIGURE 5-13 : EXEMPLES DE ROTATIONS POSSIBLES AVEC LAVANDIN. L : LAVANDIN, B : BLE DUR, S : SAUGE, X : POIS, TOURNESOL OU COLZA. LES ROTATIONS AVEC UNE ASTERISQUE SONT ASSOCIEES A D'AUTRES ROTATIONS ABOUTISSANT EXACTEMENT AUX MEMES RESULTATS : ON A DONC CHOISI UNE SEULE DE CES ROTATIONS.

2.7.2. ROTATIONS SANS LAVANDIN

Plusieurs rotations excluant le lavandin ont aussi été construites (Figure 5-14).

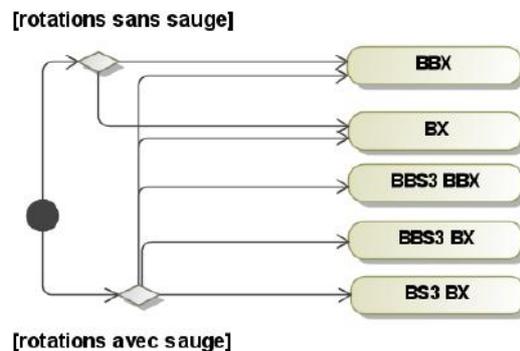


FIGURE 5-14 : ROTATIONS SANS LAVANDIN. B : BLE DUR, S 3: SAUGE (3 ANS), X : POIS, TOURNESOL OU COLZA.

2.8. SURFACES RELATIVES CULTIVEES EN BLE DUR

Les surfaces relatives cultivées en blé dur ont été calculées pour chaque exploitation-type en fonction de leur type structurel et de leur localisation ou non en zone très sujette au dépérissement du lavandin. La méthode utilisée est la même que pour les surfaces relatives cultivées en lavandin.

Les résultats varient entre 25% et 50%, et sont légèrement plus élevés pour les exploitations-type non spécialisées (annexe 6).

2.9. ROTATIONS COMPLETEES

Comme précisé ci-avant, chaque exploitation-type a deux rotations: une rotation excluant la culture de lavandin, et une rotation l'incluant.

J'ai sélectionné les rotations permettant d'obtenir la surface relative en blé dur la plus proche possible de celle recherchée. Je présente ici l'exemple d'une grande exploitation-type non spécialisée en lavandin, située en zone moyennement sujette au dépérissement et aux proportions de réserve utile B (exploitation 14, Figure 5-1, page 129). Pour cette exploitation-type ne cultivant pas de sauge, l'intervalle entre deux plantations de lavandin est de 7 ans. Les rotations possibles pour cette exploitation-type, ainsi que les surfaces relatives en blé dur qui seraient obtenues pour chaque configuration, sont présentées en Tableau 5-13. La surface relative en blé dur recherchée pour cette exploitation-type étant de 40% et ses plantations de lavandin durant en moyenne 7 ans, les rotations permettant de se rapprocher le plus de ces surfaces sont donc LBXBXBXB et BX.

TABLEAU 5-13 : EXEMPLE DE CHOIX DE ROTATIONS POUR UNE EXPLOITATION-TYPE. B : BLE DUR, X : POIS, S : SAUGE, TOURNESOL OU COLZA.

Rotation avec lavandin	Rotation sans lavandin	Surface relative en blé dur obtenue
LBXBXBXB	BBX	51 %
	BX	41 %
LBBXBBXB	BBX	54 %
	BX	44 %

2.10. DETERMINATION DES ITINERAIRES TECHNIQUES

2.10.1. GESTION DE L'IRRIGATION

D'après le diagnostic des pratiques agricoles (SupAgro 2013) et les neuf séances de travail avec les agriculteurs, toutes les espèces représentées dans le modèle peuvent être irriguées. Les exploitations-type irriguées possèdent quatre parcelles irrigables, et les enrouleurs permettent l'irrigation chaque année de deux de ces parcelles (voir annexe 4). Le choix des espèces irriguées chaque année a été défini sur la base du diagnostic des pratiques (SupAgro 2013), des séances de travail avec les neuf agriculteurs, et du diagnostic agraire (Lang and Ramseyer 2011). D'après ces différents éléments, la stratégie d'irrigation généralement suivie par les agriculteurs est d'irriguer prioritairement le colza et le pois, ensuite le lavandin (hors année de plantation), et enfin le blé dur.

2.10.2. MISE EN PLACE DE TECHNIQUES CULTURALES SIMPLIFIEES

Au sein du plateau de Valensole, des techniques culturales simplifiées peuvent être mises en place pour le blé dur (après un précédent blé dur, pois ou colza), le colza, et le pois. D'après le diagnostic des pratiques agricoles (SupAgro 2013), les séances de travail avec les neuf agriculteurs et les ateliers participatifs, ces pratiques sont mises en place uniquement par les grandes exploitations. Les moyennes exploitations auraient en effet moins de ressources financières pour investir dans le matériel spécifique à ces techniques. De plus, la motivation principale évoquée pour le passage du labour aux techniques culturales simplifiées est la réduction du temps de travail, facteur particulièrement limitant pour les grandes exploitations. Seules les exploitations non spécialisées en lavandin mettraient en place des techniques culturales simplifiées, car les exploitations spécialisées n'accorderaient que peu d'importance au blé dur et aux autres espèces, leur revenu étant principalement lié au lavandin.

D'après certains acteurs, les agriculteurs réalisant des techniques culturales simplifiées ne le feraient que sur une petite partie de leur exploitation afin de limiter les risques. Les techniques culturales simplifiées avec passage d'outils à disques sont les plus courantes.

En conclusion, j'ai formalisé la règle suivante : chaque année, toutes les grandes exploitations-type non spécialisées réalisent un passage d'outils à disques plutôt qu'un labour sur deux de leurs parcelles cultivées en blé dur, colza, ou pois ; pour les exploitations-type équipées pour l'irrigation, une de ces deux parcelles est irriguée. Les parcelles sur lesquelles sont réalisées des techniques culturales simplifiées sont toujours des parcelles dont la rotation exclut le lavandin³⁹.

2.10.3. ITINERAIRES TECHNIQUES RETENUS POUR CHAQUE EXPLOITATION-TYPE

Excepté les techniques culturales simplifiées, **aucun lien de cohérence forte entre itinéraires techniques et type structurel ou localisation de l'exploitation-type n'a pu être mis en évidence**. A défaut de disposer de données supplémentaires, j'ai donc utilisé les mêmes itinéraires techniques des différentes espèces pour toutes les exploitations-type.

Le choix de ces itinéraires techniques s'est principalement basé sur les résultats des séances de travail avec les neuf agriculteurs. Lors de ces entretiens, les agriculteurs ont sélectionné, parmi tous les itinéraires techniques formalisés lors de la caractérisation des activités culturales, ceux se rapprochant le plus de ceux qu'ils mettaient en place sur leur propre exploitation (voir section 2, partie 4). Lorsque plusieurs itinéraires techniques étaient mentionnés de manière équivalente, le diagnostic des pratiques agricoles (SupAgro 2013) et le diagnostic agraire (Lang and Ramseyer 2011) m'ont permis de dégager l'itinéraire technique le plus courant sur le plateau de Valensole.

Les itinéraires techniques tels qu'ils sont décrits dans le modèle ne varient généralement pas en fonction du précédent cultural, à l'exception du blé dur, pour lequel aucune fertilisation azotée n'est réalisée après un pois.

³⁹ Sur toutes les parcelles de l'exploitation répondant aux critères énoncés ici, j'ai à chaque fois sélectionné une parcelle dont la réserve utile du sol est moyenne (une seule parcelle répondait à ces critères) et une parcelle dont la réserve utile est faible (il est cohérent d'éviter le labour sur les sols peu profonds, et les sols à réserve utile élevée ont généralement des risques de maladies plus élevés, et sont donc moins souvent cultivés avec des pratiques culturales simplifiées).

Synthèse : différences de systèmes de culture entre exploitations-type

Le

Tableau 5-14 synthétise les différences de systèmes de culture entre les exploitations-type, selon leur type structurel et/ou leur localisation dans le zonage agro-écologique. Les différences de systèmes de culture en fonction des caractéristiques des parcelles (irrigation, réserve utile) sont aussi spécifiées. Les assolements et rotations complets de toutes les exploitations-type sont présentés en annexe 6.

Le **niveau de spécialisation en lavandin** des exploitations-type influence les surfaces relatives en blé dur et en lavandin. De plus, les exploitations-type non spécialisées en lavandin cultivent trois espèces complémentaires (pois, tournesol, colza), alors que les exploitations-type spécialisées en lavandin n'en cultivent qu'une ou deux (colza, et éventuellement sauge). En parallèle, le lavandin est exclu de 60% des parcelles des exploitations-type non spécialisées en lavandin, alors que cette proportion est de seulement 30% pour les exploitations-type spécialisées en lavandin. En conséquence, les rotations des exploitations-type spécialisées en lavandin sont caractérisées par des intervalles entre deux plantations de lavandin généralement plus courts que pour les exploitations-type non spécialisées en lavandin (en moyenne 3 ans pour les spécialisées et 7 ans pour les non spécialisées). Peu de différences d'itinéraires techniques sont spécifiées entre exploitations-type spécialisées et exploitations-type non spécialisées en lavandin, excepté l'utilisation de techniques culturales simplifiées uniquement par les exploitations-type non spécialisées en lavandin.

La **taille** des exploitations-type induit aussi des différences d'assolement, bien que ces différences soient plus ténues que celles liées au niveau de spécialisation en lavandin des exploitations-type. Les grandes exploitations-type cultivent ainsi généralement des surfaces plus faibles en lavandin et des surfaces plus élevées en blé dur (pour un niveau de spécialisation en lavandin donné). De plus, les grandes exploitations-type spécialisées en lavandin cultivent de la sauge alors que les moyennes exploitations-type spécialisées n'en cultivent pas. Ces différences influencent l'intervalle séparant deux plantations de lavandin, légèrement plus long pour les grandes (6,2 ans) exploitations-type que pour les moyennes (4 ans).

La principale influence du **dépérissement du lavandin** sur les systèmes de culture porte sur la durée des plantations, celle-ci diminuant lorsque l'intensité du dépérissement augmente. Les zones moyennement ou faiblement sujettes au dépérissement n'ont pas pu être différenciées lors de l'analyse des données PAC des agriculteurs, et les assolements des exploitations-type sont en conséquence identiques dans ces deux zones. De légères différences existent entre les assolements des exploitations-type très sujettes au dépérissement et celles peu ou moyennement sujettes,

notamment concernant les surfaces relatives en blé dur. Ces différences n'ont qu'une faible conséquence sur les intervalles entre deux plantations de lavandin.

L'équipement ou non de l'exploitation pour l'irrigation n'induit que peu de changement des systèmes de culture des exploitations. Si diverses stratégies d'utilisation de l'irrigation avaient pu être identifiées lors du diagnostic préliminaire (voir chapitre 4), je ne disposais en effet pas de données suffisantes pour permettre une description fine de ces différentes stratégies. D'après certains acteurs, la majorité de ces exploitations n'adapteraient pas leurs systèmes de culture à l'irrigation.

A l'échelle de la parcelle, la durée des plantations de lavandin augmente avec l'irrigation de la parcelle, ainsi qu'avec le niveau de réserve utile du sol. De plus, toutes les rotations mises en place sur les parcelles irriguées incluent la culture de lavandin, et celle-ci est prioritairement cultivée sur des sols à réserve utile faible ou moyenne.

TABLEAU 5-14 : SYNTHÈSE DES DIFFÉRENCES DE SYSTÈMES DE CULTURE EN FONCTION DES EXPLOITATIONS-TYPE REPRÉSENTÉES DANS LE MODÈLE (*ÉLÉMENT DE COMPARAISON QUI N'A PAS DE SENS À L'ÉCHELLE DE LA PARCELLE. ** HORS ZONE FORTEMENT SUJETTE AU DÉPÉRISSEMENT DU LAVANDIN. E: EXPLOITATION-TYPE, NS : NON SPÉCIALISÉES, S : SPÉCIALISÉES, M : MOYENNES. G : GRANDES. IF = INTENSITÉ FAIBLE DU DÉPÉRISSEMENT, IM : INTENSITÉ MOYENNE DU DÉPÉRISSEMENT, IE : INTENSITÉ ÉLEVÉE DU DÉPÉRISSEMENT. LES ÉLÉMENTS EN ROUGE MENTIONNENT LES ÉLÉMENTS COMPLÈTEMENT IDENTIQUES, ≠ : DIFFÉRENCES, MAIS QUI NE VONT PAS DANS LE MÊME SENS SELON LES SITUATIONS, ≈ : DIFFÉRENCES, MAIS TRÈS FAIBLES.

		Echelle de l'exploitation-type :			Echelle de la parcelle :	
		Différences selon les types structurels		Différences liées à la zone de déperissement	différences selon les caractéristiques des parcelles	
		Différences liées au degré de spécialisation en lavandin	Différences liées à la taille		Irrigation	Réserve utile
Assolements	Surface relative en lavandin*	surface (ES) > surface (ENS) (en moyenne 50 % et 23 %)	Surface (GE) < surface (ME) (sauf en zone fortement sujette au déperissement) (en moyenne 31 % et 38 %**)	Surface (EIM) = Surface (EIF) ≈ Surface (EIE)		
	Surface relative en blé dur*	surface (ES) < surface (ENS) (en moyenne 31 % et 43 %)	≈	Surface (EIM) = Surface (EIF) ≠ Surface (EIE)		
	Espèces complémentaires et surfaces relatives *	GES: sauge, colza PES : colza GENS ou PENS : colza, pois, tournesol		Surfaces (EIM) = Surfaces (EIF) ≈ Surface (EIE)		
Allocation du lavandin aux parcelles		ES : lavandin exclu de 30% de parcelles ENS : lavandin exclu de 60 % des parcelles	Aucune différence	Aucune différence	Les parcelles irriguées sont cultivées en lavandin	Le lavandin est cultivé prioritairement sur les sols à réserve utile moyenne ou faible
Rotations	Durée d'une plantation de lavandin	Aucune différence	Aucune différence	La durée raccourcit quand l'intensité du déperissement augmente	La durée est rallongée si la parcelle est irriguée	La durée croît avec la réserve utile
	Intervalle entre deux plantations de lavandin	ES : 3 ans en moyenne ENS : 7 ans en moyenne	ME : 4 ans en moyenne GE : 6 ans en moyenne	≈	≠	≠
Itinéraires techniques		GENS : techniques culturales simplifiées (outils à disque) pour le blé dur, le pois et le colza		Aucune différence	Itinéraires techniques avec irrigation	Aucune différence

3. DEFINITION ET CARACTERISATION DES ACTIVITES CULTURALES

Dans cette partie, je présente le processus général de définition et de caractérisation des activités culturelles, puis je me focalise sur l'estimation participative des rendements du lavandin (les estimations des rendements des autres espèces sont présentées en annexe 7).

3.1. PROCESSUS GENERAL DE DEFINITION ET DE CARACTERISATION DES ACTIVITES

La définition et caractérisation des activités ont nécessité : (i) la définition des activités possibles, notamment à travers le choix de leurs critères de définition et des modalités de ces derniers ; (ii) la description des itinéraires techniques de ces activités ; (iii) et la quantification de leurs performances, via le calcul ou l'estimation des coefficients techniques. Ces trois aspects sont interdépendants, et ont été donc abordés de manière simultanée dans un processus itératif.

Ce processus a débuté par une phase de travail en laboratoire, réalisée avec l'aide de stagiaires. Le diagnostic des pratiques agricoles (SupAgro 2013) et le diagnostic agraire (Lang and Ramseyer 2011) nous ont permis d'appréhender la diversité des itinéraires techniques réalisés sur le plateau de Valensole pour toutes les espèces représentées dans le modèle. Cette diversité a été simplifiée en 85 itinéraires techniques pour l'ensemble des espèces, différenciés par quatre critères : le mode de préparation du sol, la fertilisation, les traitements phytosanitaires, et l'irrigation. Des premières estimations des rendements et de leurs variations ont aussi été réalisées sur la base de ces deux diagnostics. Selon ces estimations, les rendements du lavandin variaient en fonction de l'âge de la plantation et de l'intensité du dépérissement de la sous-zone (voir partie 5.2.). Lors de l'atelier MI1, trois principaux facteurs ont aussi été identifiés comme ayant une influence sur les rendements : le précédent cultural (pour le blé dur), les types de sol, et le climat (pluviométrie printanière). Cependant, les données disponibles ne permettaient pas de quantifier l'influence de ces trois critères.

Ces résultats préliminaires ont ensuite été discutés avec les experts des systèmes de culture lors de séances de travail individuelles. Les itinéraires techniques ont alors été repris et des nouveaux ont été ajoutés (prenant en compte l'utilisation de produits phytosanitaires nouvellement mis sur le marché pour le lavandin par exemple). Les rendements et leurs facteurs de variation ont aussi été abordés. Une influence du mode de fertilisation sur les rendements du blé dur a ainsi été identifiée (présence ou non d'une fertilisation azotée avant semis). Deux entretiens supplémentaires avec GA12 (pour le lavandin) et GA2 (pour les autres espèces) ont permis de mieux formaliser l'influence de la réserve utile du sol, de la pluviométrie printanière, et de l'irrigation sur ces rendements, ainsi que les effets d'interactions/compensations entre ces trois facteurs.

Finalement, les séances de travail individuelles avec les agriculteurs ont permis de discuter ces itinéraires techniques au regard de leurs propres pratiques. Certains itinéraires techniques ont été corrigés lorsque les agriculteurs étaient plusieurs à formuler la même remarque. Cela a par exemple été le cas pour les fertilisations du blé dur et de la sauge, pour lesquelles nos propositions ont été jugées trop faibles et ont été amendées selon les remarques des agriculteurs. Les estimations de rendement ont aussi été présentées et ont été jugées réalistes par rapport aux situations observées par les agriculteurs sur leurs parcelles. Seuls les rendements du lavandin ont été ajustés (voir ci-dessous).

3.2. ESTIMATION DES RENDEMENTS DU LAVANDIN

Le lavandin se distingue des autres espèces car ses rendements dépendent de l'âge de la plantation et de l'intensité du dépérissement dans la sous-zone. Ces deux facteurs ont été traduits par un **échelon de rendement** : à chaque année de la simulation, chaque parcelle cultivée en lavandin se voit ainsi attribuer un échelon en fonction de son âge et de l'intensité du dépérissement dans sa sous-zone (Figure 5-15). Ces échelons de rendements sont qualitatifs et varient de E0 à E5.

Les valeurs de rendements attribuées à chaque échelon dépendent de la pluviométrie printanière de l'année simulée, de la réserve utile du sol, et de l'irrigation ou non de la parcelle. L'estimation des valeurs de rendements a été réalisée en deux étapes. Tout d'abord, un échelon a été attribué à chaque combinaison possible d'un âge de plantation et d'une intensité de dépérissement. Les rendements de référence, c'est-à-dire les valeurs associées aux six échelons pour une pluviométrie printanière moyenne, une réserve utile moyenne, et sans irrigation, ont aussi été déterminés. Dans un second temps, j'ai estimé l'influence de la réserve utile, de la pluviométrie printanière, et de l'irrigation sur ces rendements de référence avec l'aide des experts.

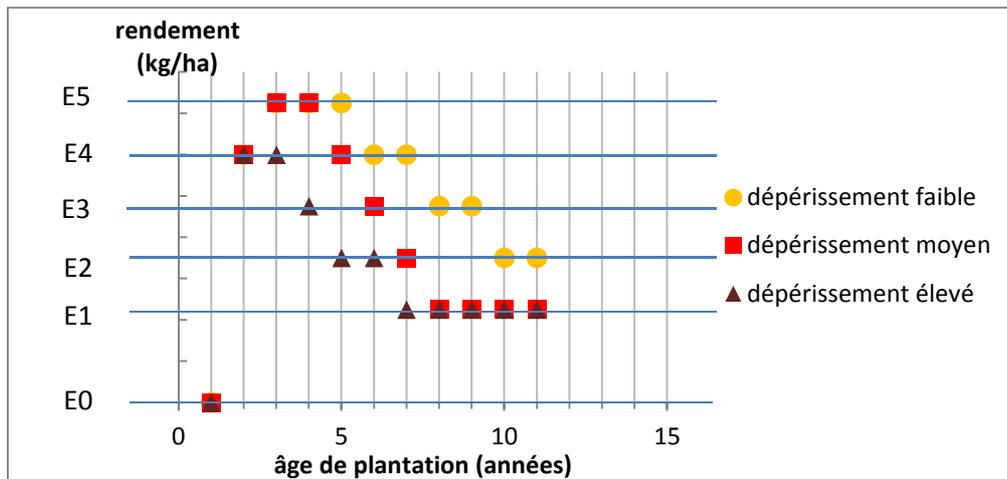


FIGURE 5-15 : ATTRIBUTION DES ECHELONS DE RENDEMENTS AUX PARCELLES DE LAVANDIN. EXEMPLE : DANS LA ZONE FAIBLEMENT SUJETTE AU DEPERISSEMENT, UNE PARCELLE DE LAVANDIN AGEE DE 10 ANS A UN ECHELON E2. LA VALEUR DU RENDEMENT CORRESPONDANT A CET ECHELON DEPEND ENSUITE DE LA PLUVIOMETRIE PRINTANIERE, DE LA RESERVE UTILE, ET DE L'IRRIGATION OU NON DE LA PARCELLE

3.2.1. ETABLISSEMENT DES RENDEMENTS DE REFERENCE

RECOLTE ET COMPILATION D'ESTIMATIONS D'AGRICULTEURS ET D'UN EXPERT

Le diagnostic des pratiques agricoles (SupAgro 2013) et le diagnostic agraire (Lang and Ramseyer 2011) ont abouti à l'estimation de premiers rendements de référence, et à leur attribution à toutes les combinaisons possibles d'une intensité de dépérissement et d'un âge de parcelle. Ces premières estimations ont été reprises avec GA12 lors d'un entretien de co-construction. Elles ont ensuite été présentées aux agriculteurs lors des séances de travail individuelles. Chaque exploitation agricole enquêtée a été associée à une intensité de dépérissement selon sa localisation géographique. Les estimations de rendement dont ses rendements en lavandin se rapprochaient le plus ont aussi été considérées (voir section 2, partie 4). Ensuite, l'agriculteur a pu ajuster les estimations de rendement pour cette intensité de dépérissement, selon les rendements obtenus sur son exploitation.

Plusieurs estimations individuelles, chacune d'elles correspondant aux observations d'un agriculteur ou de l'expert, ont ainsi été obtenues pour chaque intensité de dépérissement (Figure 5-16). Pour chacune de ces intensités et à chaque âge, j'ai ensuite calculé la moyenne arithmétique de ces estimations, celles de l'expert et de chaque agriculteur étant considérées avec le même poids.

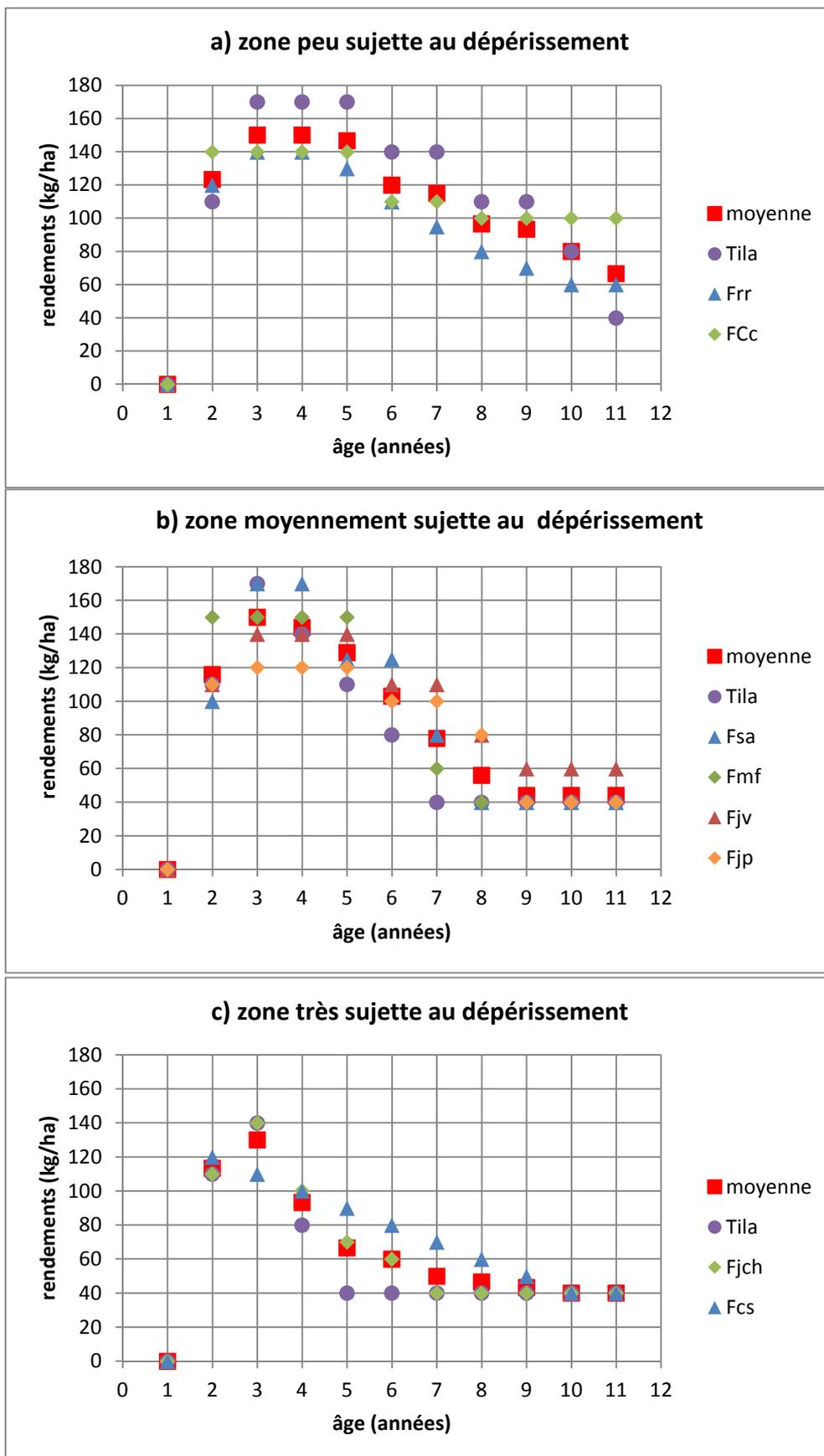


FIGURE 5-16 : RENDEMENTS OBSERVES (DECLARATIFS) PAR LES AGRICULTEURS ET UN EXPERT, ET VALEURS MOYENNES

ETABLISSEMENT DES RENDEMENTS DE REFERENCE

Les rendements de référence correspondant à chaque échelon ont été définis à partir de ces estimations moyennes. Un premier échelon s'est vu attribuer un rendement nul, atteint l'année de plantation pour toutes les zones de dépérissement (Figure 5-17). Les échelons ont été positionnés à intervalles réguliers entre 45 kg et 145 kg/ha (moyennes respectives des sept points les plus faibles et les plus élevés). Chaque estimation moyenne a alors été associée à l'échelon dont le rendement de référence lui est le plus proche.

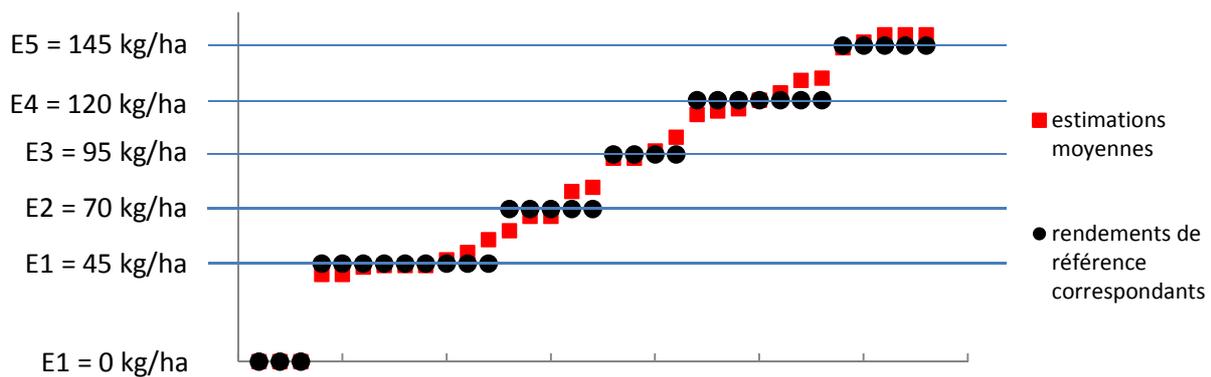


FIGURE 5-17 : DETERMINATION DES ECHELONS. CHAQUE UNITE EN ABSCISSE CORRESPOND A UNE ESTIMATION MOYENNE DONNEE.

Les rendements de référence finalement obtenus pour chaque intensité de dépérissement et pour chaque âge de parcelle sont présentés en Figure 5-18. Ils correspondent à une réserve utile moyenne, une pluviométrie printanière moyenne, et une parcelle non irriguée.

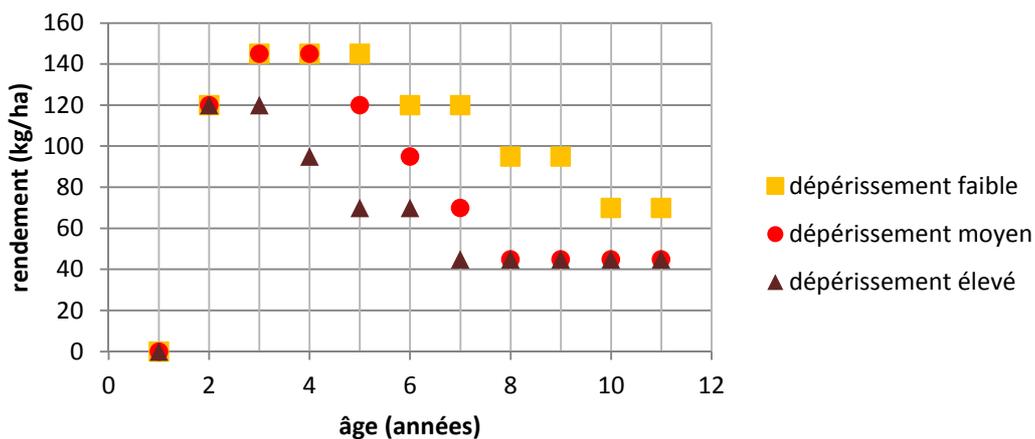


FIGURE 5-18 : RENDEMENTS DE REFERENCE (PLUVIOMETRIE PRINTANIERE MOYENNE, RESERVE UTILE MOYENNE ET SANS IRRIGATION)

3.2.2. EVOLUTION DES RENDEMENTS DE REFERENCE EN FONCTION DE LA RESERVE UTILE, DE LA PLUVIOMETRIE PRINTANIERE ET DE L'IRRIGATION

Ces rendements ont ensuite été corrigés selon la pluviométrie printanière, la réserve utile du sol, de l'irrigation ou non de la parcelle.

Dans un premier temps, l'influence combinée de la pluviométrie printanière et de la réserve utile a été formalisée sous forme de coefficients de correction des rendements de référence. De même que précédemment, des premières estimations de ces coefficients ont été réalisées sur la base du diagnostic des pratiques agricoles (SupAgro 2013) et du diagnostic agraire (Lang and Ramseyer 2011). Elles ont ensuite été discutées et améliorées lors d'interactions avec GA12.

Les coefficients de correction ont d'abord été estimés pour les cas où un seul facteur varie. Ainsi, la pluviométrie printanière fait varier les rendements de 40 % en plus ou en moins pour une réserve utile moyenne, et le niveau de réserve utile fait varier les rendements de 25% en plus ou en moins pour une pluviométrie printanière moyenne (Tableau 5-15).

Ces deux coefficients ont ensuite été combinés pour aboutir aux coefficients de correction des autres configurations des facteurs pluviométrie printanière et réserve utile du sol. Or, les influences de la pluviométrie printanière et de la réserve utile du sol ne sont pas indépendantes : l'influence d'une pluviométrie printanière faible augmente lorsque la réserve utile diminue (et réciproquement). Les coefficients des configurations « réserve utile faible/pluviométrie printanière faible » et « réserve utile élevée/ pluviométrie printanière élevée » ont donc tous les deux été diminués par l'attribution d'un facteur 0.9 (valeur que j'ai fixée par moi-même). En parallèle, le rendement ne peut pas dépasser 200 kg/ha, les valeurs plus élevées ayant été considérées comme non réalistes par GA12.

TABLEAU 5-15 : COEFFICIENTS DE CORRECTION DES RENDEMENTS DE REFERENCE EN FONCTION DE LA PLUVIOMETRIE PRINTANIERE ET DE LA RESERVE UTILE DU SOL (¹VARIATION DU RENDEMENT DE 40% SELON LA PLUVIOMETRIE, ²VARIATION DU RENDEMENT DE 25 % SELON LA RESERVE UTILE ; ³COMBINAISON DES VARIATIONS DE 40% ET DE 25%, ⁴ COMBINAISON DES VARIATIONS DE 40% ET DE 25% ET MULTIPLICATION PAR UN FACTEUR 0.9)

	Réserve utile faible	Réserve utile moyenne	Réserve utile élevée
Pluviométrie printanière faible	35%* RF ⁴	60%*RF ¹	80%* RF ³
Pluviométrie printanière moyenne	75%* RF ²	Rendement de référence (RF)	125%* RF ²
Pluviométrie printanière élevée	120%* RF ³	140%* RF ¹	160%* RF ⁴

Dans un second temps, l'influence de l'irrigation sur ces rendements a été déterminée avec l'appui de GA12. Nous avons fait l'hypothèse que l'irrigation n'avait aucune influence sur les rendements lorsque la pluviométrie printanière était élevée. Les rendements augmentent au

contraire de 25% avec une pluviométrie moyenne, et de 40% avec une pluviométrie faible. Nous avons aussi fait l'hypothèse que la réserve utile n'influencerait pas l'impact de l'irrigation sur les rendements. En effet, l'irrigation fractionnée et maîtrisée par l'agriculteur permettrait d'atténuer cette influence.

4. MODULE CLIMATIQUE

La définition et la caractérisation des activités culturales ont montré la nécessité de prendre en compte l'influence de la pluviométrie printanière sur les rendements des différentes espèces cultivées. La variabilité climatique à laquelle est soumis le plateau de Valensole avait aussi été soulignée à plusieurs reprises par les acteurs lors de la phase de formulation du problème.

Les types de variations climatiques sont divers, mais la pluviométrie est celui qui a le plus souvent été évoqué par les acteurs. Ces derniers redoutent notamment une augmentation de la fréquence des sécheresses, déjà considérées comme régulières. Les variations de pluviométrie printanière auraient des conséquences sur les rendements de l'ensemble des espèces. Les sécheresses automnales, quant à elles, auraient surtout un impact sur le lavandin en provoquant une mortalité précoce des plants. Les variations de températures, provoquant notamment des épisodes de gel et ayant aussi un impact sur les rendements, ont été considérées comme ayant une importance secondaire par rapport aux variations de la pluviométrie.

Lors de l'atelier MI2, les acteurs ont collectivement décidé de prendre en compte le climat sous l'angle de la pluviométrie printanière uniquement. Trois types de pluviométrie printanière (faible, moyenne, élevée) ont alors été définis. Les classes de pluviométrie correspondantes ont été fixées quantitativement lors d'un entretien avec GA10, de manière simultanée à la définition et caractérisation des activités culturales. Ces classes sont :

- un printemps sec, avec moins de 50 mm de pluies cumulées
- un printemps moyen, avec entre 50 et 100 mm de pluies cumulées
- un printemps pluvieux, avec plus de 100 mm de pluies cumulées

Elles ont été présentées aux acteurs lors de l'atelier participatif MI3, et validées sans être modifiées.

La pluviométrie printanière du plateau de Valensole pour la situation de référence a été modélisée comme moyenne pendant les 48 années de la simulation.

5. INDICATEURS CALCULES PAR LE MODELE

Plusieurs indicateurs calculés par le modèle permettent de mesurer les performances du système agricole à différentes échelles, en lien avec les enjeux agronomiques, socio-économiques et environnementaux du plateau de Valensole (Tableau 5-1, page 129). Dans cette partie, nous détaillons les méthodes de calcul des principaux indicateurs ; l'annexe 7 précise les valeurs de paramètres utilisées et leurs sources.

Dans la première version du modèle proposée au tout début du processus de co-construction, je proposais quatre indicateurs choisis sur la base du diagnostic préliminaire et du modèle conceptuel. Le choix et l'amélioration des indicateurs se sont ensuite principalement poursuivis lors des ateliers participatifs et de phases de travail en laboratoire. Lors de l'atelier MI4 et des séances de travail individuelles avec les agriculteurs, certaines valeurs obtenues à l'échelle de la parcelle ont été mises en discussion afin de valider les méthodes de calcul des indicateurs. Cela a permis d'ajuster leur paramétrage mais les méthodes de calcul n'ont pas été remises en cause.

5.1. INDICATEURS LIES AUX ASPECTS ECONOMIQUES

RENDEMENTS ET PRODUCTIONS TOTALES

Un premier indicateur que j'ai proposé et qui a été validé lors de l'atelier MI1 est le rendement à l'échelle de la parcelle. Il correspond à un coefficient technique déjà calculé dans le module de caractérisation des activités (voir partie 3).

Les rendements atteints permettent d'obtenir les quantités de produits agricoles à l'échelle de l'exploitation-type et de la région agricole. L'enjeu de l'adéquation entre ces productions agricoles locales et les marchés souvent nationaux et internationaux avait souvent été évoqué lors de la phase de formulation du problème. Les structures de collecte locale peuvent aussi être limitantes pour la commercialisation de volumes de production trop faibles ou trop importants. Ces marchés limitent ainsi certaines productions (pois, colza, tournesol) et favorisent, au moins temporairement, le développement d'autres (sauge). La production de lavandin à l'échelle du plateau de Valensole peut aussi impacter le marché à l'échelle internationale, en raison de la part très importante qu'elle représente.

MARGE BRUTE PAR HECTARE

Dans la première version du modèle, je proposais la prise en compte d'un indicateur permettant d'aborder l'enjeu de maintien et d'amélioration de la rentabilité des exploitations-type. Les différents coûts et bénéfices pris en compte par cet indicateur ont été établis lors des ateliers MI1 et MI2. La marge brute a été jugée pertinente par les acteurs. Elle est calculée à l'échelle de la parcelle,

puis ces valeurs à l'échelle des parcelles sont moyennées à l'échelle de l'exploitation-type. A cette échelle, elle prend en compte (ÉQUATION 5-1):

- Le **produit brut** à l'échelle des parcelles.
- Les **coûts de production** à l'échelle des parcelles. Les coûts de production pris en compte sont les intrants chimiques, le fuel, les semences, la main d'œuvre, la distillation, et l'eau d'irrigation dans le cas de parcelles irriguées. Ils sont calculés en fonction des itinéraires techniques réalisés. Pour les exploitations-type équipées pour l'irrigation, la redevance fixe d'abonnement aux bornes d'irrigation est aussi prise en compte pour chaque enrouleur. Les moyennes exploitations possèdent 1 enrouleur, et les grandes en possèdent 3 (voir annexe 4).
- Les **subventions** de la PAC. A l'échelle de la parcelle, ces subventions sont les droits à paiement de base, et les aides couplées liées aux cultures de pois et de blé dur. A l'échelle de l'exploitation-type, la surprime, allouée à 52 hectares de l'exploitation-type est prise en compte, ainsi que le paiement vert.

$MB(\text{exploitation} - \text{type})$

$$= \sum_{\text{parcelles}} [rdt * \text{prix} + (DPB + \text{AideCoup}) - \text{CoutsProd}] + \text{Surp} + \text{PVert}$$

$$- \sum_{\text{enrouleurs}} \text{CoutsAbonIrrig}$$

MB : marge brute (€/ha)

rdt : rendement (T/ha)

DPB : Droits à paiement de Base (€/ha)

AideCoup : aide couplée (pois et le blé dur uniquement) (€/ha)

CoutsProd : coûts de production (€/ha)

Surp : surprime(€/ha)

PVert : paiement vert (€/ha)

CoutsAbonIrrig : redevance fixe d'abonnement pour l'irrigation (€/enrouleur)

ÉQUATION 5-1 : FORMULE DE CALCUL DE LA MARGE BRUTE AVEC SUBVENTIONS DE LA PAC A L'ECHELLE DE L'EXPLOITATION-TYPE

Après discussion avec les acteurs lors de l'atelier MI2, les charges d'amortissement du matériel n'ont pas été prises en compte. Leur calcul était en effet complexe car ce matériel est parfois utilisé pour plusieurs espèces et peut être partagé entre un nombre variable d'agriculteurs dans le cadre de CUMA.

TEMPS DE TRAVAIL PAR HECTARE

J'ai moi-même proposé le calcul du temps de travail, indicateur validé par les acteurs lors de l'atelier MI4. D'après le diagnostic préliminaire, il est très variable selon les espèces et est supposé induire des contraintes différentes entre exploitations-type spécialisées et non spécialisées en lavandin. Le calcul du temps de travail à l'échelle de la parcelle découle directement de la description des itinéraires techniques. Le temps de travail lié à la distillation du lavandin et de la sauge est aussi pris en compte (4 heures pour un hectare).

5.2. INDICATEURS LIES AUX ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX

INDICE DE FREQUENCE DE TRAITEMENT ET INDICE DE PRESSION PHYTOSANITAIRE SUR L'ENVIRONNEMENT

Dans la première version du modèle, j'ai aussi proposé de prendre en compte un indicateur rendant compte de l'intensité de l'utilisation des produits phytosanitaires. L'indicateur proposé était l'Indice de Fréquence de Traitement (IFT), qui correspond au nombre de doses de produits phytosanitaires, pondéré par leur doses homologuées, apportées à un hectare au cours d'une campagne annuelle. Lors de l'atelier MI1, les acteurs ont jugé cet indicateur pertinent mais ont regretté qu'il ne prenne pas compte la toxicité des produits et leur rémanence, notamment en lien avec les pollutions en produits phytosanitaires de la nappe phréatique et des rivières, enjeu mentionné à plusieurs reprises lors de la phase de formulation du problème. J'ai alors proposé l'ajout d'un second indicateur: l'Indice de Pression Phytosanitaire sur l'Environnement (IPPE).

Ces indicateurs ont tous les deux été conservés : en tant qu'indicateur de pratique, l'IFT a en effet été estimé plus parlant pour les agriculteurs et experts agricoles, alors que l'IPPE a été considéré comme plus pertinent pour les acteurs non agricoles concernés par les questions environnementales.

J'ai développé la méthode de calcul de l'IPPE suite à l'atelier MI1 en adaptant des méthodes de calcul d'indicateurs de toxicité déjà existants : I-Phyto (Bockstaller and Girardin 2003) et l'Indicateur de Risque de Toxicité sur l'Environnement (Le Grusse 2009). Ces deux indicateurs se basent sur les caractéristiques des matières actives (propriétés physicochimiques et éco-toxicologiques), sur la préparation commerciale des produits phytosanitaires (concentration de la matière active, dose appliquée), et sur le contexte d'application (comme la culture, le potentiel de ruissellement des sols, ou la densité de la colonne de sédiments du sol). Ce dernier point nécessite la modélisation de processus complexes liés aux caractéristiques biophysiques de la région agricole (comme la topographie, le réseau hydrique, ou la nature des sols), et n'a pas été pris en compte en raison des données disponibles et des contraintes de calendrier de mise en œuvre de la démarche.

Dans le modèle, le calcul de l'IPPE se base donc uniquement sur les caractéristiques des matières actives et des produits phytosanitaires.

Tout d'abord, j'ai construit un indicateur rendant compte de la toxicité de chaque molécule active de chaque produit phytosanitaire (équation 5-2). Trois types de toxicités des molécules actives sont prises en compte: (i) leur toxicité pour les espèces aquatiques (poissons, algues, plantes aquatiques), (ii) leur toxicité pour les espèces terrestres (vers de terre), (iii) leur toxicité pour les abeilles⁴⁰. Ces toxicités sont à chaque fois pondérées par un indice de persistance des molécules actives dans le milieu considéré, obtenus à partir des temps de demi-vie (DT50) des molécules.⁴¹

En fonction de ses molécules actives et de ses concentrations en celles-ci, chaque produit phytosanitaire a ensuite été associé à un indice de toxicité compris entre 0 et 1 (ÉQUATION 5-3).

A l'échelle de la parcelle, l'IPPE correspond aux indices de toxicité des produits phytosanitaires épandus sur la parcelle pondérés par les doses apportées (ÉQUATION 5-4).

$$IPPEMolAct = (toxAqu * persAqu) + (toxTerr * persTerr) + (toxAb * persAir)$$

IPPEMolAct : indicateur de toxicité de la molécule active (sans unité)

toxAqu, toxTerr, toxAb : toxicité de la molécule respectivement pour les espèces aquatiques, les espèces terrestres, et les abeilles

persAqu, persTerr, persAir : persistance de la molécule active respectivement dans l'eau, la terre, et à l'air

ÉQUATION 5-2 : METHODE DE CALCUL DE L'IPPE AU NIVEAU DE LA MOLECULE ACTIVE

$$IPPEProdPhy = \frac{(\sum_{Molécules\ actives\ du\ produit} IPPEMolAct * Concentration)}{IPPEProdPhyMax}$$

IPPEProdPhy : indicateur de toxicité du produit phytosanitaire

Concentration : concentration de la molécule active dans le produit phytosanitaire

IPPEProdPhyMax : indice de toxicité du produit phytosanitaire maximal (parmi tous les produits phytosanitaires pris en compte dans la caractérisation des activités culturales)

ÉQUATION 5-3 : METHODE DE CALCUL DE L'IPPE AU NIVEAU DU PRODUIT PHYTOSANITAIRE

⁴⁰Ces indices de toxicité sont issus d'une base de données construite par l'université Hertfordshire au Royaume-Uni (<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac>). Cette base de données attribue à chaque molécule active un degré de toxicité (faible, modéré, élevé) en fonction de doses létales médianes (DL50) des espèces. J'ai transformé chacun de ces degrés en indices simples (faible = 1, modéré = 2, élevé = 3).

⁴¹ Des degrés, fournis par la même base de donnée, ont été transformés en indicateurs en indices simples (non-persistant = 1, modérément persistant = 2, persistant = 3, très persistant = 4). Aucune information de persistance des molécules actives dans l'air n'étant donnée, on a fait l'hypothèse que cette persistance était nulle (indice = 1).

$$IPPEParcelle = \sum_{prodPhyEendus} IPPEProdPhy * doseApportée$$

IPPEParcelle : indice de pression phytosanitaire sur l'environnement à l'échelle de la parcelle
doseApportée : dose apporté sur une parcelle sur une campagne

ÉQUATION 5-4 : METHODE DE CALCUL DE L'IPPE AU NIVEAU DE LA PARCELLE

EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE ET CONSOMMATIONS ENERGETIQUES PAR HECTARE

La prise en compte des émissions de gaz à effet de serre et des consommations énergétiques est liée à l'enjeu d'atténuation du changement climatique dont la prise en compte faisait partie des objectifs du projet CLIMATAC. Cet enjeu avait peu été évoqué par les acteurs lors du diagnostic préliminaire mais est en lien avec d'autres enjeux mentionnés. Il est par exemple lié à une forte consommation de fertilisants azotés et de gaz (pour les distilleries) dans un contexte d'augmentation des prix, ainsi qu'à la nécessaire adaptation à des événements climatiques extrêmes de plus en plus fréquents, phénomène associé selon les acteurs au changement climatique. Ces indicateurs, que j'ai introduits dans la première version du modèle, ont très peu été discutés par les acteurs. Ils dépendent des itinéraires techniques réalisés et prennent en compte (ÉQUATION 5-5 et ÉQUATION 5-6):

- les émissions (respectivement consommations) directes, liées à la consommation de carburant et à la distillation. Les émissions de gaz à effet de serre liées à la volatilisation du N2O suite à l'épandage d'engrais azotés sont aussi prises en compte.
- les émissions (respectivement consommations) indirectes, liées à la fabrication, au transport et au stockage des engrais, produits phytosanitaires et semences.

$$EmissionsGES (exploitation) = \sum_{parcelles} [GESCarb + GESDisti + VolatN2O + GESIndir]$$

EmissionsGES (exploitation) : émissions de gaz à effet de serre moyenne de l'exploitation (TeqCO2/ha)

GESCarb : émissions de gaz à effet de serre liées à la consommation de carburant (TeqCO2/ha)

GESDisti : émissions de gaz à effet de serre liées à la distillation (TeqCO2/ha)

VolatN2O : émissions de gaz à effet de serre liées à la volatilisation du N2O (TeqCO2/ha)

GESIndir : émissions de gaz à effet de serre indirectes (TeqCO2/ha)

ÉQUATION 5-5 : METHODE DE CALCUL DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE DES EXPLOITATIONS-TYPE

$$ConsoEner (exploitation) = \sum_{parcelles} [EnerCarb + EnerDisti + EnerIndir]$$

ConsoEner (exploitation) : consommations d'énergie moyennes de l'exploitation (MJ/ha)

EnerCarb : consommations d'énergie liées à la consommation de carburant (MJ/ha)

EnerDisti : consommations d'énergie liées à la distillation (MJ/ha)

EnerIndir : consommations d'énergie indirectes (MJ/ha)

ÉQUATION 5-6 : METHODE DE CALCUL DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE DES EXPLOITATIONS-TYPE

5.3. INDICATEURS AU NIVEAU TERRITORIAL

INDICATEUR DE DIVERSITE PAYSAGERE

Lors de l'atelier MI1, GT12 a proposé la prise en compte d'un indicateur rendant compte de la diversité paysagère. Obtenir une mosaïque d'espèces à l'échelle de la région agricole permet en effet de multiplier les habitats et donc, en théorie, d'augmenter la biodiversité spécifique. L'enjeu de protection de la biodiversité faunique remarquable du plateau de Valensole, en particulier avicole, avait été évoqué lors du diagnostic préliminaire par plusieurs acteurs (voir chapitre 4).

Cet indicateur n'est calculé qu'à l'échelle des sous-zones et de la région agricole, et j'en ai conçu moi-même la formule de calcul. Il est compris entre 0 et 1 et se base sur la variance des surfaces relatives couvertes par les différentes espèces au sein de chaque sous-zone (ÉQUATION 5-7). Plus cet indice est grand, plus les espèces de la sous-zone sont nombreuses et/ou cultivées en proportions égales ; plus l'indicateur est faible, plus la région agricole peut être assimilée à une région cultivée en une seule espèce.

$$Diversité (sous - zone) = \frac{(VarianceMax - Variance (espèces))}{VarianceMax}$$

Variance(espèces) : variance des surfaces relatives couvertes par les différentes espèces (*toutes les espèces sont prises en compte; les espèces absentes de la sous-zone sont associées à une valeur nulle*).

VarianceMax : valeur théorique qu'atteint la variance pour une sous-zone couverte par une seule espèce.

ÉQUATION 5-7 : METHODE DE CALCUL DE L'INDICE DE DIVERSITE DES CULTURES

SURFACE RELATIVE EN LAVANDIN (%)

L'influence de l'activité agricole sur les autres activités économiques du plateau de Valensole a aussi été discutée via deux indicateurs introduits par les acteurs. Les liens étroits entre activité agricole et tourisme, en particulier en raison de l'attrait esthétique des parcelles de lavandin, ont été évoqués lors de l'atelier MI1 par un acteur de la filière du lavandin (GE3). Lors de l'atelier MI3, un autre acteur de la filière du lavandin (GE4) a souhaité aborder l'enjeu de la production apicole sur le plateau de Valensole, activité aussi fortement dépendante de la culture du lavandin.

Ces deux enjeux sont abordés de manière simple via le calcul des surfaces relatives cultivées en lavandin à l'échelle des sous-zones. J'ai finalisé cet indicateur lors de la dernière phase de développement de modèle, et celui-ci n'a pas été validé par les acteurs.

PERFORMANCE NOURRICIERE (PERSONNE/AN)

J'ai ajouté la performance nourricière dans les dernières phases de développement du modèle. Calculée à l'échelle de la sous-zone, elle correspond au nombre de personnes que peut nourrir la région agricole pendant un an, en termes énergétiques (calories) (équation 5-8).

$$Perf = \frac{\sum_{cultures} (Production * TeneurEner)}{BesoinsQuotEner * 365}$$

Perf : performance nourricière en énergie (personnes/an)

BesoinsQuotEner : besoins quotidiens en énergie (MJ/personne/jour) (FAO)

TeneurEner : teneur en énergie de l'espèce (FAO)

ÉQUATION 5-8 : METHODE DE CALCUL DE LA PERFORMANCE ALIMENTAIRE A L'ECHELLE DE LA REGION AGRICOLE

En conclusion, les cinq modules du modèle informatique résultent d'interactions avec les acteurs ayant eu des intensités et formes variées. La représentation de la région agricole, le module climatique et les indicateurs ont principalement été spécifiés de manière collective lors des ateliers participatifs, bien que des analyses de données aient été mobilisées. J'ai principalement construit les systèmes de culture à partir d'analyses de données des déclarations PAC, bien que certaines hypothèses soient issues d'interactions individuelles et collectives avec les acteurs participants. La définition et la caractérisation des activités culturelles est le fruit d'un processus itératif entre des analyses de données que j'ai réalisées et des séances de travail avec des experts et agriculteurs. La principale donnée utilisée pour la construction du modèle a été des déclarations PAC des agriculteurs, datant de 2012, ainsi que deux diagnostics datant de 2011 et 2013 (Lang and Ramseyer 2011; SupAgro 2013).

Le modèle permet de calculer une diversité de performances économiques et environnementales pour 24 exploitations-types. Ces exploitations-type diffèrent à la fois par leur structure (taille, niveau de spécialisation en lavandin, équipement pour l'irrigation) et leur localisation au sein de la région agricole. Cette dernière représente les principales hétérogénéités agro-écologiques du plateau de Valensole, c'est-à-dire différentes intensités de dépérissement du lavandin, différents types de sols, et l'équipement d'une partie de la région agricole pour l'irrigation. Les performances des exploitations-type peuvent ainsi être comparées, et permettre une analyse des avantages et limites des éléments structurels de chacune d'elles.

CHAPITRE 6

EVALUATION DU SYSTEME AGRICOLE DANS LA SITUATION DE REFERENCE ET SOUS DEUX SCENARII D'EVOLUTION

Avant-propos

Dans ce chapitre, je montre comment j'ai utilisé le modèle de simulation co-construit avec les acteurs (et présenté dans le chapitre 5) pour réaliser une évaluation du système agricole du plateau de Valensole. Dans un premier temps, j'ai évalué les performances du système agricole dans la situation de référence; cette évaluation fait l'objet de la première partie de ce chapitre. Dans un second temps, j'ai construit, à partir du travail de scénarisation participative réalisé lors de la phase de formulation du problème, un scénario d'évolution du système agricole du plateau de Valensole (deuxième partie de ce chapitre). Ce scénario a été présenté aux acteurs lors d'un atelier organisé en mars 2016 (atelier E), qui en ont proposé un second qu'ils considéraient comme plus plausible. Ces deux scénarii ont été évalués par le biais du modèle ; les évolutions des performances obtenues sont présentées en troisième partie de ce chapitre. Certains résultats ont été discutés avec les acteurs lors de l'atelier E ; les discussions en étant issues sont rapportées dans chacune des parties de ce chapitre.

1. EVALUATION DES PERFORMANCES DANS LA SITUATION DE REFERENCE

Le modèle nous permet d'évaluer les performances agronomiques, économiques et environnementales du système agricole via le calcul d'indicateurs aux échelles des parcelles, des exploitations-type, des sous-zones agro-écologiques, et de la région agricole. Les valeurs des indicateurs présentées dans cette partie correspondent aux moyennes des valeurs annuelles obtenues pour les 48 années de la simulation dans la situation de référence. Dans un premier temps, les résultats obtenus à l'échelle de la parcelle me permettent d'évaluer et de comparer les performances des différentes espèces cultivées sur le plateau de Valensole. Dans un second temps, les résultats obtenus à l'échelle des exploitations-type me permettent de comparer les performances de ces dernières selon leur type structurel (taille, spécialisation en lavandin) ou leur localisation dans le zonage agro-écologique. Je présente enfin les résultats obtenus à l'échelle des sous-zones et de la région agricole.

1.1. COMPARAISON DES PERFORMANCES DES ESPECES CULTIVEES DANS LA SITUATION DE REFERENCE

Pour chaque indicateur, et pour chaque espèce cultivée, les résultats moyens obtenus sont synthétisés dans le Tableau 6-1.

Les **rendements** moyens des différentes espèces découlent directement des estimations réalisées avec des experts des systèmes de culture et les agriculteurs (voir chapitre 5). Ils varient en fonction de la réserve utile du sol de la parcelle, de l'intensité du dépérissement (pour le lavandin), de l'âge de la plantation (pour la sauge et le lavandin), et de l'irrigation ou non de la parcelle.

Les **marges brutes** moyennes varient fortement entre les espèces. Les valeurs moyennes les plus élevées sont atteintes par le lavandin et la sauge (respectivement 1275 €/ha et 1349 €/ha). Le lavandin est caractérisé par des **coûts de production** (en moyenne) très élevés (666 €/ha), alors que ceux de la sauge sont plus faibles (276 €/ha). La distillation représente 18 % des coûts de production pour le lavandin, et uniquement 6% pour la sauge (voir annexe 8). La marge brute moyenne la plus faible est atteinte par le tournesol (environ 30 €/ha) qui possède aussi les coûts de production les plus élevés (678 €/ha). Ces coûts de production élevés sont principalement dus aux intrants chimiques (46 % des coûts de production totaux) et aux semences (44 %) (voir annexe 8). Le colza et le pois atteignent des marges brutes proches (environ 680 €/ha). Les coûts de production sont plus élevés pour le colza (492 €/ha) que pour le pois (247 €/ha). En effet, du fait de l'absence de fertilisation du pois, les intrants chimiques représente une part faible (14 %) des coûts de production, alors que cette part varie entre 48 % et 70 % pour les autres espèces (voir annexe 8). Le blé dur a une

marge brute moyenne plus faible que le pois et le colza (555 €/ha), et ses coûts de production sont relativement élevés (552 €/ha).

TABLEAU 6-1 : MOYENNES ET VARIATION DES INDICATEURS POUR CHAQUE ESPECE. LA COULEUR VERTE MET EN EVIDENCE LES VALEURS LES PLUS ELEVEES, LA COULEUR ROUGE LES VALEURS LES PLUS FAIBLES

		Lavandin	Blé dur	Colza	Pois	Sauge	Tournesol
Rendements moyens (kg/ha pour le lavandin et la sauge, q/ha pour les autres espèces)	Moyenne	93	35	26	29	13	15
	Écart-type	47	8	5	6	10	3
	Valeur minimale	0	20	20	22	0	11
	Valeur maximale	188	51	31	39	24	18
Marge brute (€/ha)	Moyenne	1274	555	677	696	1349	28
	Écart-type	1114	204	171	119	1136	109
	Valeur minimale	-1187	189	451	537	-172	-100
	Valeur maximale	3095	838	831	825	2582	152
Coûts de production (€/ha)	Moyenne	666	522	492	247	276	678
	Écart-type	289	19	12	34	56	0
	Valeur minimale	477	484	477	239	230	678
	Valeur maximale	1369	772	576	413	354	678
Temps de travail (h/ha)	Moyenne	11,2	5,9	6,3	4,4	7,1	4,8
	Écart-type	1,4	0,6	0,3	0,9	0,1	0,0
	Valeur minimale	10,0	5,3	5,8	3,8	7,0	4,8
	Valeur maximale	19,0	13,8	8,3	8,8	7,3	4,8
Indice de Fréquence de traitement (IFT) (sans unité/ha)	Moyenne	5,4	2,0	2,0	1,5	1,7	3,0
	Écart-type	0,9	0,1	0,0	0,3	0,5	0,0
	Valeur minimale	4,0	2,0	2,0	1,3	1,0	3,0
	Valeur maximale	6,0	3,0	2,0	2,3	2,0	3,0
Indice de toxicité liée aux produits phytosanitaires (IPPE) (sans unité/ha)	Moyenne	6,1	0,1	1,8	0,9	1,4	6,6
	Écart-type	0,2	0,0	0,0	0,5	0,5	0,0
	Valeur minimale	5,8	0,1	1,8	0,8	0,7	6,6
	Valeur maximale	6,4	0,5	1,8	2,5	1,7	6,6
Consommations d'énergie (MJ/ha)	Moyenne	15524	18116	15804	3917	8208	9830
	Écart-type	4182	1170	205	246	222	0
	Valeur minimale	5883	14698	14868	3184	7870	9830
	Valeur maximale	21663	21335	15849	4194	8446	9830
Emissions de gaz à effet de serre (GES) (TeqCO2/ha)	Moyenne	1479	2589	2219	274	970	1096
	Écart-type	453	220	14	17	70	0
	Valeur minimale	388	2016	2153	222	905	1096
	Valeur maximale	1979	3049	2222	293	1066	1096

La variation des marges brutes autour de la valeur moyenne, liée à des facteurs tels que le précédent cultural, le type de sol, ou les itinéraires techniques réalisés, est très différente d'une

espèce à l'autre. L'écart-type⁴² de la marge brute est très élevé pour le lavandin, pour lequel les marges brutes annuelles varient de -1 200 €/ha à plus de 3 000 €/ha. Cette très forte variation, observée pour le lavandin et pour tous les indicateurs, est liée à son caractère semi-pérenne. La première année, la mise en place des plantations nécessite un investissement important (les plants de lavandin coûtent environ 1150 €/ha), alors que les rendements sont nuls. Les années suivantes, les coûts de production sont plus faibles, et la parcelle est productive. La sauge, autre plante semi-pérenne non productive l'année de plantation, a aussi des marges brutes très variables. Ses coûts de production sont cependant moins variables car les coûts liés à l'achat des semences sont moins élevés (150 €/ha).

Le lavandin est aussi l'espèce demandant le **temps de travail** le plus élevé (en moyenne 11,2 h/ha), en grande partie en raison de la mise en place des plantations (3 h/ha pour l'année de plantation), puis de leur récolte et distillation les années suivantes (en cumulé 5 h/ha). Pour les autres espèces, le temps de travail moyen varie entre 4,4 h/ha (pour le pois) et 7,1 h/ha (pour la sauge). L'écart-type nul observé pour le tournesol s'explique par le fait que, dans la situation de référence, cette espèce est toujours cultivée avec le même itinéraire technique.

L'**IFT** (Indice de Fréquence de Traitement) le plus élevé est observé pour le lavandin (5,4) et, dans ce cas, est principalement lié à l'utilisation d'herbicides. Il varie entre 1,5 et 3 pour les autres espèces. L'**IPPE** (Indice de Pression Phytosanitaire sur l'Environnement) est aussi élevé pour le lavandin (6,1), mais l'est encore plus pour le tournesol (6,6). Le *Prowl Baroud*®⁴³, utilisé sur le tournesol, atteint en effet l'indice de toxicité le plus élevé de tous les produits phytosanitaires considérés dans le modèle. L'IPPE est plus faible pour les autres espèces (entre 0,1 et 1,8).

Si le blé dur atteint un IFT et un IPPE parmi les plus faibles, c'est l'espèce dont la culture consomme en moyenne le plus d'**énergie** (environ 18 000 MJ/ha). Les trois quarts de ces consommations énergétiques sont dues à la production, au stockage et au transport des intrants (voir annexe 8). Les engrais azotés en particulier, utilisés en grandes quantités (en moyenne 200 unités d'azote), consomment beaucoup d'énergie lors de leur production. Les consommations énergétiques moyennes des cultures de lavandin et de colza sont aussi assez importantes (autour de 15 000 MJ/ha). Celles liées à la distillation du lavandin représentent environ un quart des consommations totales (hors années de plantation, pour lesquelles il n'y a pas de distillation) (voir

⁴² L'écart-type utilisé ici est l'écart-type standard, c'est-à-dire la moyenne quadratique des écarts à la moyenne : $EC = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_i (x_i - \bar{m})^2}$ avec n le nombre de valeurs, x_i les différentes valeurs, \bar{m} la moyenne absolue des valeurs x_i .

⁴³ La matière active du *Prowl Baroud*® est la pendiméthaline.

annexe 8). Les consommations énergétiques des cultures de sauge et de tournesol correspondent en moyenne à la moitié de celles du blé dur (environ 9 000 MJ/ha). Enfin, celles liées au pois sont très faibles comparées aux autres espèces cultivées (3 000 MJ/ha), car l'itinéraire technique représenté dans la situation de référence est très simple et n'implique pas de fertilisation azotée. Les **émissions de gaz à effet de serre** varient aussi fortement, et suivent les mêmes tendances que les consommations énergétiques (entre 222 TeqCO₂/ha et 3050 TeqCO₂/ha). Les différences entre les émissions moyennes liées à la culture du lavandin et du colza sont cependant plus marquées, le colza émettant ainsi plus de gaz à effet de serre que le lavandin.

Chaque espèce cultivée est donc associée à des performances différentes. La culture de **lavandin** génère en moyenne une marge brute parmi les plus élevées malgré des coûts de production élevés ; ces performances économiques sont cependant contrebalancées par un temps de travail important et des faibles performances environnementales du fait de l'utilisation de produits phytosanitaires et des consommations énergétiques. La marge brute dégagée par la culture de **blé dur** ne représente que la moitié de celle générée par le lavandin, mais le temps de travail demandé est aussi moins élevé. La culture du blé dur utilise très peu de produits phytosanitaires, mais les consommations d'énergie et émissions de gaz à effet de serre qui lui sont dues sont importantes. Le **pois** est très peu contraignant en temps de travail, et a de très bonnes performances environnementales, que ce soit en termes d'utilisation de produits phytosanitaires, de consommations énergétiques ou d'émissions de gaz à effet de serre ; la marge brute qu'il permet de dégager est cependant faible, bien que supérieure à celle du blé dur. Le **colza** atteint des valeurs médianes dans la plupart des indicateurs calculés, excepté les émissions de gaz à effet de serre, assez importantes par rapport aux autres espèces. Le **tournesol** a quant à lui une marge brute très faible et des utilisations de produits phytosanitaires parmi les plus élevées et les plus toxiques pour l'environnement dans la situation de référence. Enfin, la **sauge** est la plus rentable des espèces dans la situation de référence et demande peu de temps de travail ; les doses de produits phytosanitaires apportées et leur toxicité sont faibles, et les consommations énergétiques et émissions de gaz à effet de serre sont aussi relativement faibles par rapport aux autres espèces.

Lors de l'atelier de restitution, les acteurs présents⁴⁴ ont considéré que ces performances étaient cohérentes avec leurs connaissances de l'agriculture du plateau de Valensole. La marge brute du pois, plus élevée que celle du blé dur, a été considérée comme surprenante par certains acteurs, car peu cohérente avec les faibles surfaces couvertes par cette espèce au sein du système agricole. Cette marge brute relativement élevée du pois a cependant été confirmée par GE5-F et GA2, qui ont rappelé le risque de destruction des cultures de pois par les sangliers comme limite à son expansion. Ces problèmes, ainsi que les problèmes de levée rencontrés par le pois, n'ont pas été pris en compte dans le modèle. Ces mêmes acteurs ont aussi confirmé la très faible marge brute dégagée par la culture du tournesol. La pertinence de cultiver du sainfoin à la place du tournesol a ainsi été discutée : même si la marge brute dégagée par le sainfoin est aussi très faible, sa culture ne demande que peu de temps de travail et atteint de meilleures performances environnementales (son IFT est notamment nul et son intérêt pour la nidification de certaines espèces avicoles élevé).

Les IFT du colza et du pois ont été considérés comme trop faibles de 2 à 3 unités. Cet élément témoigne d'un biais entre les itinéraires techniques représentés dans la situation de référence pour ces deux espèces et les pratiques actuelles sur le plateau de Valensole. De nouveaux entretiens auprès d'agriculteurs ont été estimés nécessaires pour une amélioration potentielle du modèle au-delà de ma thèse. Ces IFT étant directement issus de la caractérisation des activités agricoles, il n'a pas été possible, pour des raisons de temps, de les corriger dans les résultats présentés dans ce chapitre.

1.2. COMPARAISON DES PERFORMANCES DES EXPLOITATIONS-TYPE

1.2.1. MOYENNES ET VARIATION DES VALEURS A L'ECHELLE DE L'EXPLOITATION

Pour chaque exploitation-type et pour chaque indicateur, j'ai calculé la moyenne des valeurs obtenues pour les 48 années de la simulation. Pour chaque indicateur, la moyenne des 24 exploitations-type représentées dans le modèle et les différences d'une exploitation-type à l'autre sont synthétisées dans le

TABLEAU 6-2.

La marge brute moyenne ramenée à l'hectare des exploitations-type varie fortement (entre 660 et 1255 €/ha), et l'écart type est d'environ 150 €/ha. Les variations sont moins élevées pour le temps de travail, l'IFT et l'IPPE. Bien que les consommations d'énergie soient très variables à l'échelle de la parcelle en fonction des espèces, elles varient très peu à l'échelle de l'exploitation. Le même constat

⁴⁴ Ces acteurs étaient GE5-F, GA2, GA12, GT12, GT6, GA1

peut être fait pour les émissions de gaz à effet de serre. En effet, les exploitations qui cultivent le plus de colza, de pois et de tournesol sont aussi celles qui cultivent le moins de lavandin, et il y a donc une compensation entre les niveaux d'émissions et de consommations de ces espèces (Tableau 6-1).

TABLEAU 6-2 : MOYENNES ET VARIATION DE CHAQUE INDICATEUR A L'ECHELLE DE L'EXPLOITATION-TYPE. LES MOYENNES PRESENTEES ICI NE SONT PAS PONDEREES PAR LES COEFFICIENTS D'EXTRAPOLATION REGIONAUX, UTILISES UNIQUEMENT POUR L'ANALYSE DES RESULTATS A L'ECHELLE DES SOUS-ZONES ET DE LA REGION AGRICOLE.

Indicateur	Moyenne	Ecart-type	Valeur minimale	Valeur maximale
Marge brute (€/ha)	900	154	660	1255
Part des subventions PAC dans la marge brute (%)	31 %	6 %	22%	46 %
Temps de travail (h/ha)	7,8	0,9	6,6	9,0
Indice de Fréquence de Traitement (IFT) (sans unité/ha)	3,3	0,5	2,8	4,1
Indice de toxicité liée aux produits phytosanitaires (IPPE) (sans unité/ha)	3,0	0,5	2,3	3,9
Consommations d'énergie (MJ/ha)	15364	910	14098	16955
Emissions de gaz à effet de serre (GES) (TeqCO2/ha)	1874	79	1775	1993

Je présente ci-dessous les résultats obtenus en comparant (i) les exploitations-type spécialisées et non spécialisées en lavandin, et (ii) les exploitations-type équipées et non équipées pour l'irrigation. Seules ces deux comparaisons ont été présentées aux acteurs lors de l'atelier de restitution. Elles me sont en effet apparues comme donnant les résultats les plus intéressants, et étant les comparaisons les plus pertinentes au regard des préoccupations des acteurs et des thèmes abordés tout au long de la démarche. Les autres comparaisons possibles entre les exploitations-type (taille, intensité du dépérissement du lavandin, types de sols) sont présentées en annexe 9.

1.2.2. COMPARAISON DES EXPLOITATIONS-TYPE SPECIALISEES ET NON SPECIALISEES EN LAVANDIN

Je compare les valeurs moyennes des indicateurs obtenues pour les exploitations-type spécialisées (Figure 6-1 a) et non spécialisées (Figure 6-1 b) en lavandin. Cette comparaison ne prend en compte que des paires d'exploitations-type de même taille, situées dans la même sous-zone, et

dont le type structurel spécialisé ou non spécialisé en lavandin est la seule différence. Par exemple, comme le modèle ne représente pas d'exploitations-type spécialisées en lavandin et équipées pour l'irrigation, je n'ai pas pris en compte les exploitations-type non spécialisées en lavandin et équipées pour l'irrigation dans cette comparaison. Finalement, cette comparaison se base donc sur 20 exploitations-type (10 spécialisées et 10 non spécialisées)⁴⁵. Les résultats sont exprimés en pourcentage moyen de variation par rapport à la moyenne des 24 exploitations-type représentées dans le modèle.

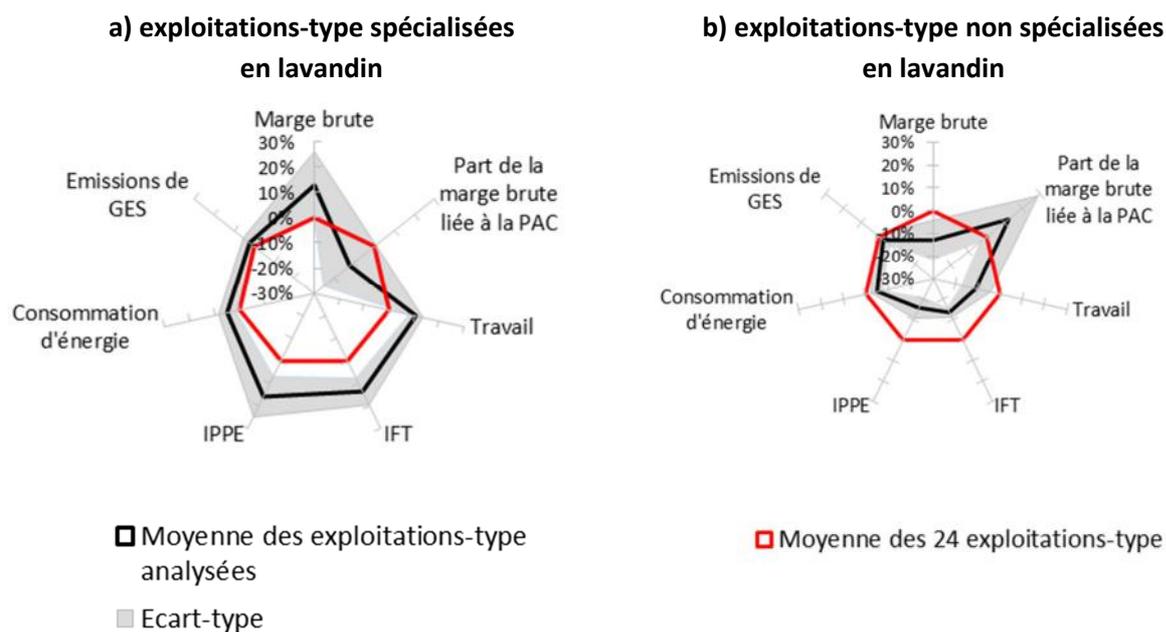


FIGURE 6-1 : COMPARAISON DES EXPLOITATIONS-TYPE SPECIALISEES (A) ET NON SPECIALISEES (B). LES RESULTATS SONT EXPRIMES EN POURCENTAGE MOYEN DE VARIATION PAR RAPPORT A LA MOYENNE DES 24 EXPLOITATIONS-TYPE REPRESENTEES DANS LE MODELE. LES COEFFICIENTS D'EXTRAPOLATION REGIONAUX NE SONT PAS PRIS EN COMPTE ICI.

La marge brute des exploitations-type spécialisées en lavandin est supérieure de 26% à celle des exploitations-type non spécialisées en lavandin. Les exploitations-type spécialisées sont aussi moins dépendantes aux subventions de la PAC que les exploitations-type non spécialisées. Les exploitations-type spécialisées en lavandin sont cependant caractérisées par un temps de travail moyen plus élevé de 22% que celui des exploitations-type non spécialisées, et par des performances environnementales plus faibles. L'IFT et l'IPPE sont ainsi plus élevés respectivement de 28% et 32 % pour les exploitations-type spécialisées que pour les exploitations-type non spécialisées. Les différences entre les deux types structurels d'exploitations sont moins marquées pour les

⁴⁵ Je ne prends pas en compte les exploitations-type équipées pour l'irrigation (22 et 24), ni les grandes exploitations-type non spécialisées situées en zone très sujette au dépérissement (2 et 8). (Voir Figure 5-1 du chapitre 5 pour le schéma récapitulatif de la localisation et le type structurel des exploitations-type)

consommations énergétiques et les émissions moyennes de gaz à effet de serre (respectivement 10% et 4%).

Ces différences peuvent s'expliquer par des variations d'assolements entre exploitations-type spécialisées et non spécialisées en lavandin (Figure 6-2). Les exploitations-type spécialisées en lavandin ont ainsi deux fois plus de surfaces relatives en lavandin que les exploitations-type non spécialisées, et ces dernières cultivent environ 20 % de leur surface en pois et tournesol alors que les exploitations-type spécialisées n'en cultivent pas du tout. Or, le lavandin est beaucoup plus rentable que le pois et le tournesol, demande un temps de travail supérieur, et est caractérisé par des IFT et IPPE plus élevés. De plus, les exploitations-type spécialisées en lavandin cultivent aussi parfois de la sauge, dont la culture très rentable représente en moyenne 6% de la marge brute des exploitations-type spécialisées (Figure 6-3). Les différences observées pour la part de la marge brute liée aux subventions de la PAC sont dues aux aides couplées touchées pour les surfaces cultivées en pois par les exploitations-type non spécialisées en lavandin, ces aides étant estimées à 100 €/ha dans le modèle. Les aides découplées par hectare étant fixes pour toutes les exploitations-type, la part de la marge brute liée aux subventions de la PAC, exprimé en pourcentage de la marge brute moyenne par hectare, diminue quand cette dernière augmente.

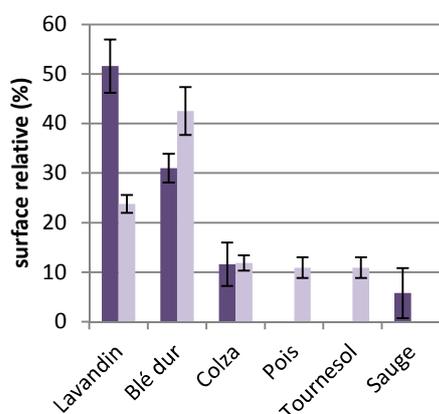


FIGURE 6-2 : SURFACES RELATIVES DES DIFFERENTES ESPECES CULTIVEES POUR LES EXPLOITATIONS-TYPE SPECIALISEES ET LES EXPLOITATIONS-TYPE NON SPECIALISEES

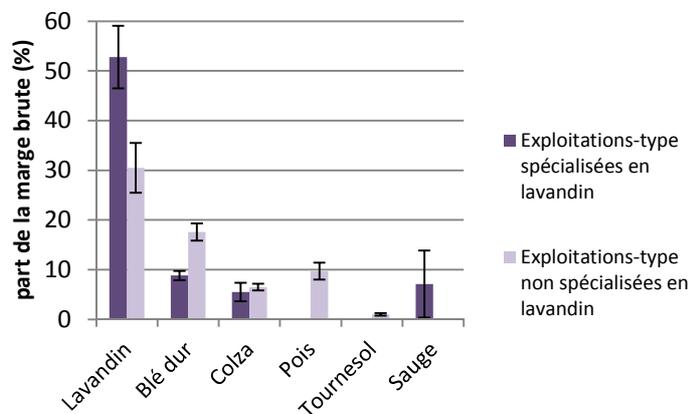


FIGURE 6-3 : PART DE LA MARGE BRUTE DUE AUX DIFFERENTES ESPECES CULTIVEES (HORS PAC)

Les valeurs des indicateurs sont plus dispersées pour les exploitations-type spécialisées en lavandin que pour les exploitations-type non spécialisées, en particulier pour la marge brute, la part de la marge brute liée aux subventions de la PAC, l'IPPE, et l'IFT. Pour ces deux derniers indicateurs, ces différences s'expliquent en partie par une variation plus importante des surfaces cultivées en lavandin au sein des exploitations-type spécialisées en lavandin (Figure 6-2). La variabilité de la marge brute peut s'expliquer par les variations dues à la sauge (car seules les grandes exploitations-

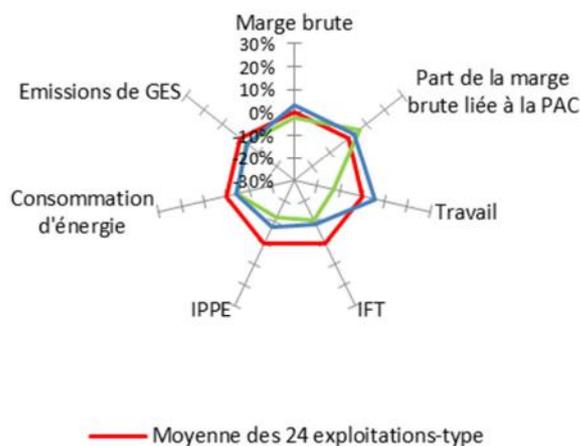
type spécialisées en lavandin en cultivent), et, dans une moindre mesure, au lavandin (Figure 6-3). La variabilité de la part de la marge brute liée à la PAC est directement liée à la dispersion de la marge brute par hectare.

En résumé, les exploitations-type spécialisées en lavandin ont des marges brutes plus élevées que les exploitations-type non spécialisées en lavandin et sont moins dépendantes aux subventions de la PAC (plus faible part des subventions de la PAC dans leur marge brute). Leur conduite nécessite cependant un temps de travail plus important, et requiert l'usage de plus grandes quantités de produits phytosanitaires. Les exploitations-type spécialisées et non spécialisées en lavandin ont des impacts similaires en termes de consommation énergétique et d'émissions de gaz à effet de serre.

1.2.3. COMPARAISON DES EXPLOITATIONS-TYPE EQUIPEES ET NON EQUIPEES POUR L'IRRIGATION

Afin de mettre en évidence les différences induites par l'équipement ou non des exploitations-type pour l'irrigation, je compare l'exploitation-type de taille moyenne équipée pour l'irrigation à l'exploitation-type moyenne similaire en tous points, mais non équipée pour l'irrigation⁴⁶ (Figure 6-4 a). Je fais de même pour la grande exploitation-type équipée pour l'irrigation⁴⁷ (Figure 6-4 b). Toutes ces exploitations-type sont non spécialisées en lavandin, ce qui explique les faibles valeurs atteintes pour tous les indicateurs par rapport à la moyenne des 24 exploitations-type.

a) exploitations-types moyennes équipées et non équipées pour l'irrigation



b) grandes exploitations-type équipées et non équipées pour l'irrigation

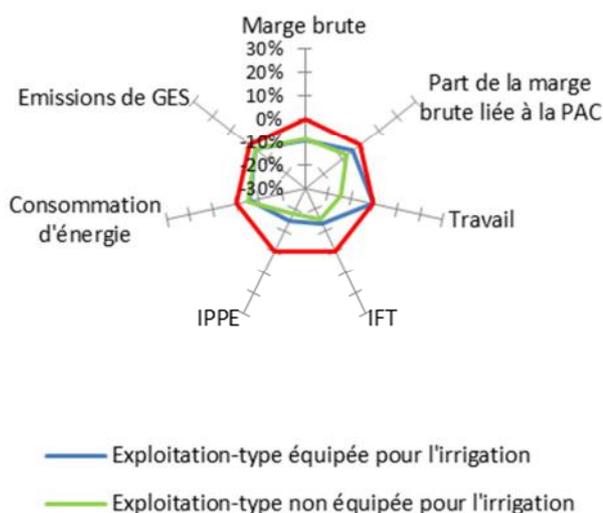


FIGURE 6-4: COMPARAISON DES (A) MOYENNES ET (B) GRANDES EXPLOITATIONS-TYPE EQUIPEES ET NON EQUIPEES POUR L'IRRIGATION. LES RESULTATS SONT EXPRIMES EN POURCENTAGE DE VARIATION PAR RAPPORT A LA MOYENNE DE TOUTES LES EXPLOITATIONS-TYPE REPRESENTES DANS LE MODELE. LES COEFFICIENTS D'EXTRAPOLATION REGIONAUX NE SONT PAS PRIS EN COMPTE ICI.

⁴⁶ Les exploitations-type prises en compte sont les exploitations-type 20 et 21 (voir Figure 5-1 du chapitre 5)

⁴⁷ Les exploitations-type prises en compte sont les exploitations-type 24, et 19 (voir Figure 5-1 du chapitre 5)

Que ce soit pour les moyennes ou grandes exploitations-type, les assolements et itinéraires techniques (sauf irrigation, et l'ajout d'un fongicide en blé dur irrigué) des exploitations-type équipées et non équipées pour l'irrigation sont identiques (voir chapitre 5).

La marge brute et la part des subventions PAC dans cette marge brute sont très similaires entre les exploitations-type équipées et non équipées pour l'irrigation, car systèmes de culture des exploitations-type équipées et non équipées pour l'irrigation sont similaires. Les gains de rendement sur les parcelles irriguées sont compensés par les coûts importants liés à l'irrigation. Les différences de coûts de production totaux entre parcelles irriguées et non irriguées sont ainsi de 50% pour les cultures de blé dur, 20% pour les cultures de colza, et 72 % pour les cultures de pois (voir annexe 8)⁴⁸. A l'échelle de l'exploitation-type, la redevance fixe d'abonnement est aussi un facteur de diminution de la marge brute (438 €/an pour un enrouleur⁴⁹).

Le temps de travail est l'indicateur connaissant la plus grande variation en fonction de l'équipement ou non de l'exploitation-type pour l'irrigation. Cette variation est principalement liée au temps nécessaire à la mise en place et à la surveillance des enrouleurs, opérations représentant environ 2 heures par hectare irrigué.

Que ce soit pour les moyennes ou les grandes exploitations-type, les performances environnementales des exploitation-type équipées et non équipées pour l'irrigation sont proches en raison des grandes similitudes entre leur systèmes de culture. L'IFT, l'IPPE, les consommations énergétiques et les émissions de gaz à effet de serre ne dépendent en effet que de ces derniers. Seul un fongicide est ajouté sur les parcelles cultivées en blé dur et irriguées, ce qui explique les légères différences observées pour l'IPPE et l'IFT.

En résumé, le caractère spécialisé ou non spécialisé en lavandin des exploitations-type est à l'origine des plus grandes variations observées pour tous les indicateurs de performance à l'échelle des exploitations-type. L'équipement ou non de l'exploitation-type pour l'irrigation influence principalement le temps de travail.

Lors de l'atelier de restitution, les différences entre les exploitations-type spécialisées et non spécialisées en lavandin ont été considérées comme cohérentes par les acteurs. Cependant, certains d'entre eux ont été surpris par les faibles différences de performances entre les exploitations-type équipées et non équipées pour l'irrigation. Le choix de ne pas différencier les systèmes de culture en sec et en irrigué a été regretté par les certains acteurs. Selon eux, certains agriculteurs équipés pour

⁴⁸ Ces coûts n'incluent pas la main d'œuvre

⁴⁹ Les exploitations-type moyennes possèdent 1 enrouleur, alors que les grandes en possèdent 3.

l'irrigation adapteraient en effet leurs itinéraires techniques pour une irrigation plus efficiente, à travers par exemple le choix des variétés ou la stratégie de fertilisation. Cependant, selon d'autres acteurs (GE5-F notamment), la grande majorité des agriculteurs équipés pour l'irrigation sur le plateau de Valensole conduiraient leurs cultures irriguées de la même manière qu'en sec en raison d'un manque d'accompagnement technique et de formation pour la conduite des cultures irriguées. Les systèmes de culture de ces exploitations-type dans la situation de référence leur ont donc semblé refléter la situation actuelle du plateau de Valensole.

1.3. EVALUATION DES PERFORMANCES A L'ECHELLE DES SOUS-ZONES AGRO-ECOLOGIQUES ET DE LA REGION AGRICOLE

1.3.1. SURFACES MOYENNES DES ESPECES CULTIVEES ET PRODUCTIONS A L'ECHELLE DE LA REGION AGRICOLE

La région agricole représentée dans le modèle est composée à plus de 70% de lavandin et de blé dur, permettant une production annuelle moyenne d'environ 261 tonnes d'huile essentielle de lavandin et de 10 500 tonnes de blé dur (Tableau 6-3). Les autres espèces couvrent des surfaces plus réduites, allant de 12% pour le colza à 2% pour la sauge.

TABLEAU 6-3: SURFACES ET PRODUCTIONS A L'ECHELLE DU TERRITOIRE

	Surfaces (ha)	Surfaces (%)	Production
Lavandin	2754	34	261 T d'huile essentielle
Blé dur	2997	37	10 626 T
Colza	972	12	25 334 T
Pois	567	7	833 T
Tournesol	567	7	1 698 T
Sauge	162	2	2 T d'huile essentielle 65 T de pailles distillées

La comparaison des surfaces cultivées simulées dans le modèle avec les données de l'ensemble des déclarations PAC 2012 (incluant les exploitations non ciblées dans le modèle) montre que le modèle permet de représenter 89 % des surfaces en lavandin et sauge⁵⁰ et 71 % des surfaces en blé dur du plateau de Valensole.

⁵⁰ Le lavandin et la sauge, qualifiés de cultures industrielles dans les données des déclarations PAC, ne peuvent pas être différenciés.

Les surfaces totales relatives couvertes par le pois, le colza et le tournesol sont légèrement surévaluées (Figure 6-5 a et c). Cette légère surévaluation des surfaces relatives de ces trois espèces reste vraie si seules les exploitations ciblées⁵¹ dans le modèle sont considérées dans l'analyse des données des déclarations PAC (Figure 6-5 b et c).

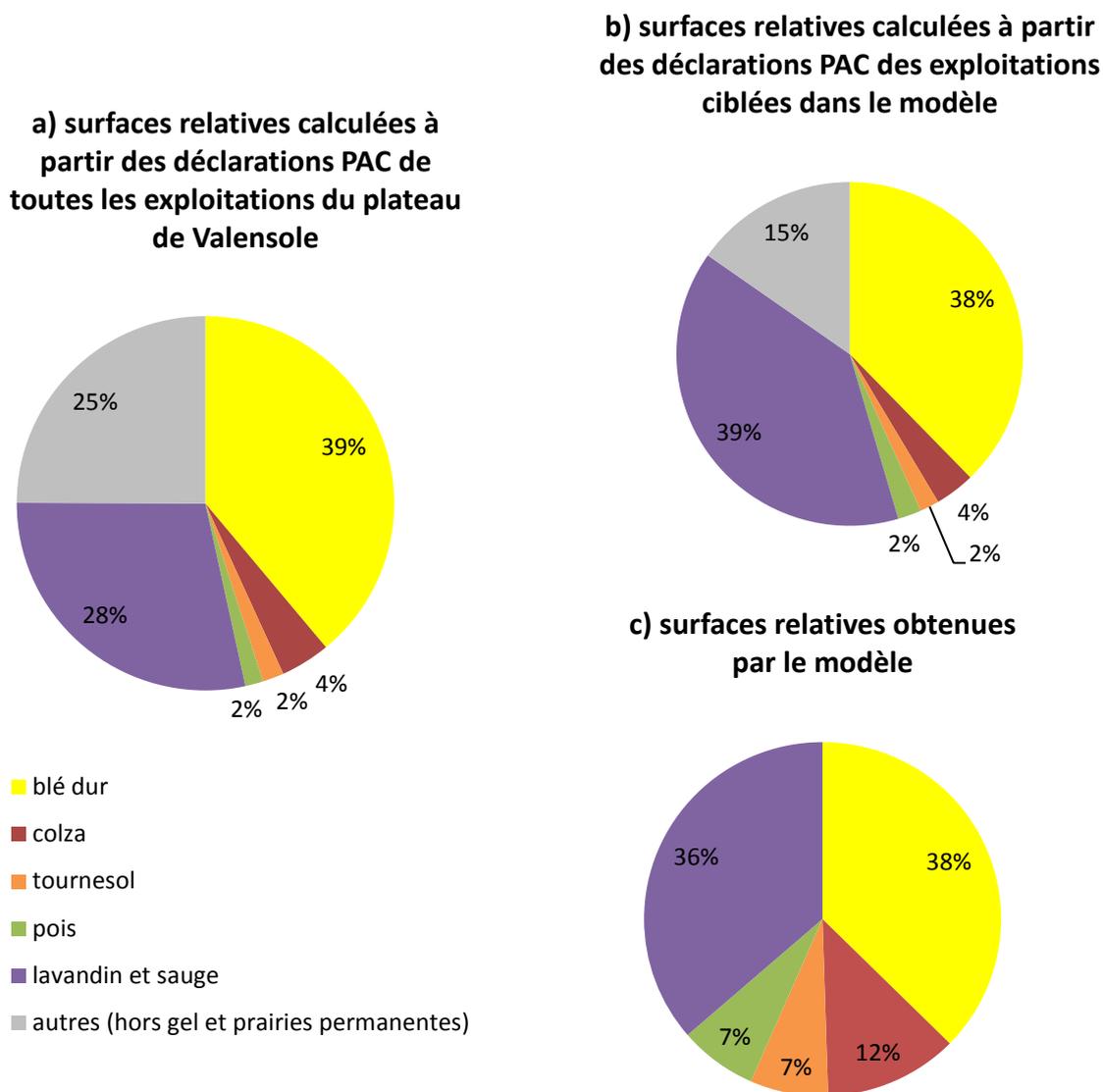


FIGURE 6-5 : SURFACES RELATIVES DES DIFFERENTES ESPECES OBTENUES A PARTIR (A) DES DONNEES DES DECLARATION PAC DE TOUTES LES EXPLOITATIONS DU PLATEAU DE VALENSOLE, (B) DES DONNEES DES DECLARATION PAC DES EXPLOITATIONS CIBLEES DANS LE MODELE, (C) DU MODELE.

⁵¹ Exploitations ayant une SAU de plus de 50 ha et cultivant plus de 5 ha de lavandin.

1.3.2. COMPARAISON DES AUTRES INDICATEURS A L'ECHELLE DES SOUS-ZONES AGRO-ECOLOGIQUES ET DE LA REGION AGRICOLE

Les valeurs atteintes par les autres indicateurs varient légèrement d'une sous-zone agro-écologique à une autre (Tableau 6-4). La valeur maximale de la marge brute est de 150 € supérieure à la valeur minimale, et le temps de travail moyen varie de 7,3 à 8,4 heures entre les différentes sous-zones ; l'IFT n'a un écart type que de 0,3, et l'IPPE de 0,2.

TABLEAU 6-4 : VALEURS DES INDICATEURS A L'ECHELLE DE LA REGION AGRICOLE, ET ELEMENTS DE MESURE DE LEUR DISPERSION A L'ECHELLE DES SOUS-ZONES (* ON PREND EN COMPTE LES SURFACES RELATIVES DES SOUS-ZONES. ** LES COEFFICIENTS D'EXTRAPOLATION REGIONAUX DES EXPLOITATIONS-TYPES SONT PRIS EN COMPTE POUR LE CALCUL DES INDICATEURS A L'ECHELLE DES SOUS-ZONES.)

Indicateur	Echelle de la région agricole *	Dispersion à l'échelle des sous-zones**		
		Écart-type	Valeur minimale	Valeur maximale
Marge brute (€/ha)	874	50	813	950
Temps de travail (h/ha)	7,7	0,5	7,3	8,4
Indice de Fréquence de traitement (IFT) (sans unité/ha)	3,2	0,3	2,8	3,5
Indice de toxicité liée aux produits phytosanitaires (IPPE) (sans unité/ha)	2,9	0,2	2,5	3,2
Consommations d'énergie (MJ/ha)	15093	371	14534	15603
Emissions de gaz à effet de serre (GES) (TeqCO2/ha)	1850	28	1809	1889
Indice de diversité des cultures (sans unité)	0,82	0,05	0,74	0,86
Surface relative en lavandin (%)	34	10	20	50
Performance nourricière (personnes/an/ha)	0,84 soit 6 820 sur l'ensemble de la région agricole	0.20	0.60	1,1

Trois indicateurs sont uniquement calculés à l'échelle des sous-zones et de la région agricole : (i) un indice de diversité culturelle, rendant compte de la diversité paysagère de la sous-zone (indice compris entre 0 et 1 : plus l'indice est élevé, plus la variance des surfaces relatives couvertes par les différentes espèces est faible), (ii) la surface relative en lavandin, permettant de prendre en compte les enjeux liés au tourisme et à l'activité apicole, et (iii) la performance nourricière de la région agricole en termes de calories.

Plus l'indice de diversité culturelle est élevé, plus les différentes espèces cultivées couvrent des surfaces égales au sein d'une sous-zone donnée (voir chapitre 5, section 3, partie 5). Cet indice de diversité varie de 0,74 (pour les sous-zones fortement sujettes au dépérissement du lavandin, car elles ont des proportions d'exploitations-type spécialisées en lavandin importantes) à 0,86 (pour la sous-zone irrigable, essentiellement constituée d'exploitations-type non spécialisées en lavandin). La surface relative couverte en lavandin varie de 20% (pour la sous-zone irrigable) à 50 % (pour les sous-zones fortement sujettes au dépérissement du lavandin). Enfin, dans la situation de référence, les calories produites par l'ensemble de la région agricole permettent de nourrir environ 6 820 personnes pendant un an.

Lors de l'atelier de restitution, les ordres de grandeur des productions à l'échelle de la région agricole ont été considérés comme proches des productions réelles. La production d'huile essentielle de lavandin obtenue est cependant plus faible que celle estimée par les acteurs (350 T). En effet, les surfaces plantées en lavandin ont augmenté sur le plateau de Valensole depuis 2012, année pour laquelle les données des déclarations PAC des agriculteurs ont été analysées pour l'estimation des surfaces des espèces culturales.

2. DEVELOPPEMENT DE SCENARII D'EVOLUTION DU SYSTEME AGRICOLE

A partir du travail de scénarisation participative réalisé avec les acteurs lors de la phase de formulation du problème, j'ai construit un scénario d'évolution du système agricole. Ce scénario correspond à une situation future plausible prenant en compte à la fois des changements de contexte et des adaptations des exploitations-type en termes de systèmes de culture. Ce scénario correspond à un état du système agricole tel qu'il pourrait être dans 15 ans (soit en 2030). La dynamique d'évolution entre la situation de référence et cette situation future n'est pas simulée.

Ce scénario a été construit en plusieurs étapes, sur lesquelles je reviens dans cette partie. Le travail de scénarisation participative réalisé avec les acteurs lors de l'atelier MI4 a permis de spécifier un ensemble cohérent de changements possibles de contexte; ce travail est rappelé en partie 2.1.

Lors de séances de travail individuelles, ces changements ont ensuite été présentés à plusieurs agriculteurs qui ont imaginé les adaptations qu'ils mettraient en place au sein de leur exploitation (partie 2.2.). Le modèle présenté dans le chapitre 5 a ensuite été re-paramétré pour permettre l'évaluation de ce scénario (partie 2.3.).

Enfin, la mise en discussion de ce scénario avec les acteurs a fait émerger un **scénario alternatif** différant par les adaptations mises en place par les exploitations-type (partie 2.4.). Ce scénario a aussi été évalué par le biais du modèle.

2.1.1. UN PREMIER SCENARIO NARRATIF CONSTRUIT AVEC LES «GESTIONNAIRES»

Un premier scénario a été construit lors de l'atelier MI4, auquel seuls des «gestionnaires» participaient. De nature exploratoire, ce scénario articule de manière cohérente plusieurs changements de contexte locaux (par exemple extension du dépérissement du lavandin) et globaux (par exemple évolutions des prix), ainsi que quelques réflexions sur des adaptations au niveau des exploitations-type (voir chapitre 4, partie 4.2.3., page 123).

Aucun agriculteur n'étant présent à l'atelier MI4, les adaptations qui seraient mises en place par les exploitations si elles étaient soumises à ces changements de contexte n'ont que peu été approfondies. Cinq agriculteurs ont donc été rencontrés afin de compléter ce scénario.

2.1.2. APPROFONDISSEMENT DES ADAPTATIONS DES EXPLOITATIONS-TYPE

Des séances de travail individuelles ont eu lieu avec neuf agriculteurs dans le cadre de la co-construction du modèle informatique (voir chapitre 5, section 2, partie 4). Lors de cinq de ces séances de travail, le scénario construit avec les «gestionnaires» a été discuté avec les agriculteurs. Ceux-ci ont considéré ce scénario comme plausible et ont confirmé qu'il correspondait à des préoccupations généralement partagées par les agriculteurs du plateau de Valensole. Les adaptations que les agriculteurs enquêtés mettraient en place dans le contexte de ce scénario ont ensuite été explorées. Deux stratégies d'adaptation des assolements ont été évoquées.

Deux agriculteurs interrogés augmenteraient les surfaces plantées en lavandin, accroissant ainsi la spécialisation en lavandin de leur exploitation. Ces agriculteurs ont en effet estimé que malgré les problèmes rencontrés (aggravation du dépérissement, sécheresses, baisse des prix), le lavandin resterait plus rentable que les autres espèces cultivées. Dans un contexte général de baisse des rendements de toutes les cultures lié aux sécheresses régulières, accroître les surfaces plantées en lavandin permettrait le maintien du revenu des exploitations. Si l'exploitation a accès à l'irrigation, cette stratégie pourrait s'accompagner du développement d'autres cultures à forte valeur ajoutée, telles que la production de semences.

Une autre stratégie, évoquée par les trois autres agriculteurs, consiste en la diversification des cultures via une diminution des surfaces plantées en lavandin et une augmentation des surfaces en colza, tournesol, pois, ou même orge ou chanvre. Selon ces agriculteurs, rendre l'exploitation moins dépendante à la culture du lavandin permettrait de diminuer les risques croissants liés aux problèmes de dépérissement, de sécheresse et de diminution des prix. Via la diversification des rotations, cette stratégie permettrait aussi de diminuer les pressions de maladie : le dépérissement du lavandin pourrait ainsi être légèrement réduit, ainsi que la consommation de produits phytosanitaires.

Tous les agriculteurs ont évoqué un renouvellement des plantations de lavandin de plus en plus rapide (jusqu'à 4 ans après la plantation) en conséquence de la diminution des rendements par le dépérissement.

Les agriculteurs interrogés ont aussi évoqué quelques adaptations des itinéraires techniques. Afin de faire face à l'augmentation du prix des produits phytosanitaires, les traitements herbicides sur le lavandin pourraient être remplacés soit par du binage mécanique sur les rangs et inter-rangs, soit par des traitements uniquement sur le rang plutôt que sur l'ensemble de la surface. De plus, une augmentation des surfaces en blé dur, colza et pois cultivées avec des techniques culturales simplifiées (passage d'outils à disque) permettrait de diminuer les charges en carburant et compenserait en partie la hausse du prix des intrants chimiques. Enfin, l'utilisation d'engrais organiques permettrait de faire face à la réglementation liée au classement en zone vulnérable nitrate.

2.1.3. PARAMETRAGE DU MODELE POUR L'EVALUATION DU SCENARIO CO-CONSTRUIT

Quatre des cinq modules du modèle ont été re-paramétrés afin de permettre l'évaluation de ce scénario (Figure 6-6 et Tableau 6-5). Ce travail a nécessité de préciser ou adapter certains éléments du scénario qui n'étaient pas compatibles avec la structure et les contraintes du modèle. D'autres éléments de ce scénario n'ont pas pu être pris en compte en raison des limites techniques du modèle (c'est par exemple le cas de la fertilisation organique et de l'introduction de productions de semences de céréales).

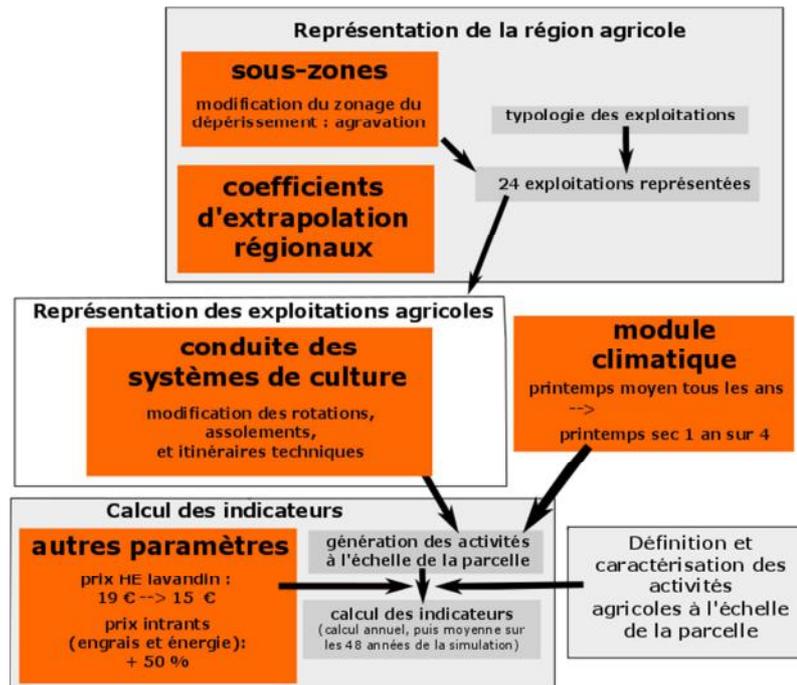


FIGURE 6-6 : MODULES RE-PARAMETRES POUR LE SCENARIO (EN ORANGE)

TABEAU 6-5 : SYNTHESE DU PARAMETRAGE DU MODELE POUR SIMULER LE SCENARIO

Module du modèle	Paramétrage
Module climatique	passage d'une pluviométrie printanière moyenne tous les ans à un printemps sec tous les quatre ans
Paramètres utilisés pour le calcul des indicateurs	prix de l'huile essentielle de lavandin : passage de 19 € à 15 €
	hausse de 50% du prix des intrants (engrais, énergies) (<i>soit 3% annuellement pendant 15 ans</i>)
Représentation du territoire	nouveau zonage du dépérissement du lavandin
	agrandissement des exploitations-type (<i>modification des coefficients d'extrapolation régionaux des moyennes et grandes exploitations-type</i>)
rotations et assolements (conduite des systèmes de culture)	exploitations-type spécialisées en lavandin :
	<ul style="list-style-type: none"> - augmentation des surfaces cultivées en lavandin - diminution des surfaces cultivées en blé dur - grandes exploitations-type : augmentation des surfaces cultivées en sauge <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> exploitation non spécialisée en lavandin : <ul style="list-style-type: none"> - diminution des surfaces cultivées en lavandin - augmentation des surfaces cultivées en pois, tournesol, ou colza - surface relative plus élevée en pois qu'en colza ou tournesol
itinéraires techniques (conduite des systèmes de culture)	<u>lavandin</u> : remplacement partiel des traitements chimiques par du binage sur les rangs et inter-rangs
	<u>blé</u> : suppression de la fertilisation azotée avant semis
	grandes exploitations-type non spécialisées en lavandin : itinéraires techniques avec passage de disques à la place du labour pour le blé dur, le colza et le pois

MODIFICATION DU ZONAGE DU DEPERISSEMENT DU LAVANDIN

Une intensification du dépérissement du lavandin a été évoquée par les acteurs lors de l'atelier MI4. Cependant, les dynamiques de propagation de la maladie au sein d'une même parcelle et a fortiori sur le territoire sont mal connues. Les acteurs n'ont donc pas été en mesure d'estimer la répartition spatiale de la maladie dans 15 ans.

Dans le scénario, l'intensification du dépérissement du lavandin a été simulée via la modification des rendements du lavandin en fonction de l'âge de la plantation et de la sous-zone où elle se situe (voir chapitre 5, partie 3). J'ai ainsi choisi de modéliser l'intensification du dépérissement du lavandin de la manière suivante (Figure 6-7): (i) toute la zone actuellement non sujette devient moyennement sujette au dépérissement du lavandin, (ii) toute la zone actuellement moyennement sujette devient très sujette au dépérissement du lavandin, et (iii) toute la zone actuellement très sujette au dépérissement du lavandin voit les rendements de toutes ses plantations, quelque soient leurs âges, diminuer de 10%.

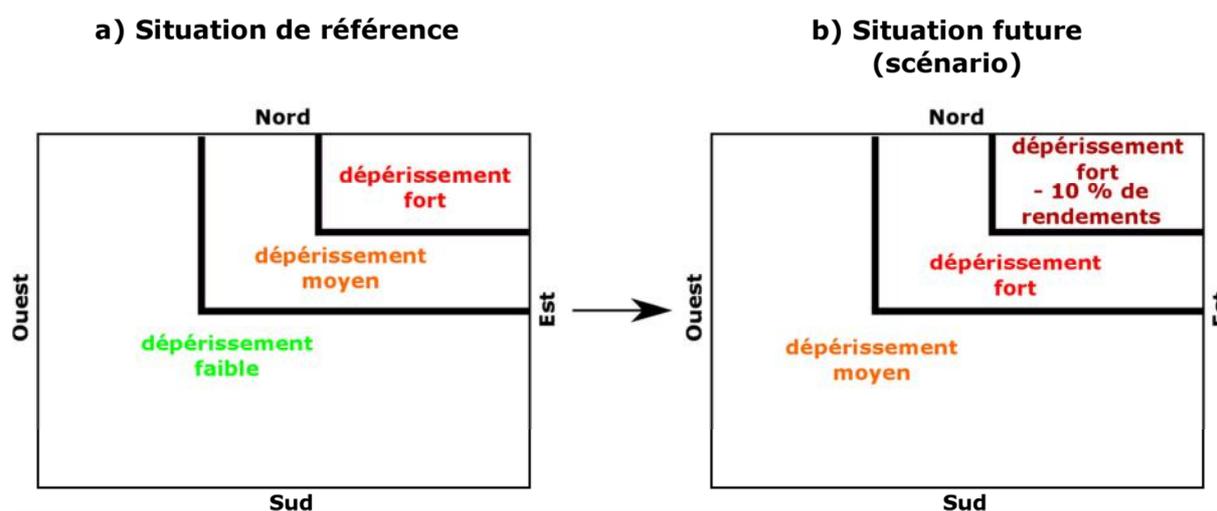


FIGURE 6-7: MODIFICATION DU ZONAGE DU DEPERISSEMENT DU LAVANDIN ENTRE A) LA SITUATION DE REFERENCE ET B) LA SITUATION FUTURE

AGRANDISSEMENT DES EXPLOITATIONS-TYPE

Les acteurs, agriculteurs comme «gestionnaires», ont évoqué un agrandissement possible des exploitations comme adaptation à la diminution des marges brutes des cultures. Cette adaptation se base sur l'hypothèse que les grandes exploitations répartissent leurs charges d'amortissement sur des surfaces plus grandes que les exploitations de taille moyenne, permettant ainsi de diminuer ces charges à l'hectare. Cette hypothèse a été évoquée à de nombreuses reprises tout au long de la démarche, et est aussi confirmée par le diagnostic des pratiques (SupAgro 2013) et un diagnostic agraire (Lang and Ramseyer 2011).

Afin de prendre en compte cet élément d'adaptation, j'ai choisi de diviser par deux le nombre d'exploitations moyennes, au profit de davantage de grandes exploitations. Dans toutes les sous-zones, les coefficients d'extrapolation⁵² des exploitations-type moyennes ont été divisés par deux. La perte de superficie couverte par les exploitations-type moyennes a été compensée par une augmentation des coefficients d'extrapolation régionaux des grandes exploitations-type. La modification des proportions entre moyennes et grandes exploitations-type influence les résultats obtenus à l'échelle des sous-zones et de la région agricole puisque les systèmes de culture des exploitations-type dépendent de leur taille (voir après).

MODIFICATION DU MODULE CLIMATIQUE

Des changements climatiques à l'échelle de la région agricole ont été évoqués par les «gestionnaires» lors de l'atelier MI4. Ceux-ci ont ainsi mentionné une augmentation de la fréquence des sécheresses printanières et automnales.

Le module climatique du modèle ne prend en compte que la pluviométrie printanière (du 21 mars au 21 juin), à travers trois niveaux possibles chaque année (pluviométrie faible, moyenne, ou élevée). Seul l'impact de la pluviométrie sur les rendements est simulé. Dans le scénario, les sécheresses printanières ont donc été simulées par une pluviométrie printanière faible (soit moins de 50 mm cumulés sur un printemps). J'ai décidé de ne pas prendre en compte les sécheresses automnales, difficilement simulables en l'état actuel du modèle, ce qui a été validé par les acteurs.

La fréquence d'occurrence des sécheresses printanières n'a pas été quantifiée par les acteurs. Lors des autres phases de la démarche, ceux-ci ont régulièrement évoqué deux sécheresses ayant marqué la mémoire collective en raison de leur intensité et de leur proximité temporelle. Ces deux sécheresses étaient mentionnées à titre d'exemple pour illustrer les effets du changement climatique. Ces deux sécheresses, en 2003 et 2007, sont séparées par quatre années. Les modèles d'évolution du climat confirment une tendance à l'augmentation de la fréquence des sécheresses à un horizon de temps lointain (2070-2100), sans pour autant permettre des estimations plus précises de ces fréquences à court terme⁵³. En l'absence de données plus précises, j'ai donc fixé à 4 ans l'intervalle séparant les sécheresses dans ce scénario. L'influence des sécheresses printanières sur la levée des cultures n'a pas été prise en compte car elle est très aléatoire. Seule leur influence sur les cultures déjà levées est donc prise en compte.

⁵² Pour rappel, à chaque exploitation-type est associé un coefficient d'extrapolation permettant le calcul des valeurs des indicateurs à l'échelle de l'ensemble de la région agricole. On considère que chaque exploitation représentée dans le modèle couvre, au niveau régional, une surface agricole utile totale correspondant à celle estimée sur le plateau de Valensole pour les exploitations réelles assimilées à celle-ci.

⁵³ <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/le-climat-futur-en-france>

MODIFICATION DE PARAMETRES UTILISES POUR LE CALCUL DES INDICATEURS

Les «gestionnaires» avaient imaginé une chute des prix de l'huile essentielle de lavandin de 19€ à 15 € par kilogramme d'huile essentielle. Cette chute est plausible au regard du cours de l'huile essentielle ces dernières années. Entre 2000 et 2010, les prix ont ainsi fluctué entre 11,5 et 20 €/kg⁵⁴. Cette diminution a donc été reprise telle quelle pour le paramétrage du modèle.

Les acteurs avaient aussi évoqué une hausse annuelle du prix des intrants chimiques de 3 % sur 15 ans. Cette hausse aboutit à une augmentation totale de 50 % entre le prix actuel et le prix final qui serait atteint en 2030. Les prix des intrants chimiques, et notamment des fertilisants, sont fortement corrélés au cours des énergies fossiles, car ils sont synthétisés à partir de gaz naturel⁵⁵. Une hausse de ces derniers avait régulièrement été évoquée par les acteurs lors de la phase de formulation du problème et avait notamment été considérée comme un changement de contexte important à prendre en compte. Dans le scénario, j'ai donc fait l'hypothèse que les prix des énergies fossiles augmentent au même rythme que les prix des intrants azotés, et que la hausse des premiers est la cause de la hausse des seconds. A l'horizon 2030, une hausse des prix du baril de pétrole de 50 % à partir de 2008⁵⁶ est considérée comme plausible par certains économistes (Blondy and Papon 2009). La répercussion de cette hausse sur les prix des intrants azotés, qui augmenteraient donc aussi de 50 %, est quant à elle évoquée par l'APCA (Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture) (2012) et le CEPS (Centre d'Etude et de Prospective Stratégique) (2010). Cependant, aucun élément ne nous permet d'étayer une hausse de 50% des prix des produits phytosanitaires. Dans le paramétrage du modèle, j'ai donc considéré que les prix des intrants chimiques, du carburant, et du gaz de distillation augmentent de 50 % alors que les prix des produits phytosanitaires restent stables.

MODIFICATION DES SYSTEMES DE CULTURE

MODIFICATION DES ASSOLEMENTS ET ROTATIONS

Deux stratégies d'adaptation ont été mises en évidence lors des entretiens auprès des agriculteurs : une stratégie d'accroissement de la spécialisation en lavandin des exploitations et une stratégie inverse de diversification des cultures. J'ai posé plusieurs hypothèses afin d'adapter ces stratégies aux contraintes du modèle et aux différentes exploitation-type représentées.

⁵⁴ <http://www.censo-lavande.fr/une-filiere-essentielle/une-filiere-essentielle-106.html>

⁵⁵ <http://www.lacoop.coop/cooperateur/articles/2011/08/p54.asps>

⁵⁶ Entre 2007 et 2014 (les prix que j'ai utilisés datent de cette année), le prix du baril de pétrole a augmenté, puis récemment diminué. Le prix en 2007 était donc équivalent au prix en 2014. Une augmentation de 50% reste donc valable même si la documentation utilisée pour la justifier date un peu.

Adaptation des exploitations-type spécialisées en lavandin

Tout d'abord, j'ai considéré que toutes les exploitations-type déjà spécialisées en lavandin suivent une stratégie d'accroissement de leur spécialisation en lavandin. En effet, ces exploitations-type augmentent leurs surfaces plantées en lavandin afin d'amortir les investissements importants réalisés pour le matériel de récolte et de distillation du lavandin. Les agriculteurs chercheraient aussi à maintenir la marge brute dégagée par leur exploitation en augmentant les surfaces plantées en lavandin, afin de faire face aux baisses de rendement de cette culture. L'augmentation des surfaces plantées en lavandin entraînerait une baisse des surfaces plantées en blé dur, dont la marge brute risque de diminuer en raison de la suppression de la fertilisation azotée avant-semis (liée à la directive nitrates) et des sécheresses printanières.

J'ai aussi fait l'hypothèse que les grandes exploitations-type spécialisées en lavandin (seules exploitations-type cultivant de la sauge dans la situation de référence) augmentent légèrement leurs surfaces plantées en sauge (de 10 à 15 %). En effet, la sauge est caractérisée par une marge brute élevée, et peu de changements lui sont défavorables dans le scénario (uniquement les effets des sécheresses). Cependant, les prix de l'huile essentielle de sauge sont actuellement très fluctuants et c'est une production de niche dont le prix diminuerait fortement si les surfaces cultivées venaient à être trop importantes. Bien que ces fluctuations ne soient pas simulées dans le scénario, j'ai donc fait l'hypothèse que les surfaces cultivées en sauge n'augmentent que faiblement.

Les systèmes de culture des exploitations-type spécialisées en lavandin ont été adaptés de manière à correspondre à ces hypothèses (Tableau 6-6). Les règles établies pour la construction des rotations restent identiques à celles établies pour la situation de référence⁵⁷. La culture de lavandin est toujours exclue d'une proportion fixe de parcelles de l'exploitation-type. Afin de permettre des variations d'assolement plus importantes, ces proportions ont été modifiées dans le scénario: les exploitations-type spécialisées en lavandin cultivent du lavandin sur 80% de leurs parcelles (cette proportion était de 70% dans la situation de référence), et les exploitations-type non spécialisées en lavandin cultivent du lavandin sur 20% de leurs parcelles (40% dans la situation de référence).

⁵⁷ Pour rappel, ces règles sont : (i) on ne peut planter du lavandin qu'après un précédent blé dur ; (ii) on ne peut planter que du blé dur après une plantation de lavandin ; (iii) deux cultures complémentaires au blé dur et au lavandin ne peuvent pas être plantées à la suite : au moins une culture de blé dur est intercalée ; seule la sauge, espèce pluriannuelle, reste en place trois ans sur une même parcelle ; (iv) le blé dur ne peut pas être cultivé plus de deux années successives ; (v) deux plantations de lavandin sont séparées par un intervalle minimal de 2 années (voir chapitre 5, section 3 partie 2).

TABLEAU 6-6 : ADAPTATION DES ROTATIONS ET ASSOLEMENTS DES EXPLOITATIONS-TYPE (L : LAVANDIN, B : BLE DUR, S : SAUGE (3 ANS), C : COLZA, P : POIS, T : TOURNESOL)

	spécialisées en lavandin	non spécialisées en lavandin
grandes	<p>Rotation 1 : LBB sur 80 % des parcelles (situation de référence : rotations diverses avec lavandin sur 70% des parcelles⁵⁸)</p> <p>Rotation 2 : BS3 sur 20% des parcelles (situation de référence : rotations diverses sans lavandin sur 30% des parcelles)</p> <p>assolements obtenus : Lavandin = 64% (situation de référence : 47 %) Blé dur = 21% (situation de référence : 34 %) Sauge = 15 % (situation de référence : 10 %) (dans la situation de référence, il y avait 9% de colza)</p>	<p>Rotation 1 : LBCBPBPTBPBPB sur 20% des parcelles (situation de référence : rotations diverses avec lavandin sur 40% des parcelles)</p> <p>Rotation 2 : BPBCBPBT sur 80% des parcelles (situation de référence : rotations diverses sans lavandin sur 60% des parcelles)</p> <p>assolements obtenus: Lavandin = 7% (situation de référence : 23 %) Blé dur = 47 % (situation de référence : 44 %)</p>
moyennes	<p>Rotation 1 : LBB sur 80 % des parcelles (situation de référence : rotations diverses avec lavandin sur 70% des parcelles)</p> <p>Rotation 2 : BC sur 20% des parcelles (situation de référence: rotations diverses sans lavandin sur 30% des parcelles)</p> <p>assolements obtenus : Lavandin = 64% (situation de référence : 53 %) Blé dur = 26% (situation de référence : 31 %) Colza = 10 % (situation de référence : 16 %)</p>	<p>Colza = 10 % (situation de référence : 11 %)</p> <p>Pois = 23 % (situation de référence : 11 %)</p> <p>Tournesol = 10 % (situation de référence : 11 %)</p>

Adaptation des exploitations-type non spécialisées en lavandin

J'ai fait l'hypothèse que toutes les exploitations-type non spécialisées en lavandin suivaient une stratégie d'augmentation de leurs surfaces cultivées en pois, colza et tournesol. En effet, les agriculteurs non spécialisés en lavandin ont déjà les connaissances et le matériel nécessaire pour une telle diversification. De plus, les investissements réalisés pour la récolte et la distillation du lavandin sont plus faibles que pour les exploitations spécialisées en lavandin (matériel généralement possédé en CUMA), et les surfaces cultivées en lavandin peuvent donc être plus facilement diminuées. Ces

⁵⁸ Voir annexe 6 : rotations et assolements des exploitations-type pour l'état actuel du territoire

exploitations privilégient donc une diversification de leurs cultures afin de faire face aux incertitudes liées aux rendements et aux divers problèmes rencontrés par la culture du lavandin.

J’ai de plus fait l’hypothèse que ces exploitations-type cultivaient plus de pois que de colza ou de tournesol (dans la situation de référence, ces espèces sont cultivées dans des proportions similaires). Le pois nécessite en effet très peu d’intrants chimiques, en comparaison du tournesol ou du colza (voir annexe 8). Une telle adaptation permettrait donc de faire face à la hausse du prix de l’énergie et des fertilisants.

De même que pour les exploitations-type spécialisées, ces hypothèses ont servi de base à la modification des systèmes de culture de ces exploitations-type (Tableau 6-6).

MODIFICATION DES ITINERAIRES TECHNIQUES

Les agriculteurs enquêtés ont aussi mentionné des adaptations au niveau des itinéraires techniques (Tableau 6-7).

TABLEAU 6-7 : ADAPTATIONS DES ITINERAIRES TECHNIQUES DES DIFFERENTS TYPES STRUCTURELS D’EXPLOITATIONS-TYPE

	spécialisées	non spécialisées
moyennes	<p><u>lavandin</u> : tous les itinéraires techniques sont remplacés par des itinéraires techniques avec plus de binages sur les rangs et inter-rangs</p> <p><u>blé</u> : tous les itinéraires techniques sont remplacés par des itinéraires techniques sans fertilisation azotée avant le semis</p>	
grandes	<p><u>lavandin</u> : tous les itinéraires techniques sont remplacés par des itinéraires techniques avec plus de binages sur les rangs et inter-rangs</p> <p><u>blé</u> : tous les itinéraires techniques sont remplacés par des itinéraires techniques sans fertilisation azotée avant le semis</p>	<p><u>lavandin</u> : tous les itinéraires techniques sont remplacés par des itinéraires techniques avec plus de binages sur les rangs et inter-rangs</p> <p><u>blé</u> : tous les itinéraires techniques sont remplacés par des itinéraires techniques sans fertilisation azotée avant le semis</p> <p><u>blé dur, colza, pois</u> : tous les itinéraires techniques sont réalisés avec passage de disques à la place du labour</p>

Suite à l’application des mesures de protection de la ressource en eau liées au classement de la région agricole en zone vulnérable nitrate, l’apport d’engrais azoté réalisé avant le semis du blé dur (novembre) est supprimé pour toutes les exploitations-type. Les applications d’herbicides sur le lavandin sont aussi remplacées par des binages sur les rangs et inter-rangs en raison d’incitations liées au plan éco-phyto 2025, qui n’ont pas été précisées avec les acteurs. Le lavandin est la seule culture sujette à une baisse des applications de produits phytosanitaires, car c’est la culture qui en consomme le plus et sur laquelle les marges de manœuvre sont les plus importantes pour en réduire l’usage. Enfin, afin de faire face à une augmentation du coût des énergies fossiles, les grandes

exploitations-type non spécialisées en lavandin augmentent leurs surfaces cultivées avec des techniques culturales simplifiées (passage de disques à la place du labour).

2.1.4. REPRISE DU SCENARIO AVEC LES ACTEURS LORS DE L'ATELIER DE RESTITUTION

Ce scénario a été présenté aux acteurs (principalement «gestionnaires») lors de l'atelier de restitution des résultats. Ceux-ci ont considéré que ses principales composantes étaient plausibles et pertinentes à explorer. Les adaptations modélisées pour les exploitations-type non spécialisées en lavandin ont cependant été remises en question. Dans le scénario, ces exploitations-types s'adaptent en effet en diminuant leurs surfaces en lavandin et en augmentant celles en colza, pois et tournesol. Selon les acteurs, une adaptation plus logique de ces exploitations-type serait d'augmenter leurs surfaces en lavandin. En effet, la marge brute de cette culture, bien que diminuée, reste importante dans ce scénario. Tout comme pour les exploitations-type spécialisées en lavandin, une augmentation de la surface en lavandin permettrait donc de compenser partiellement la diminution des marges brutes des différentes cultures.

Nous avons donc décidé d'évaluer **deux scénarii, différant uniquement par les adaptations des exploitations-types non spécialisées en lavandin** (le Tableau 6-8 montre les rotations et assolements des exploitations-type non spécialisées en lavandin dans chaque scénario) :

- Le scénario initialement construit, que j'appellerai par la suite **scénario «stratégies opposées»**, dans lequel les exploitations-type non spécialisées en lavandin s'adaptent en diminuant leurs surfaces plantées en lavandin et en augmentant les surfaces en colza, pois et tournesol. Les exploitations-type spécialisées en lavandin s'adaptent quant à elles en augmentant leurs surfaces plantées en lavandin.
- Le scénario résultant des discussions lors de l'atelier de restitution, que j'appellerai par la suite **scénario «spécialisation»**, dans lequel toutes les exploitations-type, spécialisées et non spécialisées en lavandin s'adaptent en augmentant leurs surfaces plantées en lavandin.

TABLEAU 6-8 : ADAPTATIONS DES ROTATIONS ET ASSOLEMENTS DES EXPLOITATIONS-TYPE NON SPECIALISEES EN LAVANDIN DANS LES SCENARII «STRATEGIES OPPOSEES» ET « SPECIALISATION ».

exploitations-type non spécialisées en lavandin	
scénario «stratégies opposées»	scénario «spécialisation»
<p>Rotation 1 : LBCBPBPTBPBPB sur 20% des parcelles (situation de référence : rotations diverses avec lavandin sur 40% des parcelles)</p> <p>Rotation 2 : BPBCBPBT sur 80% des parcelles (situation de référence : rotations diverses sans lavandin sur 60% des parcelles)</p> <p>assolements obtenus: Lavandin = 7% (situation de référence : 23 %) Blé dur = 47 % (situation de référence : 44 %) Colza = 10 % (situation de référence : 11 %) Pois = 23 % (situation de référence : 11 %) Tournesol = 10 % (situation de référence : 11 %)</p>	<p>Rotation 1 : LBCBPB ou LBTBPB selon les parcelles sur 60% des parcelles (situation de référence : rotations diverses avec lavandin sur 40% des parcelles)</p> <p>Rotation 2 : BPBCBPBT sur 40% des parcelles (situation de référence : rotations diverses sans lavandin sur 60% des parcelles)</p> <p>assolements obtenus: Lavandin = 40 % (moyenne actuelle : 23 %) Blé dur = 20 % (moyenne actuelle : 44 %) Colza = 8 % (moyenne actuelle : 11 %) Pois = 15 % (moyenne actuelle : 11 %) Tournesol = 8 % (moyenne actuelle : 11 %)</p>

3. EVALUATION DES SCENARII D'EVOLUTION

Les deux scénarii «stratégies opposées» et «spécialisation» ont été évalués grâce au modèle informatique. Je présente tout d'abord l'évolution des performances entre la situation de référence et les scénarii pour chaque espèce cultivée à l'échelle de la parcelle. Ces résultats obtenus à l'échelle de la parcelle me permettent alors de mettre en lumière l'évolution des performances des exploitations-type spécialisées et non spécialisées en lavandin, puis équipées et non équipées pour l'irrigation. Je présente enfin les résultats obtenus à l'échelle de la région agricole.

3.1. EVOLUTION DES PERFORMANCES A L'ECHELLE DE LA PARCELLE

L'évolution des performances de chaque espèce cultivée entre la situation de référence et le scénario est similaire pour les deux scénarii car ces derniers impliquent les mêmes changements d'itinéraires techniques par rapport à la situation de référence. Seuls les rendements moyens et les marges brutes varient très légèrement entre les deux scénarii, en raison d'une répartition légèrement différente des espèces entre les sols à réserve utile élevée, moyenne, et faible à l'échelle de la région agricole (voir annexe 8). Ici, je ne présente que les résultats obtenus avec le scénario «stratégies opposées».

Les évolutions les plus importantes entre la situation de référence et ce scénario sont observées pour les coûts de production, les rendements, et la marge brute (Tableau 6-9). Les autres indicateurs

ne dépendent que des itinéraires techniques réalisés, peu modifiés entre la situation de référence et le scénario⁵⁹, et je ne présente donc pas leur évolution ici.

TABLEAU 6-9 : EVOLUTION DES COÛTS DE PRODUCTION, MARGES BRUTES ET RENDEMENTS DES DIFFERENTES ESPECES POUR LE SCENARIO «STRATEGIES OPPOSEES»

		Blé dur	Colza	Lavandin	Pois	Sauge	Tournesol
coûts de production	valeur (€/ha) scénario «stratégies opposées»	654	627	715	264	405	773
	variation (€/ha) scénario «stratégies opposées»	+131	+ 135	+ 48	+ 16	+ 129	+ 95
marge brute	valeur (€/ha) scénario «stratégies opposées»	282	377	638	664	953	-217
	variation (€/ha) scénario «stratégies opposées»	-272	-299	-636	-32	-395	-245
rendements	variation (%) scénario «stratégies opposées»	-19%	-5%	-19%	-10%	+ 7%	-7%

Les plus fortes augmentations en valeur absolue des coûts de production sont observées pour le colza, le blé dur, et la sauge. Une part importante des coûts de production de ces trois espèces est en effet liées aux intrants chimiques, et notamment aux fertilisants, dont les prix augmentent de 50% dans le scénario (voir annexe 8). Dans la situation de référence, les coûts liés aux fertilisants étaient plus importants pour le blé dur que pour le colza ou la sauge. Cependant, dans le scénario, la suppression de la fertilisation azotée avant le semis compense en partie l'augmentation du prix des fertilisants, ce qui explique les plus faibles différences de résultats observées entre le blé dur et le colza ou la sauge. Le lavandin et le pois subissent une augmentation plus faible des coûts de production, car ils ne nécessitent que peu (pour le lavandin) ou pas du tout (pour le pois) de fertilisation. Pour le lavandin, les coûts liés aux intrants chimiques diminuent sensiblement en raison de la diminution des traitements phytosanitaires, remplacés par des binages mécaniques sur les rangs et inter-rangs (voir annexe 8).

⁵⁹ Les seuls changements d'itinéraires techniques concernent : (i) les traitements phytosanitaires du lavandin, (ii) la fertilisation du blé dur, et (iii) la réalisation de pratiques culturales simplifiées.

Ces augmentations de coûts de production se combinent avec des baisses de rendements et provoquent une diminution des marges brutes de 300 €/ha en moyenne pour la plupart des cultures.

La plus forte diminution de la marge brute en valeur absolue est observée pour le **lavandin**. Cette espèce subit en effet une diminution importante de ses rendements en raison des sécheresses et de l'intensification du dépérissement, atteignant en moyenne -19%.

La marge brute de la **sauge** diminue aussi fortement en raison de l'augmentation importante de ses coûts de production. Cette augmentation est en partie compensée par une hausse de 7% de ses rendements moyens. En effet, dans le scénario, la sauge n'est cultivée que sur des sols à réserve utile élevée, alors que dans la situation de référence, sa culture est répartie sur les trois classes de réserve utile (voir annexe 8). Cela correspond à un artéfact du modèle. En effet, la sauge n'est cultivée que par les grandes exploitations-type spécialisées en lavandin et est intégrée uniquement dans les rotations sans lavandin (réalisées sur 2 parcelles modélisées dans le scénario, contre 3 dans la situation de référence). Or, le lavandin étant préférentiellement cultivé sur des sols à réserve utile faible ou moyenne, ces deux rotations sans lavandin sont réalisées sur des sols à réserve utile élevée.

Le **blé dur** est l'espèce subissant les baisses de rendements les plus importantes, en raison des sécheresses et de la suppression de la fertilisation azotée automnale. Combiné avec l'augmentation de ses coûts de production, sa marge brute est divisée par deux.

A l'inverse, en raison d'une baisse des rendements de seulement 10 % et d'une augmentation limitée de ses coûts de production, le **pois** est la culture subissant la diminution de la marge brute la plus faible.

Enfin, le **colza** est l'espèce subissant les chutes de rendement les plus faibles. Dans le scénario, la part de colza cultivée sur des sols à réserve utile faible diminue en effet, compensée par une augmentation de la part de colza cultivée sur des sols à réserve utile moyenne (artéfact du modèle) (voir annexe 8). Les estimations des rendements du colza ont de plus été réalisées sans prise en compte les problèmes de levée, principale limite rencontrée par sa culture sur le plateau de Valensole en raison de la pluviométrie printanière instable, et dont le risque augmente significativement lors de sécheresses printanières. Le colza, subissant une augmentation assez importante de ses coûts de production, voit finalement sa marge brute diminuer de moitié.

En résumé, le blé dur et le lavandin sont les deux espèces subissant les baisses de rendement les plus importantes entre la situation de référence et le scénario « stratégie opposée » (-20% en moyenne). La sauge, à l'inverse, est la seule espèce dont les rendements augmentent, en raison de sa présence principalement sur des sols à réserve utile élevée. Le pois subit une diminution de rendement plus élevée que le colza, ce qui va à l'encontre des dires d'experts récoltés lors des entretiens et ateliers participatifs. Le pois serait en effet résistant aux sécheresses selon eux. Dans ce

scénario, les marges brutes du pois et du lavandin deviennent proches (620 €/ha), alors que celle du blé dur n'en représente qu'environ un tiers (220 €/ha). La sauge reste l'espèce cultivée ayant la marge brute la plus élevée (980 €/ha), et le tournesol la plus faible (-200 €/ha).

3.2. EVOLUTION DES PERFORMANCES A L'ECHELLE DES EXPLOITATIONS-TYPE

Je présente ici uniquement l'évolution des performances des exploitations-type spécialisées et non spécialisées en lavandin d'une part, et des exploitations-type équipées et non équipées pour l'irrigation d'autre part. J'aborde ici les deux scénarii évalués : le scénario « spécialisation » et le scénario « stratégies opposées ».

3.2.1. EVOLUTION DES PERFORMANCES DES EXPLOITATIONS-TYPE SPECIALISEES ET NON SPECIALISEES EN LAVANDIN

Pour rappel, les exploitations-types spécialisées en lavandin s'adaptent de la même manière dans le scénario « spécialisation » et le scénario « stratégies opposées » (Figure 6-8). Dans les deux cas, elles augmentent leurs surfaces cultivées en lavandin et sauge (espèces restant parmi les plus rentables malgré une diminution de leur marge brute), aux dépens des surfaces cultivées en blé dur et en colza. Les exploitations-type non spécialisées en lavandin s'adaptent quant à elles de manière différenciée selon le scénario considéré. Dans le scénario « spécialisation », elles mettent en place la même stratégie que les exploitations-type spécialisées en lavandin : leurs surfaces relatives en lavandin augmentent, ainsi que leurs surfaces en pois, aux dépens des surfaces cultivées en blé dur, en colza et en tournesol. Au contraire, dans le scénario « stratégies opposées », les exploitations-type diminuent les surfaces plantées en lavandin dans l'objectif d'augmenter leurs surfaces plantées en pois et en blé dur, deux espèces touchant des aides couplées de la PAC.

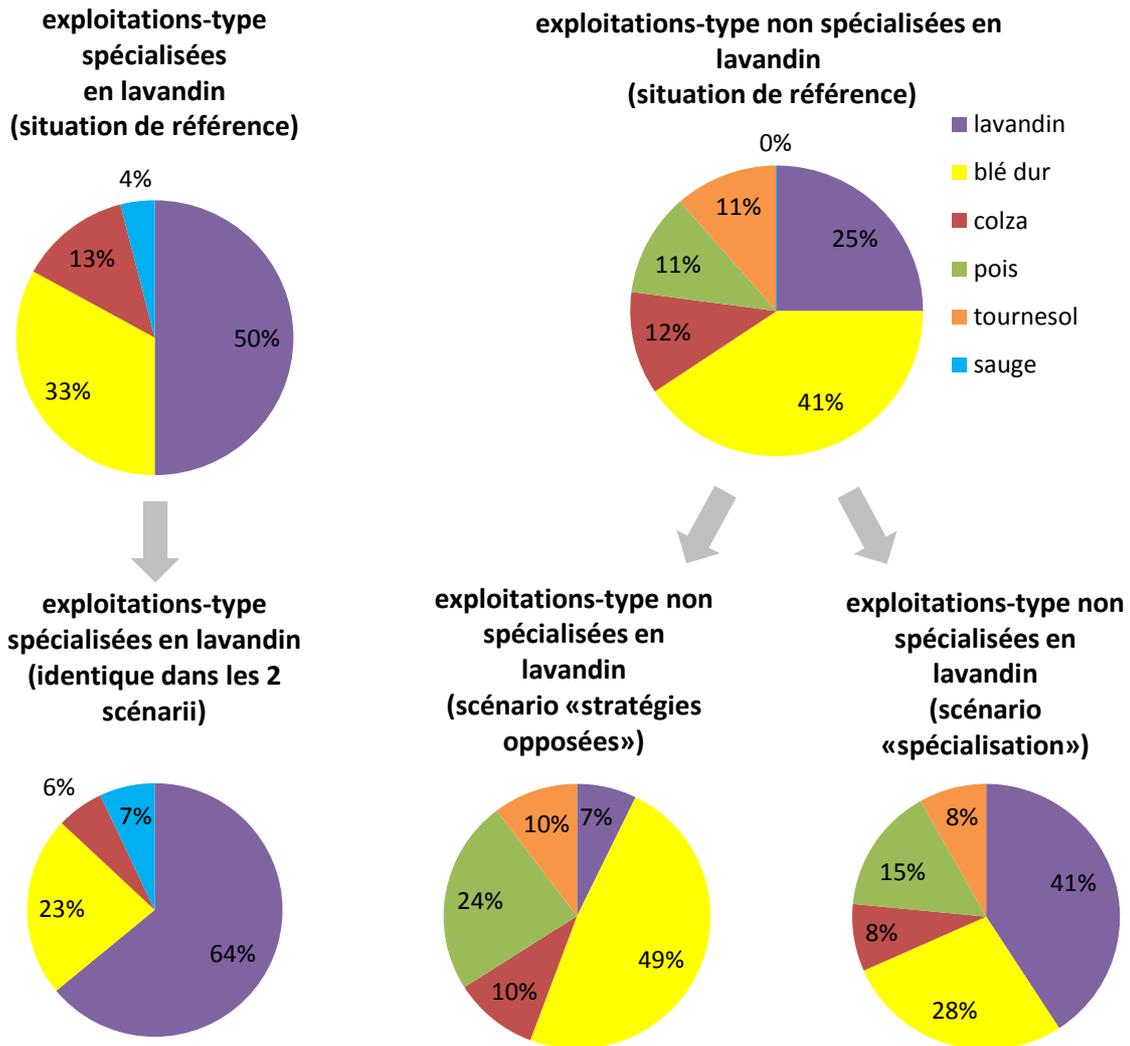


FIGURE 6-8 : EVOLUTION DES ASSOLEMENTS DES EXPLOITATIONS-TYPE SPECIALISEES ET NON SPECIALISEES EN LAVANDIN

Entre la situation de référence et les scénarii, les marges brutes diminuent à la fois pour les exploitations-type spécialisées et non spécialisées en lavandin, et ce dans les deux scénarii (Figure 6-9). Cette diminution de marge brute est cependant plus importante pour les exploitations-type non spécialisées en lavandin dans le scénario «stratégies opposées» (-45%), en raison de la diminution des surfaces plantées en lavandin au profit du blé dur. Pour ces exploitations-type, l'augmentation des surfaces plantées en pois, dont la culture devenue aussi rentable que celle du lavandin, permet cependant de compenser (en partie) la diminution des surfaces plantées en lavandin (Figure 6-8).

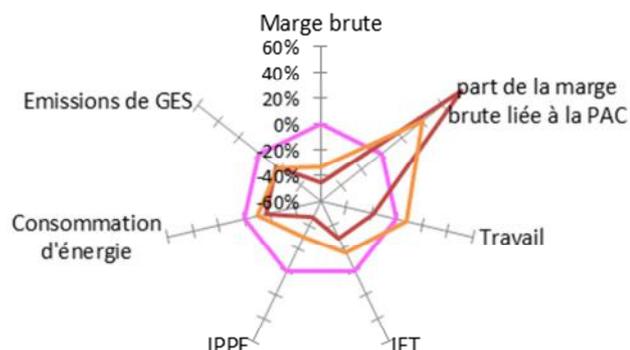
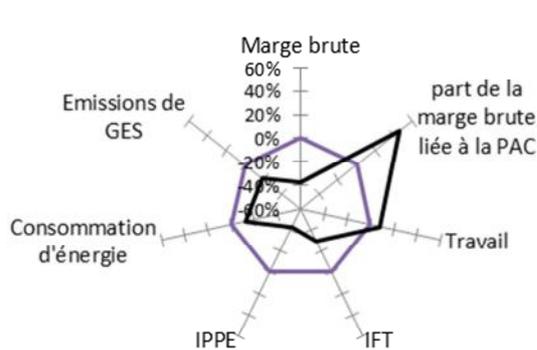
Pour toutes les exploitations-type, la diminution de la marge brute s'accompagne d'une forte hausse de la part des subventions PAC dans la marge brute. Pour les exploitations-type spécialisées en lavandin, cette hausse est essentiellement due à la diminution de la marge brute. Pour les exploitations-type non spécialisées en lavandin cette hausse est environ 40% plus importante dans le scénario «stratégies opposées» que dans le scénario «spécialisation». En effet, dans le scénario

«stratégies opposées», la diminution importante de la marge brute de ces exploitations se combine avec un doublement des surfaces cultivées en pois (touchant une aide couplée de 100 €/ha), et une augmentation des surfaces cultivées en blé dur (touchant une aide couplée de 30 €/ha). L'augmentation des surfaces de ces deux espèces permet ainsi de compenser en partie les baisses de la marge brute non liée à la PAC (baisse de rendements, augmentation des coûts de production...), mais augmente la dépendance des exploitations aux aides de la PAC. Dans le scénario «spécialisation», la hausse de la part de la marge brute liée à la PAC est moindre en raison d'une augmentation plus faible des surfaces cultivées en pois et de la diminution des surfaces cultivées en blé dur.

Dans le scénario «stratégies opposées», on observe aussi une diminution du temps de travail pour les exploitations-type non spécialisées. Pour ces exploitations-type, la surface relative en lavandin augmente en effet, et sa culture est celle nécessitant le temps de travail le plus important. Pour la même raison, le temps de travail augmente aussi dans le scénario «spécialisation», à la fois pour les exploitations-type spécialisées et non spécialisées en lavandin. Pour les grandes exploitations-type non spécialisées en lavandin, ces augmentations de temps de travail sont légèrement limitées par l'utilisation systématique de techniques culturales simplifiées pour le colza, le pois et le blé dur.

a) exploitations-type spécialisées en lavandin

b) exploitations-type non spécialisées en lavandin



- Exploitations-type spécialisées dans la situation de référence
- Exploitations-type spécialisées dans les scénarii ("spécialisation" ou "stratégies opposées")

- Exploitations-type non spécialisées dans la situation de référence
- Exploitations-type non spécialisées dans le scénario "stratégies opposées"
- Exploitations-type non spécialisées dans le scénario "spécialisation"

FIGURE 6-9 : EVOLUTION DES PERFORMANCES DES EXPLOITATIONS-TYPE SPECIALISEES ET NON SPECIALISEES EN LAVANDIN

Quel que soit le scénario, on observe une amélioration de toutes les performances environnementales pour toutes les exploitations-type.

Dans le scénario «spécialisation», les variations des consommations énergétiques et d'émissions de gaz à effet de serre sont de même ampleur pour toutes les exploitations-type ; les assolements de ces exploitations-type évoluent en effet dans le même sens (Figure 6-8). La réalisation systématique de techniques culturales simplifiées sur le blé dur, pois, et colza par les grandes exploitations-type non spécialisées n'induit que peu de variation de ces deux indicateurs (voir annexe 8). Concernant les émissions de gaz à effet de serre des exploitations-type non spécialisées en lavandin, les variations observées dans les deux scénarii sont similaires. Dans le scénario «stratégies opposées», ces exploitations-type cultivent pourtant plus de blé dur et de colza, espèces très émettrices de gaz à effet de serre, que dans le scénario «spécialisation». Les émissions liées à ces deux espèces sont cependant en partie compensées par des surfaces plus importantes cultivées en pois, espèce la moins émettrice de gaz à effet de serre. Pour ces exploitations-type, les consommations d'énergie sont légèrement plus importantes dans le scénario «spécialisation» que dans le scénario «stratégies opposées», car les consommations d'énergie liées à la culture du lavandin sont équivalentes à celles liées à la culture du blé dur et du colza (voir partie 1).

Dans le scénario «stratégies opposées», les évolutions de l'IFT et de l'IPPE sont proches pour les exploitations-types spécialisées et non spécialisées en lavandin. Dans les deux scénarii, l'IFT du lavandin est en effet divisé par deux en raison du remplacement de certains traitements herbicides par du binage dans et entre les rangs : le lavandin atteint alors un IFT et un IPPE équivalents à ceux du pois et du colza, et plus faible que le tournesol (voir annexe 8). Dans le scénario «spécialisation», les variations de ces deux indicateurs par rapport à la situation de référence sont plus faibles que dans le cas du scénario «stratégies opposées», car les surfaces cultivées en pois, espèce requérant le moins de produits phytosanitaires, sont moins importantes.

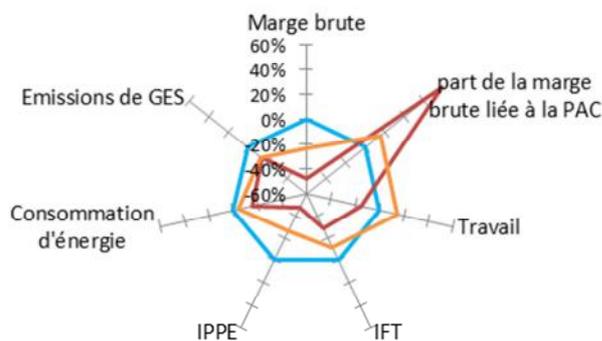
3.2.2. EVOLUTION DES PERFORMANCES DES EXPLOITATIONS-TYPE EQUIPEES POUR L'IRRIGATION

De même que dans la situation de référence, je compare ici une exploitation équipée pour l'irrigation à l'exploitation-type identique en tout point (taille, intensité du dépérissement de la zone, spécialisation en lavandin) mais non équipée pour l'irrigation. Je ne présente ici que les résultats obtenus pour les exploitations-type moyennes équipées et non équipées pour l'irrigation, très proches de ceux obtenus pour les grandes exploitations-type correspondantes.

L'évolution des performances observées pour l'exploitation-type équipée et celles observées pour l'exploitation-type non équipée pour l'irrigation sont similaires, quel que soit le scénario (Figure 6-10). Elles sont aussi similaires à l'évolution des performances moyennes de toutes les exploitations-

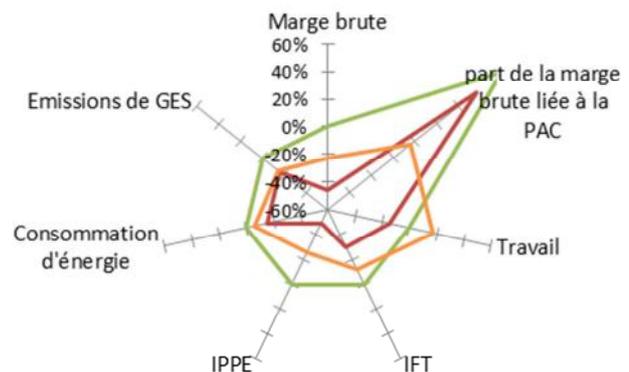
type non spécialisées en lavandin (Figure 6-9). Les systèmes de culture des exploitations-type équipées et non équipées sont en effet presque identiques (seules les pratiques liées à l'irrigation varient), que ce soit dans la situation de référence ou dans les deux scénarii. L'évolution de la marge brute est aussi similaire dans les deux cas, malgré une atténuation de l'effet des sécheresses par l'irrigation au sein des exploitations équipées. Rappelons cependant que seuls 20 % de ces exploitations-type sont irriguées.

a) exploitation-type moyenne équipée pour l'irrigation



- Exploitation-type équipée pour l'irrigation dans la situation de référence
- Exploitation-type équipée pour l'irrigation dans le scénario "stratégies opposées"
- Exploitation-type équipée pour l'irrigation dans le scénario "spécialisation"

b) exploitation-type moyenne non équipée pour l'irrigation



- Exploitation-type non équipée pour l'irrigation dans la situation de référence
- Exploitation-type non équipée pour l'irrigation dans le scénario "stratégies opposées"
- Exploitation-type non équipée pour l'irrigation dans le scénario "spécialisation"

FIGURE 6-10 : EVOLUTION DES PERFORMANCES DE LA MOYENNE EXPLOITATION-TYPE (A) EQUIPEE POUR L'IRRIGATION ET (B) NON EQUIPEES POUR L'IRRIGATION

En résumé, la marge brute des exploitations diminue de manière conséquente entre la situation de référence et le scénario, quel que soit le scénario considéré et les exploitations-type, et ce malgré les adaptations réalisées. La diminution de la marge brute est de plus combinée à une hausse très importante de la dépendance aux aides de la PAC. Les performances environnementales sont cependant améliorées quel que soit le scénario et les exploitations-type. Pour les exploitations-type non spécialisées en lavandin, la stratégie de spécialisation en lavandin est, selon nos résultats, la meilleure stratégie pour faire face aux divers changements négatifs du contexte imaginés dans les scénarii, aussi bien pour les performances économiques qu'environnementales. Selon nos résultats,

la stratégie liée à l'irrigation n'apporte cependant pas d'avantage comparatif (cet élément est discuté en dernière partie de ce chapitre).

Lors de l'atelier de restitution, seuls les résultats obtenus avec le scénario «stratégies opposées» ont été présentés aux acteurs, le scénario « spécialisation » ayant été développé par les acteurs en réaction à ces résultats d'évaluation. Ceux-ci ont surtout commenté les résultats obtenus pour la comparaison des exploitations-type équipées et non équipées pour l'irrigation. En écho à la discussion des performances obtenues dans de la situation de référence, certains acteurs ont regretté que n'aient pas été prises en compte des adaptations différenciées entre exploitations-type équipées et non équipées pour l'irrigation. Des adaptations différenciées auraient en effet pu mettre en évidence un avantage comparatif pour les exploitations-type équipées pour l'irrigation.

3.3. EVOLUTION DES PERFORMANCES A L'ECHELLE DE LA REGION AGRICOLE

3.3.1. ASSOLEMENTS MOYENS ET PRODUCTIONS TOTALES

Je compare l'évolution des surfaces relatives et des productions des espèces cultivées à l'échelle régionale entre la situation de référence et chacun des deux scénarii (Figure 6-11 et Tableau 6-10).

Quel que soit le scénario, on observe une diminution des surfaces relatives cultivées en oléagineux (**colza et tournesol**) à l'échelle de la région agricole, diminution qui entraîne une baisse des productions de ces deux espèces. Dans le scénario «stratégies opposées», le doublement de la surface en pois entre la situation de référence et le scénario entraîne une augmentation de 74% de la production à l'échelle de la région. L'augmentation n'est pas proportionnelle puisque les rendements moyens du pois diminuent. Dans le scénario «spécialisation», la production de pois à l'échelle de la région reste stable en raison de la faible augmentation des surfaces plantées.

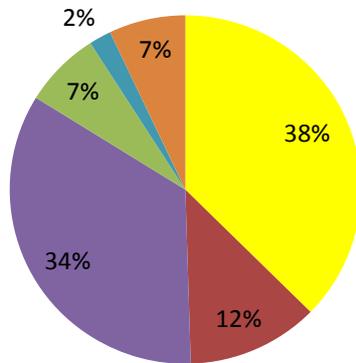
La production de **blé dur** diminue aussi dans les deux scénarii bien que sa surface relative reste stable dans le cas du scénario «stratégies opposées», en raison de la diminution des rendements moyens de sa culture (sécheresse printanière et diminution de la fertilisation azotée).

Dans le scénario «spécialisation», la surface relative de **lavandin** augmente de 50 % et la production de presque 30 % malgré les baisses importantes de rendement. A l'inverse, la légère diminution de la surface relative en lavandin (34 à 31 %) dans le scénario «stratégies opposées», croisée avec la diminution des rendements, provoque une diminution de 25 % de la production d'huile essentielle de lavandin.

Enfin, la légère hausse des rendements de la **sauge** et le doublement de sa surface relative provoque une augmentation des productions d'huile essentielle et de pailles de sauge de plus de 130 %.

b) scénario «stratégies opposées»

a) situation de référence



c) scénario «spécialisation»

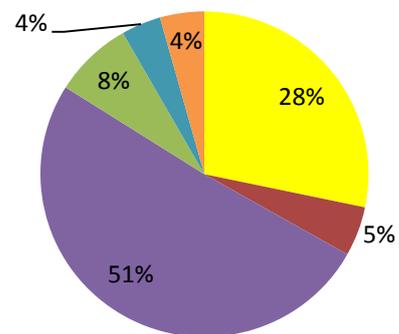
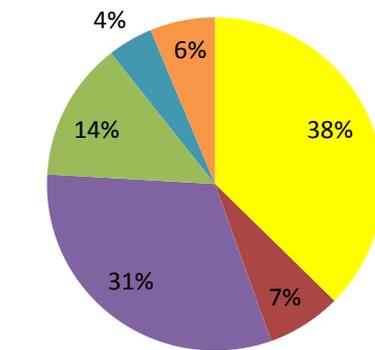


FIGURE 6-11 : EVOLUTION DES SURFACES RELATIVES DES DIFFERENTES ESPECES A L'ECHELLE DE LA REGION AGRICOLE : A) SITUATION DE REFERENCE, B) SCENARIO «STRATEGIES OPPOSEES», C) SCENARIO «SPECIALISATION»

TABLEAU 6-10 : EVOLUTION DES PRODUCTIONS DES DIFFERENTES ESPECES ENTRE LA SITUATION DE REFERENCE ET LES DEUX SCENARI

	Blé dur	Colza	Lavandin	Pois	Sauge (huile essentielle et pailles)	Tournesol
scénario «stratégies opposées»	-18%	-43%	-26%	+ 74%	+ 134%	-17%
scénario «spécialisation»	-39%	-60%	+ 28%	+ 5%	+ 134%	-45%

3.3.2. EVOLUTION DES AUTRES PERFORMANCES A L'ECHELLE DE LA REGION AGRICOLE

Pour les deux scénarii, on observe une diminution de presque un tiers de la marge brute par rapport à la situation de référence, en raison des nombreux changements négatifs subis par la région agricole (Figure 6-12). Dans le scénario «spécialisation», cette diminution de la marge brute est en plus combinée avec une légère augmentation du temps de travail, alors que celui-ci diminue dans le scénario «stratégies opposées».

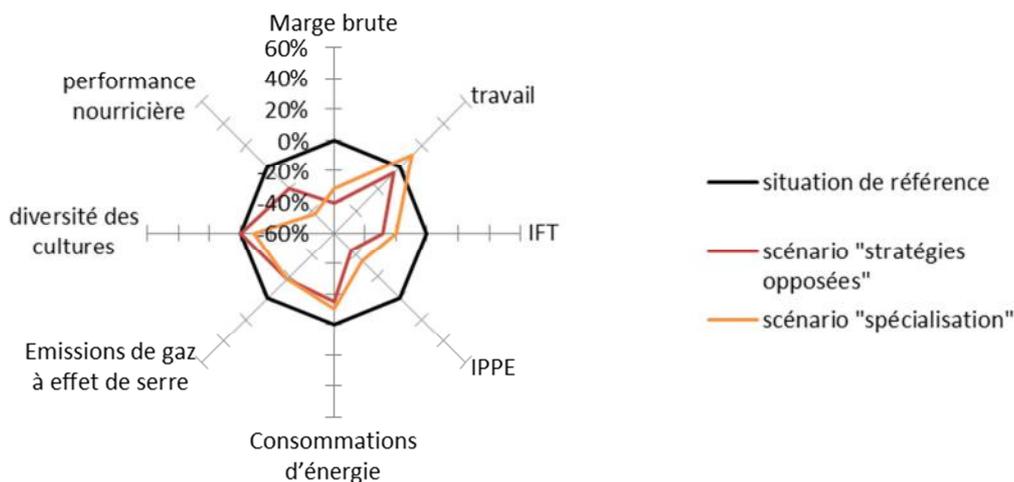


FIGURE 6-12 : EVOLUTION DES PERFORMANCES A L'ECHELLE DE LA REGION AGRICOLE

En parallèle, toutes les performances environnementales s'améliorent dans les deux scénarii. L'IFT et l'IPPE diminuent ainsi en moyenne respectivement de 25% et 40%, en raison du remplacement de certains traitements chimiques par du binage sur et entre les rangs pour le lavandin. Les surfaces cultivées en tournesol et colza, espèces requérant beaucoup de produits phytosanitaires, diminuent aussi. On observe une diminution notable des émissions de gaz à effet de serre, et des consommations d'énergie, liée à la suppression de la fertilisation azotée avant semis sur le blé sur et à un accroissement des surfaces cultivées avec des techniques culturales simplifiées.

L'indicateur de diversité des cultures reste stable dans le scénario «stratégies opposées», mais diminue légèrement dans le scénario «spécialisation». En effet, cet indicateur découle directement des surfaces relatives des différentes espèces et le lavandin représente plus de 50 % de la surface cultivée totale de la région agricole dans le scénario «spécialisation».

La performance nourricière diminue dans les deux scénarii, et de manière plus marquée pour le scénario «spécialisation». Dans ce scénario en effet, la surface de la région agricole couverte par les espèces n'ayant aucune valeur nutritive (lavandin et sauge) augmente fortement. La région agricole est ainsi capable de nourrir 3 886 personnes (5 460 personnes dans le scénario «stratégies opposées»), contre 6 820 dans la situation de référence.

Le scénario «spécialisation» et le scénario «stratégies opposées» obtiennent des performances différentes : le scénario «spécialisation» est caractérisé par une marge brute moyenne plus élevée que le scénario «stratégies opposées», mais aussi par un temps de travail moyen plus élevé, et des performances nourricière et environnementales plus faibles.

4. DISCUSSION DES RESULTATS

Cette évaluation du système agricole dans la situation de référence et pour deux scénarii apporte des éléments de réponse à la question formulée lors de la phase de formulation du problème, qui était «*Quel avenir durable pour les exploitations du plateau de Valensole ?*», et était précisée par une sous-question, «*Quelles solutions pour améliorer les systèmes de production sur le plateau de Valensole ?*». Elle permet de plus d'évaluer *a posteriori* le modèle co-construit. Je reviens ici sur l'influence du niveau de spécialisation en lavandin et leur équipement pour l'irrigation. L'annexe 9 donne quelques éléments de discussion sur l'influence de la taille des exploitations-type et de leur localisation au sein de la région agricole. A la fin de cette partie, je reviens sur la sous-estimation des IFT du pois et du colza dans le modèle, principal biais identifié par les acteurs pour la description des itinéraires techniques.

4.1. INFLUENCE DU NIVEAU DE SPECIALISATION EN LAVANDIN DES EXPLOITATIONS SUR LES PERFORMANCES DU SYSTEME AGRICOLE

Les résultats obtenus confirment l'influence élevée du niveau de spécialisation en lavandin sur les performances des exploitations du plateau de Valensole. Plus l'exploitation est spécialisée en lavandin, plus elle atteint ainsi des performances économiques élevées, mais des performances environnementales faibles. Rappelons cependant que les IFT du pois et du colza, cultures uniquement réalisées par les exploitations-type non spécialisées, ont été considérés comme sous-évalués par les acteurs (voir aussi partie 4.3.). Les différences d'IFT et d'IPPE observées entre les exploitations-type selon leur niveau de spécialisation seraient donc en réalité moins marquées que dans les résultats du modèle. Tout au long de la démarche, les acteurs avaient été nombreux à mentionner l'intérêt de spécialiser son exploitation en lavandin afin d'optimiser la marge brute dégagée par l'exploitation.

La spécialisation en lavandin de l'exploitation a aussi une influence sur la part des subventions PAC dans la marge brute. Par exemple, lorsque les exploitations-type non spécialisées en lavandin mettent en place une stratégie de diversification dans le scénario, cette part est plus que doublée, et atteint une valeur de 65 %. Dans un contexte de diminution constante des aides et de fortes incertitudes quant à l'évolution de la PAC, ce résultat confirme la pertinence de développer des cultures restant rentables en dehors des aides de la PAC, comme le lavandin. Cet élément avait été évoqué comme une nécessité par un agriculteur lors de la construction de la liste des facteurs de changements pendant la phase de formulation du problème (atelier P2, voir chapitre 4).

Le modèle ne prend cependant pas en compte certaines dynamiques et caractéristiques influençant positivement les performances des exploitations non spécialisées en lavandin. Les acteurs ont ainsi souvent mentionné la nécessité de diversifier les systèmes de culture afin de faire face aux aléas climatiques, agronomiques, et épidémiologiques des différentes espèces. Si la variabilité climatique a été prise en compte de manière très simple dans les scénarii, elle peut en réalité s'exprimer de manière variée et avoir des impacts différenciés sur les rendements des différentes cultures. Il en est de même pour les prix des productions et les maladies que subissent les cultures, qui peuvent évoluer de manière différente. Face à une aggravation du dépérissement du lavandin et à une chute des prix de l'huile essentielle, l'augmentation des prix d'autres productions peut ainsi permettre de compenser une diminution de la marge brute. L'évaluation d'autres scénarii que ceux étudiés dans ce chapitre pourraient donc permettre de mettre en évidence un avantage comparatif important des exploitations non spécialisées en lavandin et d'une stratégie de diversification.

Quel que soit le scénario, nos résultats montrent des variations des productions à l'échelle de la région agricole importantes entre la situation de référence et le scénario. Ces variations pourraient avoir des conséquences sur la commercialisation des productions. Ainsi, une diminution de 25% de la production d'huile essentielle de lavandin dans le scénario «stratégies opposées» pourrait avoir des répercussions sur le marché international de l'huile essentielle de lavandin. Comme souvent évoqué lors de la phase de formulation du problème, une telle diminution pourrait entraîner une chute de la demande, et donc des prix, via le remplacement total par certains industriels de l'huile essentielle naturelle par des produits de synthèse. Ce remplacement total serait ainsi préféré par les industriels à une combinaison entre produits naturels et produits de synthèse, car il simplifierait le processus de fabrication des détergents. Les variations des productions des autres cultures, pour lesquelles le plateau de Valensole représente une part plus faible, ont moins de conséquence sur les marchés. Elles pourraient cependant impacter les structures de commercialisation locales, qui pourraient devoir subir des ajustements structurels et commerciaux. Ces ajustements se traduiraient certainement par des variations des prix d'achats des productions aux agriculteurs.

4.2. INFLUENCE DE L'EQUIPEMENT POUR L'IRRIGATION DES EXPLOITATIONS SUR LES PERFORMANCES DU SYSTEME AGRICOLE

Selon nos résultats, l'équipement des exploitations pour l'irrigation ne leur permet pas d'obtenir de meilleures performances. Seul leur temps de travail moyen est significativement plus important que celui des exploitations non équipées pour l'irrigation. Les variations de ces performances dans

les scénarii sont aussi similaires à celles des exploitations non équipées pour l'irrigation. Ce résultat a longuement été discuté avec les acteurs lors de l'atelier de restitution.

Dans notre modèle, aucune différence n'est en effet représentée entre les systèmes de culture des exploitations équipées et non équipées pour l'irrigation, que ce soit en termes de rotations, d'assolements, ou d'itinéraires techniques (excepté pour les opérations d'irrigation et l'ajout d'un fongicide sur le blé dur). L'analyse des diagnostics disponibles (Lang and Ramseyer 2011; SupAgro 2013) et les entretiens auprès des agriculteurs avaient montré que beaucoup d'exploitations équipées n'adaptait pas leurs systèmes de culture pour l'irrigation. Certains acteurs présents lors de la réunion de restitution l'ont confirmé, mentionnant un manque d'accompagnement pour la conduite de l'irrigation. En conséquence, cette dernière est peu valorisée par ces exploitations, et leurs performances économiques et environnementales sont, pour la plupart des exploitations équipées, semblables à celles des exploitations non équipées pour l'irrigation.

D'autres exploitations équipées mettent en place des itinéraires techniques plus adaptés à l'irrigation, par exemple via l'adaptation des variétés ou le pilotage de la fertilisation, et développent de nouvelles cultures plus rentables (production de semences de céréales, arboriculture, fenouil...). Dans ce cas, les performances économiques sont améliorées. Certains acteurs mentionnent aussi une augmentation des performances environnementales : une diminution des lessivages de nitrates via un meilleur pilotage de la fertilisation a par exemple été mentionnée. Ces systèmes de cultures adaptés à l'irrigation sont cependant moins bien documentés et moins fréquents (selon les acteurs), et n'ont donc pas été pris en compte dans le modèle.

Les résultats obtenus par le modèle vont dans le sens de certains acteurs qui estiment que l'irrigation n'apporte pas d'avantages comparatifs et mettent en avant le caractère indispensable d'un accompagnement technique pour favoriser l'adoption de systèmes de cultures irrigués innovants. L'extension du réseau d'irrigation venant d'être actée, la sensibilisation des agriculteurs à ses bénéfices potentiels est stratégique pour la Société du Canal de Provence (SCP) et les acteurs finançant cet aménagement. La caractérisation de ces systèmes irrigués innovants pour pouvoir en rendre compte dans l'exploration de scénarii a donc été considérée comme une amélioration nécessaire par ces acteurs.

4.3. LIMITES DANS LA DESCRIPTION DES ITINERAIRES TECHNIQUES

Lors de l'atelier de restitution des résultats, les acteurs ont considéré que les IFT du colza et du pois avaient été sous-estimés de 2 à 3 unités. Cette sous-estimation est directement liée à certains biais dans la description des itinéraires techniques de ces deux espèces, description réalisée à partir des résultats du diagnostic des pratiques (SupAgro 2013) et de séances individuelles de co-

construction du modèle avec des agriculteurs et experts des systèmes de culture. Les agriculteurs rencontrés lors de ces deux étapes étaient souvent des agriculteurs considérés comme très performants et innovants, comme cela a été confirmé par les experts des systèmes de culture. En effet, ils se sont montrés les plus intéressés pour contribuer à ces réflexions sur la durabilité du système agricole à l'échelle du territoire. Parce qu'ils mènent une réflexion agronomique poussée sur leurs systèmes de culture, ces agriculteurs sont peut-être plus efficaces en termes d'utilisation d'intrants, et en particulier d'utilisation de produits phytosanitaires. Les IFT de leurs systèmes de culture semblent donc plus faibles que la moyenne du plateau de Valensole.

Ces biais sont aussi liés à la difficulté de spécifier la variabilité très importante des pratiques au sein du plateau de Valensole. Ainsi, l'influence du type de sol sur les itinéraires techniques des cultures, élément cependant considéré comme déterminant par les acteurs pour les pratiques des agriculteurs, n'est pas représentée. En effet, l'analyse des données disponibles n'a pas fait apparaître de corrélation nette entre le type de sols et les pratiques. L'utilisation d'un pas de temps annuel ne permet de plus pas de prendre en compte l'adaptation constante des pratiques au cours d'une campagne, en fonction de l'état observé de la parcelle et des conditions climatiques, adaptations pourtant centrales dans le processus de prise de décision des agriculteurs selon les acteurs.

En conclusion, le modèle construit a permis de stimuler une réflexion collective sur la durabilité du système agricole. Le système agricole a ainsi pu être exploré avec un niveau de détail élevé en comparant les performances de divers types de systèmes de culture, divers types d'exploitations, et diverses sous-zones. Les résultats obtenus par le modèle ont généralement été considérés comme crédibles, ont été acceptés, et considérés comme intéressants par les acteurs. Ils ont ainsi souhaité l'utiliser pour explorer de nouveaux scénarii et présenter les résultats obtenus à un public plus large d'agriculteurs.

CHAPITRE 7
DISCUSSION GENERALE

Avant-propos

L'objectif de la thèse est d'apporter des éléments de réponse à la question suivante : *Une démarche de modélisation collaborative fondée sur l'évaluation d'un système agricole permet-elle de favoriser un partage des représentations et des apprentissages des acteurs, pour à terme stimuler la durabilité du système ?* Pour répondre à cette question, j'ai conçu et mis en œuvre une démarche de modélisation collaborative visant à évaluer le système agricole du plateau de Valensole et permettre une réflexion collective des acteurs sur sa durabilité. J'ai réalisé ce travail au sein d'un collectif d'une dizaine de chercheurs ou stagiaires impliqués dans le projet CLIMATAC. Dans ce dernier chapitre, je propose une évaluation de cette démarche. Je présente dans un premier temps le cadre conceptuel mobilisé pour réaliser l'évaluation de la démarche, et dans un second temps les principaux résultats de cette évaluation.

1. METHODE DE SUIVI-EVALUATION DE LA DEMARCHE

1.1. CADRE CONCEPTUEL DE L'ÉVALUATION DE LA DEMARCHE

Suivre et évaluer les démarches participatives recouvre une très grande diversité d'objectifs, de méthodes et d'outils (Blackstock et al. 2007; Mierlo et al. 2010). Les différents aspects du suivi-évaluation de démarches participatives se structurent en quatre axes, conceptualisés par Hassenforder et al. (2016) : (i) l'évaluation des aspects opérationnels de la démarche, et notamment des outils développés et mobilisés avec les acteurs ; (ii) l'évaluation des effets du contexte social, économique, politique et environnemental sur la démarche ; (iii) l'évaluation du déroulement du processus participatif, (iv) l'analyse des effets de la démarche.

Pour rendre compte du suivi-évaluation de la démarche mise en œuvre sur le plateau de Valensole, qui a été réalisé avec l'aide des autres chercheurs du projet CLIMATAC, je reprends cette structuration en quatre axes (Figure 7-1).

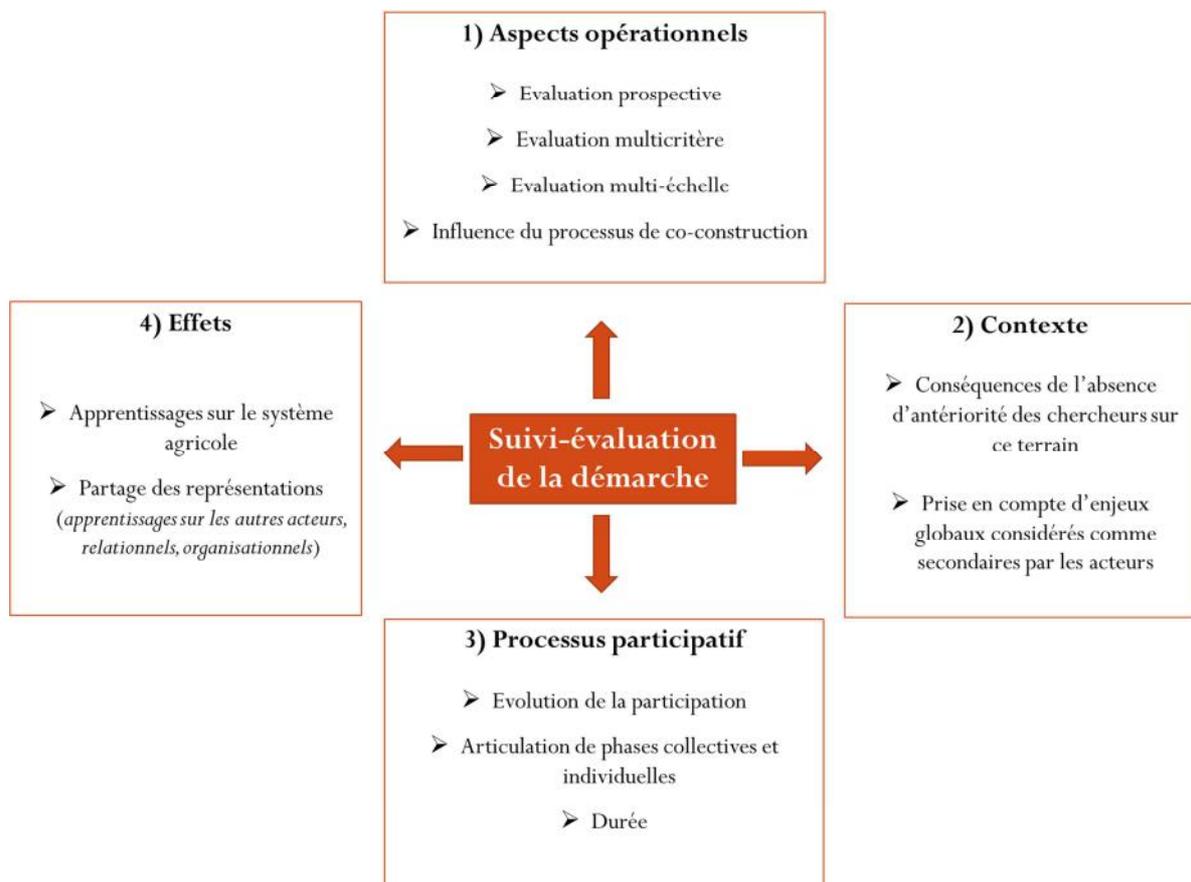


FIGURE 7-1 : AXES DE SUIVI-EVALUATION DISCUTES DANS CE CHAPITRE (INSPIRE DE HASSENFORDER ET AL. (2016))

L'évaluation des aspects opérationnels portera ici sur la validité du modèle informatique, à savoir sa capacité à répondre à l'objectif principal qui lui était assigné. Cet objectif était de permettre une évaluation du système agricole et stimuler une réflexion collective des acteurs sur la durabilité de celui-ci. Une telle évaluation, centrée sur un outil de simulation, interroge directement la validité des résultats qu'il produit, qui conditionne les apprentissages des acteurs (Grimm et al. 2014). En particulier, je me suis interrogée sur les dimensions prospective, multicritère, et multi-échelle du simulateur. Je discuterai aussi de la manière dont les connaissances des acteurs et des données complémentaires à ces connaissances ont été articulées lors de sa co-construction.

L'analyse du contexte et de ses effets est centrale pour mettre en perspective les interactions entre participants et les effets observés de la démarche (Mathevet et al. 2010). Elle est ici abordée via deux caractéristiques du contexte ayant eu une influence importante : (i) la mise en œuvre de la démarche sur un terrain où nous n'avions aucun antécédent de recherche et pratiquement aucune relation préalable avec les acteurs, et (ii) la prise en compte des enjeux d'atténuation du changement climatique, enjeux globaux considérés comme secondaires par les acteurs.

L'analyse du déroulement du processus participatif a pour objectif de décrire et analyser la succession des événements pour en comprendre les mécanismes (Hassenforder et al. 2016). A partir de cette analyse, les écarts entre le processus réel et la démarche telle qu'elle était initialement envisagée peuvent être observés (Jones et al. 2009). Cette analyse réflexive peut parfois être guidée par un cadre préétabli permettant d'explorer différentes caractéristiques de la démarche⁶⁰ (Houdart et al. ; Neef and Neubert 2011; Gouttenoire et al. 2014). L'évaluation du processus participatif peut aussi être normative (Reed 2008). Elle est alors centrée sur une liste de qualités génériques telles que le calendrier et les modalités de la participation ou les relations entre les chercheurs et acteurs (Rowe and Frewer 2000; Reed 2008; Hegger et al. 2012). Ces aspects seront mobilisés pour discuter : (i) de l'évolution de la participation, en particulier de la constitution d'un « noyau dur » au sein duquel des relations de confiance ont pu se tisser ; (ii) de l'articulation entre les phases d'échanges collectives et individuelles, ce qui induit des rôles différenciés entre acteurs qui doivent clairement être définis ; (iii) et le temps qui a été nécessaire au déroulement de la démarche, ce qui interroge son rapport coût-efficacité.

Enfin, **l'évaluation des effets** sur les acteurs vise dans notre cas à estimer dans quelle mesure la réflexion collective promue par la démarche a stimulé un partage des représentations entre les acteurs participants et a favorisé leurs apprentissages sur le système agricole, son évolution et les leviers d'action possibles. Ces effets, dépendant à la fois du contexte et de la qualité du processus participatif, sont difficiles à mesurer car peu discernables d'autres effets imputables à des

⁶⁰ Plusieurs de ces caractéristiques ont déjà été présentées dans le chapitre 2 de cette thèse, comme les objectifs de la démarche, les types d'acteurs, et la posture et les caractéristiques des chercheurs

dynamiques extérieures à la démarche (Blackstock et al. 2007). En parallèle de celle-ci, les acteurs participent en effet à d'autres arènes au sein desquelles des apprentissages sont aussi générés (Steyaert et al. 2007). Tous les acteurs apprennent aussi au quotidien via l'observation des conséquences de leurs actions (Coudel 2009). Certains de ces effets ont cependant pu être observés comme je le discuterai ici.

1.2. PROCEDURES DE SUIVI-EVALUATION DE LA DEMARCHE

Le suivi-évaluation a été réalisé *in itinere*. Ainsi, la mise en œuvre de la démarche a pu être adaptée chemin faisant grâce à l'analyse de son déroulement et de ses effets. Une telle analyse critique est essentielle pour qu'un processus participatif remplisse les objectifs qui lui ont été fixés (Pretty 1995; Campo et al. 2010). Les matériaux ayant servi de base au suivi-évaluation proviennent de cinq sources.

- J'ai tenu un carnet de bord, tel que préconisé par Jones et al. (2009). Ce carnet de bord décrit sur une base hebdomadaire le processus, nos relations avec les acteurs, mes impressions personnelles sur le comportement des acteurs, et tout autre élément ayant pu influencer le processus (voir annexe 10)
- Une grille d'évaluation portant sur le ressenti des acteurs par rapport à la démarche, et basée sur Patel et al. (2007), Jones et al. (2009) et Campo et al. (2010), a été conçue par un stagiaire sous mon encadrement (Le Merre 2014). Le questionnaire qui en est issu a servi de support à une quinzaine d'entretiens téléphoniques réalisés auprès des acteurs à la fin de la phase de formulation du problème.
- Lors du dernier atelier de restitution des résultats, les participants ont chacun listé par écrit les points forts et faibles de la démarche, selon leur point de vue (voir annexe 11). Ce recueil d'impressions individuelles a été suivi d'une discussion collective ouverte sur les aspects positifs et négatifs de la démarche dans sa globalité (calendrier, outils, résultats).
- Lors de chaque atelier, les chercheurs n'intervenant pas en tant que facilitateurs ont observé le comportement des acteurs et les dynamiques sociales. Chaque atelier a été suivi d'une réunion de débriefing entre chercheurs, ainsi que le recommandent Perez et al (2010).
- Enfin, trois réunions dites « réflexives » ont réuni l'ensemble des chercheurs impliqués pour une remise en perspective collective de l'ensemble du processus. En revisitant et en analysant ce dernier plusieurs mois après les faits, nous avons ainsi pu prendre du recul et formuler quelques éléments d'explication ou d'interprétation a posteriori.

Dans les parties suivantes, ce suivi-évaluation est donc présenté sur la base des matériaux recueillis via les cinq procédures présentées ci-dessus et selon les quatre axes de la Figure 7-1.

2. EVALUATION DES ASPECTS OPERATIONNELS

L'évaluation d'un modèle doit se faire aussi bien en évaluant les résultats finaux que le modèle permet d'obtenir (évaluation « *by results* »), qu'en évaluant la qualité du processus de construction (évaluation « *by construct* ») (Schreinemachers and Berger 2011).

La validation *by results* du modèle a déjà été abordée dans le chapitre 6. Nous y avons montré comment la discussion des résultats du modèle avec les acteurs a permis d'apprécier la qualité de ce dernier et d'en dégager des pistes d'amélioration. Je tire ici quelques leçons à propos de l'usage prospectif du simulateur (partie 2.1). Je reviens ensuite sur le caractère multicritère de l'évaluation du système agricole réalisée avec ce simulateur (partie 2.2). Dans un troisième temps, je discute des liens entre le degré d'abstraction de la représentation de l'espace et le calcul d'indicateurs à différentes échelles (partie 2.3).

La documentation des tests et changements ayant jalonné la construction du modèle, présentée dans le chapitre 5, permet quant à elle de renseigner l'évaluation *by construct* du modèle (Grimm et al. 2014). La section 2.4 complète ces éléments de l'évaluation *by construct* en discutant de deux aspects déterminants du processus de co-construction : (i) la manière dont connaissances des acteurs et données complémentaires à ces connaissances ont été articulées et intégrées au modèle ; (ii) le choix du degré de complexité des composantes du modèle.

2.1. REFLEXIONS SUR LA PROSPECTIVE PARTICIPATIVE

2.1.1. PROCESSUS DE CONSTRUCTION DES SCENARI

Le modèle a permis une évaluation prospective du système agricole à travers l'évaluation de deux scénarii exploratoires. Ces derniers articulent des changements de contexte divers et en comparant les conséquences sur les différents systèmes de cultures, exploitations-type, et sous-zones agro-écologiques. Ils sont issus d'un processus de co-construction avec les acteurs amorcé dès la phase de formulation du problème et répondent donc aux préoccupations et enjeux de ces acteurs.

Dans chaque scénario, les adaptations des exploitations-type aux changements de contexte dépendent du type structurel des exploitations-type et impliquent des modifications des assolements et des itinéraires techniques. Les processus de décision des agriculteurs ne sont pas automatisés dans le modèle et j'ai conçu moi-même ces adaptations. Pour cela, je me suis basée sur des pistes évoquées par des agriculteurs lors d'entretiens individuels, que j'ai fortement interprétés à partir de

mes propres connaissances pour les traduire en rotations et assolements à implémenter dans le modèle.

Lors de l'atelier de restitution, les adaptations des exploitations-type non spécialisées en lavandin du premier scénario (« stratégies opposées ») ont été considérées comme peu plausibles par les acteurs, qui ont alors proposé des modifications. Il aurait été intéressant de pouvoir confronter ces suggestions de modifications aux points de vue des agriculteurs consultés en amont. Pour rendre plus interactive la spécification des adaptations de chaque exploitations-type, une option serait de permettre à quelques agriculteurs de saisir en parallèle les systèmes de culture de ces exploitations-type (chacun s'occupant d'un seul et même type). Les agriculteurs testeraient alors eux-mêmes diverses stratégies d'adaptation, dans un format de type « jeu de rôles informatisé », comme dans Souchère et al. (2010) ou Delmotte (2011). La réflexion collective sur la nature et la pertinence des adaptations possibles pourrait alors être renforcée.

Ce travail de construction des adaptations des exploitations-type (incluant les entretiens auprès des agriculteurs) a nécessité un temps important qui a limité le nombre de scénarii évalués. D'autres démarches de scénarisation permettent au contraire d'explorer un nombre important de scénarii. Dans ces démarches, ces derniers intègrent un nombre plus faible de types de changements et sont construits de manière non participative. Par exemple, Hossard et al. (2013) ont exploré des centaines de scénarii générés automatiquement par le modèle, scénarii qui n'intégraient qu'un seul type de changement (disposition spatiale des cultures) et prenaient peu en compte les logiques d'adaptation des exploitations. Dans d'autres modèles, les adaptations des exploitations à des types de changement préétablis sont codées selon des algorithmes (Happe et al. 2006). Ces modèles sont aussi limités pour explorer des scénarii complexes impliquant un nombre importants de types de changements.

2.1.2. LIMITES DE LA DESCRIPTION DES SYSTEMES DE CULTURE POUR L'EXPLORATION D'ALTERNATIVES AU SYSTEME AGRICOLE ACTUEL

La faible représentation de systèmes de culture alternatifs a limité la construction des stratégies d'adaptation des exploitations-type. Des cultures représentant de faibles surfaces sur le plateau de Valensole (par exemple fourrages, fenouil, arboriculture) ou non cultivées actuellement (par exemple l'immortelle) sont présentées comme des pistes de diversification par les acteurs mais ne sont pas prises en compte dans le modèle. De plus, pour une espèce donnée, les itinéraires techniques décrits dans le modèle ne permettent qu'une prise en compte partielle des alternatives techniques qui pourraient constituer des opportunités intéressantes au regard des enjeux identifiés par les acteurs. Le manque de données disponibles et le coût élevé de l'acquisition de nouvelles données ont limité

la caractérisation de ces alternatives. Seules les techniques culturales simplifiées, actuellement en expansion mais peu réalisées sur le plateau de Valensole, sont représentées.

J'ai déjà discuté dans le chapitre 6 l'absence de prise en compte de systèmes irrigués innovants. J'aborde ci-dessous de deux autres types d'alternatives qui ont aussi été évoquées au cours de la démarche : (i) les techniques alternatives de fertilisation et (ii) l'agriculture biologique.

Des techniques alternatives de fertilisation, comme la fertilisation organique, ont fréquemment été mentionnées par les acteurs. Ces techniques présentent des opportunités considérées comme intéressantes en raison des enjeux actuels de pollution des eaux par les nitrates. Lors de l'atelier de restitution, plusieurs acteurs ont regretté que ces alternatives ne soient pas prises en compte. Ces dernières sont en cours d'essai par les techniciens agricoles et certains agriculteurs, et les rendements et risques qui leurs sont associés sont encore difficiles à estimer. Devant ces incertitudes importantes, nous avons collectivement décidé ne pas les considérer. Cependant, le classement de toutes les communes du plateau de Valensole en zone vulnérable nitrate justifierait d'investir davantage ces pratiques alternatives dans l'avenir.

Nous n'avons pas représenté de systèmes en agriculture biologique malgré la participation régulière d'un ingénieur agronome d'Agribio 04 (GA1). L'agriculture biologique est très peu pratiquée dans les exploitations centrées sur le lavandin et le blé dur et ne semble pas être une alternative pertinente selon la majorité des acteurs. En effet, l'huile essentielle de lavandin est principalement utilisée de manière non alimentaire dans les détergents et la demande en l'huile essentielle biologique est donc très faible. Quant au blé dur issu de l'agriculture biologique, il est associé à un faible taux protéique du grain conduisant à une semoule de mauvaise qualité.

En conclusion, les stratégies d'adaptation représentées dans le modèle ne sont basées que sur l'évolution des surfaces d'espèces déjà représentées et impliquent peu de pratiques culturales alternatives. Ces stratégies sont basées sur l'ajustement des systèmes actuels plutôt que sur leur remplacement par d'autres systèmes réellement alternatifs. Elles sont celles qui ont le plus souvent été mentionnées par les acteurs : la principale stratégie évoquée est la stratégie de spécialisation en lavandin, dans laquelle aucune nouvelle culture n'est introduite.

2.2. REFLEXIONS SUR L'ÉVALUATION MULTICRITERE

Le modèle permet une évaluation multicritère du système agricole à travers le calcul de 18 indicateurs agronomiques, économiques ou environnementaux. Ces indicateurs mettent l'accent sur de nombreux enjeux identifiés par les acteurs. En contrepartie, certains aspects moins mentionnés par les participants sont peu présents.

Les dimensions sociales du système agricole ne sont abordées qu'au travers de deux indicateurs (performance nourricière et temps de travail). D'autres aspects tels que la contribution de l'agriculture à l'emploi (Sadok et al. 2009), la qualité de vie de l'agriculteur (accès aux infrastructures sociales, éducation par exemple) (Van Cauwenbergh et al. 2007), ou l'acceptabilité sociale et culturelle de certaines modifications du système agricole (Sattler et al. 2010) sont explorés par d'autres modèles. Ces aspects sont cependant difficilement quantifiables, comme déjà évoqué par Rossing et al. (2007).

En outre, le modèle ne permet qu'une prise en compte limitée des enjeux liés à l'agriculture et s'exprimant à une échelle territoriale. Par exemple, l'influence de l'agriculture sur le tourisme a régulièrement été évoquée lors du diagnostic préliminaire, le tourisme étant une activité centrale pour l'économie du territoire. Elle n'a pas été prise en compte lors de la co-construction du modèle informatique, en partie en raison de l'absence d'acteurs représentant spécifiquement ces enjeux. En conséquence, cet enjeu est abordé de manière très simple à travers la surface relative couverte en lavandin au sein des sous-zones agro-écologique et de la région agricole. Il en est de même pour les relations entre l'agriculture et la biodiversité. De plus, la prise en compte de cette dernière a été limitée par la représentation très stylisée de l'espace dans le modèle, comme nous allons le voir maintenant.

2.3. CONCILIER DEGRÉ D'ABSTRACTION DE LA REPRÉSENTATION SPATIALE ET CALCUL D'INDICATEURS A DIFFÉRENTES ÉCHELLES

Le modèle permet le calcul d'indicateurs à différentes échelles spatiales. Les passages d'une échelle à l'autre sont basés sur une simple agrégation linéaire et additive. Seul le passage de l'échelle de la parcelle à celle de l'exploitation implique des calculs moins directs (calcul de la surprime, aide de la PAC conditionnée aux 52 premiers hectares de l'exploitation ; redevance fixe d'abonnement pour les exploitations équipées pour l'irrigation). Les méthodes d'agrégation additives ne permettent pas de rendre compte des interactions et des agencements spatiaux sur le territoire caractérisant certains phénomènes (Rossing et al. 2007; Pierre et al. 2008). Nous en donnons deux exemples dans notre contexte.

La représentation très schématique de l'espace a limité la prise en compte des enjeux liés à la biodiversité. Ainsi, l'indice de diversité culturelle, indicateur créé afin de mesurer l'influence de l'activité agricole sur la biodiversité, n'est basé que sur les surfaces relatives des différentes espèces. D'autres facteurs, tels que la répartition spatiale des cultures, la présence d'infrastructures

paysagères ou l'attrait des espèces animales pour les différentes espèces culturales conditionnent aussi l'évolution des populations d'espèces protégées (Wolff 2001).

Autre exemple, le dépérissement du lavandin est lié à un phytoplasme transmis par une cicadelle. Cette cicadelle se déplace dans le paysage et propage ainsi la maladie. Les parcelles de lavandin et de sauge (une des plantes hôtes de la cicadelle) représentent autant de foyer de propagation du dépérissement du lavandin (Guimier 2015). Les agriculteurs et techniciens spécialisés dans ces systèmes de culture ont ainsi affirmé que les parcelles de lavandin situées à proximité d'autres parcelles de lavandin déjà dépériées ou de parcelles de sauge présentaient plus de risques d'être contaminées les années suivantes. Pour prendre en compte ce phénomène, il aurait fallu représenter le parcellaire et les limites de chaque exploitation de manière réaliste et connaître les déterminants de la répartition spatiale des cultures. Il aurait de plus fallu modéliser les déplacements de cicadelles et estimer leur potentiel infectieux. Il n'a pas été possible de réaliser un tel travail, notamment en raison du manque de données et connaissances disponibles à ce sujet. Des travaux sont actuellement entrepris afin de combler ce manque et un modèle spatialisé basé sur une représentation réaliste pourrait bientôt être développé (Guimier 2015 ; Hossard, communication personnelle).

2.4. ASPECTS LIES A L'INGENIERIE DE CO-CONSTRUCTION DU MODELE

2.4.1. MOBILISER DES DONNEES COMPLEMENTAIRES AUX CONNAISSANCES DES ACTEURS

En adéquation avec les principes de conception de la démarche, la construction du modèle s'est beaucoup basée sur les connaissances exprimées par les acteurs. Des informations complémentaires ont aussi été mobilisées. Alors que les connaissances sont intimement liées au sujet qui les possède car résultant de son modèle mental, une information peut être vue comme extérieure au sujet et indépendante de son modèle mental (Maurel et al. 2007). Dans ce cadre, la co-construction du modèle peut être vue comme un processus d'intégration des connaissances des acteurs et d'informations.

Ces informations proviennent principalement : (i) des données issues des déclarations PAC des agriculteurs ; (ii) d'un diagnostic des pratiques réalisé auprès d'agriculteurs par des étudiants de l'école d'agronomie Montpellier SupAgro (SupAgro 2013) ; (iii) d'un diagnostic agraire réalisé dans un contexte extérieur à la démarche (Lang and Ramseyer 2011) ; (iv) de données cartographiques (notamment une cartographie des caractéristiques pédologiques).

L'analyse de ces données a impliqué les acteurs à des degrés divers ; en voici trois exemples. Le zonage des types de sols a intégralement été réalisé avec les acteurs à partir de données

cartographiques. Pour aboutir à la typologie structurelle des exploitations-type, l'analyse des déclarations PAC des agriculteurs ont été faites par les chercheurs, puis discutées avec les acteurs et ensuite corrigées. Pour construire les assolements moyens et déterminer les rotations des exploitations-type, l'analyse des déclarations PAC a aussi été faite par les chercheurs, n'a pas été discutée avec les acteurs, mais a été confrontée aux données issues des séances de travail individuelles avec les agriculteurs.

En partageant systématiquement les résultats de mes analyses de données avec les acteurs, il a été possible de croiser en permanence les connaissances des acteurs et les informations issues des données. Cela est primordial pour le bon déroulement de la co-construction du modèle, car cela permet de réduire les incertitudes liées à chacun des deux types de savoirs (Reed 2008). Par exemple, les données des déclarations de la PAC présentent de nombreux biais comme une spécification imprécise des types de culture ou des écarts entre les surfaces déclarées et les surfaces réelles. Leur mise en discussion a permis de pallier à certaines de ces imprécisions. Leur participation à l'analyse et l'interprétation des données complémentaires permet aussi une bonne compréhension du modèle par les acteurs, et favorise son appropriation et celle de ses résultats (Leenhardt et al. 2012).

2.4.2. EQUILIBRER LE DEGRE DE COMPLEXITE DES COMPOSANTES DU MODELE

De nombreux auteurs évoquent la nécessité d'un compromis entre la complexité du modèle, l'intérêt des résultats qu'il permet d'obtenir et la capacité des acteurs à l'utiliser (Becu et al. 2008; Renger et al. 2008; Jones et al. 2009). Le degré de complexité du modèle peut être défini comme le nombre de ses composantes, leur niveau de détail en termes de structure et dynamiques, et la complexité des interactions reliant ces composantes (Klügl 2007). Dans le contexte de la modélisation collaborative, le degré de complexité du modèle doit être considéré par rapport à l'objectif assigné au modèle et à celui du processus participatif dans son ensemble (Brugnach 2010). Ainsi, un haut degré de complexité du modèle n'est pas forcément nécessaire (Siebenhüner and Barth 2005; Renger et al. 2008).

Au cours du processus de co-construction du modèle, le degré de complexité des différents éléments a été déterminé avec les acteurs et contraint par les connaissances et données disponibles. Un niveau de complexité élevé de certains éléments du modèle n'est pas nécessaire si les autres éléments sont représentés avec un niveau de détail plus faible, car on n'obtiendrait pas pour autant des résultats de meilleure qualité. Ainsi, le degré de complexité des critères de typologie structurelle des exploitations-types a directement été influencé par le niveau de description des systèmes de culture. Trois tailles d'exploitations-type étaient initialement représentées dans le modèle ; mais les

connaissances des acteurs et données disponibles ne me permettaient pas de différencier des systèmes de culture pour ces trois tailles d'exploitations-type. Finalement, seules deux tailles ont donc été considérées.

En conclusion, le modèle permet une évaluation prospective, multicritère, et multi-échelle du système agricole. J'ai identifié certains points d'amélioration du modèle. Une représentation moins stylisée de l'espace dans le modèle permettrait de mieux prendre en compte les enjeux liés à la biodiversité et à la propagation de certaines maladies. Une description plus fine de systèmes de culture alternatifs ouvrirait la voie à l'exploration de scénarii plus variés, présentant une rupture plus nette avec le système agricole actuel. Les limites liées aux connaissances, données disponibles et au temps nécessaire à leur analyse sont cependant importantes.

3. ANALYSE DU CONTEXTE ET DE SES EFFETS SUR LA DEMARCHE

L'analyse du contexte et de ses effets sur la mise en œuvre de la démarche est discutée ici selon deux aspects : (i) les questions soulevées par notre absence d'antériorité sur le terrain, (ii) la façon dont les enjeux d'atténuation du changement climatique ont été pris en compte alors qu'ils n'étaient pas l'objet d'intérêts spécifiques de la part des acteurs.

3.1. INTERVENIR SUR UN TERRAIN SANS ANTERIORITE: COMMENT ASSURER L'ENGAGEMENT DES ACTEURS ?

La mise en œuvre de la démarche sur le plateau de Valensole n'est pas issue d'une demande formulée par les acteurs, comme cela est parfois le cas (Étienne et al. 2010). Elle a été impulsée par les chercheurs après que ce terrain ait été suggéré par GA10 (acteur intervenant à l'échelle de la région), puis a reçu l'aval du Parc Naturel Régional du Verdon. Les chercheurs n'avaient aucun antécédent de recherche sur ce territoire, ni aucune relation préalable avec les acteurs (excepté GA10). Dans ce cadre, l'engagement des acteurs représentait un point crucial. Pour susciter leur intérêt, il faut veiller à ce que leurs propres objectifs soient en adéquation avec les objectifs de la démarche (Van den Belt 2004). L'instauration de relations de confiance entre les chercheurs et les acteurs est aussi essentielle (Reed 2008). J'analyse ici comment cet engagement a été rendu possible et/ou limité par (i) le diagnostic préliminaire, (ii) un contour initial assez large du problème abordé, et (iii) l'articulation de la démarche avec d'autres projets de recherche ou développement.

3.1.1. LE DIAGNOSTIC PRELIMINAIRE : UN PREMIER CONTACT AVEC LES ACTEURS DU TERRITOIRE

Constituant un premier contact avec la plupart des acteurs du territoire, le diagnostic préliminaire me semble avoir été déterminant pour leur engagement. Sa réalisation, via 24

entretiens individuels semi-structurés, a permis de recueillir leurs représentations tout en leur explicitant que ma posture consistait à révéler la diversité de ces dernières et engager un processus collaboratif sur la base de cette diversité. Pour les neuf acteurs concernés, considérés comme centraux, l'entretien de validation des cartes cognitives a donné la possibilité d'un second contact individualisé visant à augmenter la transparence de l'analyse des entretiens. Le diagnostic préliminaire mis en œuvre a été plutôt efficace pour l'engagement des acteurs, puisque huit acteurs - soit un tiers de ceux interrogés- étaient présents lors de l'atelier P1. De plus, sept acteurs sur les neuf concernés par les cartes cognitives ont participé à au moins un atelier participatif.

Certaines démarches de modélisation collaborative sont initialisées uniquement à travers des interactions collectives avec les acteurs. Réalisé au cours d'ateliers, le diagnostic préliminaire est alors souvent concomitant à la formulation de la question et à la construction du modèle conceptuel (par exemple Van den Belt 2004; Stauffacher et al. 2008; Vieira Pak and Castillo Brieva 2010). A nos yeux, ces façons d'initialiser la démarche présentent trois limites: (i) elles permettent difficilement d'explicitier les points de vue individuels des acteurs, et en particulier leur degré de partage des différents enjeux ; (ii) le diagnostic ainsi obtenu, directement cadré par les méthodes d'animation mises en œuvre, n'est pas très détaillé et plutôt consensuel ; (iii) les éventuelles relations de pouvoir ou de conflit entre les acteurs peuvent limiter ou biaiser la réalisation de ce diagnostic collectif. Notre procédure d'initialisation du processus de modélisation collaborative permet de dépasser ces limites, mais demande un temps beaucoup plus important.

L'analyse des acteurs réalisée lors de ce diagnostic préliminaire aurait pu être approfondie à travers une analyse des réseaux entre les acteurs (Grimble and Wellard 1997; Prell et al. 2009; Reed et al. 2009). Une analyse des relations de pouvoir permet d'appréhender d'éventuelles asymétries et de les gérer lors de la mise en œuvre de la démarche (Reed 2008; Barnaud et al. 2010). Tout processus de réflexion collective aboutissant de manière directe ou indirecte à des prises de décision est en effet une arène dans laquelle s'expriment des logiques de persuasion et d'argumentation, influencées par les relations de pouvoir des acteurs et leur légitimité (Ramirez 1999; Steyaert et al. 2007). Dans un contexte de découverte d'un nouveau terrain, l'analyse des relations entre les acteurs est sensible à l'interprétation des chercheurs (Mitchell 2005). Alors que la confiance entre les acteurs et moi-même était à établir, les risques de recueillir des informations biaisées (minimisation des conflits ou auto-valorisation des acteurs interrogés) étaient à considérer. Lors du diagnostic préliminaire, aucun conflit ou asymétrie forte de pouvoir n'a été identifié et ne semblait nécessiter une vigilance particulière pour l'animation de la démarche, comme cela peut être le cas dans d'autres contextes (Barnaud et al. 2008).

Pour ces différentes raisons, les relations de pouvoir entre acteurs n'ont pas fait l'objet d'une analyse spécifique lors du diagnostic préliminaire. L'observation des comportements et interactions des acteurs tout au long de la démarche, formelles comme informelles, m'a cependant permis d'affiner ma compréhension de leurs relations. La réalisation du diagnostic préliminaire via des entretiens individuels, la diversité des acteurs présents aux différents ateliers participatifs, et l'utilisation de méthodes d'animation visant à équilibrer l'expression des acteurs lors des ateliers ont aussi permis d'atténuer en partie les effets des relations de pouvoir entre les acteurs (Le Merre 2014).

3.1.2. UN PROBLEME DE DEPART LARGE POUR ENGAGER UN MAXIMUM D'ACTEURS

Afin de permettre l'engagement d'une grande diversité d'acteurs, le problème n'avait pas été défini *a priori* par les chercheurs. Formuler ce problème collectivement est en effet considéré comme nécessaire afin de permettre aux acteurs de s'approprier la démarche et d'influencer son déroulement (Stauffacher et al. 2008; Daré et al. 2010). Cela permet aussi de s'assurer de la pertinence du problème de départ vis-à-vis des enjeux du système actuel et des préoccupations des acteurs (Hattermann et al. 2011; Leenhardt et al. 2012). En proposant un thème large et consensuel - la durabilité de l'agriculture- l'objectif était d'engager de nombreux acteurs aux points de vue et connaissances très divers.

La question collective⁶¹ formulée n'a pas restreint le problème abordé. En raison de la diversité des points de vue et préoccupations des acteurs présents, ainsi que des interrelations importantes entre les différents enjeux auxquels est soumis le système agricole, une question large, mais consensuelle et englobante, a été préférée à une question plus précise qui aurait exclu la prise en compte de certaines problématiques. Par la suite, la co-construction du modèle conceptuel et le travail de scénarisation participative a permis de réduire l'étendue du problème considéré, en se focalisant sur le système de production prédominant (exploitations centrées sur le blé dur et le lavandin).

3.1.3. INTERACTIONS AVEC D'AUTRES PROJETS LOCAUX DE RECHERCHE ET DE DEVELOPPEMENT

La démarche a permis l'instauration d'une arène, c'est-à-dire d'un espace à la fois physique et temporel au sein duquel les acteurs échangent leurs connaissances, leurs idées et forment ensemble des problèmes et solutions (Steyaert et al. 2007). Cette arène se superpose à une multitude d'autres arènes plus ou moins institutionnalisées, chacune d'entre elles intégrant

⁶¹ Pour rappel, la question collective est « *Quel avenir durable pour les exploitations du plateau de Valensole ?* », et est associée à la sous-question « *Quelles solutions pour améliorer les systèmes de production sur le plateau de Valensole ?* ».

différents acteurs et étant centrée sur des thématiques, enjeux et objectifs variés. Ces arènes peuvent entrer en compétition ou en synergie les unes avec les autres (Steyaert et al. 2007).

Ainsi la démarche mise en œuvre dans le cadre de cette thèse a notamment interagi avec un projet de recherche et de développement mis en place à la même période sur le plateau de Valensole, le projet REGAIN. Mené par le Parc Naturel Régional du Verdon, la chambre d'agriculture, la Société du Canal de Provence et une chaire d'entreprises coordonnée par Montpellier SupAgro, ce projet vise à « *Accompagner l'évolution des pratiques agricoles vers des agrosystèmes plus durables* »⁶² sur le plateau de Valensole. La proximité scientifique et institutionnelle des projets CLIMATAC et REGAIN a généré quelques confusions auprès des acteurs du territoire. Certains, notamment des agriculteurs, considéraient que ces deux projets n'en faisaient qu'un, alors que d'autres avaient l'impression d'une superposition de deux projets similaires entraînant une préjudiciable sur-sollicitation des acteurs.

La nécessité de coordonner les deux projets a motivé la participation de certains coordinateurs du projet REGAIN aux ateliers participatifs du projet CLIMATAC (« *J'avais vu Caroline avant pour voir comment les deux projets pouvaient se compléter et comment on peut travailler ensemble. C'est dans ce cadre-là [que je participe à la démarche], c'était pour me tenir au courant de l'avancée et de voir les questions et comment ça se déroulait.* »⁶³). Cette implication des coordinateurs du projet REGAIN –notamment de GT5 qui bénéficie d'une forte visibilité et d'une forte reconnaissance par les autres acteurs du territoire – a joué un rôle important pour accroître la confiance et l'intérêt des acteurs, et donc leur engagement dans la démarche. L'implication forte d'un acteur du territoire reconnu par l'ensemble des acteurs comme légitime pour mettre en place des plans de gestion est en effet considérée comme très utile pour favoriser la participation des acteurs à une démarche participative (Ericson 2006; Daré et al. 2010).

En conclusion, malgré notre absence d'antécédents de recherche sur le plateau de Valensole, nous avons fait émerger un collectif d'acteurs intéressés et impliqués dans la démarche (voir aussi partie 2.3). Une prise de contact individuelle et approfondie avec ces acteurs lors du diagnostic préliminaire, renforcée par une remise en discussion du contenu de ces entretiens par l'intermédiaire des cartes cognitives, m'a semblé très importante pour construire des relations de confiance réciproque avec les acteurs. A travers un problème initial très large, nous avons aussi pu engager de nombreux acteurs ayant des préoccupations et intérêts variés. Enfin, les complémentarités que nous avons su construire avec le projet REGAIN ont permis de renforcer l'intérêt des acteurs. Ces trois éléments, à savoir : (i) un premier contact individuel et approfondi

⁶² <http://parcduverdon.fr/fr/agriculture-et-foret/le-projet-regain>

⁶³ Verbatim issu des entretiens de suivi-évaluation réalisés lors de la phase de formulation du problème

avec les acteurs ; (ii) un problème initial consensuel n'excluant aucun acteur ; et (iii) la recherche de complémentarité avec d'autres projets de recherche et de développement locaux me semblent devoir faire l'objet d'attentions particulières dans les démarches de modélisation collaboratives mises en place dans des contextes nouveaux.

3.2. PRENDRE EN COMPTE DES ENJEUX GLOBAUX: L'EXEMPLE DE L'ATTENUATION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

L'évaluation de la durabilité d'un système agricole implique la prise en compte d'enjeux s'inscrivant à des échelles globales (Zahm et al. 2015). Cependant, ces enjeux sont parfois secondaires pour les acteurs participant aux démarches de modélisation collaborative. C'est notamment le cas des enjeux d'atténuation du changement climatique.

3.2.1. DES ENJEUX PEU SIGNIFICATIFS POUR LES ACTEURS

Le diagnostic préliminaire a mis en évidence un intérêt limité des acteurs pour les enjeux d'atténuation du changement climatique, aucun d'entre eux n'ayant spontanément mentionné ces derniers lors des entretiens. Aucune action spécifique à l'échelle du territoire quant à ces enjeux n'a été évoquée, bien que certains plans d'action existent à des échelles plus larges. Un PCET (Plan Climat Energie Territorial) a ainsi été mis en place à l'échelle du département, mais n'accorde qu'une faible place à l'agriculture du plateau de Valensole. Les PCET sont en effet des démarches prenant en compte tous les secteurs économiques de manière confondue et l'agriculture y est abordée de manière très simplifiée à l'échelle départementale.

Plusieurs freins à la prise en compte de ces enjeux à l'échelle territoriale sont évoqués dans la littérature: (i) les actions permettant de répondre à ces enjeux doivent se concevoir sur le long terme et entrent en contradiction avec le court terme du calendrier politique global et local et avec les difficultés des acteurs à se projeter dans des horizons temporels aussi lointains (Boschetti et al. 2016) ; (ii) les causes et effets du changement climatique sont liés à des incertitudes très élevées, limitant la prise de décision des acteurs ; (iii) les acteurs font face à une multitude d'autres enjeux aux conséquences immédiates plus importantes que le changement climatique ; (iv) la globalité du phénomène limite la responsabilisation des acteurs à l'échelle des territoire (van der Sluijs and Kloprogge 2001; Daniell et al. 2011). Ces freins masquent aux yeux des acteurs du territoire l'urgence de la prise en compte des enjeux d'atténuation du changement climatique et l'irréversibilité de ce changement (Hegger et al. 2012).

3.2.2. LE CHOIX D'UNE POSTURE ENGAGÉE POUR LA PRISE EN COMPTE DE CES ENJEUX

Face à l'intérêt limité des acteurs pour ces enjeux, pourtant nécessaires à prendre en compte pour considérer la durabilité du système agricole, deux postures ont été envisagées. La première consistait à maintenir notre neutralité quant aux enjeux considérés dans la démarche. Cette posture est cohérente avec l'approche patrimoniale, qui défend une posture d'accompagnement visant à maintenir le chercheur en retrait des interactions entre acteurs afin de faciliter la réflexion collective sans l'orienter (Ollagnon 1998). Elle aboutit cependant à la prise en compte des enjeux portés par les acteurs participants uniquement. L'évaluation de la durabilité qui en résulte est donc inféodée à l'échelle à laquelle se déroule la démarche.

Pour sortir de cette impasse, certains auteurs défendent une prise de position assumée des chercheurs, qui peuvent alors porter des enjeux non représentés par les acteurs (Brugnach et al. 2008; Barnaud 2013). Cette posture, dite critique, peut se rapprocher de l'approche dite cognitive. Cette dernière considère que les enjeux globaux et de long terme sont négligés car occultés par les préoccupations importantes des acteurs pour les enjeux locaux et de court terme (Hisschemöller et al. 2001). Un des objectifs assumés de la démarche est alors de modifier les modèles mentaux des acteurs pour élargir leur vision et permettre une reconnaissance accrue de ces enjeux⁶⁴. Cette posture nous a semblé pertinente pour prendre en compte les enjeux d'atténuation du changement climatique dans la démarche, et a donc été privilégiée. Deux stratégies ont été envisagées : (i) identifier et impliquer un acteur porteur de ces enjeux ; (ii) intervenir nous-même en tant que porteurs de ces enjeux.

3.2.3. IMPLIQUER UN NOUVEL ACTEUR PORTEUR DE CES ENJEUX ?

Aucun acteur porteur des enjeux d'atténuation du changement climatique n'ayant été identifié à l'échelle territoriale lors du diagnostic préliminaire, des acteurs de développement (publics et semi-publics) porteurs de ces enjeux ont été sollicités à l'échelle de la région administrative. Un représentant local d'un bureau d'étude, un responsable de l'agenda 21 à l'échelle régionale, et un délégué de l'antenne régionale de l'ADEME⁶⁵ ont ainsi été sollicités dès la phase de formulation du problème. Ces derniers se sont montrés peu réceptifs à notre sollicitation, en raison notamment de la faible étendue de la zone d'étude au regard de leur échelle d'action.

Engager un scientifique expert du changement climatique, qui aurait porté un discours générique non spécifique au plateau de Valensole, a alors été évoqué. L'intérêt d'un tel scientifique à

⁶⁴ "These methods involve displacing participants from their real and immediate tasks, roles, identities and decision contexts. They pose decision situations that are future, or counterfactual, to move participants outside their normal habits and positions, and encourage creative thinking, new ideas, and insights" (Parson, 1996, p. 12).

⁶⁵ Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

participer à notre démarche aurait cependant été difficile à maintenir en raison du peu d'intérêt des autres participants pour intégrer ces enjeux dans les discussions et dans le modèle.

De plus, dans les deux cas de figure, l'introduction d'un acteur extérieur à la démarche en cours de processus aurait perturbé la dynamique du collectif de participants déjà constitué.

3.2.4. FAIRE PORTER CES ENJEUX PAR UN CHERCHEUR PARTICIPANT ?

Puisque l'option de faire porter les enjeux liés à l'atténuation du changement climatique à un nouvel acteur avait été rejetée, ils ont été portés par les chercheurs. A certains ateliers (P2 par exemple), le chercheur porteur de ces enjeux a été identifié et son rôle explicité auprès des acteurs participants. Ce rôle a parfois été moins explicite : ces enjeux étaient rappelés et évoqués par le facilitateur (en mentionnant notamment les attendus du projet initialement financé CLIMATAC) puis pris en compte lors du travail de développement informatique du modèle entre les ateliers, comme cela fut fait avec l'ajout des indicateurs d'émissions de gaz à effet de serre et de consommation d'énergie.

L'introduction des enjeux liés à l'atténuation du changement climatique n'a pas généré de rupture dans la réflexion collective et dans la co-construction des objets intermédiaires. En effet, si ces enjeux n'ont jamais été mentionnés explicitement et spontanément par les acteurs du territoire, ils sont en lien avec d'autres enjeux faisant l'objet de préoccupations locales. Il s'agit par exemple de l'augmentation des prix de l'énergie ou encore de l'adaptation au changement climatique, qui provoque (selon les acteurs) des sécheresses de plus en plus fréquentes sur le territoire. La construction de liens entre les enjeux d'atténuation du changement climatique et d'autres enjeux portés par les acteurs locaux s'est présentée comme une opportunité intéressante. L'exploration de scénarii impliquant la mise en place de la zone vulnérable nitrates⁶⁶ a par exemple permis la prise en compte de cultures de blé dur moins fertilisées, et donc moins émettrices de gaz à effet de serre.

L'introduction de ces enjeux par les chercheurs pose aussi la question de son positionnement dans le déroulement de la démarche. Comme je l'ai déjà évoqué précédemment (partie 3.1.2.), évoquer ces enjeux dès le début de sa mise en œuvre présentait le risque de limiter l'engagement des acteurs non intéressés par ces questions. L'introduction de ces enjeux n'est donc intervenue qu'au moment de la co-construction du modèle informatique.

⁶⁶ Zones découlant de l'application de la directive « nitrates », concernant la prévention et la réduction des nitrates d'origine agricoles. Ces zones, dont les ressources en eau sont considérées comme polluées aux nitrates, sont soumises à une réglementation spécifique concernant la gestion de l'azote au niveau de parcelles (mise en place de CIPAN, interdiction d'épandre des fertilisants à certaines périodes de l'année...)

Les limites que je viens de soulever pour aborder les enjeux d'atténuation du changement climatique sont propres au fait que notre approche se limite à une échelle territoriale (tout en intégrant les échelles infra-territoriales). Une approche articulant plusieurs niveaux administratifs au-delà de l'échelle du territoire (région, état, Union Européenne) peut s'avérer plus pertinente (Daniell et al. 2011). Une telle approche multi-niveau permettrait de réduire les décalages entre les politiques globales et la coordination des actions à l'échelle locale. Elle nécessiterait cependant la prise en compte d'une plus grande variété de systèmes agricoles, présents à ces échelles supra-territoriales (Rossing et al. 2007). L'évaluation de ces derniers ne pourrait donc pas être réalisée avec la même précision que celle permise par le modèle développé dans cette thèse.

4. ANALYSE DU PROCESSUS PARTICIPATIF

Ici, j'analyse dans un premier temps l'évolution de la participation des acteurs. Je discute ensuite de deux spécificités du dispositif : (i) l'articulation entre phases collectives et individuelles ; et (ii) sa durée.

4.1. EVOLUTION DE LA PARTICIPATION DES ACTEURS

4.1.1. UNE VARIABILITE IMPORTANTE DE LA PARTICIPATION LORS DES ATELIERS

Le Tableau 7-1 montre le détail de la participation des acteurs à chaque atelier. Nous avons réuni des acteurs capables d'orienter le conseil agricole auprès des agriculteurs, des acteurs capables d'orienter la recherche au sein d'instituts techniques, et des acteurs capables de coordonner des projets larges de développement agricole (PNR, chambre d'agriculture, SCP). A terme, ce groupe d'acteurs participants possède donc des leviers d'actions pour améliorer la durabilité de l'agriculture, et est donc pertinent pour que la réflexion collective permise par la démarche permette l'amélioration de la durabilité du système agricole.

Chaque atelier a impliqué une participation moyenne de six acteurs, ce nombre allant de 3 (atelier MI4) à 12 (atelier P2). Les effectifs relativement réduits des participants aux ateliers ont permis une réflexion collective basée sur l'expression et l'écoute de chacun. Rouwette et al. (2000) soulignent ainsi que des groupes trop importants limitent l'expression des participants car ceux-ci disposent de moins de temps de parole et s'expriment de manière moins libre.

Les acteurs se sont impliqués à des degrés variables. Sur un total de 22, dix acteurs n'ont participé qu'à un seul atelier. Six d'entre eux (GT1, F1, GT13-F, GA8, GE3, GE1) ne se sont pas montrés intéressés ou disponibles pour s'impliquer davantage ni -le cas échéant- se faire remplacer par un autre représentant de leur institution. Deux autres (GT6, GA13) ont participé de manière ponctuelle,

en remplacement d'un acteur engagé de la même institution. Enfin, deux autres (GT11, GA11), ont eux-mêmes été remplacés lors des autres ateliers par un autre représentant de leur institution.

Cinq acteurs (GA12, GA2, GT5, GA1, GT12) ont quant à eux participé à la moitié ou plus des ateliers, et peuvent être considérés comme un « noyau dur » de participants. Certains de ces acteurs, comme GA12, ont rejoint la démarche après le diagnostic préliminaire. GA12 a en effet participé à l'atelier P2 en remplacement de GA11, puis ce remplacement s'est prolongé dans le temps. Trois de ces cinq acteurs ont une activité professionnelle liée à l'agronomie (GA12, GA2, GA1) et deux une approche plutôt territoriale (GT5, GT12); les aspects économiques du système agricole ne sont donc pas directement représentés dans ce « noyau dur ». GE5-F, représentant cet aspect, a cependant eu une influence importante sur le processus via des prises de parole importantes lors des trois ateliers auquel il a participé. Aucun de ces acteurs n'a une approche centrée sur le blé dur et autres céréales, mais la présence dans ce noyau dur de deux acteurs ayant une approche transversale à plusieurs systèmes de culture (GA2, GT5) a permis de pallier à cette absence.

En conclusion, 22 acteurs ont participé au moins à un atelier, permettant ainsi l'échange, la confrontation, et l'articulation de points de vue divers au fil de la démarche, et renforçant en cela le caractère partagé des objets co-construits. La prise en compte d'une telle diversité de représentations influence positivement la qualité de la réflexion collective et les apprentissages sociaux entre acteurs (Lascoumes and Barthes 2001; Kolkman et al. 2005). Cette diversité a aussi permis d'estimer le degré de consensus associé aux connaissances exprimées par les acteurs. Il a ainsi été possible d'appréhender les incertitudes liées à ces connaissances, aspect essentiel pour évaluer la qualité du modèle informatique (Grimm et al. 2014) (voir partie 2).

La participation a été très variable d'un atelier à l'autre, le groupe d'acteurs participants changeant même parfois totalement entre deux ateliers successifs (ateliers MI1 et MI2 par exemple). La remise en discussion permanente des objets co-construits, et en particulier du modèle informatique, a donc été un point essentiel. Dans la plupart des cas, les acteurs rejoignant la démarche ou ayant été absents à certains ateliers validaient ou complétaient les acquis des réunions précédentes. Seul le zonage de la région agricole en fonction des types de sol a fait l'objet de remises en cause d'un atelier à l'autre, révélant des incertitudes importantes qui nous ont incités à confronter des données complémentaires aux connaissances des acteurs.

La variabilité de la participation d'un atelier à l'autre a aussi permis d'équilibrer l'expression des différents acteurs. En effet, la dynamique de certains ateliers a été très marquée par la participation simultanée de plusieurs acteurs très influents, charismatiques et se connaissant de longue date (atelier MI1 par exemple). Des déséquilibres importants étaient alors observés entre l'expression de ces acteurs et celle des autres participants. Ces derniers restaient en retrait malgré les tentatives de

régulation de la parole par les facilitateurs. Lors d'autres ateliers, l'absence de certains de ces acteurs très influents, ou un nombre plus faible de participants, permettait alors une expression plus importante des acteurs restés en retrait. La variabilité de la participation a donc permis de limiter partiellement l'influence de certaines caractéristiques personnelles des acteurs, comme leur charisme ou leur timidité, et les asymétries de pouvoir, problème récurrent dans les démarches participatives (Reed 2008; Barnaud et al. 2010).

TABLEAU 7-1 : SUIVI DES PARTICIPANTS A LA DEMARCHE (EN GRAS : LES ACTEURS AYANT AUSSI PARTICIPE A LA CO-CONSTRUCTION DES CARTES COGNITIVES. ¹PLANTES A PARFUM, AROMATIQUES ET MEDICINALES)

acteur ayant une approche plutôt...		Formulation du problème				Construction du modèle informatique				Atelier E (évaluation du système agricole)
		Entretiens semi-directifs	Atelier P1 (restitution du diagnostic)	Atelier P2 (question partagée + exercice prospectif ²)	Atelier P3 (modèle conceptuel)	Atelier MI1	Atelier MI2 (modèle + exercice prospectif)	Atelier MI3	Atelier MI4 (modèle + exercice prospectif)	
centrée sur le système agricole	lavandin et PAPAM ¹	GE1, GE2, GE3, GE4, GA11	GE4	GE4, GA12	GA12	GE1, GE3, GE4, GA12	GA12	GA12	GA11	GA12
	blé dur, céréales, oléo-protéagineux	GE5-F¹, GA10	GA13	GE5-F ¹ , GA10		GA10	GE5-F ¹			GE5-F ¹
	élevage	GA9, GA15-F								
	apiculture	GA14-F								
	approche transversale à plusieurs systèmes de culture	GA2, GT2, GA3, GT3, GT4, GT9, GT5, GA1	GA2, GT2, GT5, F2	GA2, GT2, GT5, F2, GA4, GA8	GA2, GT2, GT5, GA1, GA4	GA2, GT5	GA2, GT9, GA1	GA2, GA1, F2, GA4, F1	GA2, GT9	GA2, GA1, GT6
territoriale	GT10, GT11, GT14, GT8, GT7, GT1	GT11, GT1	GT12, GT13-F ¹		GT12		GT12		GT12	
Total		24 (9)	8	12	6	6	5	7	3	6

Entretiens individuels : 9 agriculteurs (dont F1, F2 et GE5-F) + 5 techniciens (GA-10, GA7, GA6, GA2, GA12)

Cependant, certains auteurs mentionnent que la construction d'une confiance réciproque et de liens solides entre les acteurs est rendue possible par la continuité du collectif de participants au cours du processus (Reed et al. 2010). Ces deux éléments conditionnent la qualité des échanges entre les participants et la qualité des apprentissages sociaux réalisés (Scholz et al. 2013). A mes yeux, la variabilité des participants n'aura pas empêché l'émergence d'un climat de confiance et de respect réciproque, renforcé à chaque atelier.

4.1.2. UNE REPRESENTATION INEGALE DES DIFFERENTS ENJEUX DU SYSTEME AGRICOLE

L'évolution du groupe de participants entre le diagnostic préliminaire et la phase de co-construction du modèle a orienté la prise en compte des enjeux et composantes du système agricole dans le modèle. L'évolution entre les enjeux mentionnés par les acteurs lors du diagnostic préliminaire et ceux que le modèle permet de prendre en compte est représentée en Figure 7-2.

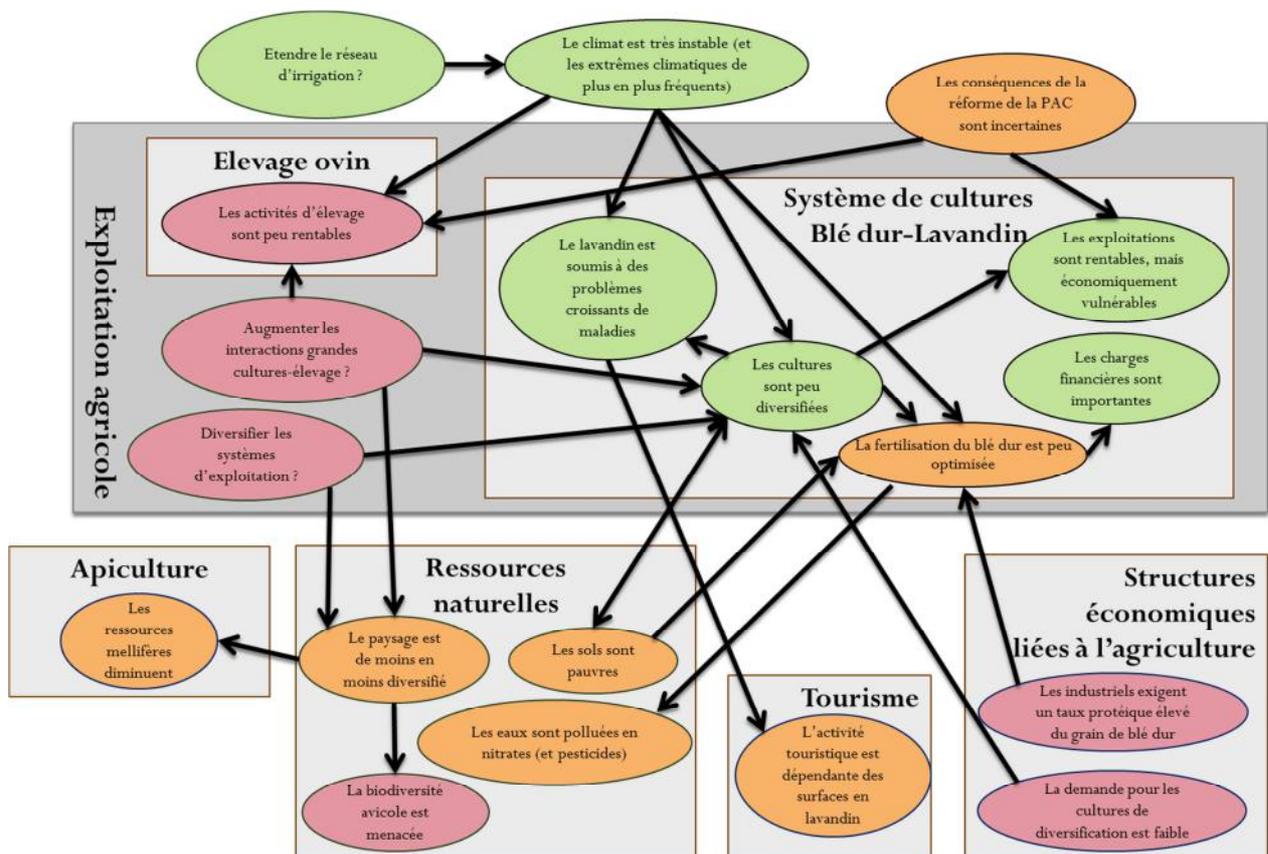


FIGURE 7-2 : PRISE EN COMPTE DES ENJEUX IDENTIFIES LORS DU DIAGNOSTIC PRELIMINAIRE DANS LE MODELE. EN VERT LES ELEMENTS PRIS EN COMPTE, EN ORANGE LES ELEMENTS PARTIELLEMENT PRIS EN COMPTE, EN ROUGE LES ELEMENTS PAS DU TOUT PRIS EN COMPTE.

Le système de production blé dur / lavandin est prédominant sur le territoire et les acteurs techniques et économiques concernés par ce système sont nombreux. Il n'est donc pas étonnant qu'ils se soient montrés intéressés par la démarche et aient été nombreux à participer.

Les activités d'élevage du plateau de Valensole ne représentent qu'une faible part des activités d'élevage du département, principalement localisées dans les zones préalpines. Les acteurs

concernés interviennent donc à des échelles beaucoup plus grandes que le plateau de Valensole, ce qui a généré des limites à leur identification et à leur engagement. Lors de mes entretiens avec un représentant d'un syndicat agricole (FNSEA), également éleveur sur le plateau de Valensole, et un représentant de la maison de l'élevage, la discussion a principalement porté sur des enjeux politiques à l'échelle nationale, et tous deux ont que abordé le plateau de Valensole. Ils n'ont pas participé aux étapes ultérieures, ce qui a entraîné une prise en compte très marginale de l'élevage tout au long de la démarche.

A l'inverse, l'apiculture a des particularités propres au plateau de Valensole. Le miel de lavandin bénéficie d'une valeur ajoutée élevée, et plusieurs enjeux de l'apiculture sont locaux (date de récolte du lavandin, biodiversité florale). Peu d'acteurs concernés par cette activité agricole ont cependant été identifiés. Les apiculteurs sont en effet principalement transhumants, et donc non présents de manière permanente sur le plateau de Valensole. Seul un représentant d'un syndicat apicole, lui-même apiculteur basé en permanence sur le plateau de Valensole, a été rencontré lors du diagnostic préliminaire. Il n'a pas participé aux étapes ultérieures, probablement parce que les liens entre l'agriculture et l'apiculture sont généralement peu pris en compte dans les projets locaux de développement agricole (GA14-F, communication personnelle).

La difficulté d'identifier et d'engager ces acteurs « isolés » menant des activités agricoles moins représentées sur le territoire a limité l'appréhension du système agricole dans toute sa diversité et complexité. Focaliser la démarche sur les activités agricoles majoritaires et représentées par un nombre important d'acteurs a facilité le lancement du processus de modélisation dans un contexte où nous avons initialement peu de connaissances sur le système agricole et peu de relations préalables avec les acteurs. Si la démarche venait à se prolonger, il serait pertinent de chercher à engager ces acteurs afin de les inclure dans la réflexion collective amorcée sur la durabilité du système agricole.

4.1.3. DES MODALITES DE PARTICIPATION DIFFERENCIEES ENTRE «GESTIONNAIRES» ET AGRICULTEURS

Les «gestionnaires» étaient les principaux acteurs ciblés par la démarche. Nous avons en effet estimé qu'ils avaient une vision d'ensemble du système agricole et de la diversité de ses exploitations et qu'ils possédaient des leviers d'actions mobilisables à l'échelle du territoire, par exemple via leurs activités de conseil auprès des agriculteurs. Ces derniers, porteurs de connaissances complémentaires portant spécifiquement sur la conduite de leur exploitation, ont été impliqués selon des modalités différentes.

Les agriculteurs ont principalement été sollicités au cours d'entretiens individuels réalisés lors du diagnostic des pratiques agricoles (SupAgro 2013) et de la co-construction du modèle informatique (séances de travail portant sur la description de leurs systèmes de culture). Les agriculteurs tenaient alors un rôle d'expert⁶⁷ en explicitant leurs pratiques, stratégies et contraintes et en fournissant des données pour estimer empiriquement certains paramètres du modèle (notamment pour le calcul des rendements). Ces données ont été précieuses pour caractériser les activités culturales et représenter les systèmes de culture dans le modèle. Les agriculteurs sont cependant peu intervenus directement dans le processus de co-construction des autres composantes du modèle, excepté en validant la représentation schématique de la région agricole lors des séances de travail individuelles.

Deux agriculteurs n'ayant aucune fonction de gestionnaire, F1 et F2, ont participé à certains ateliers, et notamment à l'atelier MI3⁶⁸, suite à une demande des «gestionnaires» d'impliquer plus d'agriculteurs dans la dynamique de réflexion collective. L'atelier MI3 avait pour objectif de construire une typologie structurelle des exploitations et d'établir les systèmes de culture de ces dernières. Les deux agriculteurs ont rencontré des difficultés à exprimer une vision d'ensemble de la diversité des exploitations à l'échelle du plateau de Valensole. En décrivant leurs propres exploitations, ils ont cependant enrichi les discussions, bien que la représentativité de ces cas particuliers soit limitée. Ce problème d'implication des agriculteurs est lié au décalage entre l'échelle à laquelle ils réfléchissent et prennent quotidiennement leurs décisions (leur exploitation) et l'échelle considérée pour discuter de la durabilité du système agricole (le plateau de Valensole). Ainsi, les modalités de co-construction du modèle, conçues pour les «gestionnaires», n'étaient pas adaptées aux agriculteurs. Des ateliers de co-construction spécifiquement destinés aux agriculteurs auraient pu permettre d'appréhender la diversité des situations à l'échelle des exploitations, puis de monter en généralité à l'échelle du plateau de Valensole, comme cela a par exemple été fait par Vanwindekens et al. (2014).

4.2. ARTICULATION DE PHASES INDIVIDUELLES ET COLLECTIVES

Des interactions à la fois individuelles et collectives avec les acteurs ont jalonné la mise en œuvre de la démarche. Alors que les ateliers collectifs ont permis de stimuler une réflexion collective, les interactions individuelles ont permis de limiter certains biais liés aux potentielles asymétries de pouvoir ou tensions entre les acteurs.

⁶⁷ Pour rappel, j'ai défini un expert comme un acteur « *exprimant ses connaissances (scientifiques ou empiriques) ou décrivant ses pratiques (agriculteur par exemple)* » (chapitre 2)

⁶⁸ Une dizaine d'agriculteurs ont été invités à cet atelier, mais deux seulement ont participé

La représentation de la région agricole (zonage agro-écologique et typologie des exploitations) a surtout été discutée collectivement lors des ateliers. Faisant intervenir une multitude de facteurs, l'élaboration de ce module nécessitait de croiser et d'articuler une diversité de connaissances, à la fois agronomiques, économiques et territoriales, afin d'aboutir à une représentation acceptable aux yeux de tous (Kolkman et al. 2005). Cette étape nécessitait aussi l'expression et la confrontation des points de vue et intérêts des acteurs quant aux critères de zonage nécessaires à prendre en compte. Les discussions collectives lors des ateliers ont aussi permis de mesurer le degré de consensus lié à une connaissance, à travers les confirmations, nuances et désaccords alors exprimés par les acteurs, comme nous l'avons déjà discuté en partie 2.1.

A l'inverse, les composantes plus techniques du modèle (estimation des rendements, caractérisation des activités) ont principalement été construites sur la base des résultats produits lors d'interactions individuelles avec des techniciens et agriculteurs intervenant en tant qu'experts. Elles nécessitaient en effet un effort d'abstraction réduit et ne concernaient qu'un seul type de connaissances, agronomique ou économique. Ces composantes étant directement liées aux performances individuelles des exploitations, leur élicitation collective aurait pu introduire des biais importants. Devant d'autres agriculteurs, certains agriculteurs auraient ainsi pu survaloriser les performances de leurs systèmes de culture, ce qui aurait entraîné une surestimation des paramètres associés dans le modèle. Les résultats obtenus selon ce mode d'interaction ont tous été mis en discussion lors des ateliers collectifs.

4.3. UNE DEMARCHE SUR PLUSIEURS ANNEES

La démarche que j'ai mise en œuvre sur le plateau de Valensole dans le cadre de ma thèse s'est déroulée sur une période de trois ans. La mise en œuvre de démarches de modélisation collaborative sur plusieurs années peut présenter le risque de limiter l'engagement des acteurs, ceux-ci finissant par exprimer une certaine lassitude en l'absence d'obtention rapide de résultats opérationnels (Van den Belt 2004).

Pour réduire la durée d'un processus de modélisation collaborative, une approche consiste à élaborer le modèle entre chercheurs, les acteurs participant alors uniquement à la construction et à l'évaluation de scénarii grâce à ce modèle (Becu et al. 2008). La non-participation des acteurs à la modélisation limite cependant leurs apprentissages et leur appropriation du modèle (Voinov and Bousquet 2010). Dans d'autres cas, le modèle est co-construit *ex nihilo* avec les acteurs, mais l'objectif de la démarche se cantonne à identifier et formuler collectivement des problèmes. Dans ce type d'approche, le modèle, qui prend généralement une forme très stylisée rendant sa construction possible en quelques jours seulement, n'a pas vocation à permettre l'évaluation du système actuel et de systèmes alternatifs (D'Aquino et al. 2002).

Pour ma part, j'ai consacré presque un an et demi à la réalisation du diagnostic préliminaire, et en particulier à la réalisation des entretiens semi-directifs, à leur retranscription, puis à la construction et à l'analyse des cartes cognitives. A la fin de ce diagnostic préliminaire, je disposais d'une vision assez fine du système agricole et j'avais appréhendé la diversité des connaissances et points de vue des acteurs, ainsi que le degré de partage des différents enjeux entre les acteurs. Je considère que sur un terrain sur lequel l'équipe de recherche n'a pas d'antériorité, cette phase initiale est nécessaire. Certains acteurs ayant régulièrement participé à la démarche nous ont fait remarquer que l'intervalle de quelques mois entre les ateliers leur avait permis de se rendre plus facilement disponibles pour ceux-ci.

Autre conséquence d'un processus de plusieurs années : le contexte est susceptible d'évoluer de manière significative pendant ce laps de temps, tant au niveau local qu'à un niveau plus global. Sur le plateau de Valensole, pour ne donner que quelques exemples : (i) deux, puis toutes les communes du plateau de Valensole ont été classées en zone vulnérable nitrate ; (ii) l'extension du réseau d'irrigation a fait l'objet d'un processus de négociation entre les acteurs et a finalement été validée ; (iii) la réforme de la PAC est entrée en vigueur, et ses modalités ont été connues au fur et à mesure du processus ; (iv) les prix de l'énergie ont fortement diminué ; (v) les surfaces cultivées en lavandin ont fortement augmenté depuis 2012 (date des données des déclarations PAC utilisées pour construire la situation de référence du modèle). Ces récentes évolutions du système agricole et de son contexte ont fait évoluer les enjeux et problèmes considérés par les acteurs.

Ainsi, bien que les enjeux de pollution des eaux par les nitrates aient été mentionnés par les acteurs lors du diagnostic préliminaire et la phase de formulation du problème, ils ont peu été mentionnés et discutés lors des premiers ateliers de co-construction du modèle et apparaissaient plutôt secondaires. A la fin du processus, le classement de la totalité des communes du plateau de Valensole en zone vulnérable nitrate avait accru l'importance accordée par les acteurs à cet enjeu. De nouveaux scénarii permettraient d'explorer les conséquences de ce changement sur le système agricole, ainsi que les alternatives permettant de s'y adapter.

5. EFFETS SUR LES ACTEURS

A travers une réflexion collective sur la durabilité du système agricole, la démarche avait pour objectif de stimuler (i) un partage des représentations entre les acteurs et (ii) des apprentissages sur le système agricole, son évolution, et les options techniques pouvant influencer ces dynamiques. Ces apprentissages peuvent être générés par des transferts de connaissances entre les acteurs : ils sont alors inhérents au partage de leurs représentations (Bouwen and Taillieu 2004).

Je discute dans un premier temps les apprentissages des acteurs sur le système agricole. J'aborde aussi bien ceux permis par le partage de leurs représentations que ceux générés par les résultats du modèle ou l'analyse de données en lien avec la construction de ce dernier. Dans un second temps, j'aborde d'autres types d'apprentissages que le partage des représentations implique. Ces apprentissages portent sur les autres acteurs (et leurs objectifs, points de vue, connaissances et compétences), ainsi que sur les capacités communicationnelles ou organisationnelles des participants (Daré et al. 2010).

5.1. APPRENTISSAGES SUR LE SYSTEME AGRICOLE

Les apprentissages sur les caractéristiques et dynamiques du système agricole ont été mis en évidence tout au long de la démarche par la richesse des discussions lors des ateliers. Certains acteurs ont exprimé leur surprise quant à certaines informations apportées, par exemple GT5 lors de l'atelier MI1, à propos des fluctuations du marché du lavandin (*« je viens vraiment d'apprendre quelque chose là ! »*), ou GT12 lors de l'atelier P3, à propos d'éléments techniques liés au réseau d'irrigation (*« ah ça je ne savais pas, c'est intéressant ! »*). Lors des quinze entretiens réalisés à la fin de la phase de formulation du problème, les acteurs mentionnaient déjà des apprentissages liés aux discussions entre eux, alors que le processus de construction du modèle n'avait pas encore débuté.

Ensuite, le modèle informatique nous a permis de réaliser une évaluation de la durabilité du système agricole et d'explorer des scénarii d'évolution. Les performances du système agricole à diverses échelles ont ainsi été évaluées et discutées avec les acteurs, ainsi que les conséquences de certains changements préoccupant les acteurs, et diverses stratégies d'adaptation des exploitations (voir chapitre 6). Dans les fiches d'évaluation remplies à la fin de l'atelier de restitution, les acteurs ont fait état d'apprentissages dus aussi bien aux résultats présentés qu'aux discussions entre acteurs ayant accompagné leur présentation (GT6 : *« les résultats sont intéressants, et encore plus que les résultats, les discussions qu'ils font naître »*). Les résultats obtenus ont surtout permis une discussion sur les enjeux et problèmes du système agricole et les pratiques des agriculteurs (stratégies d'irrigation par exemple). A ce stade de développement du modèle, les leviers d'actions individuels ou collectifs mobilisables pour faire face à ces problèmes ont peu été approfondis. Un nouveau cycle d'amélioration du modèle et l'exploration de nouveaux scénarii seraient nécessaires pour approfondir ces aspects.

5.2. AUTRES APPRENTISSAGES LIES AU PARTAGE DES REPRESENTATIONS

D'autres types d'apprentissages peuvent être liés à un processus de partage des représentations, comme des apprentissages communicationnels, relationnels ou portant sur les

autres acteurs du territoire (Campo et al. 2010; Daré et al. 2010). Ces apprentissages sont nécessaires pour un accroissement de la collaboration entre les acteurs (Daré et al. 2010). Ils peuvent aboutir à une modification des relations entre acteurs et des rôles qu'ils tiennent au sein du système d'acteurs du territoire (Steyaert et al. 2007; Scholz et al. 2013). Ces apprentissages sont cependant plus difficiles à mesurer car diffus, parfois non conscientisés par les acteurs, et difficilement discernables d'autres apprentissages réalisés en dehors de la démarche (Coudel 2009; Jones et al. 2009).

Lors des entretiens d'évaluation réalisés au cours de la phase de formulation du problème, les acteurs ont tous mentionné des apprentissages portant sur les points de vue des autres acteurs et la mise en place de formes de communication permettant une réflexion collective (Le Merre 2014). Les verbatim suivants en sont des exemples : *«Là où j'ai vraiment appris c'était dans les façons d'échanger entre les participants. [...] Il y a une réflexion commune avec des apports individuels [des participants selon] leurs visions mais aussi [une construction] par rapport aux éléments apportés par un autre »,* ou *« ça permet de mieux connaître, mieux cerner les intérêts de chacun, ça c'est clair »*).

Au cours des ateliers et des moments informels les entourant, de nombreuses discussions ont aussi porté sur les activités des acteurs participants. Certaines de ces activités ont ainsi pu être clarifiées, comme en témoigne ce verbatim à propos d'un organisme économique : *« Je ne voyais pas très bien quel était son rôle ou du moins j'avais une vision [selon laquelle] il était beaucoup moins en relation avec les producteurs »*. Les ateliers collectifs ont aussi fourni l'opportunité aux participants d'accroître leur collaboration. Ainsi, l'atelier P2 a été l'opportunité d'organiser une réunion d'articulation entre les projets CLIMATAC et deux projets de développement en cours sur le plateau de Valensole⁶⁹.

5.3. DIFFERENCES D'APPRENTISSAGES ENTRE ACTEURS AU COURS DE LA DEMARCHE

Au cours de la démarche, nous avons pu observer que l'intensité des apprentissages variait selon les acteurs : les transferts de connaissance ont ainsi principalement eu lieu d'acteurs dits « sources » vers des acteurs dits « puits ».

Les acteurs « sources » ont ainsi exprimé de nombreuses connaissances sur le système agricole, contribuant ainsi aux apprentissages des acteurs « puits ». Les acteurs « sources » travaillent souvent sur le plateau de Valensole de longue date, et possèdent déjà des connaissances approfondies sur le système agricole ainsi qu'un réseau social important au sein du territoire. Ces acteurs ont rarement

⁶⁹ Le projet REGAIN, présenté en partie 2.2.1., et le projet COMETE, portant sur les nappes phréatiques du plateau de Valensole

fait état d'apprentissages au cours de la démarche. L'un d'eux a ainsi déclaré : *« Non, hum, non je suis suffisamment au courant. Rien de bien nouveau [...] J'ai rien appris, rien appris de nouveau »*.

Pour les acteurs « puits », les apprentissages ont à l'inverse été intenses. Ces acteurs étaient souvent des acteurs travaillant depuis peu de temps sur le plateau de Valensole. Participer à la démarche leur permettait alors de renforcer, voire construire des relations avec les autres acteurs du territoire. Un de ces acteurs a ainsi déclaré : *« Je n'avais pas encore rencontré toutes les personnes qui étaient présentes [à cet atelier] »*, et un autre : *« Mon deuxième objectif c'était de voir et d'observer les comportements d'acteurs, et comment ça s'organisait et quelle dynamique se crée par rapport à ça. »*. Ces acteurs ont aussi reconnu de nombreux apprentissages sur les caractéristiques et dynamiques du système agricole.

La richesse des discussions entre les acteurs, sous-tendant leurs apprentissages, est aussi à relier aux techniques d'animation mises en œuvre par les facilitateurs.

Lors de la phase de formulation du problème, les modes d'animation utilisés ont permis aux acteurs de s'exprimer librement et spontanément sur leurs représentations du système agricole. Les acteurs ont alors pu orienter les discussions en fonction des thèmes sur lesquels ils souhaitaient acquérir des connaissances et questionner les autres acteurs, ce qui a également permis de révéler et partager les divers points de vue.

Lors de la co-construction du modèle informatique, le mode d'organisation des échanges était plus structuré. Le modèle informatique servait de support aux discussions et les thèmes abordés se voulaient plus précis, conditionnés par les améliorations à apporter au modèle. Le facilitateur avait alors un rôle plus dirigiste dans les échanges entre les participants. Ces derniers s'exprimaient plus dans un objectif d'informer le modélisateur et d'explicitier les éléments techniques nécessaires au modèle. Les questions-réponses et discussions directes et spontanées d'acteur à acteur ont été moins nombreuses dans cette phase que dans la précédente.

CONCLUSION GENERALE

Dans cette thèse, nous avons proposé, mis en œuvre et analysé une démarche innovante de modélisation collaborative visant à favoriser la durabilité d'un système agricole à travers un partage des représentations et des apprentissages des acteurs. Cette démarche, fondée sur la co-construction d'un modèle d'évaluation du système agricole et son utilisation, a permis d'explorer les performances de celui-ci dans le cadre de divers scénarii. Malgré les exigences techniques inhérentes à l'évaluation des systèmes agricoles qui limitent généralement la sollicitation des acteurs, la démarche présentée a permis la co-construction d'un modèle d'évaluation multi-échelle, multicritère et prospectif du système agricole du plateau de Valensole, tout en impliquant les acteurs à toutes les étapes de sa construction. L'articulation des intérêts, points de vue et connaissances de divers acteurs, ainsi que la prise en compte de données complémentaires parfois incertaines et peu nombreuses, est une innovation au cœur de mon travail de thèse qui a été cruciale à la réussite de cette démarche. Mise en œuvre sur un terrain sur lequel l'équipe de recherche n'avait aucun antécédent, cette démarche a aussi permis d'analyser l'engagement des acteurs dans un contexte d'initialisation d'un nouvel espace de travail en recherche action.

La démarche mise en œuvre dans cette thèse a stimulé la réflexion collective entre les acteurs impliqués, générant des apprentissages sur le système agricole et un partage des représentations. Le modèle de simulation qui a été co-construit est considéré comme pertinent par l'ensemble des acteurs, qui souhaitent d'ailleurs poursuivre son amélioration, explorer de nouveaux scénarii, et discuter des résultats obtenus avec les agriculteurs, ce qui peut être interprété comme un signe d'appropriation de la démarche et de ses résultats. Cette volonté de continuer le travail entrepris est d'autant plus cruciale que, si les enjeux et problèmes du système agricole ont été les objets de réflexions collectives importantes tout au long du processus, des approfondissements sont encore nécessaires quant à l'identification, la modélisation et l'évaluation d'alternatives aux systèmes de culture actuels. La démarche présentée dans cette thèse ne constitue en effet que la première boucle d'un processus itératif d'amélioration du modèle/discussion des résultats, vouée à être répétée. Le modèle constitue aussi une base collectivement validée par les acteurs, qui pourrait être complétée par l'intégration d'enjeux moins partagés.

La pérennisation du processus est donc un point essentiel pour que la dynamique de réflexion collective enclenchée puisse être approfondie. La fin de ma thèse, qui coïncide avec celle du projet CLIMATAC, soulève la question des modalités de cette pérennisation. Il n'est en effet pas certain que le collectif de chercheurs investi dans le projet CLIMATAC puisse prolonger lui-même cette dynamique à travers de nouveaux projets de recherche. Dans ce contexte, une autonomisation des acteurs et l'institutionnalisation de la démarche par un organisme local paraissent indispensables. Cet enjeu, généralement central pour les démarches de recherche-action, nécessite des

approfondissements supplémentaires sur les approches, méthodes et moyens mobilisables pour transférer de telles démarches au-delà du seul monde de la recherche.

BIBLIOGRAPHIE

- Agreste 2011. Recensement agricole 2010 : premières tendances. Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire, Paris.
- Allaire, G., and T. Dupeuble. 2004. Des concepts aux indicateurs du développement durable: multidimensionnalité et responsabilisation. *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie*
- Antunes, P., R. Santos, and N. Videira. 2006. Participatory decision making for sustainable development—the use of mediated modelling techniques. *Land Use Policy* 23(1): 44-52.
- Apca. 2012. Quelles perspectives pour les systèmes agricoles en grandes cultures à l'horizon 2020 ? *Analyses et perspectives, Economie Agricole* 1211(
- Argyris, C. 1999. *On organizational learning*.
- Bah, A., I. Touré, C. Le Page, A. Ickowicz, and A. Diop. 2006. An agent-based model to understand the multiple uses of land and resources around drillings in Sahel. *Mathematical and computer modelling* 44(5): 513-534.
- Barnaud, C. 2008. *Équité, jeux de pouvoir et légitimité: les dilemmes d'une gestion concertée des ressources renouvelables. Mise à l'épreuve d'une posture d'accompagnement critique dans deux systèmes agraires des hautes terres du Nord de la Thaïlande*. Université de Nanterre-Paris X.
- Barnaud, C. 2013. La participation, une légitimité en question. *Nature Sciences Sociétés* 21(1): 24-34.
- Barnaud, C., P. D'aquino, W. Daré, C. Fourage, R. Mathevet, and G. Trébuil. 2010. Les asymétries de pouvoir dans les processus d'accompagnement. In: M. Étienne, editor. *La modélisation d'accompagnement: une démarche participative en appui au développement durable*. Quæ, Versailles, France.
- Barnaud, C., G. Trebuil, P. Dumrongrojwatthana, and J. Marie. 2008. Area study prior to companion modelling to integrate multiple interests in upper watershed management of Northern Thailand. *Southeast Asian Studies* 45(4): 559–585.
- Barreteau, O., P. Bots, K. Daniell, M. Etienne, P. Perez, C. Barnaud, D. Bazile, N. Becu, J.-C. Castella, and W. S. Daré. 2013. Participatory approaches. In: B. Edmonds, and R. Meyer, editors. *Simulating Social Complexity: a handbook*. Springer, Berlin.
- Barreteau, O., P. Bots, K. Daniell, M. Etienne, P. Perez, C. Barnaud, D. Bazile, N. Becu, J. Castella, and W. Daré 2010a. Participatory approaches and simulation of social complexity. *Simulating social complexity: a handbook*. Springer, Berlin, Germany.
- Barreteau, O., P. W. G. Bots, and K. A. Daniell. 2010b. A Framework for Clarifying "Participation" in Participatory Research to Prevent its Rejection for the Wrong Reasons. *Ecology and Society* 15(2): 1.
- Barreteau, O., F. Bousquet, M. Etienne, V. Souchère, and P. D'aquino. 2010c. Une méthode de recherche participative et adaptative. In: M. Etienne, editor. *La modélisation d'accompagnement: une démarche participative en appui au développement durable*. Quæ, Versailles.
- Becu, N. 2006. *Identification et modélisation des représentations des acteurs locaux pour la gestion des bassins versants*. PhD, Université de Montpellier 2.
- Becu, N., A. Neef, P. Schreinemachers, and C. Sangkapitux. 2008. Participatory computer simulation to support collective decision-making: Potential and limits of stakeholder involvement. *Land Use Policy* 25(4): 498-509.
- Benoît, M., J.-P. Deffontaines, and S. Lardon 2006. *Acteurs et territoires locaux: vers une géoagronomie de l'aménagement*, Editions Quæ.
- Beuret, J.-E. 2006. *La conduite de la concertation: Pour la gestion de l'environnement et le partage des ressources*, Harmattan.
- Blackstock, K. L., G. J. Kelly, and B. L. Horsey. 2007. Developing and applying a framework to evaluate participatory research for sustainability. *Ecological Economics* 60(4): 726-742.
- Blondy, J., and P. Papon 2009. Fiche-variable : Prix du baril de pétrole. *Agriculture Energie 2030, centre d'études et de prospectives*. Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire, Paris.

- Bockstaller, C., and P. Girardin. 2003. Mode de calcul des indicateurs agri-environnementaux de la méthode INDIGO. *Rapprt technique, INRA*
- Börjeson, L., M. Höjer, K.-H. Dreborg, T. Ekvall, and G. Finnveden. 2006. Scenario types and techniques: towards a user's guide. *Futures* 38(7): 723-739.
- Boschetti, F., I. Walker, and J. Price. 2016. Modelling and attitudes towards the future. *Ecological Modelling* 322: 71-81.
- Bousquet, F., I. Bakam, H. Proton, and C. Le Page. 1998. Cormas: Common-pool resources and multi-agent systems. *Tasks and Methods in Applied Artificial Intelligence*. Springer.
- Bousquet, F., O. Barreteau, P. D'aquino, M. Etienne, S. Boissau, S. Aubert, C. Le Page, D. Babin, and J.-C. Castella. 2002. Multi-agent systems and role games: collective learning processes for ecosystem management. *Complexity and Ecosystem Management. The Theory and Practice of Multi-Agent Systems, Edward Elgar, Londres*): 248-286.
- Bousquet, F., and C. Le Page. 2004. Multi-agent simulations and ecosystem management: a review. *Ecological Modelling* 176(3): 313-332.
- Bousquet, F., G. Trébuil, S. Boissau, C. Baron, P. D'aquino, and J.-C. Castella. 2005. Knowledge integration for participatory land management: The use of multi-agent simulations and a companion modelling approach. *Neef A*): 291-310.
- Bouwen, R., and T. Taillieu. 2004. Multi-party collaboration as social learning for interdependence: developing relational knowing for sustainable natural resource management. *Journal of Community & Applied Social Psychology* 14(3): 137-153.
- Brugnach, M. From prediction to learning: the implications of changing the purpose of the modelling activity. pages *In: International Congress on Environmental Modelling and Software 2010*.
- Brugnach, M., A. Dewulf, C. Pahl-Wostl, and T. Taillieu. 2008. Toward a relational concept of uncertainty: about knowing too little, knowing too differently, and accepting not to know. *Ecology and Society* 13(2): 30.
- Brugnach, M., and H. Ingram. 2012. Ambiguity: the challenge of knowing and deciding together. *Environmental Science & Policy* 15(1): 60-71.
- Bryson, J. M. 2004. What to do when stakeholders matter: stakeholder identification and analysis techniques. *Public management review* 6(1): 21-53.
- Campo, P. C., F. Bousquet, and T. R. Villanueva. 2010. Modelling with stakeholders within a development project. *Environmental Modelling & Software* 25(11): 1302-1321.
- Castoldi, N., and L. Bechini. 2010. Integrated sustainability assessment of cropping systems with agro-ecological and economic indicators in northern Italy. *European journal of agronomy* 32(1): 59-72.
- Ceps 2010. Prospective Agriculture Energie 2030 : l'agriculture face aux défis énergétiques.
- Colomb, B., and A. Glandières. 2001. Évaluation multicritère de la durabilité de systèmes de grande culture spécialisés en agriculture biologique dans le Sud-Ouest de la France (région Midi-Pyrénées). *Cahiers Agricultures* 1(1): 0-0.
- Commod, C. 2005. La modélisation comme outil d'accompagnement. *Natures Sciences Sociétés* 13(2): 165-168.
- Commod, C. 2009. La posture d'accompagnement des processus de prise de décision: les références et les questions transdisciplinaires. *Modélisation de l'environnement: entre natures et sociétés, Versailles, Quæ*): 71-89.
- Conklin, J. 2001. Wicked problems and social complexity. *Dialogue Mapping: Building Shared Understanding of Wicked Problems*
- Coreau, A., G. Pinay, J. D. Thompson, P. O. Cheptou, and L. Mermet. 2009. The rise of research on futures in ecology: rebalancing scenarios and predictions. *Ecology Letters* 12(12): 1277-1286.
- Coudel, E. 2009. *Formation et apprentissages pour le développement territorial: regards croisés entre économie de la connaissance et sciences de gestion*. Montpellier SupAgro.
- Cundill, G., and R. Rodela. 2012. A review of assertions about the processes and outcomes of social learning in natural resource management. *Journal of Environmental Management* 113: 7-14.

- D'aquino, P., and A. Bah. 2013. A bottom-up participatory modelling process for a multi-level agreement on environmental uncertainty management in West Africa. *Journal of Environmental Planning and Management* 56(2): 271-285.
- D'aquino, P., C. Le Page, F. Bousquet, and A. Bah. 2002. Une expérience de conception directe de SIG et de SMA par les acteurs dans la vallée du Sénégal. *Revue internationale de géomatique* 12(4): 517-542.
- Daniell, K. A. 2008. Co-ingénierie des processus de modélisation participative pour la planification et la gestion de l'eau.
- Daniell, K. A., M. a. M. Costa, N. Ferrand, A. B. Kingsborough, P. Coad, and I. S. Ribarova. 2011. Aiding multi-level decision-making processes for climate change mitigation and adaptation. *Regional Environmental Change* 11(2): 243-258.
- Daré, W., C. Barnaud, P. D'aquino, M. Etienne, C. Fourage, and V. Souchère. 2010a. La posture du commodien: un savoir être des savoirs-faire. *La modélisation d'accompagnement: une démarche participative en appui au développement durable*. Quæ.
- Daré, W., A. Van Paassen, R. Ducrot, R. Mathevet, J. Queste, G. Trébuil, C. Barnaud, and E. Lagabrielle. 2010b. Apprentissage des interdépendances et des dynamiques. In: M. Etienne, editor. *La modélisation d'accompagnement: une démarche participative en appui au développement durable*. Quæ, Versailles.
- Delmotte, S. 2011. *Evaluation participative de scénarios: quelles perspectives pour les systèmes agricoles camarguais?* PhD, Montpellier SupAgro.
- Delmotte, S., J.-M. Barbier, J.-C. Mouret, C. Le Page, J. Wery, P. Chauvelon, A. Sandoz, and S. Lopez Ridaura. 2016. Participatory integrated assessment of scenarios for organic farming at different scales in Camargue, France. *Agricultural Systems* 143: 147-158.
- Delmotte, S., S. Lopez-Ridaura, J.-M. Barbier, and J. Wery. 2013. Prospective and participatory integrated assessment of agricultural systems from farm to regional scales: Comparison of three modeling approaches. *Journal of Environmental Management* 129: 493-502.
- Desfontaines, J.-P. 2001. Ressources naturelles et développement durable en agriculture, le point de vue d'un agronome. In: M. Jollivet, editor. *Le développement durable, de l'utopie au concept: de nouveaux chantiers pour la recherche*. Elsevier.
- Dougill, A., E. Fraser, J. Holden, K. Hubacek, C. Prell, M. Reed, S. Stagl, and L. Stringer. 2006. Learning from doing participatory rural research: lessons from the Peak District National Park. *Journal of Agricultural Economics* 57(2): 259-275.
- Doyle, J. K., and D. N. Ford. 1998. Mental models concepts for system dynamics research. *System dynamics review* 14(1): 3-29.
- Dufumier, M. 2007. Agriculture comparée et développement agricole. *Revue Tiers Monde* 3): 611-626.
- Eden, C. 2004. Analyzing cognitive maps to help structure issues or problems. *European Journal of Operational Research* 159(3): 673-686.
- Ericson, J. A. 2006. A participatory approach to conservation in the Calakmul Biosphere Reserve, Campeche, Mexico. *Landscape and Urban Planning* 74(3): 242-266.
- Étienne, M., L. Dobremez, G. Guerin, H. Rapey, and C. Simon. 2010. Une modélisation d'accompagnement pour la gestion combinée des systèmes d'élevage et des milieux boisés sur le Causse du Larzac. *Cahiers Agricultures* 19(2): 84-89.
- Etienne, M., D. R. Du Toit, and S. Pollard. 2011. ARDI: A Co-construction Method for Participatory Modeling in Natural Resources Management. *Ecology and Society* 16(1): 44.
- Faliès, C. 2008. Vers des territoires ruraux dans la région centrale du Chili? *Géocarrefour* 2008(3): 201-212.
- Faure, G., P. Gassel, B. Triomphe, L. Temple, and H. Hocdé 2010. *Innover avec les acteurs du monde rural: la recherche-action en partenariat*, Gembloux (Belgique), Quæ.
- Feola, G., C. Sattler, and A. K. Saysel. 2012. Simulation models in Farming Systems Research: potential and challenges. *Farming Systems Research into the 21st century: The new dynamic*. Springer.

- Folke, C., T. Hahn, P. Olsson, and J. Norberg. 2005. Adaptive governance of social-ecological systems. *Annual Review of Environment and Resources* 30: 441-473.
- Forrester, J. W. 2007. System dynamics—the next fifty years. *System dynamics review* 23(2-3): 359-370.
- Gasselin, P., and P. Lavigne Deville. 2010. Pourquoi construit-on une recherche-action en partenariat? In: G. Faure, P. Gasselin, B. Triomphe, L. Temple, and H. Hocdé, editors. *Innover avec les acteurs du monde rural: la recherche-action en partenariat*. Quae, Gembloux (Belgique).
- Goulet, F., F. Pervanchon, C. Conteau, and M. Cerf. 2008. Les agriculteurs innovent par eux-mêmes pour leurs systèmes de culture. *R. Reau et T. Doré, Systèmes de culture innovant et durables*. Dijon, educagri éditions): 53-69.
- Gouttenoire, L., S. Cournut, and S. Ingrand. 2013. Participatory modelling with farmer groups to help them redesign their livestock farming systems. *Agronomy for Sustainable Development* 33(2): 413-424.
- Gouttenoire, L., M. Taverne, S. Cournut, N. Hostiou, M. Houdart, and S. Lardon. 2014. Faciliter les échanges entre chercheurs sur les projets de recherche participative: proposition d'une grille d'analyse. *Cahiers Agricultures* 23(3): 205-212.
- Gray, S. A., E. Zanre, and S. Gray. 2014. Fuzzy Cognitive Maps as representations of mental models and group beliefs. In: E. I. Papageorgiou, editor. *Fuzzy Cognitive Maps for Applied Sciences and Engineering*. Springer, Berlin.
- Grimble, R., and K. Wellard. 1997. Stakeholder methodologies in natural resource management: a review of principles, contexts, experiences and opportunities. *Agricultural Systems* 55(2): 173-193.
- Grimm, V., J. Augusiak, A. Focks, B. M. Frank, F. Gabsi, A. S. Johnston, C. Liu, B. T. Martin, M. Meli, and V. Radchuk. 2014. Towards better modelling and decision support: documenting model development, testing, and analysis using TRACE. *Ecological Modelling* 280: 129-139.
- Guérin Schneider, L., M. Dionnet, G. Abrami, and Y. Von Korff. Comment évaluer les effets de la modélisation participative dans l'émergence d'une gouvernance territoriale. pages In: Recueil des communications du colloque OPDE 2010'aide à la décision et gouvernance' 2010).
- Guimier, S. 2015. *Exploration multi-échelle du dépérissement du lavandin : influence des pratiques agricoles et de l'environnement paysager*. Master 2, AgroCampus Ouest, Montpellier SupAgro, AgroParisTech.
- Happe, K., K. Kellermann, and A. Balmann. 2006. Agent-based analysis of agricultural policies: an illustration of the agricultural policy simulator AgriPoliS, its adaptation and behavior. *Ecology and Society* 11(1): 49.
- Hare, M., R. Letcher, and A. Jakeman. 2003. Participatory modelling in natural resource management: a comparison of four case studies. *Integrated Assessment* 4(2): 62-72.
- Harwood, R. R. 1990. A history of sustainable agriculture. *Sustainable agricultural systems*): 3-19.
- Hassenforder, E., J. Pittock, O. Barreteau, K. A. Daniell, and N. Ferrand. 2016. The MEPPP Framework: A Framework for Monitoring and Evaluating Participatory Planning Processes. *Environmental Management* 57(1): 79-96.
- Hattermann, F. F., M. Weiland, S. Huang, V. Krysanova, and Z. W. Kundzewicz. 2011. Model-supported impact assessment for the water sector in central Germany under climate change—a case study. *Water Resources Management* 25(13): 3113-3134.
- Hegger, D., M. Lamers, A. Van Zeijl-Rozema, and C. Dieperink. 2012. Conceptualising joint knowledge production in regional climate change adaptation projects: success conditions and levers for action. *Environmental Science & Policy* 18: 52-65.
- Hengsdijk, H., B. a. M. Bouman, A. Nieuwenhuyse, and H. G. P. Jansen. 1999. Quantification of land use systems using technical coefficient generators: a case study for the Northern Atlantic zone of Costa Rica. *Agricultural Systems* 61(2): 109-121.

- Hisschemöller, M., R. S. Tol, and P. Vellinga. 2001. The relevance of participatory approaches in integrated environmental assessment. *Integrated Assessment* 2(2): 57-72.
- Hjortsø, C., S. Christensen, and P. Tarp. 2005. Rapid stakeholder and conflict assessment for natural resource management using cognitive mapping: The case of Damdoi Forest Enterprise, Vietnam. *Agriculture and Human Values* 22(2): 149-167.
- Hochedez, C. 2008. Le bonheur est dans le panier. Réseaux alimentaires alternatifs et commercialisation des produits issus de l'agriculture biologique: l'exemple suédois. *Géocarrefour* 2008(3): 225-233.
- Hossard, L., M. H. Jeuffroy, E. Pelzer, X. Pinochet, and V. Souchere. 2013. A participatory approach to design spatial scenarios of cropping systems and assess their effects on phoma stem canker management at a regional scale. *Environmental Modelling & Software* 48: 17-26.
- Houdart, M. 2005. Organisation spatiale des activités agricoles et pollution des eaux par les pesticides. Modélisation appliquée au bassin versant de la Capot, Martinique. *Cirad, Thèse en Géographie de l'Université des Antilles et de la Guyane, Martinique* 318{
- Houdart, M., M. Taverne, L. Gouttenoire, S. Lardon, N. Hostiou, and S. Cournut. Faciliter la réflexivité et les échanges sur les projets de recherche participative : proposition d'une grille d'analyse *Nature Sciences Sociétés*
- Houllier, F. 2016. Les Sciences participatives en France. Etat des lieux, bonnes pratiques et recommandations.
- Insee. 2008. Parc du Verdon : un développement différencié entre est et ouest.
- Jakku, E., and P. J. Thorburn. 2010. A conceptual framework for guiding the participatory development of agricultural decision support systems. *Agricultural Systems* 103(9): 675-682.
- Jones, N. A., P. Perez, T. G. Measham, G. J. Kelly, P. D'aquino, K. A. Daniell, A. Dray, and N. Ferrand. 2009. Evaluating participatory modeling: developing a framework for cross-case analysis. *Environmental Management* 44(6): 1180-1195.
- Jones, N. A., H. Ross, T. Lynam, and P. Perez. 2014. Eliciting mental models: A comparison of interview procedures in the context of natural resource management. *Ecology and Society* 19(1): 13.
- Jones, N. A., H. Ross, T. Lynam, P. Perez, and A. Leitch. 2011. Mental models: an interdisciplinary synthesis of theory and methods. *Ecology and Society* 16(1): 46.
- Klügl, F. 2007. Measuring complexity of multi-agent simulations—an attempt using metrics. *Languages, methodologies and development tools for multi-agent systems*. Springer.
- Kok, K., R. Biggs, and M. Zurek. 2007. Methods for developing multiscale participatory scenarios: insights from southern Africa and Europe. *Ecology and Society* 13(1): 8.
- Kolkman, M. J., M. Kok, and A. Van Der Veen. 2005. Mental model mapping as a new tool to analyse the use of information in decision-making in integrated water management. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* 30(4-5): 317-332.
- Lamanda, N., S. Roux, S. Delmotte, A. Merot, B. Rapidel, M. Adam, and J. Wery. 2012. A protocol for the conceptualisation of an agro-ecosystem to guide data acquisition and analysis and expert knowledge integration. *European journal of agronomy* 38: 104-116.
- Lang, A., and M. Ramseyer. 2011. *Analyse-diagnostic de l'agriculture du Plateau de Valensole, le rôle de l'irrigation en question*. Master, AgroParisTech.
- Lardon, S., M. Benoît, B. Desfontaines, A. Mathieu, F. Papy, R. Ambroise, C. Deffontaines, and M. Mignotte 2012. *Géoaquonomie, paysage et projets de territoire: sur les traces de Jean-Pierre Deffontaines*, Paris, Editions Quae.
- Lascombes, C. M., and Y. Barthes. 2001. La controverse comme apprentissage, et traduction. *Extraits de: Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique*. Seuil Ed. Paris
- Le Cacheux, J. 2012. Agriculture mondiale et européenne: défis du XXIe siècle. *Revue de l'OFCE* 1): 195-234.
- Le Gall, S., and D. Beriot. 2014. Orienter la stratégie de l'entreprise vers le territoire: une recherche-action par une approche systémique. *Vie & sciences de l'entreprise* 2): 27-47.
- Le Grusse, P. 2009. TRam Gestion de la Toxicité en zone Ramsar.

- Le Merre, E. 2014. *Analyser l'apprentissage des participants dans les processus participatifs : le cas du projet CLIMATAC*. Master 2, AgroParisTech.
- Le Merre, E., C. Tardivo, J.-M. Barbier, and R. Cittadini. 2014. Processus Participatifs et Espaces Ruraux: Des Systèmes d'apprentissages pour la concertation territoriale. Journées de Recherches en Sciences Sociales INRA – SFER – CIRAD, 11-12 décembre 2014, Grenoble.
- Le Page, C., W. Naivinit, G. Trébuil, and N. Gajaseeni. 2014. Companion modelling with rice farmers to characterise and parameterise an agent-based model on the land/water use and labour migration in northeast Thailand. *Empirical agent-based modelling-challenges and solutions*. Springer.
- Leenhardt, D., O. Therond, M.-O. Cordier, C. Gascuel-Odoux, A. Reynaud, P. Durand, J.-E. Bergez, L. Clavel, V. Masson, and P. Moreau. 2012. A generic framework for scenario exercises using models applied to water-resource management. *Environmental Modelling & Software*
- Leith, P., K. O'toole, M. Haward, B. Coffey, C. Rees, and E. Ogier. 2014. Analysis of operating environments: A diagnostic model for linking science, society and policy for sustainability. *Environmental Science & Policy* 39(0): 162-171.
- Levrel, H., M. Etienne, C. Kerbirou, C. L. Page, and M. Rouan. 2009. Co-modeling process, negotiations, and power relationships: some outputs from a MAB Project on the island of Ouessant. *Society and Natural Resources* 22(2): 172-188.
- Li, F. J., S. C. Dong, and F. Li. 2012. A system dynamics model for analyzing the eco-agriculture system with policy recommendations. *Ecological Modelling* 227: 34-45.
- Löf, A. 2010. Exploring adaptability through learning layers and learning loops. *Environmental Education Research* 16(5-6): 529-543.
- López-Ridaura, S., O. Masera, and M. Astier. 2002. Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. The MESMIS framework. *Ecological Indicators* 2(1): 135-148.
- Luyet, V., R. Schlaepfer, M. B. Parlange, and A. Buttler. 2012. A framework to implement Stakeholder participation in environmental projects. *Journal of Environmental Management* 111: 213-219.
- Lynam, T., and K. Brown. 2012. Mental Models in Human–Environment Interactions: Theory, Policy Implications, and Methodological Explorations. *Ecology and Society* 17(3): 24.
- Lynam, T., W. De Jong, D. Sheil, T. Kusumanto, and K. Evans. 2007. A review of tools for incorporating community knowledge, preferences, and values into decision making in natural resources management. *Ecology and Society* 12(1): 5.
- Maani, K., and R. Y. Cavana 2007. *Systems thinking, system dynamics: Managing change and complexity*, Prentice Hall.
- Mahmoud, M., Y. Liu, H. Hartmann, S. Stewart, T. Wagener, D. Semmens, R. Stewart, H. Gupta, D. Dominguez, F. Dominguez, D. Hulse, R. Letcher, B. Rashleigh, C. Smith, R. Street, J. Ticehurst, M. Twery, H. Van Delden, R. Waldick, D. White, and L. Winter. 2009. A formal framework for scenario development in support of environmental decision-making. *Environmental Modelling & Software* 24(7): 798-808.
- Mathevet, R., M. Antona, C. Barnaud, C. Fourage, G. Trébuil, and S. Aubert. 2010. Contextes et dépendances des processus d'accompagnement. In: M. Etienne, editor. *La modélisation d'accompagnement: une démarche participative en appui au développement durable*. Quæ, Versailles.
- Mathevet, R., M. Etienne, T. Lynam, and C. Calvet. 2011. Water management in the Camargue Biosphere Reserve: insights from comparative mental models analysis. *Ecology and Society* 16(1): 43.
- Maurel, P., M. Craps, F. Cernesson, R. Raymond, P. Valkering, and N. Ferrand. 2007. Concepts and methods for analysing the role of Information and Communication tools (IC-tools) in Social Learning processes for River Basin Management. *Environmental Modelling & Software* 22(5): 630-639.
- Mazoyer, M., and L. Roudart 1997. Histoire des agricultures du monde. ULB--Universite Libre de Bruxelles.

- Mendoza, G. A., and R. Prabhu. 2006. Participatory modeling and analysis for sustainable forest management: Overview of soft system dynamics models and applications. *Forest Policy and Economics* 9(2): 179-196.
- Mierlo, B. C., B. Regeer, M. V. Amstel, M. Arkesteijn, V. Beekman, J. Bunders, T. D. Cock Buning, B. Elzen, A. Hoes, and C. Leeuwis 2010. *Reflexive monitoring in action: a guide for monitoring system innovation projects*, Wageningen UR, Communicatie en Innovatiestudies.
- Mingers, J., and J. Rosenhead. 2004. Problem structuring methods in action. *European Journal of Operational Research* 152(3): 530-554.
- Mitchell, G. 2005. Mapping hazard from urban non-point pollution: a screening model to support sustainable urban drainage planning. *Journal of Environmental Management* 74(1): 1-9.
- Neef, A., and D. Neubert. 2011. Stakeholder participation in agricultural research projects: a conceptual framework for reflection and decision-making. *Agriculture and Human Values* 28(2): 179-194.
- Newig, J., D. Günther, and C. Pahl-Wostl. 2010. Synapses in the Network: Learning in Governance Networks in the Context of Environmental Management. *Ecology & Society* 15(4)
- Ollagnon, H. 1998. Pour une stratégie de la gestion de la qualité de la nature: Comment passer du principe à la réalité? *Gibier faune sauvage* 15: 1101-1109.
- Onippam. 2006. Enjeux territoriaux et développement durable des plantes à parfum et aromatiques provençales.
- Özesmi, U., and S. L. Özesmi. 2004. Ecological models based on people's knowledge: a multi-step fuzzy cognitive mapping approach. *Ecological Modelling* 176(1): 43-64.
- Pahl-Wostl, C. The importance of the human dimension in integrated assessment models and processes: actor based analysis and modeling approaches. pages 465-472 *In: Proceedings of the modelling and simulation society of Australia and New Zealand, MODSIM 2003*.
- Pahl-Wostl, C., and M. Hare. 2004. Processes of social learning in integrated resources management. *Journal of Community & Applied Social Psychology* 14(3): 193-206.
- Parson, E. A. 1996. Three dilemmas in the integrated assessment of climate change. *Climatic Change* 34(3-4): 315-326.
- Patel, M., K. Kok, and D. S. Rothman. 2007. Participatory scenario construction in land use analysis: An insight into the experiences created by stakeholder involvement in the Northern Mediterranean. *Land Use Policy* 24(3): 546-561.
- Perez, P., S. Aubert, W. Daré, R. Ducrot, N. A. Jones, J. Queste, G. Trébuil, and A. Van Paassen. 2010. Evaluation et suivi des effets de la démarche. *In: M. Etienne, editor. La modélisation d'accompagnement: une démarche participative en appui au développement durable*. Quæ, Versailles.
- Pierre, G., P. Madeline, C. Margetic, N. Croix, M. Bermond, and C. Peltier. 2008. Durabilité, agricultures et territoires: quels questionnements pour les ruralistes d'universités de l'Ouest? *Géocarrefour* 2008(3)
- Piorr, A., F. Ungaro, A. Ciancaglini, K. Happe, A. Sahrbacher, C. Sattler, S. Uthes, and P. Zander. 2009. Integrated assessment of future CAP policies: land use changes, spatial patterns and targeting. *Environmental Science & Policy* 12(8): 1122-1136.
- Prell, C., K. Hubacek, and M. Reed. 2009. Stakeholder analysis and social network analysis in natural resource management. *Society and Natural Resources* 22(6): 501-518.
- Prell, C., K. Hubacek, M. Reed, C. Quinn, N. Jin, J. Holden, T. Burt, M. Kirby, and J. Sendzimir. 2007. If you have a hammer everything looks like a nail: traditional versus participatory model building. *Interdisciplinary Science Reviews* 32(3): 263-282.
- Pretty, J. N. 1995. *A trainer's guide for participatory learning and action*, lied.
- Ramirez, R. 1999. Stakeholder analysis and conflict management. *Cultivating peace: conflict and collaboration in natural resource management*: 101-126.
- Reau, R., P. Mischler, and M.-S. Petit. 2010. Evaluation au champ des performances de systèmes innovants en cultures arables et apprentissage de la protection intégrée en fermes pilotes. *Innovations Agronomiques* 8: 83-103.

- Reed, M., A. C. Evely, G. Cundill, I. R. A. Fazey, J. Glass, A. Laing, J. Newig, B. Parrish, C. Prell, and C. Raymond. 2010. What is social learning? *Ecology and Society*
- Reed, M. S. 2008. Stakeholder participation for environmental management: a literature review. *Biological conservation* 141(10): 2417-2431.
- Reed, M. S., A. Graves, N. Dandy, H. Posthumus, K. Hubacek, J. Morris, C. Prell, C. H. Quinn, and L. C. Stringer. 2009. Who's in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. *Journal of Environmental Management* 90(5): 1933-1949.
- Renger, M., G. L. Kofschoten, and G.-J. De Vreede. 2008. Challenges in collaborative modelling: a literature review and research agenda. *International Journal of Simulation and Process Modelling* 4(3-4): 248-263.
- Renting, H., W. Rossing, J. Groot, J. Van Der Ploeg, C. Laurent, D. Perraud, D. J. Stobbelaar, and M. Van Ittersum. 2009. Exploring multifunctional agriculture. A review of conceptual approaches and prospects for an integrative transitional framework. *Journal of Environmental Management* 90(2): S112.
- Revel-Mouroz, A. 2013. *Caractérisation des systèmes agricoles du plateau de Valensole*. césure, SupAgro.
- Rigby, D., P. Woodhouse, T. Young, and M. Burton. 2001. Constructing a farm level indicator of sustainable agricultural practice. *Ecological Economics* 39(3): 463-478.
- Röling, N. 1996. Towards an interactive agricultural science. *European journal of agricultural education and extension* 2(4): 35-48.
- Rossing, W. a. H., P. Zander, E. Josien, J. C. J. Groot, B. C. Meyer, and A. Knierim. 2007. Integrative modelling approaches for analysis of impact of multifunctional agriculture: A review for France, Germany and The Netherlands. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 120(1): 41-57.
- Rotmans, J. 1998. Methods for IA: The challenges and opportunities ahead. *Environmental Modeling & Assessment* 3(3): 155-179.
- Roussel, C. 2008. L'agriculture dans la montagne druze (Syrie) entre clientélisme, blocages communautaires et libéralisation économique: un développement durable pour le paysan druze? *Géocarrefour* 2008(3): 213-221.
- Rouwette, E. A., J. A. Vennix, and C. M. Thijssen. 2000. Group model building: A decision room approach. *Simulation & Gaming* 31(3): 359-379.
- Rowe, G., and L. J. Frewer. 2000. Public participation methods: A framework for evaluation. *Science Technology & Human Values* 25(1): 3-29.
- Sadok, W., F. Angevin, J.-É. Bergez, C. Bockstaller, B. Colomb, L. Guichard, R. Reau, and T. Doré. 2009a. Ex ante assessment of the sustainability of alternative cropping systems: implications for using multi-criteria decision-aid methods-a review. *Sustainable Agriculture*. Springer.
- Sadok, W., F. Angevin, J.-E. Bergez, C. Bockstaller, B. Colomb, L. Guichard, R. Reau, A. Messean, and T. Doré. 2009b. MASC, a qualitative multi-attribute decision model for ex ante assessment of the sustainability of cropping systems. *Agronomy for Sustainable Development* 29(3): 447-461.
- Sattler, C., U. J. Nagel, A. Werner, and P. Zander. 2010. Integrated assessment of agricultural production practices to enhance sustainable development in agricultural landscapes. *Ecological Indicators* 10(1): 49-61.
- Scholz, G., A. Dewulf, and C. Pahl-Wostl. 2013. An Analytical Framework of Social Learning Facilitated by Participatory Methods. *Systemic Practice and Action Research* 27(6): 575-591.
- Schreinemachers, P., and T. Berger. 2011. An agent-based simulation model of human–environment interactions in agricultural systems. *Environmental Modelling & Software* 26(7): 845-859.
- Scot 2012. Revision du schéma de cohérence territoriale.
- Siebenhüner, B., and V. Barth. 2005. The role of computer modelling in participatory integrated assessments. *Environmental Impact Assessment Review* 25(4): 367-389.
- Sivom 2010. Aménagement hydraulique du plateau de Valensole.

- Souchère, V., L. Millair, J. Echeverria, F. Bousquet, C. Le Page, and M. Etienne. 2010. Co-constructing with stakeholders a role-playing game to initiate collective management of erosive runoff risks at the watershed scale. *Environmental Modelling & Software* 25(11): 1359-1370.
- Stauffacher, M., T. Flüeler, P. Krütli, and R. W. Scholz. 2008. Analytic and dynamic approach to collaboration: a transdisciplinary case study on sustainable landscape development in a Swiss prealpine region. *Systemic Practice and Action Research* 21(6): 409-422.
- Steyaert, P., M. Barzman, J.-P. Billaud, H. Brives, B. Hubert, G. Ollivier, and B. Roche. 2007. The role of knowledge and research in facilitating social learning among stakeholders in natural resources management in the French Atlantic coastal wetlands. *Environmental Science & Policy* 10(6): 537-550.
- Supagro 2013. Etude préalable à l'accompagnement des acteurs dans la mise en oeuvre de bonnes pratiques agricoles sur le plateau de Valensole. Montpellier Supagro, spécialité Production Végétales Durables (PVD).
- Tafari, C. 2011. Pour une approche systémique de l'évaluation de la durabilité de l'agriculture: une synthèse des approches agro-économiques et géographiques ? *Le développement durable vu par les économistes*
- Tansey, J., J. Carmichael, R. Vanwynsberghe, and J. Robinson. 2002. The future is not what it used to be: participatory integrated assessment in the Georgia Basin. *Global environmental change* 12(2): 97-104.
- Terrier, M., P. Gasselien, and J. Le Blanc. Assessing the sustainability of activity systems to support agricultural households' projects. pages In: 9th European IFSA Symposium" Building sustainable rural futures. The added value of systems approaches in times of change and uncertainty". Workshop 2010).
- Trébuil, G., and M. Dufumier. 1993. Regional agrarian systems and sustainability of agricultural production systems in Thailand. *Journal of Asian Farming Systems Association* 1(4): 557-568.
- Trébuil, G., S. Kam, F. Turkelboom, and B. Shinawatra. 1997. Systems diagnoses at field, farm and watershed levels in diversifying upland agroecosystems: towards comprehensive solutions to farmers' problems. pages 99-114 In: P. S. Teng, M. J. Kropff, H. F. M. ten Berge, J. B. Dent, F. P. Lasigan, and H. H. van Laar, eds. Proceedings of the Second International Symposium on Systems Approaches for Agricultural Development (6-8 december 1995 IRRI, Los Baños, Philippines) Springer.
- Van Asselt, M., J. Mellors, N. Rijkens-Klomp, S. Greeuw, K. Molendijk, P. J. Beers, and P. Van Notten. 2001. Building blocks for participation in Integrated Assessment: A review of participatory methods. *International Centre for Integrated Studies (ICIS), Maastricht*
- Van Cauwenbergh, N., K. Biala, C. Bienders, V. Brouckaert, L. Franchois, V. Garcia Ciudad, M. Hermy, E. Mathijs, B. Muys, J. Reijnders, X. Sauvenier, J. Valckx, M. Vanclooster, B. Van Der Veken, E. Wauters, and A. Peeters. 2007. SAFE—A hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 120(2-4): 229-242.
- Van Den Belt, M. 2004a. Conducting a mediated modeling process. In: M. Van den Belt, editor. *Mediated modeling: a system dynamics approach to environmental consensus building*. Island press, Washington.
- Van Den Belt, M. 2004b. Decision support in coastal zone management in the ria formosa, Portugal. *Mediated modeling: a system dynamics approach to environmental consensus building*. Island press.
- Van Den Belt, M. 2004c. Sage Grouse Populations in southzastern idaho, USA. *Mediated modeling: a system dynamics approach to environmental consensus building*. Island press.
- Van Der Sluijs, J., and P. Klopogge. 2001. The inclusion of stakeholder perspectives in integrated assessment of climate change. *Interdisciplinarity in Technology Assessment*. Springer.
- Van Kouwen, F., P. P. Schot, and M. J. Wassen. 2008. A framework for linking advanced simulation models with interactive cognitive maps. *Environmental Modelling & Software* 23(9): 1133-1144.

- Van Vliet, M., K. Kok, and T. Veldkamp. 2010. Linking stakeholders and modellers in scenario studies: The use of Fuzzy Cognitive Maps as a communication and learning tool. *Futures* 42(1): 1-14.
- Vanwindekens, F. M., P. V. Baret, and D. Stilmant. 2014. A new approach for comparing and categorizing farmers' systems of practice based on cognitive mapping and graph theory indicators. *Ecological Modelling* 274(0): 1-11.
- Verdon, P. N. R. D. 2008. Charte 2008-2020. Parc Naturel Régional du Verdon, Moustiers Sainte-Marie.
- Verdon, P. N. R. D. 2013. Document d'objectifs des sites natura 2000.): 500.
- Vieira Pak, M., and D. Castillo Brieva. 2010. Designing and implementing a Role-Playing Game: A tool to explain factors, decision making and landscape transformation. *Environmental Modelling & Software* 25(11): 1322-1333.
- Vinck, D. 1999. Les objets intermédiaires dans les réseaux de coopération scientifique: Contribution à la prise en compte des objets dans les dynamiques sociales. *Revue française de sociologie*): 385-414.
- Voinov, A., and F. Bousquet. 2010. Modelling with stakeholders. *Environmental Modelling & Software* 25(11): 1268-1281.
- Voinov, A., and E. J. B. Gaddis. 2008. Lessons for successful participatory watershed modeling: a perspective from modeling practitioners. *Ecological Modelling* 216(2): 197-207.
- Wolff, A. 2001. *Changements agricoles et conservation de la grande avifaune de plaine: étude des relations espèce-habitats à différents échelles chez l'outarde canepetière*. Montpellier 2.
- Zahm, F., A. A. Ugaglia, H. Boureau, B. D'homme, J. Barbier, P. Gasselin, M. Gafsi, L. Guichard, C. Loyce, and V. Manneville. 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. *Innovations Agronomiques* 46: 105-125.

ANNEXES

Annexe 1 : Description géographique, biophysique, et climatique du plateau de Valensole

Annexe 2 : Acteurs ayant participé à la démarche

Annexe 3 : Délimitation du système considéré dans le modèle

Annexe 4 : Co-construction de la typologie structurelle des exploitations

Annexe 5 : Estimation des surfaces agricoles utiles des sous-zones représentées dans le modèle et coefficients d'extrapolation régionaux des exploitations

Annexe 6 : Description de la conduite des systèmes de culture à l'échelle des exploitations-type

Annexe 7 : Estimation des principaux paramètres utilisés pour le calcul des indicateurs

Annexe 8 : Résultats complémentaires obtenus à l'échelle de la parcelle

Annexe 9 : Résultats complémentaires à l'échelle de l'exploitation-type pour la situation de référence

Annexe 10 : Extrait du carnet de bord tenu au cours de la démarche

Annexe 11 : Retranscription des fiches d'évaluation de la démarche remplies par les acteurs participant à l'atelier E

Annexe 12 : Extrait de notes recueillies par les chercheurs au cours de l'atelier P2.

Annexe 13 : Exemple de compte-rendu de réunion partagé avec les acteurs (atelier MI2)

DESCRIPTION GEOGRAPHIQUE, BIOPHYSIQUE, ET CLIMATIQUE DU PLATEAU DE VALENSOLE

1. LE PLATEAU DE VALENSOLE : UN TERRITOIRE PROVENÇAL ENTRE LITTORAL ET ALPES

1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE ET DEMOGRAPHIQUE : UN TERRITOIRE SOUMIS A DIVERSES INFLUENCES

Le plateau de Valensole s'étend sur environ 50 000 hectares dans le sud du département des Alpes de Haute Provence. Ensemble géologique homogène correspondant à un poudingue calcaire, il forme une unité paysagère et agricole clairement délimitée par son relief. Il est bordé à l'ouest par la vallée de la Durance, fortement urbanisée, en pleine croissance économique, et correspondant à un axe de communication important entre la plaine côtière industrialisée et touristique et les Alpes du sud. Au sud, le plateau de Valensole est délimité par la rivière du Verdon et trois lacs artificiels construits sur son cours pour l'énergie hydraulique dans les années 1970: les lacs de Sainte-Croix, d'Esparron et de Quinson. Ces lacs, ainsi que les gorges du Verdon situées en amont, sont mondialement réputés et attirent chaque année environ 1,5 millions de touristes (Verdon 2008). Enfin, les premiers contreforts alpins du nord-est du plateau de Valensole sont fortement ruraux, peu densément peuplés et ont une activité économique peu développée.

Fort d'une surface agricole utile d'environ 25 000 hectares, soit 50 % du territoire, le plateau de Valensole s'étend sur le territoire de quinze communes. Dix de ces communes⁷⁰ ont leur centre urbain situé sur le plateau de Valensole, alors que le centre urbain des cinq autres communes⁷¹ n'est localisé qu'en périphérie du territoire. La population totale du plateau de Valensole s'élève à environ 5 500 habitants, dont 3 300 sont situés sur la commune de Valensole. Avec une densité moyenne de 11 habitants par km², le plateau de Valensole connaît une croissance démographique régulière et soutenue, celle-ci étant de 13 % par exemple pour la commune de Valensole entre 1999 et 2007

⁷⁰ *Allemagne-en-Provence, Esparron-de-Verdon, Montagnac-Montpezat, Puimoisson, Riez, Roumoules, Sainte-Croix-de-Verdon, Saint-Laurent-de-Verdon, Saint-Martin-de-Brômes, Valensole*

⁷¹ *Gréoux-les-Bains, Moustiers-Sainte-Marie, Saint-Jurs, Brunet, Quinson*

(Scot 2012). Le plateau de Valensole bénéficie de l'influence du bassin économique de Manosque, plus grande ville du département (20 000 habitants), localisée dans la vallée de la Durance. Cette ville constitue un pôle d'emploi non négligeable pour les communes du plateau de Valensole. Par exemple, 53 % des actifs de la commune de Valensole y travaillent (Scot 2012). Pour les communes situées au sud du plateau de Valensole, cette croissance démographique est sensiblement plus élevée en raison de la présence du *Centre de l'Energie Atomique de Cadarache* à Saint-Paul-les-Durance. Face à cette croissance démographique, les zones urbanisées ont progressé d'environ 20 % de leur surface entre 1999 et 2007 (Scot 2012). La pression foncière sur les terres agricoles reste cependant faible, le taux de transmission et d'installation agricole étant élevé (Scot 2012).

1.2. LE LAVANDIN : UNE PLANTE MAJEURE POUR L'AGRICULTURE ET LE TOURISME

Le plateau de Valensole est réputé pour ses paysages emblématiques composés de grands espaces ouverts cultivés en lavandin et blé dur, l'arrière-plan étant occupé par les premiers massifs alpins de Digne. Hybride de la lavande⁷², symbole fort de la Provence, le lavandin est central pour les deux principales activités économiques du plateau de Valensole : l'agriculture et le tourisme.

Le lavandin est un arbrisseau pluriannuel pouvant atteindre un mètre de hauteur. Son essence est principalement utilisée dans l'industrie du détergent. Elle contient en effet du linalol, utilisé comme molécule fixatrice de parfum dans les lessives. Anecdote dans les années 30, sa culture explose dans les années 1950 suite à une hausse des prix liée au développement de la détergence industrielle et à la démocratisation des machines à laver (Lang and Ramseyer 2011). Depuis, sa culture est centrale dans le fonctionnement de la majorité des exploitations agricoles du plateau de Valensole. Les bénéfices importants qui en sont dégagés contribuent largement au dynamisme et à la rentabilité de l'agriculture sur le territoire. L'agriculture est ainsi l'activité principale du plateau de Valensole, et embauchait environ 12,6 % de la population du plateau en 1999 (INSEE 2008). La production de miel de lavande, autre symbole fort de la Provence, est une autre activité centrale dégageant des revenus importants pour les apiculteurs locaux et transhumants⁷³.

Le lavandin contribue aussi largement à l'attractivité touristique du plateau de Valensole, attractivité renforcée par sa proximité avec les gorges du Verdon. La lavande comme produit

⁷² Le lavandin est un hybride naturel entre la lavande fine *Lavandula officinalis* et l'*Aspic*, *Lavandula latifolia*. Son inflorescence, et donc les rendements en huile essentielle qui peuvent en être attendus, sont beaucoup plus importants que pour la lavande fine. Son essence est cependant réputée moins délicate. Sa culture a progressivement supplanté celle de la lavande, et est aujourd'hui majoritaire dans tout le bassin de production d'huile essentielle de lavande et lavandin.

⁷³ Les apiculteurs transhumants sont des apiculteurs qui se déplacent d'une zone géographique à l'autre en fonction des périodes de floraison des différentes espèces florales

touristique et symbole rural de la Provence ne date que des années 1980. A cette époque, plusieurs projets d'envergure sont lancés pour redynamiser une production de lavande et lavandin mise à mal par la concurrence internationale. Le principal axe de développement choisi est alors sa valorisation culturelle et touristique, à travers par exemple la création des « routes de la lavande » (ONIPPAM 2006). L'image du champ de lavande s'impose alors petit à petit dans les représentations symboliques de la Provence et devient une source importante de retombées économiques via le tourisme⁷⁴. Contrairement à la majorité des paysages de champs de lavandin (vallée du Rhône, Baronnies, Plateau de Sault), où celui-ci est combiné à une grande diversité de cultures, comme la viticulture ou l'oléiculture, pour former une mosaïque complexe, le lavandin est cultivé en monoculture sur le plateau de Valensole. Le parcellaire de très grande taille, l'importance du lavandin dans la sole totale du territoire (presque 50%), ainsi qu'un paysage très ouvert, sont à l'origine de ces grandes étendues violettes caractéristiques et uniques.

2. CARACTERISTIQUES BIOPHYSIQUES DU PLATEAU DE VALENSOLE

2.1. UN CLIMAT SOUS INFLUENCE MEDITERRANEENNE ET ALPINE

Le climat du plateau de Valensole subit des influences à la fois méditerranéennes et alpines. Les étés sont chauds et secs, mais marqués par des orages violents et parfois même par des épisodes de grêle. Les plantes souffrent donc d'un déficit hydrique, l'eau d'orage et de grêle n'étant que peu assimilable par les plantes. Les printemps et automnes sont généralement pluvieux, mais connaissent une forte variabilité interannuelle. La variabilité au printemps entraîne des incertitudes fortes concernant les rendements des différentes cultures. Les périodes de sécheresse à cette époque sont de plus en plus fréquentes. L'hiver est rude (températures moyennes inférieures à 5°C), avec des gelées pouvant durer pendant plusieurs semaines. Le plateau de Valensole subit aussi le mistral, vent fort et froid du nord-ouest caractéristique de la Provence. Le mistral souffle plus de la moitié de l'année, asséchant les terres et accentuant ainsi le déficit hydrique.

Le plateau de Valensole est caractérisé par un gradient altitudinal du Sud-Ouest au Nord-Est, variant de 450 m à 800 m. Ce gradient implique des climats sensiblement différents. La zone Nord-Est (Saint-Jurs, Riez, Puimoisson) a ainsi un climat plus rude, avec des périodes de gel plus tardives et des précipitations moins importantes. Le lavandin, adapté aux sécheresses et plus productif en haute

⁷⁴ Selon une étude réalisée sur tout le bassin de production par FranceAgriMer, sur 10 € générés par la culture du lavandin, 6 € seraient liés à l'activité touristique. Les 4 € restants se répartissent entre les industriels (2 €), l'exploitant agricole (1 €) et l'apiculteur (1 €).

altitude, prédomine dans cette zone, alors que les céréales y sont moins cultivées car plus sensibles au gel (Revel-Mouroz 2013).

2.2. DIFFERENCIATION PEDOLOGIQUE ET TOPOLOGIQUE DE TROIS GRANDS SOUS-ENSEMBLES

Les eaux de ruissellement ont creusé plusieurs vallées dans le plateau de Valensole. Le cours d'eau principal, le Collostre, forme une vallée orientée du Nord-Est au Sud-Ouest. Ses nombreux affluents ont creusé autant de petites vallées délimitant des bandes parfois étroites de plateau. Ce relief permet de distinguer trois grands ensembles (Lang and Ramseyer 2011): (1) des zones de plateau; (2) des fonds de vallée; (3) et les versants des vallées.

2.2.1. LES ZONES DE PLATEAU

Les plus vastes surfaces de plateau sont localisées au nord et au sud-est du territoire. Elles sont caractérisées par des sols fersialitiques provenant de la décarbonatation de la couche supérieure du poudingue calcaire (Revel-Mouroz 2013). Au Nord-Est, ces sols sont peu profonds (moins de 40 cm), et le labour provoque une remontée de la roche mère, rendant les sols calcaires et caillouteux. Les faibles capacités de rétention de l'eau par ces sols, de par leur faible profondeur et leur composition chimique, entraîne le déficit hydrique des cultures. Au sud et au nord-ouest, les sols sont plus profonds (40-60 cm), moins caillouteux, et argilo-limoneux (Revel-Mouroz 2013). Les faibles pentes permettent des parcelles de grande taille, mécanisables et facile d'accès. Les grandes cultures prédominent donc, avec notamment production de lavandin, blé dur, et dans une moindre mesure d'oléo-protéagineux (Revel-Mouroz 2013).

2.2.2. LES FONDS DE VALLEE

Les fonds de vallée sont caractérisés par des sols alluvionnaires à très fort potentiel agronomique. Cependant, ces sols sont soumis à des fortes amplitudes de températures, à des gels plus tardifs, et ces zones très étroites ne permettent qu'un parcellaire petit et peu accessible. Les fonds de vallée sont donc généralement peu valorisés d'un point de vue agricole (friches, prairies permanentes pour chevaux). On observe cependant quelques productions à forte valeur ajoutée (horticulture, fraises, pépinières de boutures de lavandin), favorisées par l'accès à l'irrigation grâce aux cours d'eau (Revel-Mouroz 2013).

2.2.3. LES ZONES DE VERSANTS, DE PENTES ELEVEES

Les versants sont caractérisés par des sols très pentus et accidentés, la roche mère affleurant parfois. Généralement inaptes à l'activité agricole, ils sont boisés (chênes verts, chênes blancs, pins), ou utilisés comme estives ou landes où pâturent les ovins et caprins (Revel-Mouroz 2013).

3. UN TERRITOIRE A LA BIODIVERSITE REMARQUABLE

Le plateau de Valensole contient une grande diversité d'habitats naturels (par exemple grands espaces ouverts, forêts des versants, ripisylves des fonds de vallée), dont 22 sont qualifiés d'intérêt communautaire, c'est-à-dire rares ou menacés à l'échelle européenne (Verdon 2013). Cette diversité d'habitats héberge une biodiversité faunique et végétale particulièrement riche. Ainsi, 3 espèces végétales, 48 espèces animales et 51 espèces d'oiseaux sont classées d'intérêt communautaire par l'union européenne, et font l'objet de mesures de protection particulières.

Plusieurs de ces espèces, et notamment d'oiseaux, sont directement liées aux grands espaces agricoles ouverts du plateau de Valensole. La mosaïque de cultures sèches est par exemple favorable au maintien et à la reproduction de plusieurs espèces d'affinité steppique. Ainsi, le plateau de Valensole hébergerait une des plus grandes populations d'Outarde Canepetière de France (Verdon 2013). La Fauvette à lunettes, quant à elle, a fait du lavandin son habitat préférentiel suite au déclin de ses habitats traditionnels, et 40 à 50 % de sa population répertoriée est localisée sur le plateau de Valensole. En parallèle, la présence sur le plateau de Valensole de quelques vergers et de vieux amandiers et oliviers est indispensable pour le maintien d'espèces comme le Moineau soulcie, la Chevêche d'Athéna ou le Bruant ortolan. Enfin, le bâti agricole contribue aussi à cette biodiversité. Les anciennes granges et les entrepôts de matériel agricoles servent ainsi lieu de reproduction au Petit Rhinolophe, espèce de chauve-souris particulièrement bien représentée sur le plateau de Valensole.

ANNEXE 2 : ACTEURS AYANT PARTICIPE A LA DEMARCHE

acteur	organisme
F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8, F9	Agriculteurs
GA15-F	Eleveur. FDSEA
GA9	Eleveur. Maison de l'élevage. CERPAM (<i>Centre d'Etudes et de Réalisations Pastorales Alpes Méditerranée pour la gestion des espaces naturels par l'élevage</i>)
GA14-F	Apiculteur. Syndicat apicole du département des Alpes de Haute Provence
GT13-F	Agriculteur. Parc Naturel Régional du Verdon
GE5-F	Agriculteur. Coopérative de céréales GPS (<i>Groupe Provence Service</i>)
GT2	Chambre d'agriculture, direction
GT3	Chambre d'agriculture, service distilleries
GT4	Chambre d'agriculture, service installation-transmission
GA2	Chambre d'agriculture, service grandes cultures
GA3	Chambre d'agriculture, service gestion de l'eau et irrigation
GA5	Chambre d'agriculture, service grandes cultures
GT10	Parc Naturel Régional du Verdon, Natura 2000
GT11	Parc Naturel Régional du Verdon
GT12	Parc Naturel Régional du Verdon, Natura 2000 et coordination du projet REGAIN
GT5	Société du Canal de Provence (société d'aménagement en charge de l'irrigation sur le plateau de Valensole).
GT6	Société du Canal de Provence
GA4	Société du Canal de Provence puis Chambre d'agriculture, service Politique Agricole Commune
GA10	Arvalis Institut du végétal (institut technique pour les grandes cultures), antenne régionale
GA13	
GA11	CRIEPPAM (<i>Centre Régionalisé Interprofessionnel d'Expérimentation en Plantes à Parfum Aromatiques et Médicinales</i> : institut technique pour le lavandin)
GA12	
GA1	Agribio 04
GA6	coopérative de céréales GPS (<i>Groupe Provence Service</i>), conseil agricole
GA7	coopérative de céréales GPS (<i>Groupe Provence Service</i>), conseil agricole
GE1	coopérative d'huiles essentielles SCA3P
GE2	CIHEF (<i>Comité Interprofessionnel Huiles Essentielles Françaises</i>)
GE4	
GE3	FranceAgrimer, filière Plantes à Parfum, Aromatiques et Médicinales
GA8	chaire d'entreprises AgroSys (au sein de Montpellier SupAgro)
GT1	Verdon Solidaire (association de vente directe de produits locaux à Puimoisson)
GT7	Conseil général
GT8	Communauté de commune, Commission Développement Economique Agricole
GT9	Conseil général, service agriculture
GT14	DDT (Direction Départementale des Territoires)

ANNEXE 3 : DELIMITATION DU SYSTEME CONSIDERE DANS LE MODELE

1. DELIMITATION GEOGRAPHIQUE DU PLATEAU DE VALENSOLE

Les limites géographiques de la zone d'étude fixées pour le modèle informatique sont celles de la zone Natura 2000 (Figure 1). Dans cette délimitation, les versants extérieurs du plateau de Valensole (vallée de la Durance, vallée de l'Asse), ne sont pas pris en compte. Cette délimitation découle directement de la phase de problématisation de la démarche. Cet espace présente une certaine homogénéité, notamment par rapport aux caractéristiques topographiques, géologiques et pédologiques du plateau de Valensole (Revel-Mouroz 2013). Lors de la phase de problématisation, la démarche s'est de plus progressivement centrée sur la représentation des exploitations cultivant du blé dur et du lavandin. Or, ces cultures sont principalement présentes dans cette zone, et très peu représentés dans les versants boisés du massif de Valensole. Cette délimitation a donc été considérée par les acteurs comme la plus pertinente pour l'évaluation de la durabilité des systèmes agricoles centrés sur le lavandin. Ce territoire fait aussi sens dans une dimension plus symbolique pour les acteurs du territoire, car il est caractérisé par une identité spécifique, basée sur une histoire commune et la culture du lavandin.

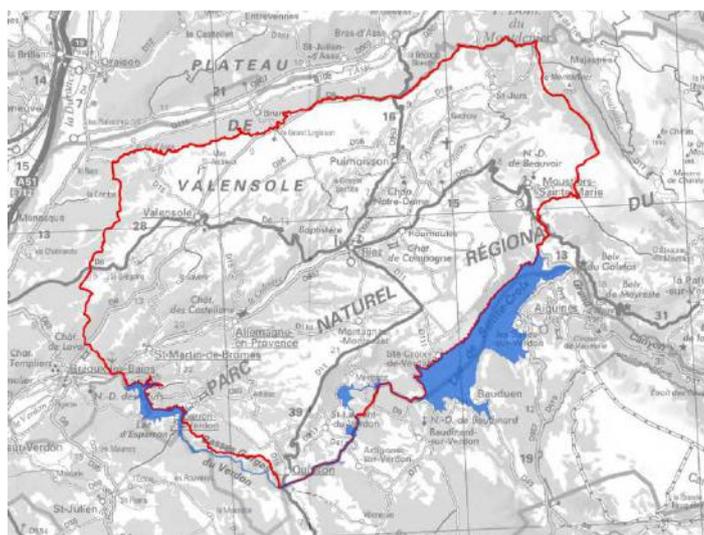


FIGURE 1: LIMITES GEOGRAPHIQUES DU PLATEAU DE VALENSOLE UTILISEES

2. EXPLOITATIONS CIBLEES

Les exploitations ciblées par la démarche ont été précisées par l'établissement de deux critères fondés sur leurs surfaces cultivées en lavandin et leur surface agricole utile. Ces critères ont permis de construire un échantillon d'exploitations réelles à partir des données des déclarations PAC des

agriculteurs pour l'année 2012. Les données de cet échantillon ont ensuite été analysées pour la construction de la typologie structurelle des exploitations, l'établissement des coefficients d'extrapolation des exploitations-types représentées dans le modèle, et la conduite de leurs systèmes de culture.

Ces critères ont été construits de manière participative lors de la phase de co-construction du modèle. Ils ont d'abord été évoqués de manière uniquement qualitative par les participants. Dans un second temps, j'ai analysé la totalité des déclarations PAC des agriculteurs pour l'année 2012, ce qui m'a permis de préciser les seuils quantitatifs correspondant à ces critères. Ces éléments ont ensuite été validés avec les acteurs du territoire.

Les deux critères finalement établis sont : (i) l'année 2012, les exploitations retenues cultivaient plus de cinq hectares de lavandin (ii) l'année 2012, les exploitations retenues avaient une surface agricole utile (SAU) supérieure à 30 hectares.

2.1. DEFINITION QUALITATIVE DES CRITERES

Lors de la phase de problématisation de la démarche, les acteurs ont décidé de centrer l'évaluation de la durabilité du système agricole sur les exploitations cultivant du lavandin (voir chapitre 4). Le lavandin est en effet une culture largement répandue sur le plateau de Valensole et marque son identité. C'est aussi une source de revenu importante pour les agriculteurs, mais aussi pour d'autres acteurs, comme les acteurs de la filière du tourisme. La filière du lavandin est très structurée et les acteurs la représentant sont localisés sur le plateau de Valensole et très audibles. Enfin, lors du diagnostic préliminaire, divers problèmes pour sa culture ont été considérés comme conditionnant particulièrement la durabilité des systèmes agricoles, comme la progression du dépérissement.

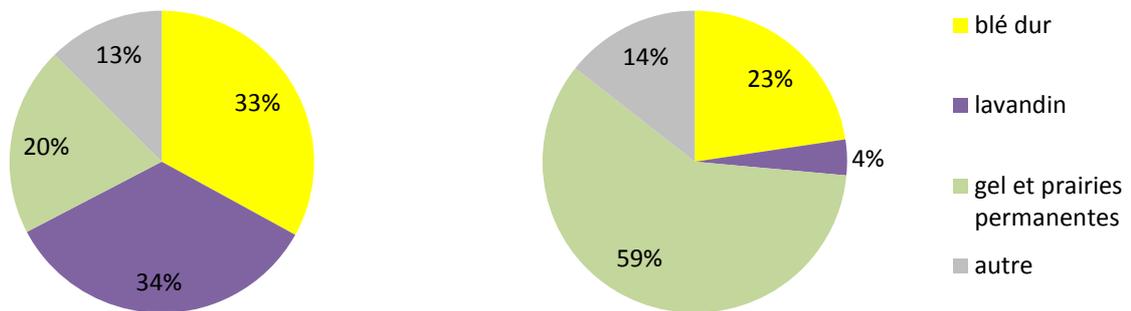
Lors du premier atelier de co-construction du modèle, il a aussi été acté que le modèle se focaliserait sur les exploitations professionnelles. Les agriculteurs professionnels, dépendants de la rentabilité de leurs exploitations, sont en effet les plus vulnérables face aux divers problèmes de durabilité de l'agriculture. Les objectifs poursuivis par ces exploitations (par exemple rentabilité, limitation du temps de travail) ne sont de plus pas forcément identiques à ceux des exploitations non professionnelles (par exemple esthétique). J'utilise ici la définition d'Agreste⁷⁵, définissant une exploitation professionnelle comme une exploitation disposant d'une marge brute supérieure à 10 000 € par an, et employant au moins l'équivalent d'un actif à trois quart temps.

2.2. QUANTIFICATION DES SEUILS DE DIFFERENCIATION

⁷⁵ <http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/articles04032A4.pdf>

Une première analyse des données des déclarations PAC 2012 des exploitations ayant au moins une parcelle dans les limites du système étudié a montré que de nombreuses exploitations cultivent des surfaces très faibles en lavandin. Or, d'après le diagnostic préliminaire, la culture du lavandin nécessite un matériel agricole spécifique, notamment pour sa récolte et sa distillation, et ce matériel demande un investissement financier important. J'ai donc fait l'hypothèse que les exploitations cultivant une surface en lavandin inférieure à 5 hectares ne possédaient pas en propre ce matériel et déléguaient la plupart des travaux de conduite et de récolte du lavandin à des entreprises extérieures de services agricoles. Selon les acteurs, ces exploitations ne seraient donc pas professionnelles ou le lavandin ne serait que très secondaire dans leurs systèmes de culture. En conséquence, **une limite minimale de surface cultivée en lavandin a été fixée à cinq hectares** pour les exploitations prises en compte dans l'échantillon analysé pour la co-construction du modèle de simulation.

Cette première analyse des données des déclarations PAC a aussi montré que de nombreuses exploitations cultivaient des surfaces agricoles utiles (SAU) très faibles. J'ai fait l'hypothèse que les très petites exploitations n'étaient pas professionnelles, et décidé de fixer un seuil minimal de SAU pour les exploitations prises en compte dans l'échantillon. Les surfaces gelées ou en prairies permanentes représentent presque 60 % des surfaces cultivées des exploitations du plateau de Valensole cultivant moins de 5 hectares de lavandin et ayant une SAU inférieure à 30 hectares (Figure 2). Les surfaces relatives couvertes par le lavandin au sein de ces exploitations sont aussi très faible (7%). De plus, les surfaces relatives en lavandin des exploitations de moins de 30 hectares sont très variables, ce qui témoigne de la grande diversité de ces exploitations (Figure 3). **Une SAU minimale de 30 hectares a donc été fixée** pour la construction de l'échantillon des exploitations prises en compte pour l'analyse des données des déclarations PAC.



Exploitations ciblées (cultivant plus de 5 ha de lavandin et ayant une SAU de plus de 30 ha)

Exploitations du plateau de Valensole non ciblées

FIGURE 2 : COMPARAISON DES SURFACES RELATIVES DES DIFFERENTES CULTURES DE TOUTES LES EXPLOITATIONS DU PLATEAU DE VALENSOLE ET DE CELLES CIBLEES DANS LE MODELE (DECLARATIONS PAC, 2012)

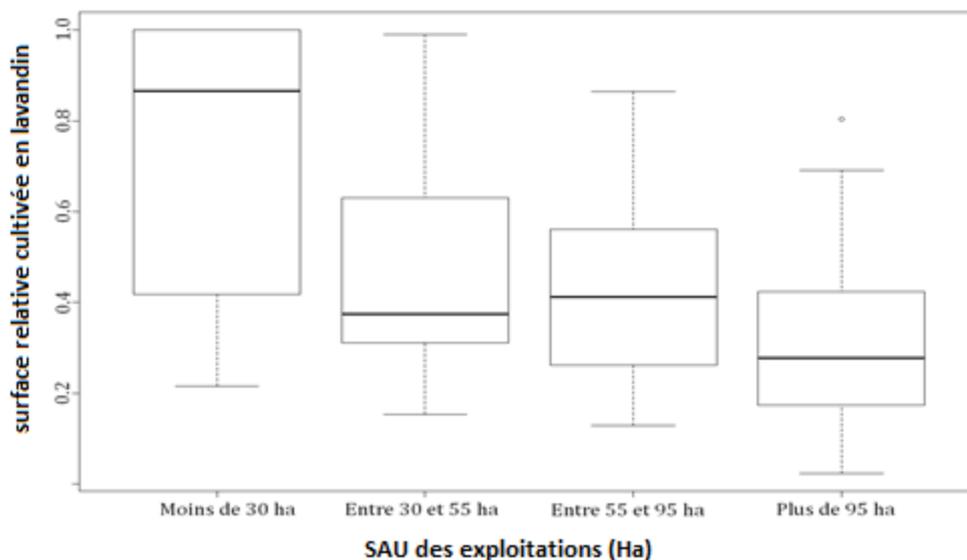


FIGURE 3 : VARIABILITE DES SURFACES RELATIVES CULTIVEES EN LAVANDIN DES EXPLOITATIONS DU PLATEAU DE VALENSOLE (DECLARATIONS PAC, 2012)

Ces deux critères ont été validés avec les acteurs lors du processus de co-construction du modèle de simulation. Selon eux, des surfaces relatives cultivées en lavandin supérieures à 80 % ne sont pas caractéristiques d'exploitations professionnelles. Or, la plupart des exploitations cultivant plus de 80% de leur surface en lavandin ont une SAU inférieure à 30 ha. Un seuil minimal de taille des exploitations à 30 ha a donc été considéré pertinent à cet égard. Quelques exploitations dont la taille est supérieure à 30 ha ont des surfaces relatives en lavandin supérieures à 80%. Ces exploitations ont été considérées comme des artefacts, dû à des erreurs dans les déclarations PAC ou une situation exceptionnelle de ces exploitations en 2012.

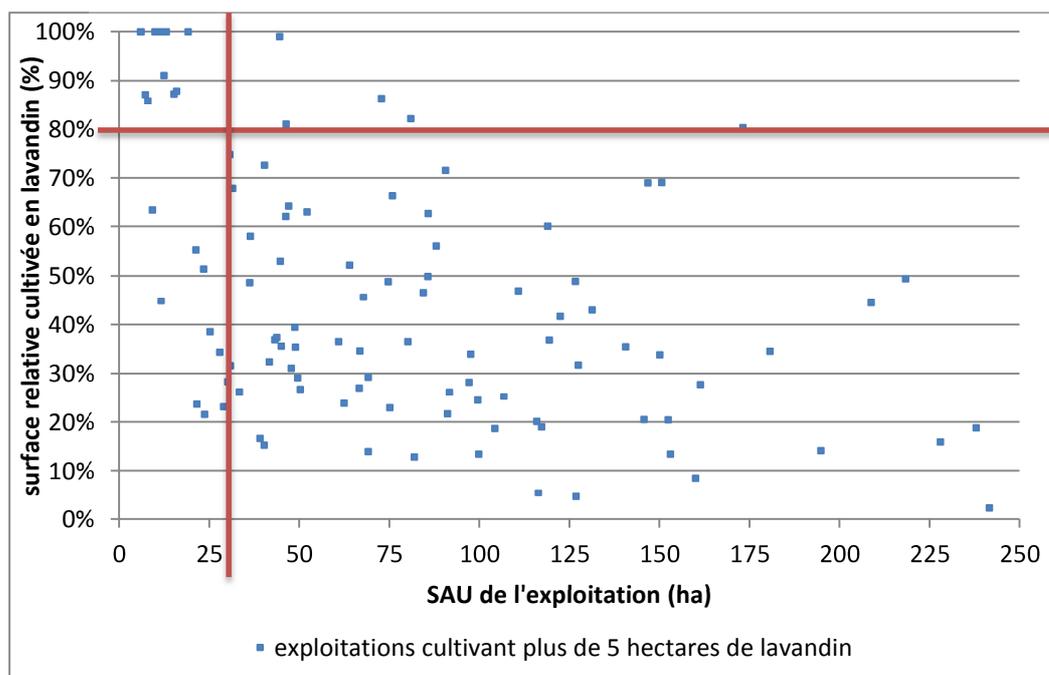


FIGURE 4 : SOLES EN LAVANDIN EN FONCTION DE LA TAILLE DES EXPLOITATIONS (DECLARATIONS PAC, 2012)

L'échantillon final des exploitations construit à partir des critères présentés précédemment représente 32% des exploitations ayant des parcelles sur le plateau de Valensole et ayant rempli une déclaration PAC pour l'année 2012, soit 58 % de la surface agricole utile du plateau de Valensole (8 514 ha sur 14 800 ha déclarés à la PAC pour l'année 2012). Ce faible taux de recouvrement peut s'expliquer par le fait que les systèmes d'élevage ou à forte valeur ajoutée des fonds de vallée ne sont pas pris en compte. Ainsi, sans prise en compte des surfaces gelées ou en prairies permanentes, ce taux de recouvrement atteint 80 % de la SAU totale déclarée pour les aides de la PAC en 2012.

ANNEXE 4 : CO-CONSTRUCTION DE LA TYPOLOGIE STRUCTURELLE DES EXPLOITATIONS

La typologie structurelle des exploitations prend en compte trois critères : (i) la taille de l'exploitation-type, (ii) son degré de spécialisation en lavandin, caractérisé ici par la surface relative de l'exploitation-type cultivée en lavandin, (iii) son équipement pour l'irrigation. Ces trois critères, ainsi que les seuils de différenciation utilisés, ont été déterminés par des allers-retours entre les ateliers participatifs et l'analyse des données des déclarations PAC des agriculteurs en laboratoire, pour les 82 exploitations ciblées dans le modèle.

PRISE EN COMPTE DE LA TAILLE COMME CRITERE DE DIFFERENCIATION

Dans la première version du modèle construite par moi-même et soumise aux acteurs lors de l'atelier MI1, trois tailles d'exploitations-type étaient représentées (TABLEAU 1). D'après le diagnostic préliminaire, la taille influencerait en effet les systèmes de culture des exploitations, ainsi que leurs résultats technico-économiques ; elle modifierait également leurs capacités d'adaptation et leurs opportunités de développement. Les charges d'amortissement du matériel ont fréquemment été citées pour expliquer ces différences: les moyennes exploitations auraient ainsi des charges d'amortissement du matériel par hectare plus élevées que les grandes. De plus, les grandes exploitations disposeraient de moins de main d'œuvre disponible par unité de surface que les moyennes, les emplois ouvriers permanents étant peu nombreux sur le plateau de Valensole. Le diagnostic des pratiques agricoles (SupAgro 2013), réalisé à partir d'enquêtes auprès de 34 exploitations, montre en effet que les exploitations de moins 100 ha ont une surface agricole utile moyenne de 70 ha par unité de travail humain (UTH), alors que ce chiffre atteint 110 ha pour une UTH pour les exploitations de plus de 100 ha.

Lors de l'atelier MI2, un travail prospectif a permis d'explorer le futur des exploitations sous un scénario d'aggravation du dépérissement du lavandin (voir chapitre 4). Les participants ont alors évoqué des adaptations différenciées en fonction de la taille des exploitations. Les grandes exploitations adopteraient par exemple des techniques culturales simplifiées car elles ont une marge financière leur permettant de faire face aux risques de diminution des rendements, et que ces techniques leur permettraient de limiter le besoin en main d'œuvre, principal facteur limitant de ces exploitations. Suite à ce travail prospectif, la prise en compte de trois tailles d'exploitation-type a donc été validée.

TABLEAU 1: EVOLUTION DE LA TYPOLOGIE STRUCTURELLE DES EXPLOITATIONS AU FIL DU PROCESSUS DE CO-CONSTRUCTION

	Taille	Spécialisation en lavandin	Équipement pour l'irrigation
Implémentation du modèle	Trois tailles : petites, moyennes, grandes		Exploitations-type équipées + non équipées
Atelier MI2	Validé		
Travail de laboratoire	Trois tailles : 75 ha, 150 ha, 200 hectares		
Atelier MI3	Trois tailles : 75 ha, 120 ha, 200 hectares	Deux niveaux : spécialisé (surface relative en lavandin > 20%), non spécialisée (surface relative en lavandin < 20%)	
Travail de laboratoire		Seuil de 20% élevé à 35%	Équipement avec pivots ou enrouleurs
Atelier MI4		Seuil de 35% validé	Équipement uniquement avec enrouleurs
Travail de laboratoire	- Deux tailles : 60ha (considérées comme moyennes), 160 ha (grandes). - Limite entre les deux tailles à 100 ha		Les moyennes exploitations-type possèdent 1 enrouleur, les grandes 3 enrouleurs. ⁷⁶

J'ai alors spécifié trois tailles d'exploitations-type à représenter dans le modèle, à partir de la répartition des tailles des exploitations enquêtées lors du diagnostic des pratiques agricoles (SupAgro 2013). Ces tailles ont été modifiées lors de l'atelier MI3 par deux agriculteurs (F2, F1) et un technicien de la chambre d'agriculture (GA2), sur la base de leur perception de la région agricole. Les participants ont cependant souhaité une analyse détaillée des données disponibles (déclarations PAC, diagnostics...) afin de vérifier la pertinence de ces trois tailles, et éventuellement les ajuster (Tableau 1).

Suite à cet atelier, j'ai cherché à spécifier des différences de systèmes de culture des exploitations-type liées à leur taille. Cependant, aucune donnée disponible n'a permis de préciser de telles différences. J'ai donc proposé de ne prendre en compte que deux classes de taille d'exploitations-type, séparées par un seuil correspondant à la moyenne de toutes les tailles des 82 exploitations ciblées dans le modèle, déterminées à partir des données des déclarations PAC (FIGURE 1). Cette valeur, de 100 ha, avait aussi été retenue comme seuil entre moyennes et grandes

⁷⁶ Déterminé à partir du diagnostic des pratiques agricoles (PVD 2013) et d'un diagnostic agraire (Lang et Ramseyer, 2011).

exploitations lors du diagnostic préliminaire et dans les autres diagnostics mobilisés (Lang and Ramseyer 2011; SupAgro 2013). Une autre possibilité aurait été de prendre en compte la valeur de la médiane (85 ha selon l'analyse des données des déclarations PAC des agriculteurs). Cependant, les acteurs ont estimé qu'un seuil fixé à 100 ha permettait de mieux rendre compte de leur propre perception des « moyennes » et « grandes » exploitations.

La taille des exploitations-type « moyennes » représentées dans le modèle est la moyenne des tailles des exploitations de moins de 100 ha de l'échantillon ciblé dans le modèle (soit 60 ha). De même, la taille des « grandes » exploitations-type représentées dans le modèle est la moyenne des tailles des exploitations de plus de 100 ha de l'échantillon ciblé (soit 160 ha).

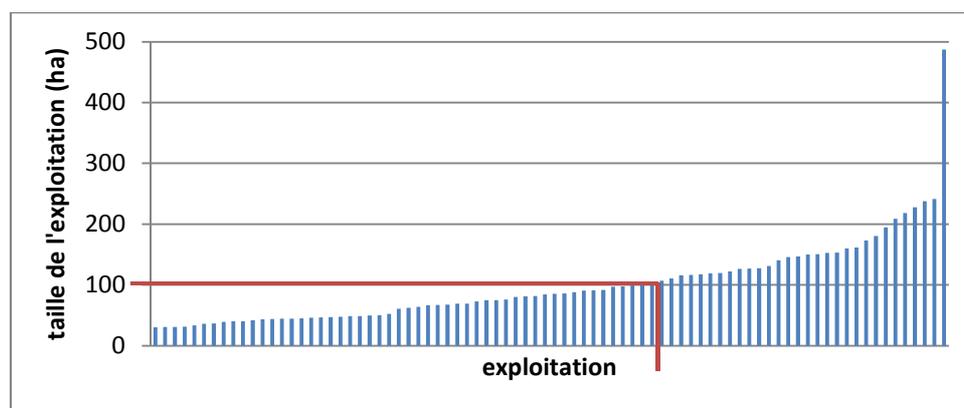


FIGURE 1 : TAILLES DES EXPLOITATIONS CIBLEES DANS LE MODELE⁷⁷ (RECENSEMENT AGRICOLE 2012), REPRESENTANT 32 % DES EXPLOITATIONS DU PLATEAU ET 80% DE LA SURFACE CULTIVEE TOTALE DU PLATEAU (HORS PRAIRIES PERMANENTES ET GEL)

PRISE EN COMPTE DU NIVEAU DE SPECIALISATION EN LAVANDIN COMME CRITERE DE DIFFERENCIATION

La prise en compte du niveau de spécialisation en lavandin comme facteur de différenciation des exploitations-type a été proposée par deux agriculteurs (F1 et F2) lors de l'atelier MI3. Le niveau de spécialisation en lavandin influencerait en effet fortement la manière dont est constitué le chiffre d'affaire de l'exploitation et il conditionnerait les choix stratégiques réalisés par les agriculteurs. En effet, le lavandin est actuellement une source importante de revenus mais demande une main d'œuvre importante, notamment pour la distillation et pour la mise en place des plantations. Les exploitations spécialisées en lavandin auraient ainsi tendance à simplifier les itinéraires techniques de leurs cultures céréalières afin de consacrer un temps maximal aux cultures de lavandin, et diversifieraient moins leurs assolements. Lors de l'atelier MI3, il a été décidé de mesurer la spécialisation en lavandin d'une exploitation-type par sa surface relative cultivée en lavandin. Une première limite entre exploitations-type spécialisées et non spécialisées, estimée de manière empirique par les agriculteurs, a été fixée à 20% de la surface cultivée en lavandin. Une analyse des

⁷⁷ On peut remarquer une exploitation dont la taille est environ le double de la seconde plus grande. Ses assolements ne présentent cependant pas de différence particulière avec les autres. Cette exploitation a donc été gardée dans l'échantillon.

données PAC des agriculteurs a ensuite été réalisée afin de confirmer ou infirmer la pertinence de ce seuil.

La répartition des surfaces relatives en lavandin des 82 exploitations ciblées dans le modèle a donc été analysée (FIGURE 2). La médiane de ces surfaces relatives est 35% et est proche de leur moyenne (38%). Ce seuil a donc été retenu et validé par les acteurs lors de l'atelier MI4. Les surfaces en lavandin des exploitations-type spécialisées d'un côté, et non spécialisées en lavandin de l'autre côté, ont été déterminées lors de la description des systèmes de culture de ces exploitations-type (voir partie 2). Elles dépendent de la sous-zone où se situe l'exploitation-type, ainsi que de la taille de celle-ci.

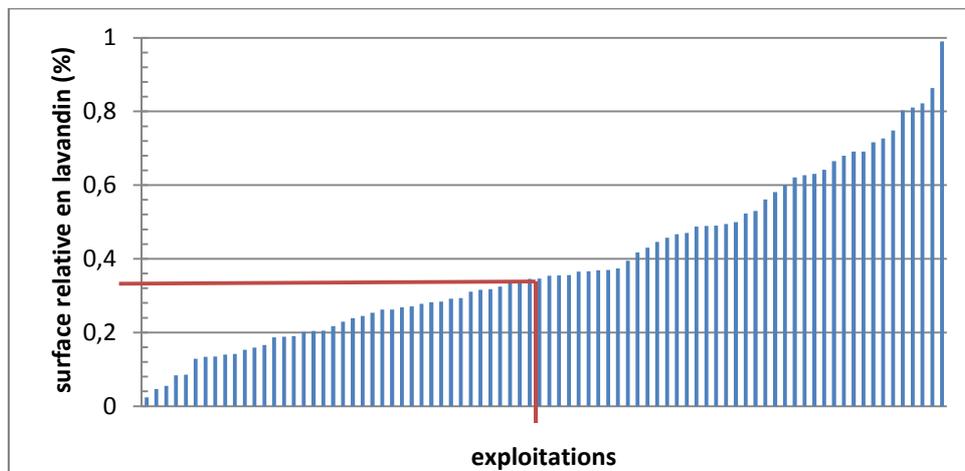


FIGURE 2: SURFACES RELATIVES CULTIVEES EN LAVANDIN DES EXPLOITATIONS CIBLEES DANS LE MODELE (RECENSEMENT AGRICOLE 2012), 92% DES SURFACES EN LAVANDIN

PRISE EN COMPTE DE L'EQUIPEMENT POUR L'IRRIGATION COMME CRITERE DE DIFFERENCIATION

La prise en compte d'exploitations-type équipées et non équipées pour l'irrigation a été implicite dès l'atelier MI1, lors de la délimitation d'une zone irrigable et d'une zone non irrigable. En réalité, la majorité des exploitations situées en zone irrigable ne sont pas équipées pour l'irrigation. Pour simplifier la construction du modèle, j'ai cependant considéré qu'elles l'étaient toutes, et les surfaces correspondant à ces exploitations ont été rectifiées via les coefficients d'extrapolation (voir annexe 5)⁷⁸. Suite à l'atelier MI1, et sur la base des résultats du diagnostic préliminaire, j'ai proposé la prise en compte de deux types d'équipements: des pivots et des enrouleurs. Lors de l'atelier MI4, seuls les enrouleurs ont été retenus par les participants, ce mode d'irrigation étant largement plus répandu sur le plateau de Valensole. En effet, seules trois exploitations du plateau de Valensole seraient équipées de pivots, sur une vingtaine d'exploitations équipées pour l'irrigation.

Le diagnostic des pratiques agricoles (SupAgro 2013) et le diagnostic agraire (Lang and Ramseyer 2011) m'a ensuite permis de préciser le nombre d'enrouleurs de chaque exploitation-type. Un

⁷⁸ Cet élément a été validé lors de l'atelier MI2.

enrouleur permettrait l'irrigation d'une surface comprise entre 10 et 15 ha (Lang and Ramseyer 2011). A partir des données à ma disposition, j'ai estimé que les moyennes exploitations-type ne possédaient qu'un seul enrouleur, qui leur permet d'irriguer 12 ha (soit 2 parcelles sur 10). Les grandes exploitations-type, disposant de plus de ressources financières, possèderaient en moyenne trois enrouleurs permettant l'irrigation d'environ 35 ha (soit aussi 2 parcelles sur les 10). Ces éléments n'ont pas été discutés avec les participants.

ANNEXE 5 : ESTIMATION DES SURFACES AGRICOLES UTILES DES SOUS-ZONES REPRESENTÉES DANS LE MODELE ET COEFFICIENTS D'EXTRAPOLATION REGIONAUX DES EXPLOITATIONS

1. ESTIMATION DES SURFACES AGRICOLES UTILES DES SOUS-ZONES REPRESENTÉES DANS LE MODELE

Lors du processus de co-construction, sept sous-zones ont été délimitées à partir de trois zonages fondés sur (i) des intensités différentes du dépérissement du lavandin, (ii) des proportions différentes en termes de types de sols, et (iii) le caractère irrigable ou non des terres cultivables (Figure 1). Le processus d'estimation de la surface agricole utile (SAU) de chacune de ces sous-zones est présenté ci-dessous. Il se base sur l'analyse des données des déclarations PAC pour l'année 2012. Seules les exploitations de l'échantillon ciblé dans le modèle et présenté en annexe 3 ont été prises en compte dans cette analyse.

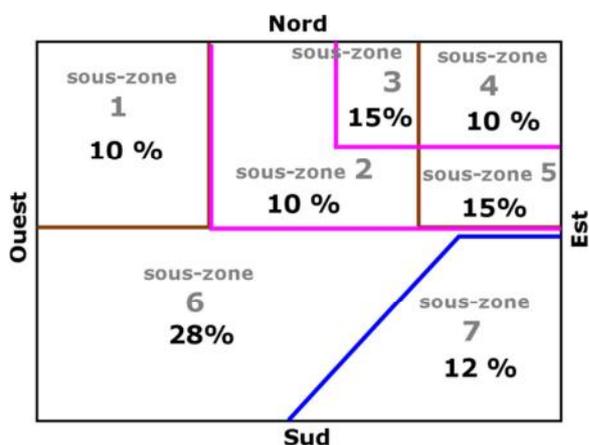


FIGURE 1 : REPARTITION DE LA SAU ENTRE LES DIFFÉRENTES SOUS-REGIONS

	intensité du dépérissement	proportions de type de sol	accès à l'irrigation
1	faible	A	non
2	moyenne	B	non
3	forte	B	non
4	forte	C	non
5	moyenne	C	non
6	faible	B	non
7	faible	B	oui

1.1. REPARTITION DE LA SAU ENTRE LES ZONES PEU, MOYENNEMENT, ET FORTEMENT SUJETTES AU DEPERISSEMENT

Lors des ateliers participatifs, les acteurs ont caractérisé la zone fortement sujette au dépérissement comme une zone nord-est du territoire dont la surface cultivée en lavandin est très importante. Les altitudes de cette zone sont en effet plus élevées, et donc plus favorables à la culture du lavandin. Les surfaces importantes cultivées en lavandin expliqueraient en partie l'intensité importante du dépérissement dans cette zone, chaque parcelle de lavandin étant l'hôte de cicadelles vectrices du dépérissement. Les proportions des différents types d'exploitation seraient différentes entre la zone fortement sujette au dépérissement et les autres : les exploitations seraient plus grandes et plus spécialisées en lavandin dans la zone fortement sujette au dépérissement. Les données des déclarations PAC, géo-référencées, ont permis de délimiter cette zone à partir des surfaces couvertes en lavandin en 2012⁷⁹. Une fois cette zone délimitée, sa surface agricole utile a pu être calculée : elle représente 25 % de la SAU couverte par l'ensemble des exploitations de l'échantillon analysé.

Les zones moyennement et peu sujettes au dépérissement n'ont pas été délimitées sur la base des données des déclarations PAC. En effet, leurs limites sont floues, y compris pour les acteurs. Ceux-ci n'ont évoqué aucune différence topographique, pédologique, ou liée aux surfaces des différentes cultures qui aurait pu permettre une délimitation de ces zones à partir des données des déclarations PAC. J'ai donc fait l'hypothèse, validée en atelier participatif, que la zone peu sujette au dépérissement était deux fois plus vaste que la zone moyennement sujette au dépérissement. Finalement, la SAU de la zone moyennement sujette au dépérissement est estimée à 25%, et celle de la zone peu sujette au dépérissement à 50%.

1.2. REPARTITION DE LA SAU ENTRE LA ZONE IRRIGABLE ET LA ZONE NON IRRIGABLE

Dans le modèle, toutes les exploitations-type représentées dans la zone irrigable sont effectivement irriguées. Le réseau d'irrigation actuel du plateau de Valensole permet l'irrigation d'environ 3 000 ha de terres cultivables (Lang and Ramseyer 2011). L'échantillon des exploitations ciblées dans le modèle couvrant environ la moitié de la SAU totale du plateau de Valensole, les surfaces irrigables représentées dans le modèle sont estimées à 1 500 ha des terres cultivables (on fait l'hypothèse que la proportion d'exploitations agricoles dites professionnelles est la même dans la zone irrigable et la zone non irrigable). Cependant, seule 15% de cette surface serait effectivement

⁷⁹ L'échantillon des exploitations analysées ici est présenté en annexe 1. C'est cet échantillon qui a servi de base pour l'estimation de toutes les sous-zones représentées dans le modèle.

irriguée (Lang and Ramseyer 2011), soit 225 hectares. Toutes les exploitations situées dans la zone irrigable ne sont en effet pas équipées pour l'irrigation, et celles qui le sont n'irriguent qu'une partie de leur exploitation. Dans la description de la conduite des systèmes de culture des exploitations-type (voir annexe 6), les exploitations-type équipées pour l'irrigation irriguent un cinquième de leur exploitation. Finalement, la SAU de la zone irrigable, qui correspond à la SAU totale des exploitations-types équipées pour l'irrigation, est donc estimée à 1125 ha, soit environ 12% de la SAU représentée dans le modèle.

1.3. REPARTITION ENTRE ZONES AUX PROPORTIONS DIFFERENTES DE NIVEAUX DE RESERVE UTILE (A, B ET C)

Les zones A, B et C, différentes par leurs proportions en termes de types de sol, ont pu être géo-référencées grâce à l'utilisation de données cartographiques fournies par la SCP. Le croisement de ces zones avec les données, elles aussi géo-référencées, des déclarations PAC des agriculteurs ont permis l'estimation de leur SAU. On obtient les valeurs suivantes : 10% pour la zone A, 65% pour la zone B et 25% pour la zone C. La zone fortement sujette au dépérissement étant elle aussi géo-référencée, il a de plus été possible de calculer sa répartition entre la zone B (2/3 de la surface de la zone, soit 15 % de la SAU totale) et la zone C (1/3 de la surface de la zone, soit 10% de la SAU totale).

2. CALCUL DES COEFFICIENTS D'EXTRAPOLATION REGIONAUX DES EXPLOITATIONS

2.1. REPARTITION ENTRE LES SOUS-ZONES DES EXPLOITATIONS DE L'ÉCHANTILLON ANALYSE VIA LES DONNEES DES DECLARATIONS PAC

Je présente ici comment les exploitations de l'échantillon analysé, via les données des déclarations PAC des agriculteurs en 2012 (voir annexe 3), ont été réparties entre les différentes sous-zones représentées dans le modèle. Cette répartition a été utilisée comme base pour le calcul des coefficients d'extrapolation des différentes exploitations-type représentées dans le modèle.

Lors de l'estimation des SAU des différentes sous-zones, le géo-référencement de la zone fortement sujette au dépérissement m'a permis de distinguer les exploitations de l'échantillon analysé situées dans cette zone des exploitations situées hors de cette zone. L'échantillon des exploitations analysées via les données des déclarations PAC a donc pu être scindé en deux sous-échantillons (Figure 2).

Bien que les zones A, B et C aient aussi été géo-référencées, de nombreuses exploitations de l'échantillon analysé sont situées à cheval sur ces trois zones. Je n'ai donc pas réparti les exploitations de l'échantillon total entre ces zones A, B et C.

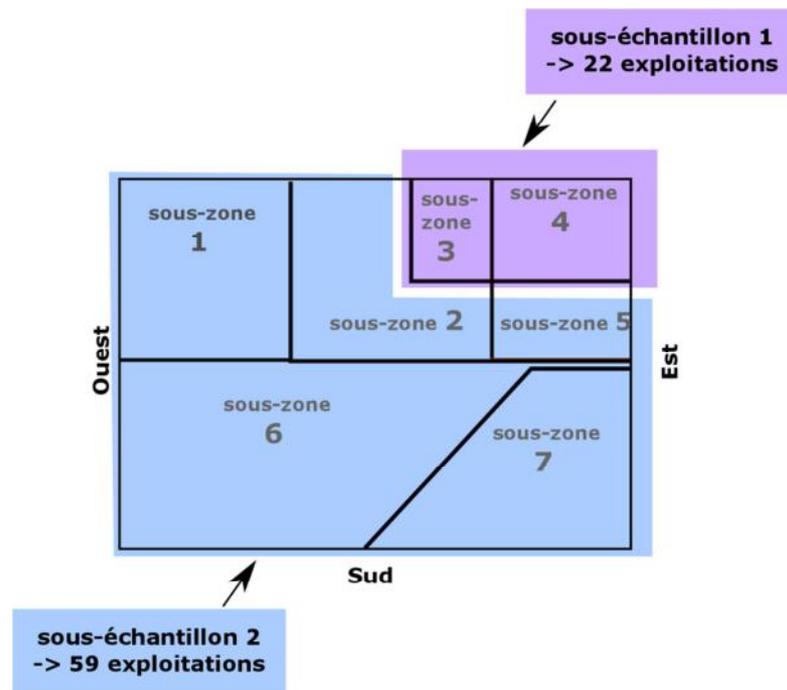


FIGURE 2 : SOUS-ECHANTILLONS DES EXPLOITATIONS ANALYSEES VIA LES DONNEES DES DECLARATIONS PAC 2012

2.2. SUPERFICIES COUVERTES A L'ECHELLE DE LA REGION AGRICOLE PAR LES DIFFERENTES EXPLOITATIONS-TYPE REPRESENTES DANS LE MODELE

Les données des déclarations PAC ont permis d'estimer la taille et la surface relative cultivée en lavandin moyennes de chacune des exploitations de l'échantillon ciblé. Chacune de ces exploitations a donc été attribuée à un type structurel d'exploitations-type représenté dans le modèle (petite ou grande, spécialisée ou non spécialisée). Les SAU couvertes par chaque type structurel d'exploitations-type au sein des sous-échantillons déterminés précédemment (Figure 2) ont ainsi pu être calculées. Croisées avec la répartition de la SAU totale entre les différentes zones, une surface agricole utile au niveau régional a été attribuée à chaque exploitation-type représentée dans le modèle (Tableau 1).

On a fait l'hypothèse que les proportions de réserve utile des sols des zones A, B et C n'ont aucune influence sur la répartition des surfaces entre types structurels d'exploitations. En effet, la réserve utile n'a pas d'influence notable sur les cultures réalisées (voir chapitre 5 : conduite des systèmes de culture à l'échelle de l'exploitation). De même, on fait l'hypothèse qu'il n'y a pas de différence entre la zone moyennement sujette au dépérissement et la zone peu sujette au dépérissement. Enfin, les données des déclarations PAC des agriculteurs ne me permettent pas de

différencier la zone irriguée de la zone non irriguée au sein de la zone peu sujette au dépérissement et de proportions de réserve utile B.

TABEAU 1 : SUPERFICIES COUVERTES PAR LES EXPLOITATIONS-TYPE REPRESENTÉES DANS LE MODELE, EN FONCTION DE LEUR SOUS-ZONE ET DE LEUR TYPE STRUCTUREL

Sous-zone				Exploitations-type spécialisées		Exploitations-type non spécialisées	
numéro	intensité du dépérissement	Proportions de réserve utile	Irrigation	petites	grandes	Petites	grandes
1	faible	A	N	150,00	123,20	134,13	425,33
6		B	N	600	492,80	536,53	1701,33
7		B	O				
2	moyenne	B	N	150,00	123,20	134,13	425,33
5		C	N	225	184,8	201,2	638
3	élevée	B	N	342	505,8	253,8	69,6
4		C	N	228	337,2	169,2	46,4

2.3. COEFFICIENTS D'EXTRAPOLATION REGIONAUX DES EXPLOITATIONS-TYPE REPRESENTÉES DANS LE MODELE

La taille des petites et grandes exploitations-type étant fixée dans le modèle (respectivement 60 et 160 ha), ces superficies ont été converties en nombre d'exploitations-type (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Les hypothèses et simplifications réalisées sont détaillées en 2.4.

TABEAU 2 : COEFFICIENTS D'EXTRAPOLATION DES EXPLOITATIONS-TYPE REPRESENTÉES DANS LE MODELE (VOIR 2.4 POUR PLUS DE DETAILS)

Sous-zone				Exploitations-type spécialisées		Exploitations-type non spécialisées	
numéro	intensité du dépérissement	Proportions de réserve utile	Irrigation	petites	grandes	petites	grandes
1	faible	A	N	2,5	0,77	2,24	2,66
6		B	N	7 ¹	2,16 ¹	6,26 ¹	7,44 ¹
7		B	O	0 ¹	0 ¹	2,68 ¹	5,23 ¹
2	moyenne	B	N	2,5	0,77	2,24	2,66
5		C	N	3,75	1,16	3,35	3,99
3	élevée	C	N	3,8	2,11	2,82	0 ¹

4		B	N	5,7	3,16	4,23	0 ¹
---	--	---	---	-----	------	------	----------------

Ces coefficients d'extrapolation permettent de représenter 8081,8 ha sur les 8182 ha ciblés par le modèle (voir annexe 3), soit plus de 98%. Le nombre d'exploitations-type représentés est aussi proche des 81 exploitations de l'échantillon ciblé via les données des déclarations PAC des agriculteurs.

2.4. HYPOTHESES ET SIMPLIFICATIONS POUR L'ETABLISSEMENT DES COEFFICIENTS D'EXTRAPOLATION

GRANDES EXPLOITATIONS-TYPE NON SPECIALISEES EN ZONE TRES SUJETTE AU DEPERISSEMENT

Les grandes exploitations-type non spécialisées ne représentent respectivement que 69,6 ha et 46 ha dans les zones B et C très sujettes au dépérissement. Ces surfaces ne correspondent qu'à une seule exploitation dans les déclarations PAC des agriculteurs 2012. Celle-ci est de plus un cas particulier : la majorité de ses surfaces sont des estives (exploitation donc centrée sur l'élevage), et sa sole en lavandin et blé dur est inférieure à 13%. Dans le modèle, on considère donc qu'il n'y a aucune grande exploitation-type non spécialisée en zone très sujette au dépérissement.

COEFFICIENTS D'EXTRAPOLATION EN ZONE IRRIGUEE

Les déclarations PAC des agriculteurs ne permettent pas de différencier les exploitations irriguées des exploitations non irriguées. Pour établir les coefficients d'extrapolation en zone irriguée, on se base donc sur des hypothèses qualitatives formulées par les acteurs lors des ateliers participatifs. Ces hypothèses sont discutées au regard de cinq enquêtes auprès d'exploitations irriguées, réalisées lors du diagnostic des pratiques agricoles (SupAgro 2013).

Hypothèse 1 : Le ratio d'exploitations non spécialisées par rapport aux exploitations spécialisées est plus élevé en zone irriguée qu'en zone non irriguée. En effet, comme cela a été évoqué à maintes reprises par les acteurs, les exploitations irriguées ont plus de marges de manœuvre pour diversifier leurs cultures, et sont donc moins spécialisées en lavandin (voir aussi annexe 6). Cette hypothèse est corroborée par les enquêtes auprès des cinq agriculteurs : la sole moyenne en lavandin obtenue pour ces cinq exploitations est de 24%, aucune de ces exploitations ne dépassant les 35% (correspondant au seuil de spécialisation en lavandin utilisé dans le modèle).

Hypothèse 2 : Le ratio de grandes exploitations par rapport aux petites exploitations est plus élevé en zone irriguée qu'en zone non irriguée. En effet, les grandes exploitations peuvent plus facilement faire face aux frais d'amortissement du matériel d'irrigation et à la redevance fixe d'abonnement aux bornes (voir aussi annexe 6). Cette hypothèse est aussi corroborée par les

enquêtes auprès des cinq agriculteurs : quatre exploitations sur les cinq ont une taille supérieure à 100 ha, et la moyenne des tailles des exploitations est de 210 ha contre 142 ha pour les exploitations non irriguées.

Les coefficients d'extrapolation découlant de la surface agricole utile en zone irriguée sont repris au regard de ces hypothèses : (i) on ne représente pas de petites exploitations-type spécialisées, (ii) la surface couverte par les grandes exploitations-type spécialisées étant faible (150 ha), on ne représente pas ce type structurel d'exploitation-type dans la zone irriguée, (iii) la surface correspondant à ces deux types structurels d'exploitations-type est représentée par des grandes exploitations-type non spécialisées (Tableau 3).

TABLEAU 3 : COEFFICIENTS D'EXTRAPOLATION POUR LA ZONE IRRIGUEE (ENTRE PARENTHESE LES COEFFICIENTS DECOULANT DIRECTEMENT DE LA REPARTITION DE LA SAU, EN GRAS LES COEFFICIENTS D'EXTRAPOLATION DEFINITIF APRES PRISE EN COMPTE DES DIFFERENTES HYPOTHESES)

	non spécialisées	spécialisées
Petites	2,68	(3) 0
Grandes	(3,19) 5,23	(0,92) 0

Les coefficients d'extrapolation pour la zone non déperie, de proportions de réserve utile B, et non irriguée découlent de ces coefficients d'extrapolation obtenus pour la zone irriguée.

ANNEXE 6 : DESCRIPTION DE LA CONDUITE DES SYSTEMES DE CULTURE A L'ECHELLE DES EXPLOITATIONS-TYPE

1. RESULTATS INTERMEDIAIRES

Cette partie présente l'ensemble des résultats intermédiaires obtenus pour la description de la conduite des systèmes de culture. La méthode utilisée pour obtenir ces résultats est détaillée dans le chapitre 5.

1.1. ALLOCATION DU LAVANDIN ET DE L'IRRIGATION AUX PARCELLES

TABLEAU 1 : ALLOCATION DU LAVANDIN ET DE L'IRRIGATION AUX PARCELLES SELON LES EXPLOITATIONS-TYPE (LAV: PARCELLES AVEC LAVANDIN, S LAV : PARCELLES SANS LAVANDIN. N : NON IRRIGABLE, I : IRRIGABLE). LES CHIFFRES CORRESPONDENT AU NOMBRE DE PARCELLES.

Caractéristiques de l'exploitation-type			allocation du lavandin et de l'irrigation à ses parcelles					
Proportions de réserve utile	Exploitation spécialisée en lavandin	Exploitation irriguée	Réserve utile faible		Réserve utile moyenne		Réserve utile élevée	
			Lav	S Lav	Lav	S Lav	Lav	S Lav
A	Oui	Non	4	1	3	0	0	2
	Non	Non	2	3	2	1	0	2
B	Oui	Non	1	1	5	0	1	2
	Non	Non	0	2	4	1	0	3
		Oui		0	2 N	4 I	1 N	0
C	Oui	Non	3	1	3	0	1	2
	Non	Non	3	1	3	1	0	3

1.2. DUREE D'UNE PLANTATION DE LAVANDIN

TABLEAU 2 : DUREE D'UNE PLANTATION DE LAVANDIN EN FONCTION DE LA RESERVE UTILE, DU NIVEAU DE DEPERISSEMENT, ET DE L'IRRIGATION OU NON DE LA PARCELLE.

	Dépérissement peu intense		Dépérissement moyennement intense	Dépérissement très intense
	Non irrigué	Irrigué		
Réserve utile faible	9	11	6	6
Réserve utile moyenne	10	12	7	6

Réserve utile élevée	12	13	8	7
----------------------	----	----	---	---

1.3. DUREE MOYENNE D'UNE PLANTATION DE LAVANDIN A L'ECHELLE DE L'EXPLOITATION

La durée moyenne des plantations de lavandin à l'échelle de l'exploitation-type découle directement des caractéristiques des parcelles dont le lavandin n'est pas exclu (réserve utile, irrigation), et des durées des plantations de lavandin présentées précédemment.

1.4. SURFACES RELATIVES CULTIVEES EN LAVANDIN

DONNEES UTILISEES

Les surfaces relatives cultivées en lavandin ont été estimées à partir des données des déclarations PAC des agriculteurs, pour l'échantillon des exploitations réelles ciblées dans le modèle (voir annexe 3). Au sein de cet échantillon, les exploitations situées en zone très déperies avaient pu être différenciées des autres exploitations. Les données des déclarations PAC ont aussi permis d'attribuer un type structurel à chaque exploitation de l'échantillon (petite ou grande, spécialisée ou non en lavandin). Finalement, la taille des sous-échantillons utilisés pour déterminer les surfaces relatives en lavandin des exploitations est présentée en Tableau 3.

TABLEAU 3 : REPARTITION DE L'ECHANTILLON DES EXPLOITATIONS UTILISEES POUR DETERMINER LES ASSOLEMENTS

	Intensité du dépérissement	Spécialisée en lavandin	Taille	Nombre d'exploitations du sous-échantillon
sous-échantillon 1	élevé	Oui	Petite	9
			Grande	6
		Non	Petite	7
sous-échantillon 2	faible ou moyenne	Oui	Petite	20
			Grande	6
		Non	Petite	15
			Grande	18

RESULTATS

TABLEAU 4 : SURFACES RELATIVES CULTIVEES EN LAVANDIN DES DIFFERENTES EXPLOITATIONS-TYPE

Intensité du dépérissement	Spécialisée en lavandin	Taille	Sole initiale (%)	Sole arrondie (%)
élevé	Oui	Petite	58	55
		Grande	57	55
	Non	Petite	26	25
moyenne ou faible	Oui	Petite	56	55
		Grande	43	45
	Non	Petite	25	25
		Grande	18	20

Les déclarations de la PAC ne fournissent aucune information sur les exploitations irriguées, et aucune autre donnée n'a pu être récupérée. Seules cinq exploitations irriguées avaient été enquêtées lors du diagnostic des pratiques : deux grandes exploitations spécialisées en lavandin, et trois petites exploitations spécialisées en lavandin (SupAgro 2013). Ces échantillons ne me semblent pas suffisants pour construire les assolements des exploitations irriguées, d'autant plus que leurs assolements sont très hétérogènes. Néanmoins, ces derniers ne présentent aucune différence notable avec les exploitations non irriguées. On fait donc l'hypothèse que ces assolements sont les mêmes que ceux des exploitations-types non irriguées.

1.5. INTERVALLE SEPARANT DEUX PLANTATIONS DE LAVANDIN SUR UNE MEME PARCELLE

TABLEAU 5 : DUREE ENTRE DEUX LAVANDINS POUR LES DIFFERENTES EXPLOITATIONS-TYPE

Intensité du dépérissement	proportions de réserve utile	spécialisées en lavandin	Taille	irrigation	intervalle entre deux plantations de lavandins
élevée	B	oui	Petite	Non	2
			Grande	Non	2
		non	Petite	Non	4
	C	oui	Petite	Non	2
			Grande	Non	2
		non	Petite	Non	4
moyenne	B	oui	Petite	Non	2
			Grande	Non	4
		non	Petite	Non	7
			Grande	Non	7
	C	oui	Petite	Non	2
			Grande	Non	4
		non	Petite	Non	4
			Grande	Non	7
faible	A	oui	Petite	Non	3
			Grande	Non	5
		non	Petite	Non	6
			Grande	Non	10
	B	oui	Petite	Non	3
			Grande	Non	6
		non	Petite	Non	10
				Oui	7
			Grande	Non	10
				Oui	11

1.6. CULTURES COMPLEMENTAIRES AU BLE DUR ET AU LAVANDIN ET PROPORTIONS RELATIVES

Tous les résultats intermédiaires ont été présentés en chapitre 5.

1.7. PANEL DE ROTATIONS POSSIBLES AU SEIN DES EXPLOITATIONS-TYPE

ROTATIONS AVEC LAVANDIN

Le pois, le colza et le tournesol sont interchangeables selon les règles dépendantes du type structurel de l'exploitation-type (voir chapitre 5, section 3, partie 2.6), et sont caractérisées par la lettre X.

Certaines rotations aboutissent aux mêmes valeurs d'indicateurs dans le modèle. C'est le cas de certaines rotations constituées des mêmes cultures, mais réalisées dans un ordre différent, comme les rotations LBXB^BBBXB et LBXBBXB^B. Ces rotations, sont donc équivalentes pour le modèle, et on en choisit donc une seule de manière aléatoire (notée avec un astérisque dans la Figure 1).

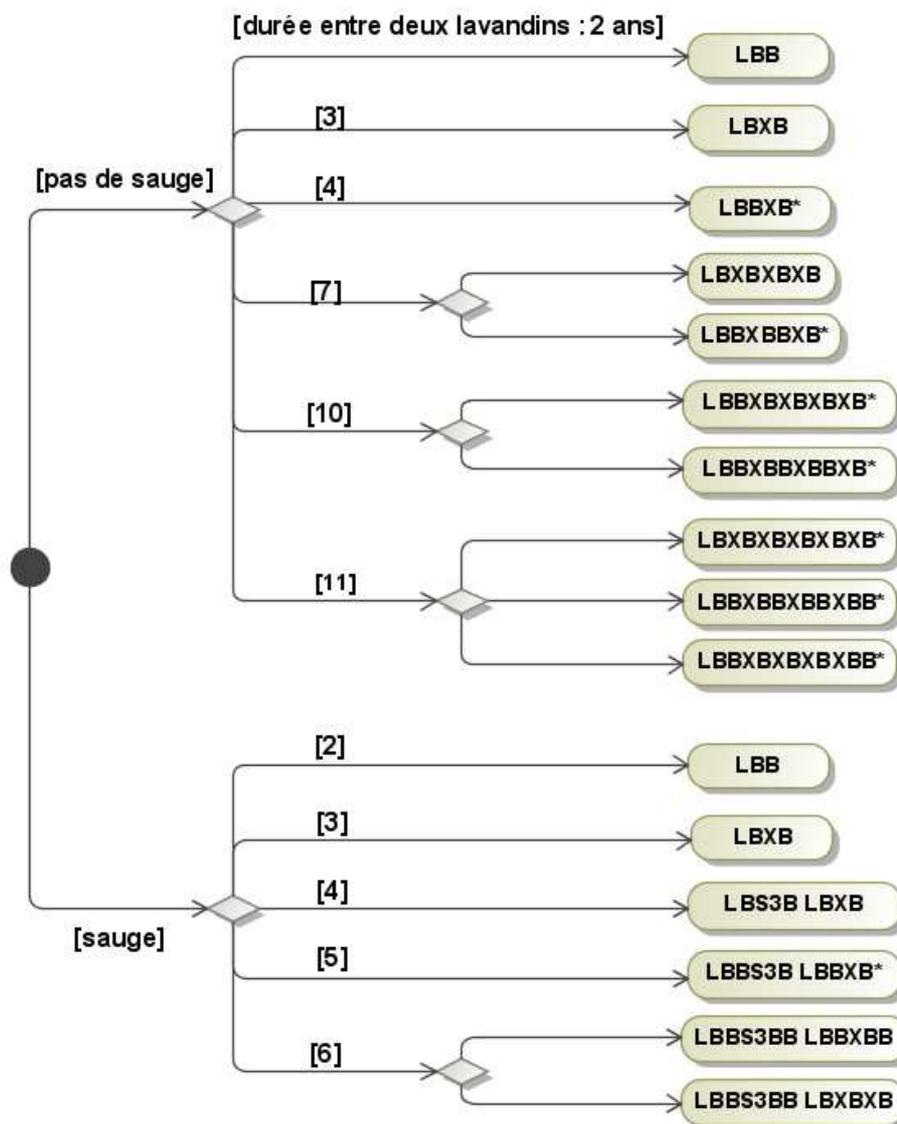


FIGURE 1 : ENSEMBLE DE ROTATIONS POSSIBLES AVEC LAVANDIN (LE DIAGRAMME NE FAIT APPARAÎTRE QUE LES DURÉES ENTRE DEUX LAVANDINS OBTENUES POUR LES EXPLOITATIONS REPRÉSENTÉES DANS LE MODÈLE. LES ROTATIONS AVEC UNE ASTÉRISQUE SONT ASSOCIÉES À D'AUTRES ROTATIONS, MAIS ABOUTISSANT EXACTEMENT AUX MÊMES RÉSULTATS : ON A DONC CHOISI UNE DE CES ROTATIONS ALÉATOIREMENT)

ROTATIONS SANS LAVANDIN

Plusieurs rotations excluant le lavandin ont aussi été construites (Figure 2). De même, les rotations possibles dépendent de la présence ou non de sauge au sein de l'exploitation-type. Les

rotations n'impliquant pas la culture de sauge peuvent cependant être réalisées par toutes les exploitations-type.

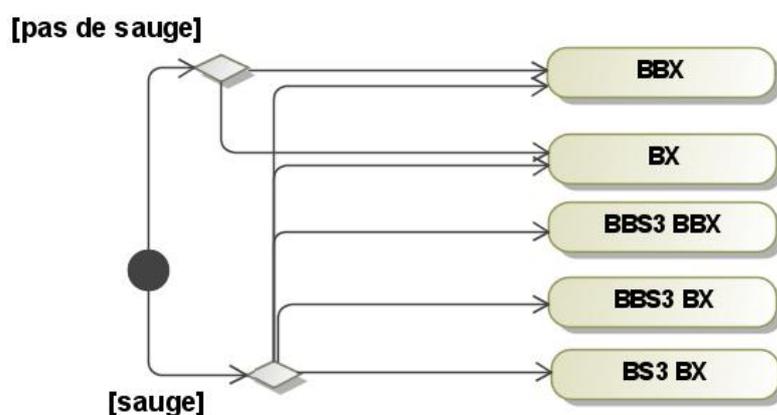


FIGURE 2 : ROTATIONS SANS LAVANDIN

1.8. SURFACES RELATIVES CULTIVEES EN BLE DUR A L'ECHELLE DE L'EXPLOITATION

Les assolements en blé dur sont calculés pour chaque exploitation. De même que pour les assolements en lavandin, leur calcul se base sur les données des déclarations PAC pour l'échantillon des exploitations ciblées dans le modèle (voir chapitre 5, section 3, partie 1.4.) (Tableau 6).

TABLEAU 6 : SURFACES RELATIVES CULTIVEES EN BLE DUR

Zone de déperissement	Spécialisée en lavandin	Taille	Sole initiale (%)	Sole arrondie (%)
Très sujette	Oui	Petite	30	30
		Grande	27	30
	Non	Petite	49	50
Moyennement ou peu sujette	Oui	Petite	24	25
		Grande	40	40
	Non	Petite	29	30
		Grande	40	40

2. ASSOLEMENTS ET ROTATIONS DE TOUTES LES EXPLOITATIONS

CARACTERISTIQUES DE L'EXPLOITATION-TYPE						ROTATIONS		SURFACES RELATIVES MOYENNES (%)					
numéro	intensité du dépérissement	irrigation	proportions de réserve utile	Taille	Spécialisée en lavandin	rotation avec lavandin	rotation sans lavandin	lavandin	blé dur	sauge	colza	pois	tournesol
1	élevée	non	B	Grande	oui	LBB	BBS3BBC	53	32	11	4	-	-
2	élevée	non	B	Petite	oui	LBB	BC	53	32	-	15	-	-
3	élevée	non	C	Grande	oui	LBB	BBS3BBC	53	31	11	4	-	-
4	moyenne	non	B	Petite	oui	LBB	BC	54	31	-	15	-	-
5	faible	non	A	Grande	oui	LBS3BBLBCBB	BBC	46	35	9	13	-	-
6	faible	non	A	Grande	non	LBBXBXBXB	BX	19	42	-	14	12	12
7	moyenne	non	B	Petite	non	LBBXB	BX	25	41	-	13	13	13
8	élevée	non	C	Petite	oui	LBB	BC	53	32	-	15	-	-
9	élevée	non	C	Petite	non	LBBXB	BBX	24	52	-	8	8	8
10	élevée	non	B	Petite	non	LBBXB	BBX	24	52	-	8	8	8
11	moyenne	non	B	Grande	oui	LBS3B/LBCB	BBC	45	33	9	10	-	-
12	faible	non	A	Petite	non	LBBXBXB	BX	25	40	-	12	12	12
13	faible	non	A	Petite	oui	LBCB	BC	53	26	-	21	-	-
14	moyenne	non	B	Grande	non	LBXBXB	BX	20	41	-	13	13	13
15	moyenne	non	C	Grande	oui	LBS3B/LBCB	BBC	44	36	9	10	-	-
16	moyenne	non	C	Petite	oui	LBB	BC	54	31	-	15	-	-
17	moyenne	non	C	Grande	non	LBXBXB	BX	19	45	-	13	13	13
18	moyenne	non	C	Petite	non	LBBXB	BX	25	41	-	11	11	11
19	faible	non	B	Grande	non	LBBXBXBXB	BX	20	42	-	14	12	12
20	faible	non	B	Petite	non	LBBXBXB	BX	25	42	-	12	12	12
21	faible	oui	B	Petite	non	LBXBXB	BX	24	39	-	11	11	11
22	faible	non	B	Petite	oui	LBCB	BC	54	26	-	20	-	-
23	faible	non	B	Grande	oui	LBBS3BBLBCCBB	BBC	44	37	9	13	-	-
24	faible	oui	B	Grande	non	LBXBXBXBXB	BX	20	41	-	14	14	14

La lettre X représente le pois, le colza ou le tournesol, dans des proportions identiques.

ANNEXE 7 : ESTIMATION DES PRINCIPAUX PARAMETRES UTILISES POUR LE CALCUL DES INDICATEURS

1. ESTIMATION DES RENDEMENTS

Un climat sec correspond à une pluviométrie printanière cumulée inférieure à 50 mm, un climat moyen à une pluviométrie printanière comprise entre 50 et 100 mm, et un climat pluvieux à une pluviométrie printanière supérieure à 100 mm. Une réserve utile (RU) faible est inférieure à 50 mm sur 1 mètre de profondeur, une réserve utile moyenne est comprise entre 50 et 75 mm, et une réserve utile élevée est supérieure à 75 mm.

Les estimations de rendement du lavandin sont présentées dans le chapitre 5 de la thèse.

1.1. BLE DUR

			Climat			
	Précédent	Fertilisation		printemps sec	printemps moyen	printemps pluvieux
Cas général	lavandin, colza, sauge, tournesol	basique	RU faible	14 q/ha	28 q/ha	41 q/ha
			RU moyenne	25 q/ha	35 q/ha	45 q/ha
			RU élevée	34 q/ha	42 q/ha	50 q/ha
Coefficients de correction*	blé dur	basique	-40 %			
	lavandin, colza, sauge, tournesol	sans fertilisation azotée en hiver	-40 %			
	pois	sans nitrates en hiver	Identique au cas général			
	Avec irrigation			+ 60 %	+ 45 %	+ 30%

* les coefficients de correction sont exprimés par rapport au cas général

Dans tous les cas, les rendements du blé dur ne dépassent pas 75 quintaux par hectare.

1.2. COLZA

		Climat		
		printemps sec	printemps moyen	printemps pluvieux
Cas général	RU faible	10 q/ha	20 q/ha	28 q/ha
	RU moyenne	19 q/ha	25 q/ha	31 q/ha
	RU élevée	26 q/ha	30 q/ha	34 q/ha
Coefficient de correction*	Avec irrigation	+ 35 %	+ 25 %	+ 15 %

** les coefficients de correction sont exprimés par rapport au cas général*

Dans tous les cas, les rendements du colza ne dépassent pas 35 quintaux par hectare.

1.3. Pois

		Climat		
		printemps sec	printemps moyen	printemps pluvieux
Cas général	RU faible	12 q/ha	22 q/ha	32 q/ha
	RU moyenne	21 q/ha	28 q/ha	35 q/ha
	RU élevée	27 q/ha	34 q/ha	39 q/ha
Coefficient de correction*	Avec irrigation	+ 55 %	+ 40 %	+ 25 %

** les coefficients de correction sont exprimés par rapport au cas général*

Dans tous les cas, les rendements du pois ne dépassent pas 35 quintaux par hectare.

1.4. Tournesol

		Climat		
		printemps sec	printemps moyen	printemps pluvieux
Cas général	RU faible	7 q/ha	11 q/ha	15 q/ha
	RU moyenne	10 q/ha	14 q/ha	18 q/ha
	RU élevée	13 q/ha	18 q/ha	21 q/ha
Coefficient de correction*	Avec irrigation	non estimés		

** les coefficients de correction sont exprimés par rapport au cas général*

Dans tous les cas, les rendements du tournesol ne dépassent pas 30 quintaux par hectare.

1.5. SAUGE

		Climat		
		printemps sec	printemps moyen	printemps pluvieux
Cas général	RU faible	10 kg/ha	16 kg/ha	23 kg/ha
	RU moyenne	14 kg/ha	20 kg/ha	26 kg/ha
	RU élevée	18 kg/ha	24 kg/ha	29 kg/ha
Coefficient de correction*	Avec irrigation	non estimés		

** les coefficients de correction sont exprimés par rapport au cas général*

L'année de plantation, les rendements sont nuls. Dans tous les cas, les rendements de la sauge ne dépassent pas 30 kilogrammes d'huile essentielle par hectare.

1.6. SAINFOIN

		Climat		
		printemps sec	printemps moyen	printemps pluvieux
Cas général	RU faible	15 q/ha	23 q/ha	28 q/ha
	RU moyenne	23 q/ha	27 q/ha	31 q/ha
	RU élevée	29 q/ha	31 q/ha	34 q/ha
Coefficient de correction*	Avec irrigation	+ 40 %	+ 30%	+ 20%

** les coefficients de correction sont exprimés par rapport au cas général*

Dans tous les cas, les rendements du sainfoin ne dépassent pas 40 quintaux par hectare.

2. PRINCIPAUX PARAMETRES UTILISES POUR LE CALCUL DES INDICATEURS

Les principaux paramètres utilisés pour le calcul des indicateurs, ainsi que leur source, sont synthétisés en **Erreur ! Source du renvoi introuvable..**

		valeur	source
prix de vente des productions	huile essentielle de lavandin	19 €/kg	Fournis par les coopératives
	blé dur	25 €/q	
	colza	38 €/q	
	pois	23 €/q	
	tournesol	36 €/q	
	sainfoin	18 €/q	
	huile essentielle de sauge	80 €/kg	
	pailles distillées de sauge	1 €/kg	
principaux coûts	carburant	0,676 €/L	Fournis par les acteurs (coopérative, SCP, agriculteurs)
	gaz de distillation	0,85 €/kg	
	redevance fixe d'abonnement ⁸⁰	438 €/an	
	redevance de consommation ⁸¹	0,17 €/m3	
	intrants chimiques	ITK	
	main d'œuvre	12 €/h	
aides de la PAC	aide couplée pour le pois	100 €/ha	http://www.supagro.fr/capeye/
	aide couplée pour le blé dur	30 €/ha	
	droit à paiement de base	97 €/ha	
	aide verte	85 €/ha	
	surprime	104 €/ha	
coefficients environnementaux	Caractéristiques et consommations du matériel agricole	ITK	Base de données Climagri ⁸² (développée par l'ADEME)
	Temps de travail par opération	ITK	Base de données EcoInvent ⁸³ et estimations par les participants
	Caractéristiques de toxicité des produits phytosanitaires	ITK	Base de données de l'université Hertfordshire ⁸⁴
	Coefficients d'émissions de GES et de consommation d'énergie des intrants chimiques	ITK	Base de données EcoInvent

TABLEAU 1 : PARAMETRES UTILISES POUR LE CALCUL DES INDICATEURS ET SOURCE. ITK : PARAMETRE DEFINI POUR CHAQUE INTRANT AU NIVEAU DES ITINERAIRES TECHNIQUES

⁸⁰ Un enrouleur est connecté à une borne ayant un débit de 50 m3.

⁸¹ On fait l'hypothèse que toutes les exploitations ont un contrat IEP (Irrigation à Effacement de Pointe), faisant bénéficier de tarifs avantageux pour une irrigation de printemps (Lang et Ramseyer, 2011)

⁸² <http://www.ademe.fr/expertises/produire-autrement/production-agricole/passer-a-laction/dossier/levaluation-environnementale-agriculture/loutil-climagri>

⁸³ <http://www.ecoinvent.org/>

⁸⁴ <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac>

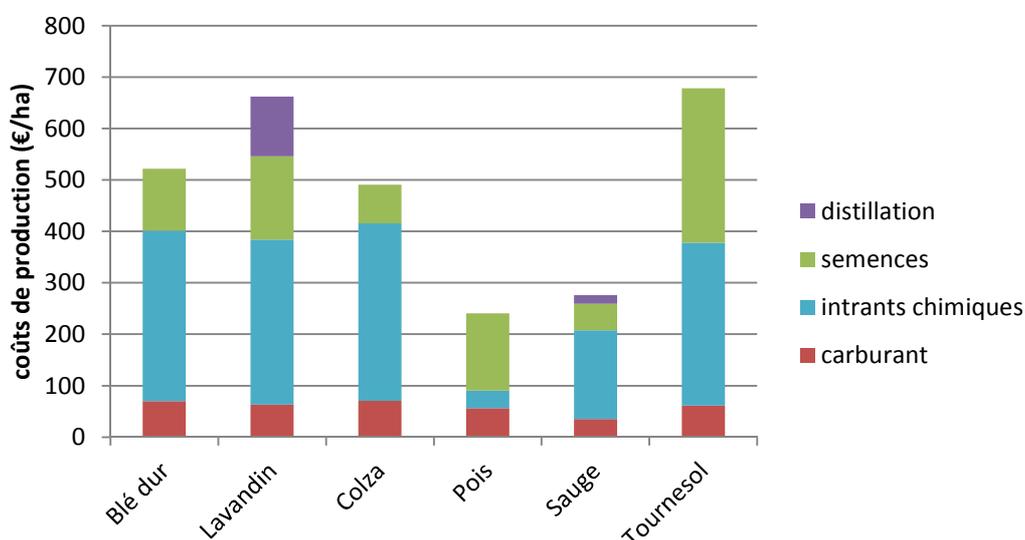
ANNEXE 8 : RESULTATS COMPLEMENTAIRES OBTENUS A L'ECHELLE DE LA PARCELLE

1. COMPARAISON DES DIFFERENTES ESPECES CULTIVEES

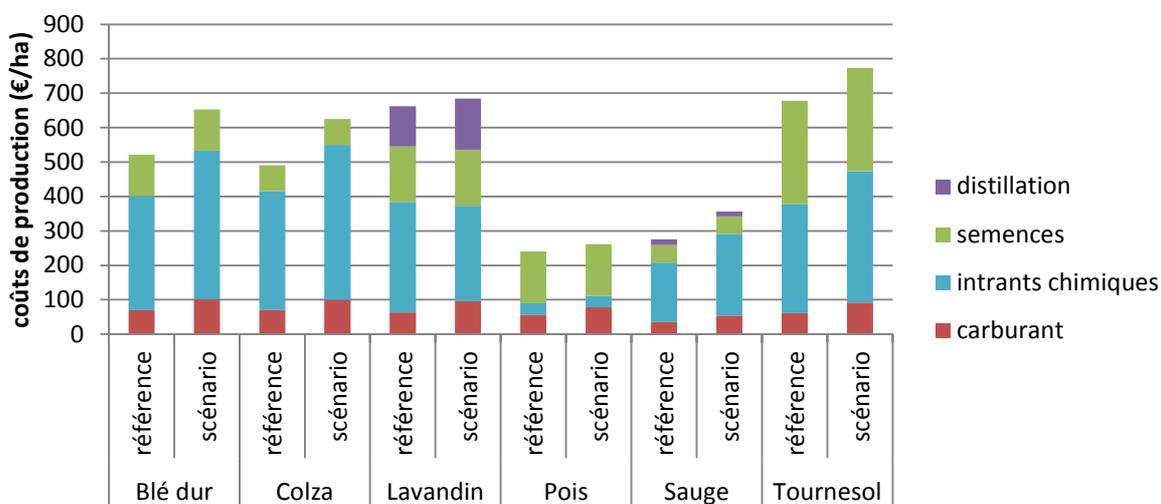
Seules les cultures non irriguées sont prises en compte ici.

1.1. REPARTITION DES COÛTS DE PRODUCTION

1.1.1. SITUATION DE REFERENCE

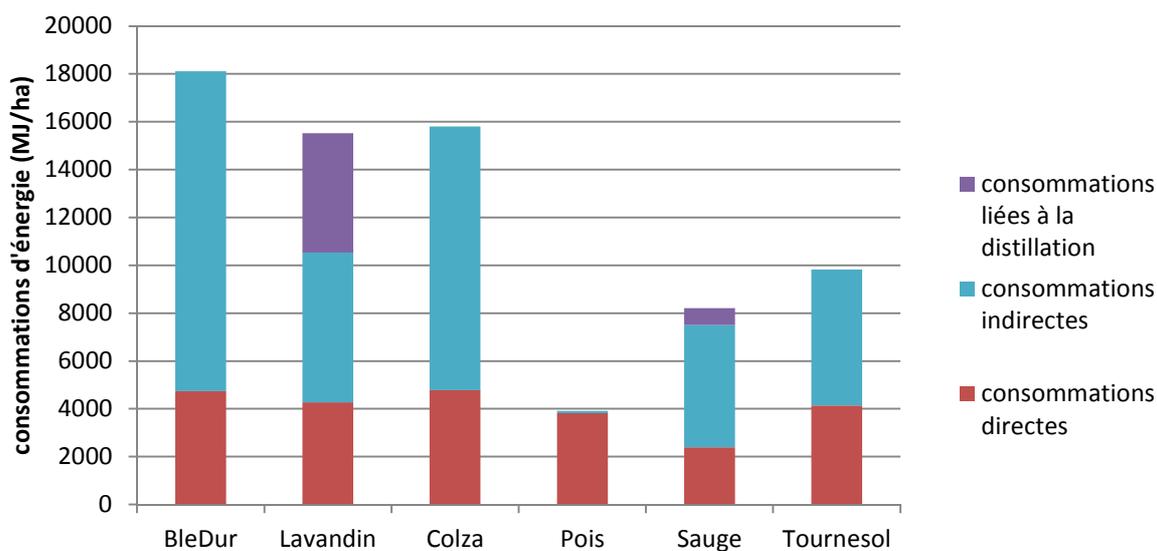
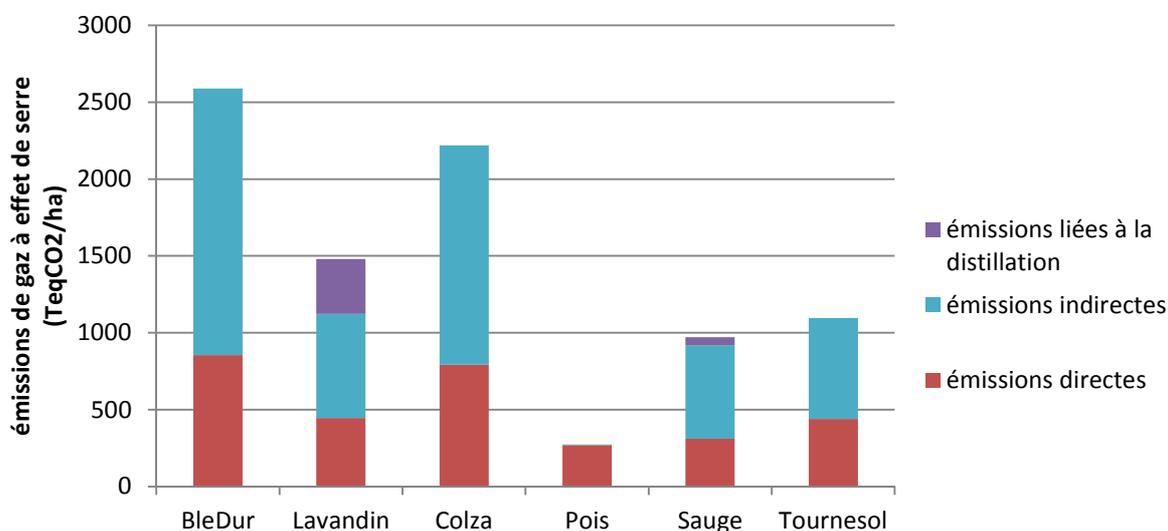


1.1.2. EVOLUTION DANS LE SCENARIO « STRATEGIES OPPOSEES »



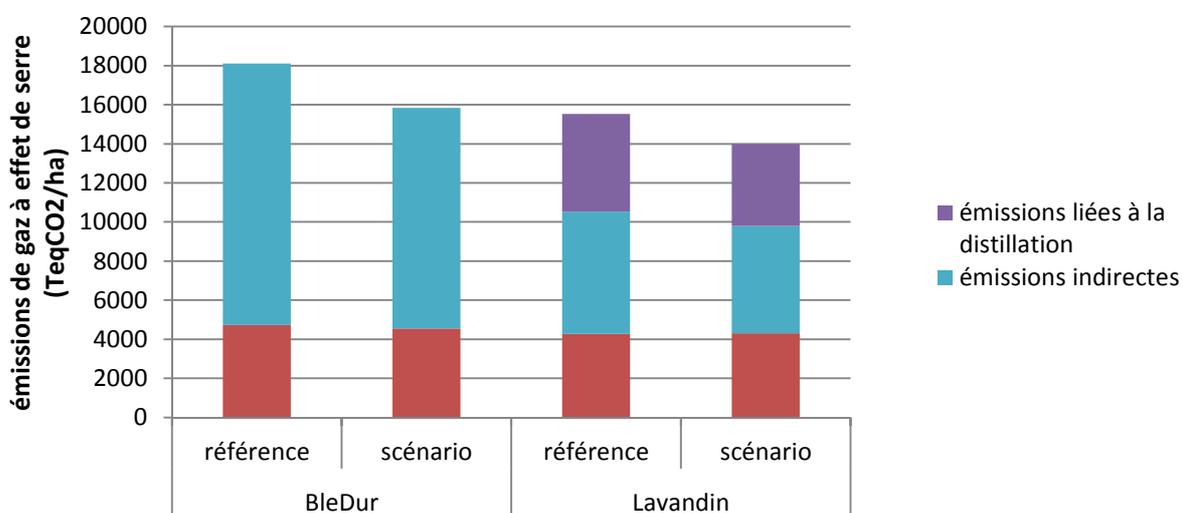
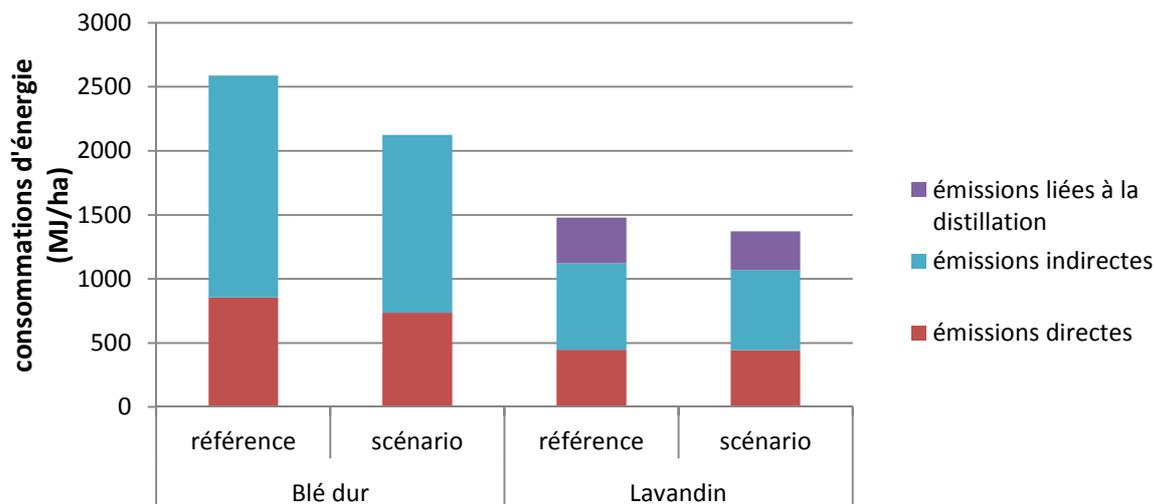
1.2. REPARTITION DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE ET DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE

1.2.1. SITUATION DE REFERENCE



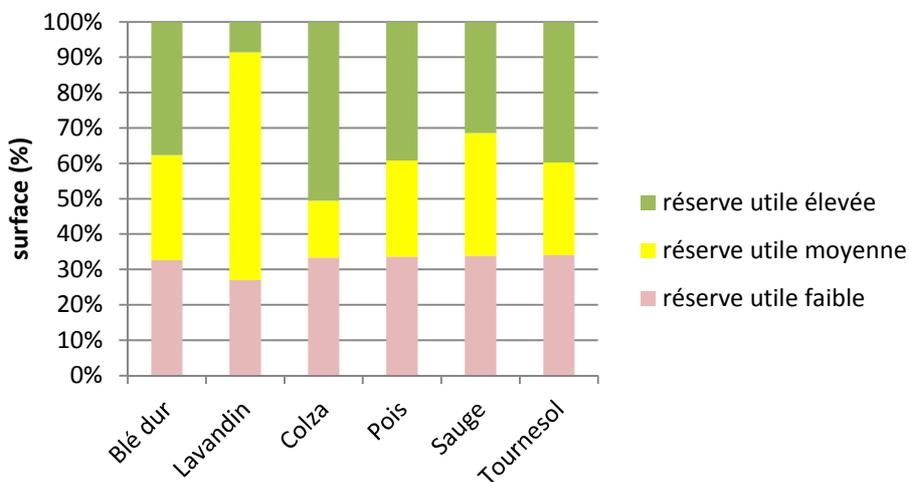
1.2.2. EVOLUTION DANS LE SCENARIO « STRATEGIES OPPOSEES »

Le blé dur et le lavandin sont les deux seules cultures pour lesquelles l'itinéraire technique est modifié dans les scénarii. Je ne présente donc ici que l'évolution des émissions de gaz à effet de serre et les consommations d'énergie pour ces deux espèces.

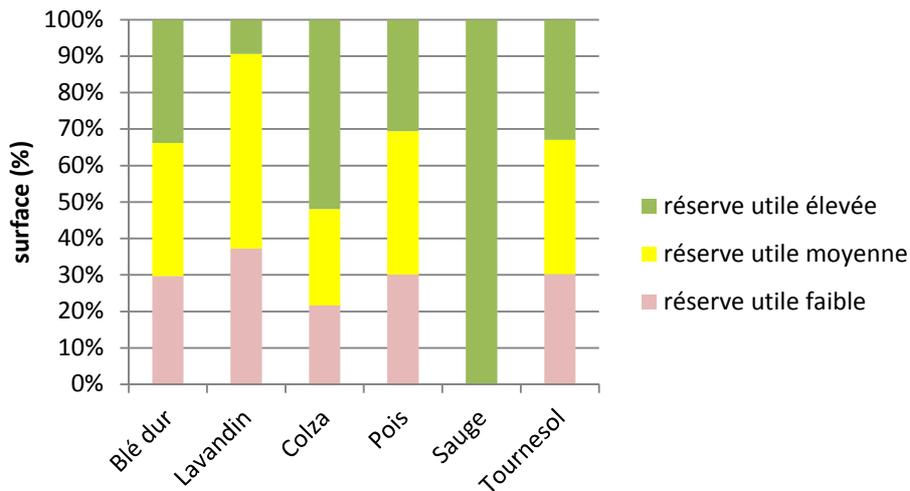


1.3. REPARTITION DES CULTURES SUR LES SOLS DE RESERVE UTILE FAIBLE, MOYENNE, ET ELEVEE

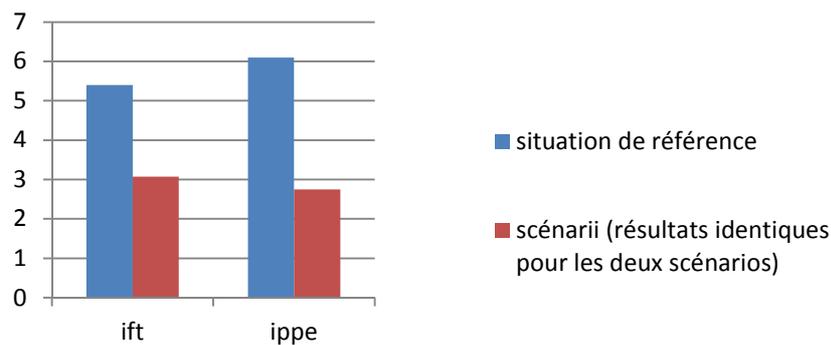
1.3.1. SITUATION DE REFERENCE



1.3.2. EVOLUTION DANS LE SCENARIO « STRATEGIES OPPOSEES »



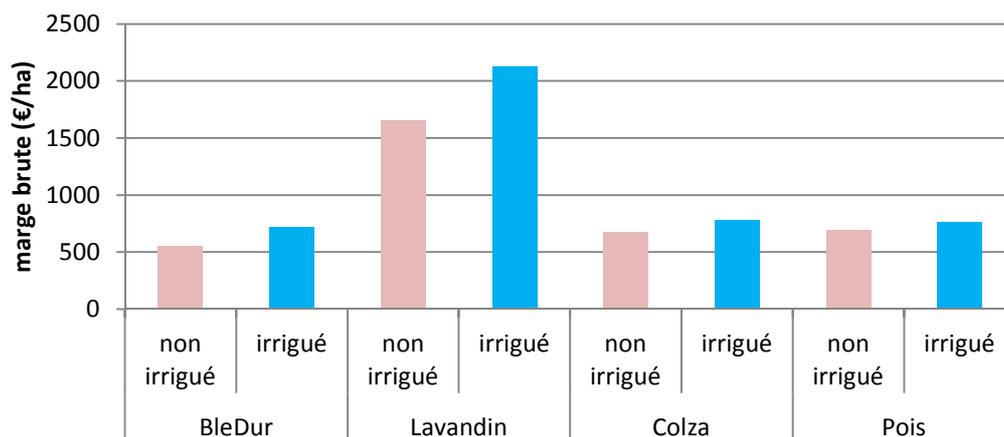
1.4. VARIATION DE L'IFT ET DE L'IPPE DU LAVANDIN DANS LES SCENARI



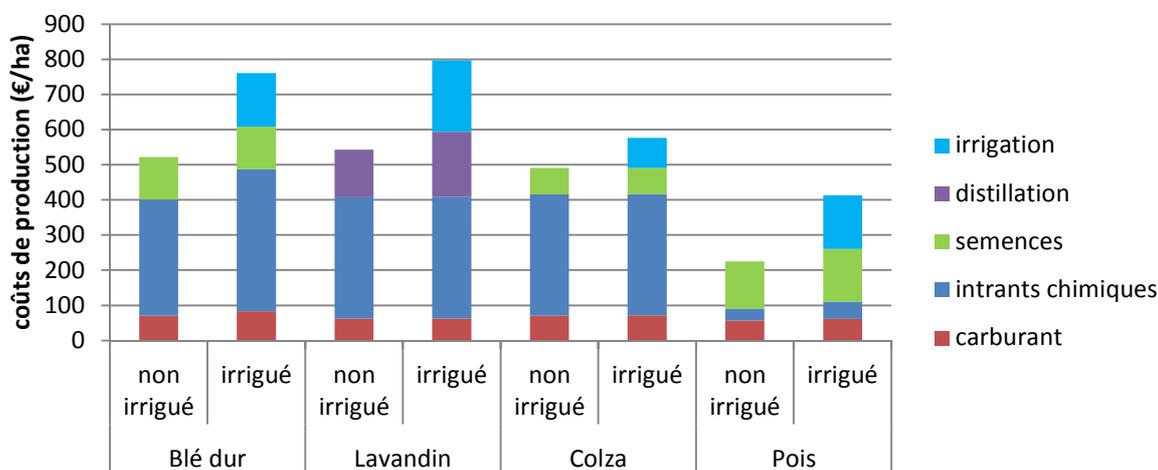
2. COMPARAISON DES CULTURES IRRIGUEES ET CULTURES NON IRRIGUEES (SITUATION DE REFERENCE)

Seules les parcelles de lavandin en année de croisière sont prises en compte ici, car le lavandin n'est jamais irrigué l'année de plantation. Le tournesol et la sauge ne sont jamais irrigués.

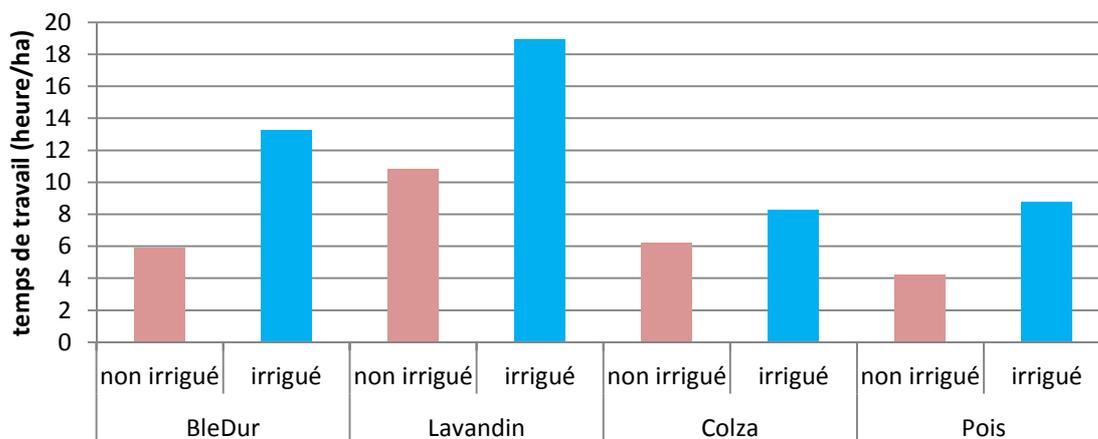
2.1. MARGES BRUTES



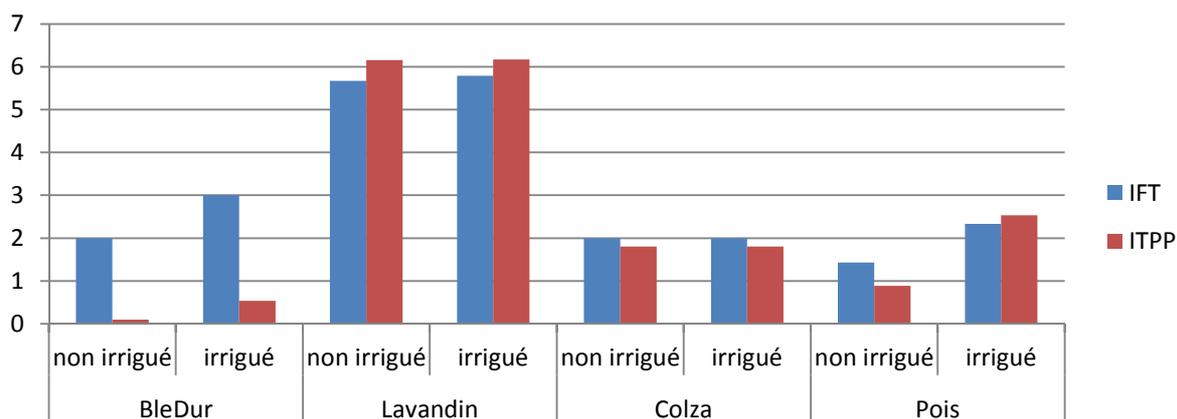
2.2. REPARTITION DES COUTS



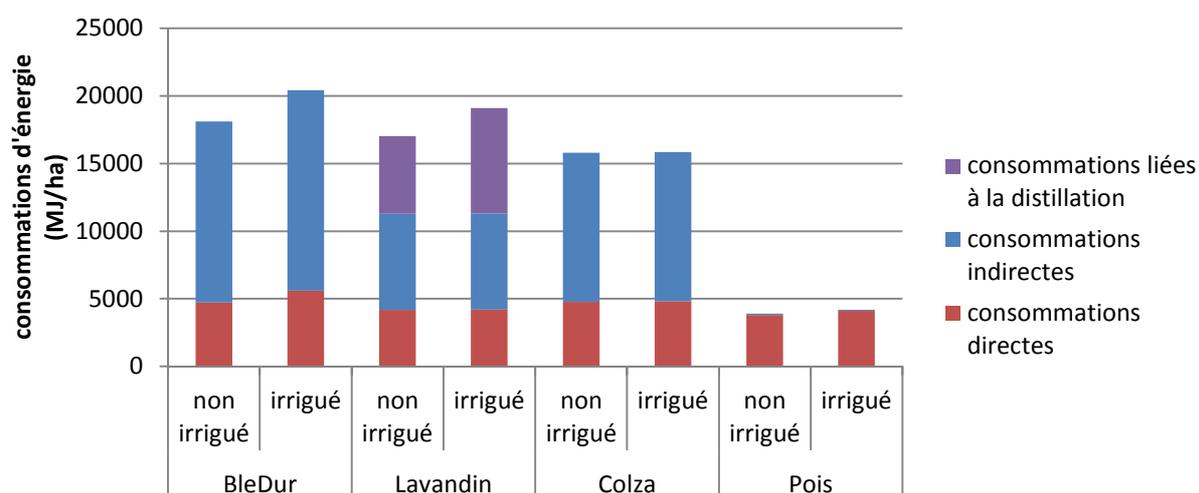
2.3. COMPARAISON DES TEMPS DE TRAVAIL



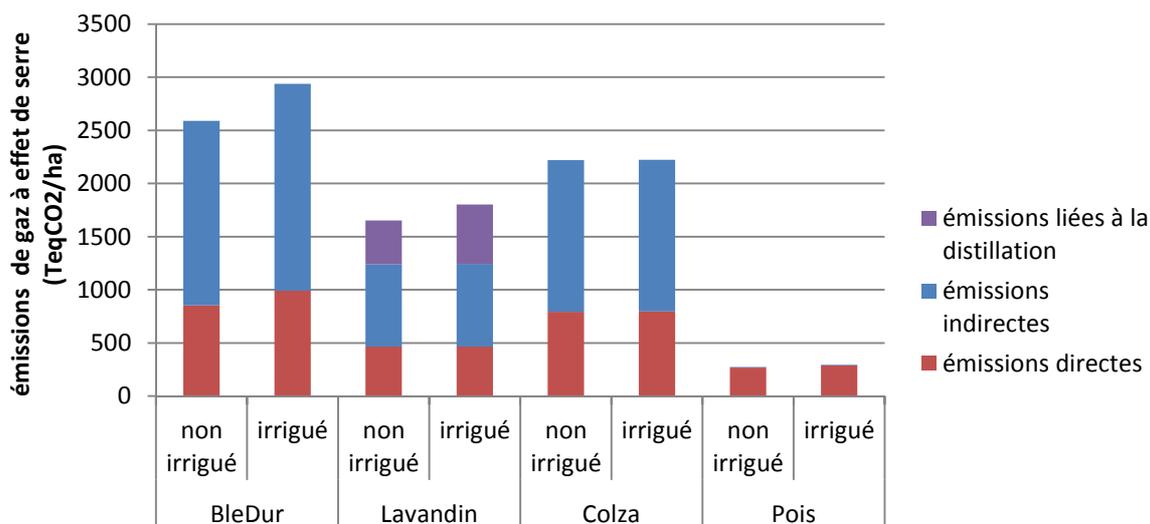
2.4. COMPARAISON DE L'IFT ET DE L'ITPP



2.5. COMPARAISON DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE ET DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE



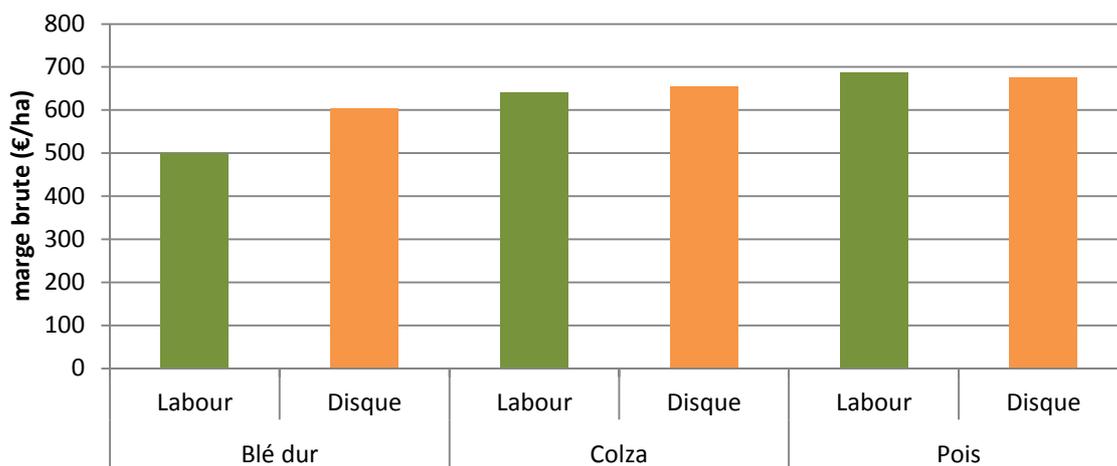
L'augmentation des consommations (et émissions) indirectes avec l'irrigation pour les cultures de blé dur est liée à l'utilisation d'un fongicide sur les parcelles irriguées. L'augmentation des consommations (et émissions) liées à la distillation pour le lavandin irrigué est liée à l'augmentation des rendements.



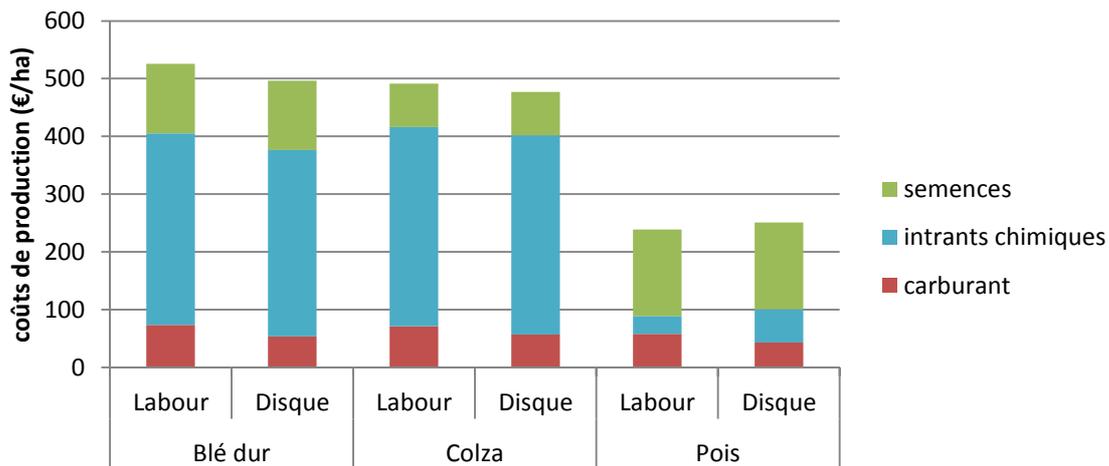
3. COMPARAISON ENTRE ITINERAIRES TECHNIQUES AVEC LABOUR ITINERAIRES TECHNIQUES AVEC PASSAGE D'OUTIL A DISQUE

Comme les techniques culturales simplifiées ne sont réalisées que sur des parcelles non irriguées dont le sol a une réserve utile moyenne, je n'ai pris en compte que celles-ci dans cette analyse de données. Seuls le blé dur, le pois et le colza sont réalisés en techniques culturales simplifiées.

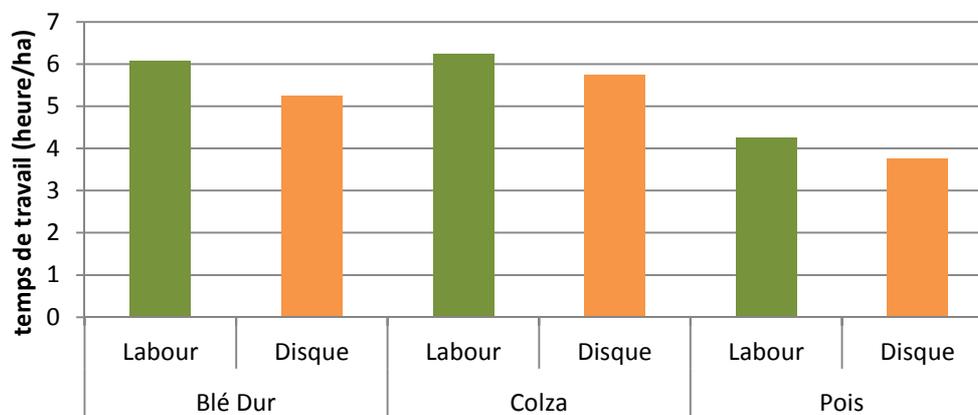
3.1. MARGES BRUTES



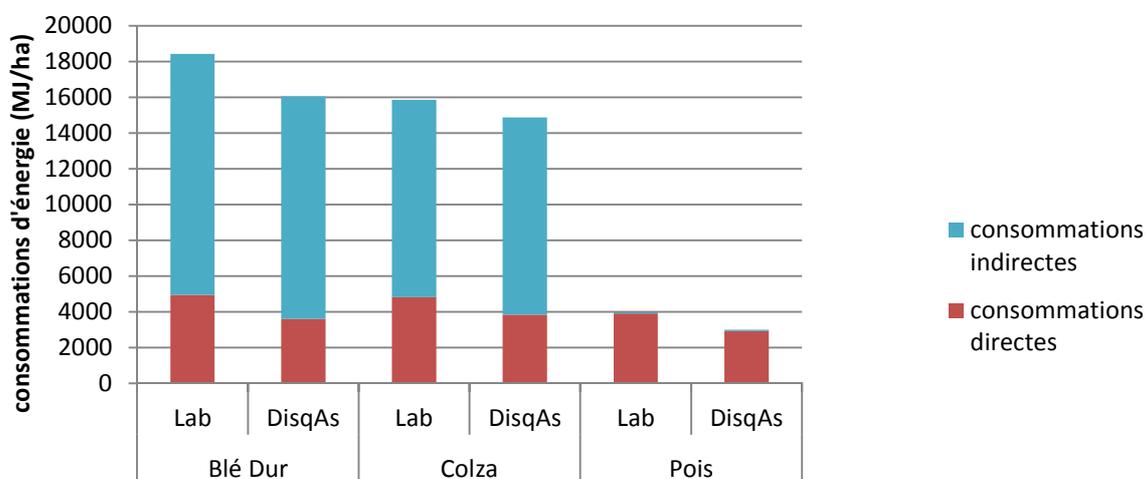
3.2. REPARTITION DES COUTS

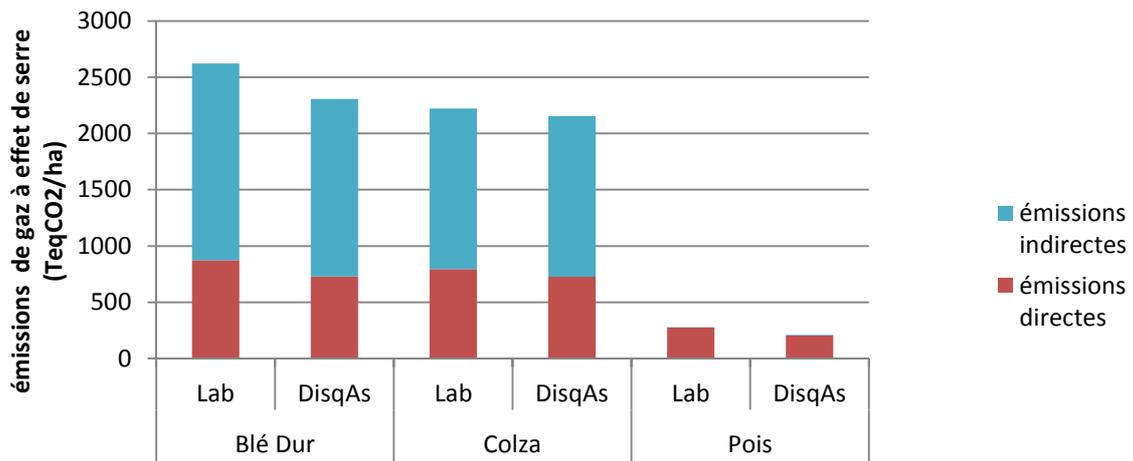


3.3. TEMPS DE TRAVAIL



3.4. COMPARAISON DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE ET DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE





ANNEXE 9 : RESULTATS COMPLEMENTAIRES A L'ECHELLE DE L'EXPLOITATION-TYPE POUR LA SITUATION DE REFERENCE

1. COMPARAISON DES MOYENNES ET GRANDES EXPLOITATIONS-TYPE

Je compare les valeurs moyennes des indicateurs obtenues pour les moyennes (Figure 1 a) et grandes (Figure 1 b) exploitations-type. Cette comparaison ne prend en compte que des paires d'exploitations-type spécialisées ou non spécialisées en lavandin, situées dans la même sous-zone, et dont la taille est la seule différence. Cette comparaison se base ainsi sur 22 exploitations-type (11 moyennes exploitations-type et 11 grandes exploitations-type)⁸⁵.

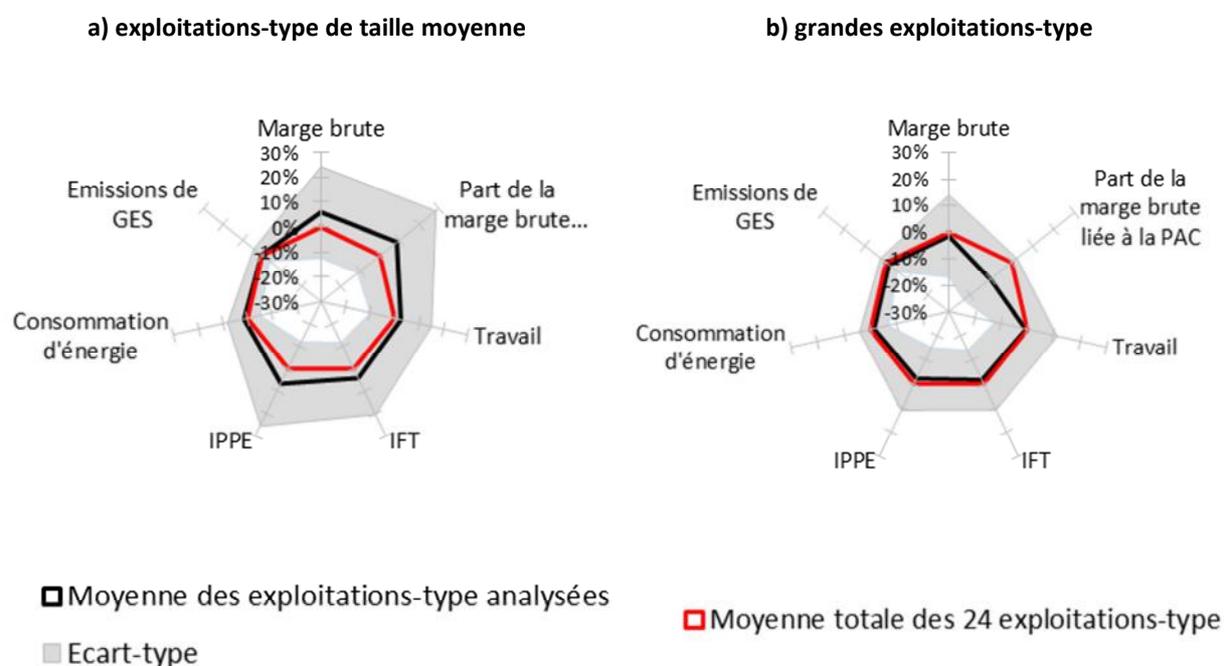


FIGURE 1 : COMPARAISON DES MOYENNES (A) ET DES GRANDES EXPLOITATIONS-TYPE (B). LES RESULTATS SONT EXPRIMES EN POURCENTAGE MOYEN DE VARIATION PAR RAPPORT A LA MOYENNE DE TOUTES LES EXPLOITATIONS-TYPE REPRESENTÉES DANS LE MODELE. LES COEFFICIENTS D'EXTRAPOLATION REGIONAUX NE SONT PAS PRIS EN COMPTE ICI.

La différence la plus marquée concerne la part de la marge brute liée aux subventions de la PAC, plus élevée de 20 % pour les moyennes exploitations que pour les grandes. Cela peut s'expliquer par la surprime, aide à l'hectare n'étant touchée que pour 52 hectares de l'exploitation,

⁸⁵ Pour l'analyse, je n'ai pris en compte les exploitations-type 2 et 8, moyennes exploitations-type ne possédant par leur équivalent en grandes. Cela explique aussi pourquoi les écarts à la moyenne des 24 exploitations est généralement plus élevé pour les exploitations moyennes que pour les grandes.

soit environ 85 % de la surface des exploitations-types moyennes, mais seulement 33 % de la surface des grandes exploitations-type. Les exploitations-type moyennes cultivent aussi légèrement plus de pois que les grandes. La marge brute moyenne plus élevée pour les moyennes exploitations que pour les grandes peut aussi s’expliquer par ces variations de subventions à l’hectare liées à la PAC. Les surfaces relatives couvertes par les différentes cultures, très proches, ne sont pas un facteur explicatif de ces différences de marge brute (Figure 2). Les moyennes exploitations-type ont aussi des performances environnementales légèrement moins élevées que les grandes exploitations. Ces exploitations-type ont en effet des surfaces relatives légèrement plus élevées en colza et tournesol, cultures requérant beaucoup de produits phytosanitaires (Figure 2). Les écarts-types observés pour tous les indicateurs sont cependant très importants.

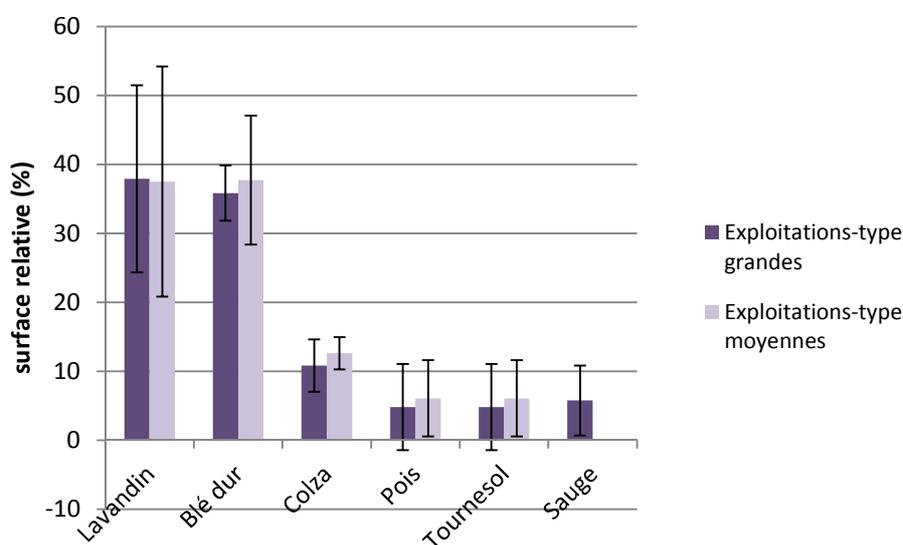


FIGURE 2 : COMPARAISON DES SURFACES RELATIVES DES DIFFERENTES CULTURES POUR LES EXPLOITATIONS-TYPE MOYENNES ET GRANDES

Les résultats obtenus ne montrent aucune différence entre les performances des moyennes et grandes exploitations. Tout au long de la démarche, la taille a cependant souvent été mentionnée par les acteurs comme ayant une influence importante sur les systèmes de culture et les performances des exploitations, en partie en raison de contraintes liées aux charges d’amortissement du matériel et au travail à l’hectare. Les charges d’amortissement à l’hectare, diminuant lorsque la taille de l’exploitation augmente, et les contraintes en termes de temps de travail⁸⁶, augmentant lorsque la taille de l’exploitation augmente, n’ont pas été prises en compte dans le modèle.

⁸⁶ Dans le modèle, le temps de travail est comptabilisé à l’hectare. La disponibilité de la main d’œuvre, variant en fonction de la taille de l’exploitation, n’a cependant pas été considérée.

Ces deux éléments induisent cependant des différences de systèmes de culture. D'après les données des déclarations PAC des agriculteurs et les dires des acteurs, les exploitations moyennes cultivent en effet des surfaces plus importantes en lavandin. Cette culture, rentable, permet en effet de compenser les charges d'amortissement importantes du matériel. Comme elle demande beaucoup de temps de travail, sa culture par les grandes exploitations est limitée en raison des contraintes liées au travail. Dans le modèle, ces différences sont prises en compte au niveau des coefficients d'extrapolation régionaux et au niveau des systèmes de culture des exploitations-type. D'autres différences ont aussi pu être spécifiées, comme la réalisation de techniques culturales simplifiées ou la culture de sauge uniquement par des grandes exploitations.

2. COMPARAISON DES EXPLOITATIONS-TYPE SELON L'INTENSITE DU DEPERISSEMENT DU LAVANDIN

La comparaison des exploitations-type selon l'intensité du dépérissement du lavandin se base sur 9 exploitations-type, toutes situées en zone de réserve utile B (seule zone de réserve utile présente à la fois sur les zones peu, moyennement, et très sujettes au dépérissement)⁸⁷ (Figure 3).

Les variations les plus importantes sont observées pour la marge brute, qui varie d'environ 30% entre les zones faiblement et fortement sujettes au dépérissement. Ces variations sont principalement dues aux variations de rendements du lavandin selon ces zones telles qu'elles ont été estimées dans la situation de référence (voir chapitre 5, section 3, partie 3). Les variations de la part de la marge brute liée aux subventions de la PAC sont uniquement liées à ces variations de marge brute. En effet, aucune différence d'assolement n'existe entre les exploitations-type situées en zone peu et moyennement sujette au dépérissement du lavandin (Figure 4). Les exploitations-type situées en zone très sujette au dépérissement cultivent quant à elle des surfaces relatives plus élevées en blé dur, mais plus faibles en pois. A l'échelle de l'exploitation, ces aides couplées moindres pour le pois dur sont donc compensées par des aides couplées plus élevées pour le blé dur.

Les variations des autres indicateurs sont plus faibles. Dans la situation de référence, peu de différences entre les conduites des systèmes de culture des exploitations-type selon leur zone de dépérissement ont en effet été représentées (voir annexe 6). Ces faibles différences induisent des variations d'environ 5% pour l'IPPE et l'IFT, de 3% pour le travail, et de 2 % pour les consommations énergétiques et émissions de gaz à effet de serre.

⁸⁷ Les exploitations-type prises en compte sont les exploitations-type 1, 2, 10, 23, 22, 20, 11, 4, 7

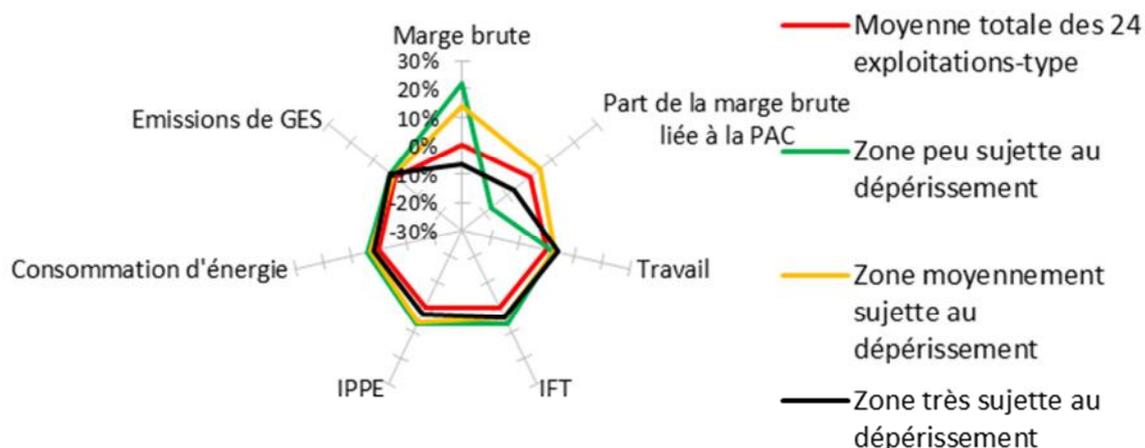


FIGURE 3 : COMPARAISON DES EXPLOITATIONS-TYPE SELON L'INTENSITE DU DEPERISSEMENT DU LAVANDIN. LES RESULTATS SONT EXPRIMES EN POURCENTAGE MOYEN DE VARIATION PAR RAPPORT A LA MOYENNE DE TOUTES LES EXPLOITATIONS-TYPE REPRESENTÉES DANS LE MODELE. LES COEFFICIENTS D'EXTRAPOLATION REGIONAUX NE SONT PAS PRIS EN COMPTE ICI.

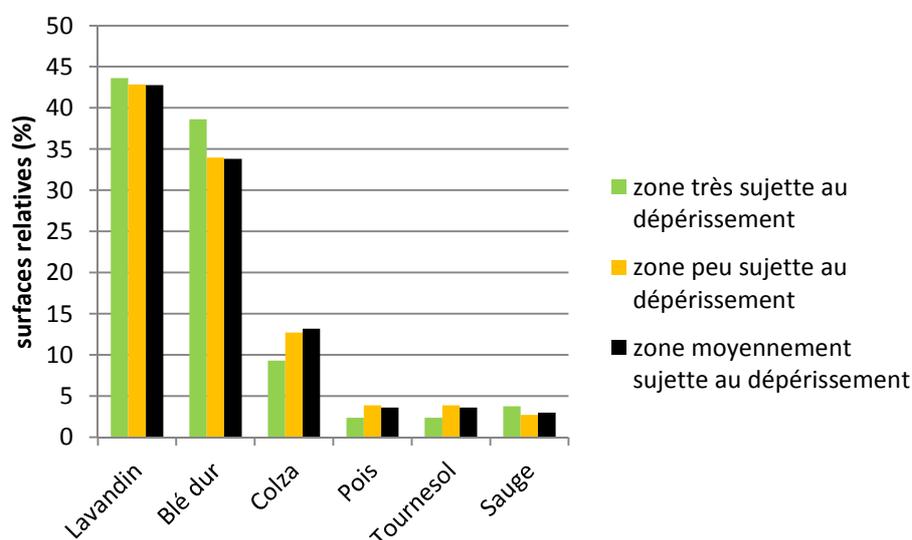


FIGURE 4 : SURFACES RELATIVES DES DIFFÉRENTES CULTURES POUR LES EXPLOITATIONS-TYPE SITUÉES EN ZONE PEU, MOYENNEMENT, OU TRÈS SUJETTES AU DÉPERISSEMENT DU LAVANDIN

3. COMPARAISON DES EXPLOITATIONS-TYPE SELON LES ZONES A, B ET C, DIFFÉRENTES PAR LES RÉSERVES UTILES DE LEURS SOLS

Les exploitations-type ont ensuite été comparées selon les zones A, B et C qui diffèrent par leurs réserves utiles des sols. Chacune de ces zones est caractérisée par des proportions différentes de sols à réserve utile faible, moyenne et élevée⁸⁸. Seule la zone B est située sur les trois zones de déperissement du lavandin : la zone A n'est située que sur la zone faiblement sujette au

⁸⁸ Zone A : RU (réserve utile) faible = 50%, RU moyenne = 30%, RU élevée = 20%
 Zone B : RU faible = 20%, RU moyenne = 50%, RU élevée = 30%
 Zone C : RU faible = 40%, RU moyenne = 30%, RU élevée = 30%

dépérissement, alors que la zone C n'est située que sur les zones moyennement ou fortement sujettes au dépérissement. La comparaison des zones A, B et C a donc été réalisée en deux temps : (a) les zones A et B ont été comparées à partir d'un échantillon de 8 exploitations-type situées en zone faiblement touchée par le dépérissement du lavandin⁸⁹ (Figure 5, a), (b) les zones B et C ont été comparées à partir d'un échantillon de 14 exploitations-type toutes situées en zone moyennement ou fortement touchées par le dépérissement du lavandin⁹⁰ (Figure 5, b). Ces différences d'échantillon expliquent les différences de résultats obtenus pour la zone B selon les deux comparaisons.

Seule la marge brute, et dans une moindre mesure la part des subventions PAC dans leur marge brute, varient significativement selon les zones A, B ou C. En effet, dans la situation de référence, aucune différence n'a été prise en compte entre les systèmes de culture des exploitations-type que seule la localisation en zone A, B ou C différenciait. Les différences de marge brute observées sont liées à des variations de rendements des cultures en fonction de la réserve utile des sols (voir chapitre 5, modélisation des rendements). On observe une différence de marge brute plus importante entre les zones A et B (environ 16%) qu'entre les zones B et C (environ 8%), qui peuvent s'expliquer par les différences de proportions de chaque type de sols entre ces différentes zones.

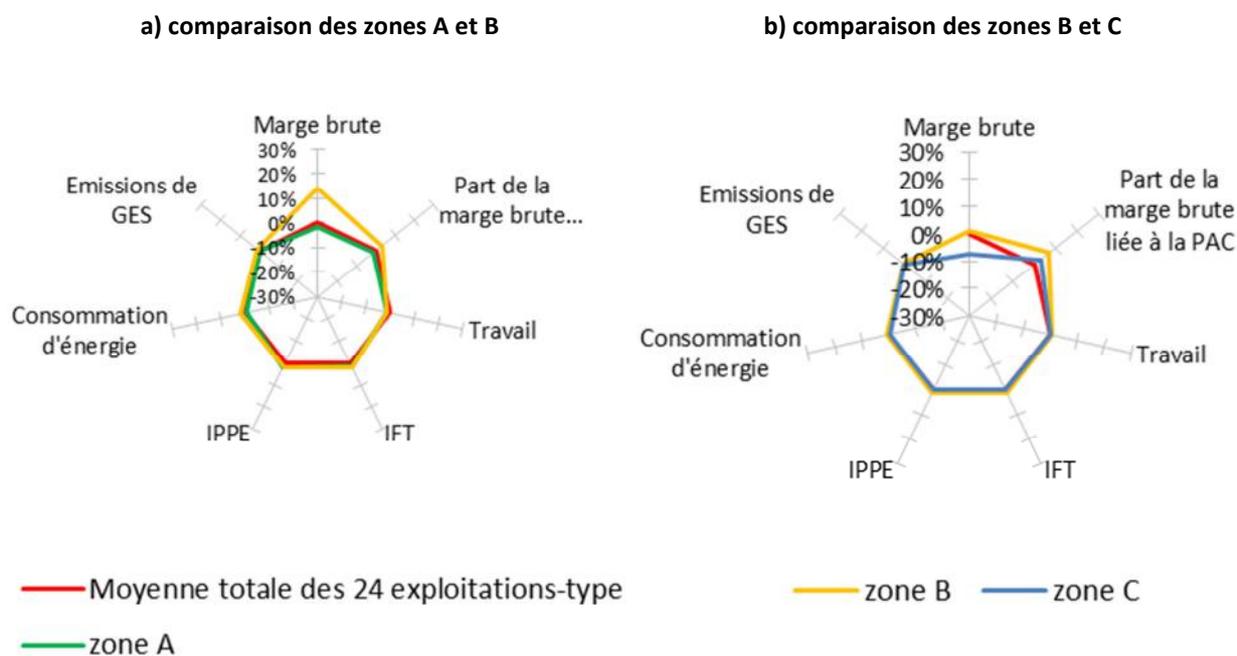


FIGURE 5 : COMPARAISON DES ZONES A, B ET C. LES RESULTATS SONT EXPRIMES EN POURCENTAGE MOYEN DE VARIATION PAR RAPPORT A LA MOYENNE DE TOUTES LES EXPLOITATIONS-TYPE REPRESENTÉES DANS LE MODELE. LES COEFFICIENTS D'EXTRAPOLATION REGIONAUX NE SONT PAS PRIS EN COMPTE ICI.

⁸⁹ Les exploitations-type prises en compte sont les exploitations-type 5, 13, 6, 12, 23, 22, 19, 20

⁹⁰ Les exploitations-type prises en compte sont les exploitations-type 2, 10, 11, 4, 14, 7, 3, 15, 16, 8, 17, 9, 18

4. DISCUSSION : INFLUENCE DE LA LOCALISATION DES EXPLOITATIONS-TYPE SUR LEURS PERFORMANCES

Nos résultats montrent que l'intensité du dépérissement du lavandin a une influence importante sur les performances économiques des exploitations, mais aucune sur leurs performances environnementales. Celles-ci sont en effet influencées uniquement par les systèmes de culture, qui varient peu d'une zone à l'autre (excepté des surfaces cultivées en lavandin légèrement plus importantes en zone très sujette au dépérissement, voir chapitre 5, section 3, partie 2). Lors de l'atelier de restitution, les acteurs ont fait remarquer qu'un zonage climatique pouvait se superposer à ce zonage selon l'intensité du dépérissement du lavandin. La pluviométrie annuelle augmenterait ainsi selon un gradient Sud-Ouest -> Nord-Est en raison de la topographie du plateau de Valensole (zone Nord-Est plus proche des contreforts alpins). Lors du diagnostic préliminaire, certains auteurs avaient aussi évoqué des températures plus basses dans la zone Nord-Est, et donc des périodes de gel plus longues.

De même que pour l'intensité du dépérissement du lavandin, la marge brute est la seule performance à être influencée par la localisation de l'exploitation dans la zone A, B ou C, différentes par leurs proportions de réserves utiles des sols. Ces variations de marge brute sont cependant assez faibles, malgré une sensibilité assez importante des rendements à la réserve utile des sols. Les proportions de différents types de sols d'une zone à l'autre sont en effet peu éloignées. D'après l'analyse des données des déclarations PAC des agriculteurs, les exploitations du plateau de Valensole seraient nombreuses à être localisées sur plusieurs zones de types de sols à la fois, ce qui réinterroge la pertinence de ce zonage. De plus, selon les acteurs et les agriculteurs ayant participé à la démarche, les exploitations moyennes seraient situées sur des sols à réserve utile plutôt faible ou élevée, car situées à proximité des versants et vallées. En parallèle, les grandes exploitations, généralement localisées sur des zones de plateau, auraient des sols à réserve utile plutôt moyenne. Ces éléments n'ont cependant pas été confirmés par l'analyse des données PAC des agriculteurs.

ANNEXE 10 : EXTRAIT DU CARNET DE BORD TENU AU COURS DE LA DEMARCHE

Lundi 17 juin

→ Entretien avec X

Pas de difficulté pour prendre le rendez-vous, il a mentionné plusieurs fois l'intérêt que pourrait avoir notre projet pour l'agriculture du plateau de Valensole (cf enregistrement). Entretien de 2h46, on a dépassé le temps prévu (2h). Dépassement sur l'heure du repas. Biais CC suite à la présentation du projet Climatac (première réunion) ? Il m'a conseillé un certain nombre de personnes à aller voir, m'a fourni un peu de documentation (essentiel...). Il ne répondait pas quand le téléphone sonnait. Il a fini l'entretien par un « n'hésitez pas à me recontacter pour plus d'information ». Il a beaucoup cité les actions du X, qu'il présente implicitement comme beaucoup plus compétent et légitime que lui pour les PAPAM. Il s'est beaucoup valorisé pendant l'entretien, en insistant toujours beaucoup sur les bonnes idées qu'il avait eu même si ça n'avait pas de rapport avec le plateau de Valensole.

Mardi 18 juin

→ Entretien avec X

Aucun problème pour prendre le rendez-vous. X était déjà au courant du travail des PVD, informé par JM Cotta. L'entretien devait initialement durer 2h, il m'a prévenu au début que 1h30 ça serait quand même mieux, et finalement il n'a duré qu'une heure car j'étais à sec de questions. Il m'a conseillé un certain nombre de personnes à aller voir, et m'a dit qu'il ne fallait pas que j'hésite si j'avais d'autres questions. Il ne s'est pas forcément senti très concerné par le projet, il parlait plus à une étudiante « comme une autre » (« c'est toujours un plaisir de recevoir des étudiants », conscient des difficultés « je sais ce que c'est, on pense toujours après coup à plein de questions qu'on a oublié de poser »). A la fin de l'entretien, prise de contact avec X, travaillant au X dans le bureau d'à côté, et que je connaissais déjà de l'agro. Rendez-vous pris. De même avec X qui m'a tout de suite accordé une date pour un entretien, et m'a dit qu'elle trouvait ce sujet intéressant et qu'il y avait beaucoup à faire. Elle m'a proposé d'emblée de me donner des données (« j'imagine que vous allez avoir des données à nous demander, commencez à y penser avant l'entretien »).

→ Entretien avec X

Il pensait au téléphone ne pas m'être très utile. Il a été un tout petit peu froid au début de l'entretien, mais vite il a été très bavard et très sympa. Il a partagé pas mal de données avec moi, et l'entretien s'est plus apparenté à une discussion basique. Pas de question particulière sur le projet, pas d'invitation à le recontacter si j'ai besoin de plus d'infos... Il ne se sentait pas concerné par le projet, certainement du fait qu'il ne connaît que peu le plateau de Valensole. Entretien de 1h15 environ, c'est moi qui étais à sec de questions.

[...]

Mercredi 26 juin 2013

→ **Entretien avec X**

Entretien réalisé avec Jean-Marc. Quand je l'avais eu au téléphone, il m'avait directement conseillé d'autres personnes à rencontrer, et avait eu l'air assez concerné par le projet. Pendant l'entretien, de même, il nous a conseillé de nombreux agriculteurs à rencontrer, (dont il m'a donné les numéros de téléphone au téléphone dans la semaine) et a appelé toutes ces personnes à l'avance pour les prévenir. On sentait qu'effectivement il connaissait beaucoup de monde, et que c'était ce qu'il cherchait à faire valoir, sa manière d'appuyer sa légitimité dans ce projet. Lors de l'entretien, nous avons plusieurs fois été interrompus par des coups de téléphone et visites d'habitants de la commune. X n'a pas particulièrement essayé d'éviter ces interruptions, c'était aussi une manière de nous montrer que « c'était quelqu'un d'important ». Dans son discours aussi, il y avait toujours cette volonté de se faire valoir. Au niveau de l'entretien en lui-même, il a été difficile de le faire parler sur le plateau de Valensole en lui-même, il ne le connaissait finalement pas si bien que cela, il digressait continuellement sur d'autres zones, comme en particulier sa commune. Il nous a fait préciser au milieu de l'entretien que c'était uniquement le plateau de Valensole qui nous intéressait. A la fin de l'entretien, il nous a demandé de lui écrire une lettre de remerciement, afin qu'il puisse montrer au président de la communauté d'agglomération ce qu'il fait dans le cadre de ses fonctions.

[...]

10 DECEMBRE 2013

- Présentation du projet et restitution (cf CR et PPT et fichier Excel pour les présents et excusés et organisation du séminaire). A la salle polyvalente d'Allemagne en Provence, réunion de 14h45 à 17h, suivie d'un pot.

23 janvier 2014 :

- Envoi du compte-rendu provisoire aux personnes présentes à la réunion, avec demande de retour. Aucun retour.

28 janvier 2014 :

- Envoi du compte-rendu, du powerpoint et d'une page de présentation à l'ensemble des acteurs interrogés. Ils sont mis au courant qu'ils seront recontactés d'ici quelques jours, et qu'on leur proposera alors des thèmes de questions.
- Tous ces documents ont été envoyés par courrier à X.
- Réponse presque immédiate de X. Réitère son intérêt pour le projet. Aussi de X. X doit nous envoyer des documents.

28 janvier 2014 : entretien téléphonique avec X

Je l'appelle pour lui demander s'il a des commentaires à faire sur le projet, et lui demander des idées de thèmes pour la question :

- Travailler sur la qualité de l'eau (à travers par exemple les problèmes de pollution aux nitrates) : quelles évolutions permettraient de pallier à ce problème ? Aussi bien en termes

de changement de pratiques qu'en termes de changement de culture (est-il pertinent de continuer à planter autant de lavandin ?). Pour X, cette question est intéressante dans le sens où ça permet de faire le lien avec le bio, et avec le fait qu'il est difficilement valorisable etc.

- ➔ Travailler aussi (de manière simultanée avec la qualité ?) sur les aspects quantitatifs. Il ne semble pas ultra concerné par les questions d'irrigation, mais ça pourrait donner un truc du genre « quelles culture pour gérer le manque d'eau » ? Donc plus en termes d'adaptation aux sécheresses sans irrigation qu'en termes d'irrigation.
- ➔ Il se retrouve un peu dans la question de la durabilité de la lavande : est-il vraiment pertinent de continuer à tant planter, étant donné que le dépérissement ne fait qu'augmenter, et que les systèmes de lavande sont à l'origine des problèmes de pollution des eaux ?
- ➔ Pas trop d'accord avec la question de l'installation des jeunes

Il doit m'envoyer des documents sur les projets pilotés par le parc et la chambre, sur l'eau, et sur les sols. Projets aussi en lien avec X

31 janvier : entretien téléphonique avec X

Je lui avais dit pas mail que j'aimerais lui parler un peu au téléphone, elle m'a rappelé spontanément. On a discuté du projet, mais cette fois je ne lui ai pas demandé de proposer des thèmes de questions.

Très motivée, a spontanément demandé à faire partie du comité de pilotage (comme ayant une « vision extérieure » sur la gestion du territoire). On a pris un rendez-vous pour un second entretien, elle était tout à fait d'accord « d'ici je vais me replonger dans le projet ».

Mais elle s'est inquiétée de l'articulation avec les autres projets. Il faut faire attention, notamment au niveau des agriculteurs. Je lui ai sorti le discours habituel, on a une approche très gestion du territoire qui permet une bonne coordination avec les aspects « plus techniques » des autres projets.

[...]

ANNEXE 11 : RETRANSCRIPTION DES FICHES D'ÉVALUATION DE LA DEMARCHE REMPLIES PAR LES ACTEURS PARTICIPANT A L'ATELIER E

+ : points positifs

- : Points négatifs

GA1	+	<p>La démarche a été participative sans trop solliciter les acteurs, ce qui est une bonne chose. La fréquence de sollicitation a permis de comprendre et d'appréhender la démarche à des moments clés.</p> <p>Donne une vision prospective intéressante à la fois à l'échelle de l'exploitation et du territoire, ancrée dans la réalité des enjeux.</p> <p>Echelle de temps de 15 ans : parlant</p> <p>La pédagogie déployée lors des présentations</p> <p>L'adaptation aux contraintes de temps : 1 demi-journée de réunion</p>
	-	<p>Limite d'intégration des effets de l'irrigation et ses avantages en termes de sécurisation/développement de la diversité des assolements</p> <p>Intégrer des démarches alternatives dans le modèle, qui pourraient émerger pour répondre aux enjeux énoncés de CLIMATAC : agriculture de conservation, agriculture biologique</p>
GT12	+	<p>Avantage de mettre autour de la table des techniciens, agriculteurs, chercheurs, élus... donc débat riche, enjeux multiples</p> <p>Climatac peut être un véritable outil de réflexion sur son système actuel et son avenir</p> <p>Il faudrait que les techniciens se saisissent de Climatac pour proposer des pistes nouvelles en matière de pratiques agricoles pour les agrosystèmes du plateau de Valensole</p>
	-	<p>Domage qu'il n'y ait eu que trop peu d'agriculteurs lors des réunions</p> <p>Très conceptuel au départ, nécessité de faire des approximations</p> <p>Faire ressortir l'enjeu qualité de l'eau dans les indicateurs</p> <p>Dans l'idéal, on aurait pu essayer de créer un indicateur sur l'aspect paysages et biodiversité, qui est une dimension importante pas peu mise en valeur</p>
GES- F	+	<p>Véracité des chiffres fournis par les experts et aussi des agriculteurs enquêtés par les étudiants</p>

		La modélisation, même si c'est un outil théorique, reste la clé pour rentrer dans une perspective d'avenir
	-	Point à améliorer : essayer de multiplier les scénarii pour donner plus de perspectives et du coup donner une force supplémentaire surtout si on doit le présenter aux agriculteurs
GT6	+	<p>Approche participative très intéressante</p> <p>Méthode qui a l'air solide, surtout parce qu'elle est partagée et qu'il est possible d'amender et de revenir en arrière.</p> <p>Les résultats sont intéressants, et encore plus que les résultats, les discussions qu'ils font naître. Par exemple, je suis très surprise d'avoir entendu un agri dire que les mesures de réduction des phytos pouvaient être positives !</p>
	-	<p>Je suis surprise qu'il n'y ait pas plus d'agriculteurs dans l'assemblée. Le seul représentant est aussi président de GPS et représente donc l'aval de la filière. Un ou des agriculteurs plus « neutre(s) », avec une vision potentiellement différente, aurai(en)t été le(s) bienvenu(s)</p> <p>La prise en compte des effets de l'irrigation à la fois dans les itinéraires techniques, rendements et marges brutes me semble très insuffisante. Les résultats ne me semblent du coup que peu réalistes, notamment la comparaison équipé vs non équipé</p> <p>La confrontation des points de vue des différents acteurs présents a été très enrichissante</p>
GA12	+	<p>Interactivité de la démarche et construction collective du modèle -> Grande force du modèle créé</p> <p>Utiliser maintenant cet outil pour mener une réflexion collective avec les agriculteurs et les mener à une durabilité de leur exploitation (= objectif de départ)</p> <p>compétences de l'équipe animatrice, et notamment de Caroline</p> <p>démarche qui a permis à différents acteurs de se regrouper et de mener une réflexion commune autour d'un territoire (malgré des métiers de base différents et des intérêts divergents)</p>
	-	<p>Manque de diversité des acteurs présents au cours des réunions (bien que je sois consciente que les possibilités soient réduites sur un terrain comme le plateau de Valensole)</p> <p>Longueur de la démarche, qui fait que certaines hypothèses posées il y a 3 ans soient maintenant obsolètes</p>
GA2	+	<p>Approche intéressante, mais qui reste à développer peut-être en fonction du ressenti des agriculteurs, et d'envisager des scénarii attendus par les agriculteurs</p> <p>Outil qui devrait aider les agriculteurs dans des recherches de perspective</p>
	-	Il faudrait peut-être mieux prendre en compte les « secteurs » pluviométriques du plateau de Valensole

ANNEXE 12 : EXTRAIT DE NOTES RECUEILLIES PAR LES CHERCHEURS AU COURS DES ATELIERS (ATELIER P2)

Première Séquence : Introduction

13 : Présentation du projet CLIMATAC et explicitation des liens avec l'ADEME. Retour sur la réunion de coordination des projets tenue juste avant cette réunion de travail.

4 : Présentation de la démarche de modélisation prospective. Lancement d'un tour de table de présentation

TOUR DE TABLE

3 : Présentation du planning de la journée. Retour sur le travail individuel de construction de question pour la scénarisation.

Deuxième séquence : Construction de la question

4 : (se lève, prend en charge l'animation) Explication de pourquoi élaborer cette question : influence sur le travail de construction futur du modèle. Retour sur les questions individuelles et lancement de l'exercice d'analyse des questions par le groupe de travail.

Installation de l'espace de travail et des post-it avec les questions par l'équipe de recherche. La majorité du groupe se déplace autour de la table en installation. 10, 11 et 12 un peu en retrait discutent.

4 : Présente l'exercice de classement des propositions au groupe et remet les post-it empilés de manière aléatoire aux participants

Le groupe découvre les questions et se fait passer les post-it, 6, 7, 8, 15, 16 prennent par de manière active au placement des questions les unes par rapport aux autres.

2 : interrogation auprès de l'équipe de recherche désormais en retrait des participants sauf 4 : « Pourquoi-vous ne participez pas ? »

Le groupe s'arrête sur une disposition des post-it

4 : Questionne les participants sur les raisons de l'agencement des questions proposés.

Plusieurs participants explicitent une répartition thématique avec comme thème explicités : le climat, les aspects économiques, l'environnement

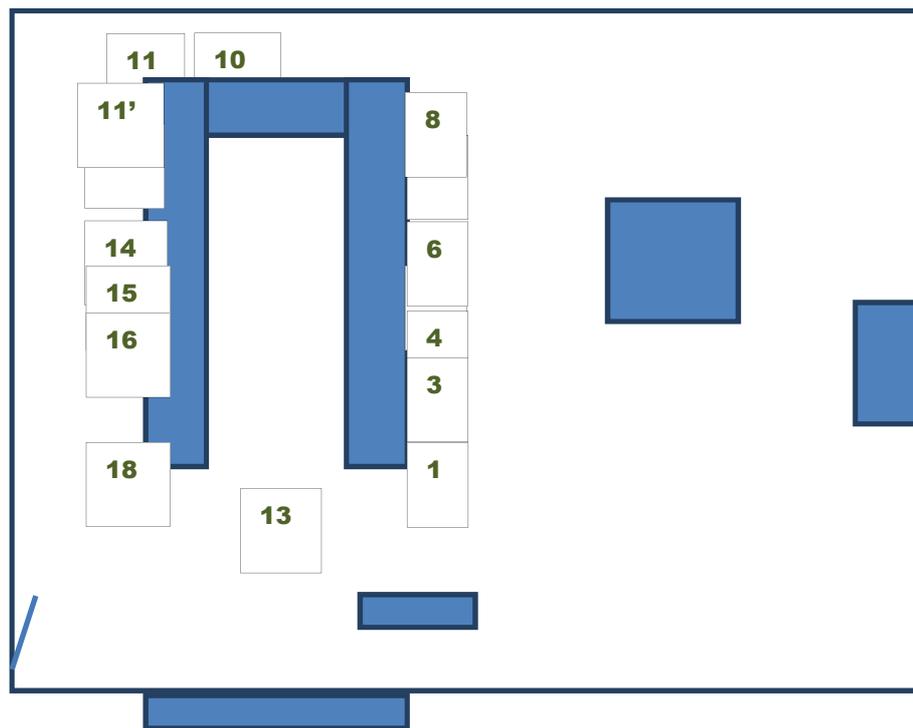
10 : Fait remarquer sur un ton humoristique, l'implication plus forte des femmes dans l'agencement des post-it

11 : Relève la faible présence de questions relatives au foncier face aux aspects économiques. Il l'interprète comme une absence d'interrogations sur l'accès au foncier.

Discussion entre 10/11 sur la question de l'accès au foncier comme un élément non prédominant

[...]

Troisième séquence : Choix des Grands Changements à prendre en compte pour l'élaboration des scénarios



11' : se présente

13 : propose un récapitulatif à 11' puis introduit la notion de grands changements ainsi que la typologie retenue par l'équipe de recherche : d'abord autour de la distinction entre les changements techniques, globaux (environnement, niveau national, européen, planétaire), locaux (changements qui peuvent être à l'initiative des acteurs locaux mais peuvent aussi être subit) puis concernant celle des changements progressifs issus des déterminants du passé et de rupture en dehors des tendances actuelles, des événements plus ponctuel. Propose ensuite le mode d'échange entre les participants en tour de table avec une proposition de grand changement par personne.

4 : Fait le lien entre cette étape est le modèle exploratoire. La question générale permet de choisir sur quoi s'axe le modèle et les facteurs de changement les dimensions à intégrer dans le modèle.

11' : souhaite au préalable revenir sur l'horizon temporel choisi pour la question et surtout sur la fourchette 5/10 indiquant qu'il y a une distinction notable entre le cap à 5 ans qui est proche et à 10 qui est déjà plus loin plus incertain.

13 : Rappelle que dans le cadre du projet l'horizon de temps sur lequel le groupe souhaite travailler reste ouvert mais qu'il est possible d'explorer l'incertitude sur des horizons lointains et exprime qu'à son avis, il serait préférable d'ouvrir sur du moyen terme.

11' : note que si on veut par exemple prendre en compte le changement climatique, il est plus pertinent de regarder sur le cap 2050 pour la vallée de la Durance pour avoir un cadre sur lequel on aura des impacts forts.

10 : « 2050 ça ne sera plus toi l'idée c'est de voir comment on peut se positionner nous »

4 : Acquiesce que 2050 peut apparaître comme un cadre trop lointain pour aller vers un engagement des pratiques par les participants.

13 : [Remarque manquante]

6 : « Il y en un qui est déjà envisagé »

10 : indique qu'un changement peut appartenir à plusieurs catégories

11' : prenant l'exemple du réseau d'irrigation indique qu'il peut y avoir une extension progressive ou de rupture. Progressive à partir du réseau, on évolue vers une irrigation de nouvelles zones périphériques ou de rupture avec un fort investissement de plus de 30 000 € avec de nouveau périmètre irrigué sur une décision politique et locale forte.

3 : demande lequel serait le plus pertinent à retenir ?

11' : répond que le premier est plus probable et que le second dépend fortement d'une volonté politique : dans un premier cas ç a se fera à la marge autour des périmètres alors que dans un second cas, il s'agit d'une nouvelle dynamique.

7 : propose le passage à l'agriculture biologique comme nouveau changement local

11 : indique qu'il placerait plus l'AB en changement technique que local dans le sens où ce n'est pas une question locale mais un problème technique sauf s'il y a conjointement le développement d'un collectif pour le développement local de l'agriculture biologique ce qui n'est le cas pour aucune filière actuellement.

12 : réagit en indiquant que l'action des viticulteurs locaux dont il fait partie s'inscrit en contre-exemple.

11 : reconnaît la spécificité pour la filière viticole qui a le choix mais pas pour les grandes cultures ou les PAPAM [...]

ANNEXE 13 : EXEMPLE DE COMPTE-RENDU DE REUNION PARTAGE AVEC LES ACTEURS

Envoyé avec la présentation powerpoint utilisée pendant l'atelier

Compte-rendu de réunion CLIMATAC : 16 janvier 2015, Oraison

Présents :

- Marie Fontaine, CRIEPPAM
- Mathieu Marguerie, Agribio 04
- Serge Vernet, GPS
- Romain Pochet, CIHEF
- Violaine Bousquet, Conseil Général
- Paul Lopez, Chambre d'Agriculture 04
- Caroline Tardivo, INRA-CIRAD
- Jean-Marc Barbier, INRA
- Christophe Le Page, CIRAD
- Laure Hossard, INRA
- Roberto Cittadini, INTA

Excusés :

- François Prévost, SCP
- Michel Krausz, SCA3P
- Claude Chailan, FranceAgriMer
- Stéphane Jezequel, Arvalis
- Christian Charbonnier, Chambre d'agriculture 04
- Nora Dermech, Chambre d'agriculture 04
- Aurélie Gommé, CIHEF
- Perrine Puyberthier, PNR du Verdon

Objectif de la réunion :

Lors d'une réunion organisée le 3 novembre 2014, nous avons présenté et discuté une première version du modèle de simulation. Depuis, cette première version a été améliorée en fonction des remarques qui avaient été faites. La réunion du 16 janvier avait pour objectif de présenter cette nouvelle version du modèle et de la mettre en discussion.

1. Exercice de prospective

La réunion a débuté par un exercice de réflexion sur les évolutions possibles de l'agriculture du territoire. Cet exercice s'inscrit dans la continuité de l'identification des principaux facteurs de changement pouvant impacter l'agriculture du territoire, réalisée lors d'une réunion le 15 avril 2014. Cet exercice avait pour objectif d'identifier les principales dynamiques agricoles et de s'assurer, par la suite, que le modèle permettrait bien leur prise en compte. Quatre scénarios d'évolution locale de l'agriculture ont été proposés aux participants. Ces scénarios se basent sur les principaux facteurs de changements locaux qui avaient été identifiés le 15 avril 2014. Il s'agit de l'évolution du dépérissement du lavandin (extension ou *statu quo*) et de l'évolution du réseau d'irrigation (extension ou *statu quo*). Les participants, séparés en deux groupes, ont choisi le scénario qu'ils souhaitent approfondir. Les deux groupes ont choisi le scénario d'extension du dépérissement, mais sans extension du réseau d'irrigation. Ce scénario est choisi car considéré par le groupe comme le plus probable.

Les deux groupes ont ensuite réfléchi aux conséquences et adaptations que le scénario choisi pourrait engendrer pour l'agriculture, que ce soit à l'échelle des systèmes de culture (nouvelles cultures, pratiques..), à l'échelle de l'exploitation (agrandissement, niveau de spécialisation...), ou à l'échelle du territoire (adaptations différentes selon les zones du plateau de Valensole...).

Les résultats de ces réflexions ne sont pas rapportés ici, mais ont été mobilisés tout au long de la discussion du modèle afin de réfléchir à son amélioration.

2. Discussion de la représentation spatiale du territoire

La représentation spatiale du territoire, améliorée suite à la réunion du 3 novembre, a été rediscutée. Outre l'ajout des différentes zones discutées le 3 novembre, le modèle représente maintenant les parcelles au sein de chaque exploitation. Le nombre de parcelles peut varier d'une exploitation à une autre ; leur nombre devra être fixé collectivement lors d'une prochaine réunion.

Le zonage en fonction de la réserve utile des sols a été déterminé (voir figure 1) ; il rejoint les zones délimitées pour le dépérissement du lavandin, sans que l'on conclue à une relation de causes à effets.

Une discussion importante a lieu autour de cette notion de réserve utile et de ses conséquences pour les activités agricoles. Les conséquences porteraient plus sur les choix de cultures que sur les itinéraires techniques réalisés. La piérosité et la profondeur du sol semblent être des éléments déterminants de la réserve utile.

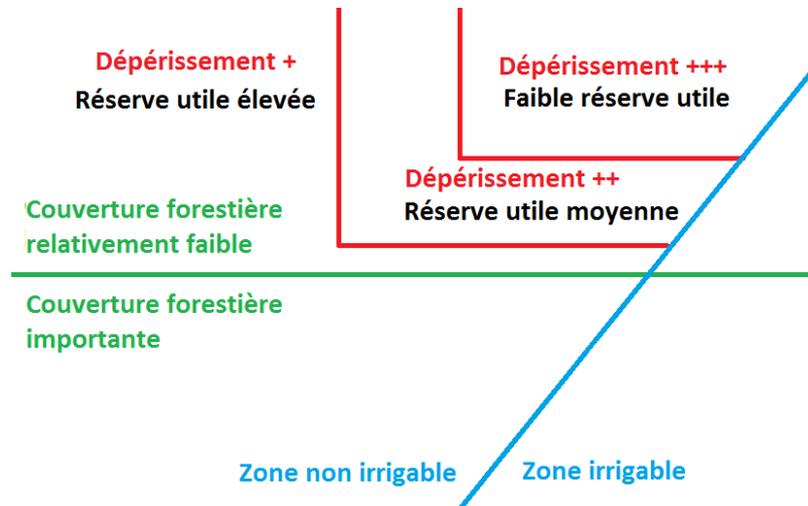


Figure 4 : représentation du territoire décidée lors de la réunion du 16 janvier

3. Méthode mise en place pour la description des systèmes de culture

Afin de calculer des indicateurs à l'échelle de la parcelle, il était nécessaire de formaliser et de décrire les systèmes de culture et leurs performances. La méthode de formalisation utilisée a été présentée, discutée, et validée.

Pour formaliser les systèmes de culture, nous mobilisons la notion d'activité. Une activité est la combinaison d'une culture, d'un précédent, et d'un itinéraire technique. Les itinéraires techniques possibles pour une culture sont différenciés selon quatre facteurs : la stratégie de fertilisation, la stratégie de traitement phytosanitaire, le travail du sol, et l'irrigation ou non de la parcelle ; ces quatre facteurs pouvant être interdépendants. Pour chaque culture, entre 3 et 28 activités ont ainsi été déterminées. L'itinéraire technique réalisé pour chacune de ces activités est ensuite décrit, en prenant en compte toutes les opérations culturales réalisées. Ces itinéraires techniques ont été discutés et validés auprès d'experts techniques du territoire au cours des derniers mois.

Actuellement, le travail a été effectué pour le lavandin et le blé dur ; il est en cours pour le colza, le pois et le sainfoin. Les activités décrites ne prennent pas encore en compte l'irrigation. Seuls les itinéraires techniques les plus courants ont pour l'instant été considérés, les itinéraires techniques plus rares ou « alternatifs » feront l'objet d'un travail ultérieur.

4. Discussion des indicateurs

Les indicateurs calculés à l'échelle de l'activité, ainsi que leur état d'avancement ont été présentés (*en rouge les modifications apportées lors de la réunion*).

- **Rendement à l'échelle de la parcelle**

Facteur de variation	Blé dur	Lavandin	Autres cultures
Précédent	Fait		En cours
Itinéraire technique	Fait	Pas d'incidence significative	En cours
Climat	Fait	Besoin d'expertise	Besoin d'expertise
Réserve utile (3 niveaux)	Fait	Besoin d'expertise	Besoin d'expertise
Age de la parcelle		Fait	
Dépérissement (<i>prise en compte de 4 niveaux possible</i>)		Fait (3 niveaux actuellement considérés)	

- ➔ Déterminés à dire d'experts (CRIEPPAM, Arvalis...)
- ➔ Somme à l'échelle des exploitations
- ➔ Somme à l'échelle du territoire + **dispersion**

- **« Rentabilité de l'acte de production » (= [rendement x prix + aides PAC] – coûts)**

Type de coûts	Blé dur	Lavandin	Autres cultures
Coûts liés aux intrants chimiques	Fait	Fait	En cours
Coûts liés aux semences	Fait	Fait	En cours
Coûts liés au carburant	Fait	Fait	En cours
Coûts liés à la distillation		Fait	
Coûts de main d'œuvre	Fait	Fait	En cours

- ➔ Calculés à partir de la description des itinéraires techniques
- ➔ Les aides PAC **ne varient qu'en fonction de la culture**
- ➔ Somme à l'échelle de l'exploitation + **amortissement (variant uniquement selon la taille de l'exploitation)**
- ➔ Moyenne à l'échelle du territoire + **dispersion**

- **IFT (Indice de Fréquence de Traitement) et IPPE (Indice de Pression Phytosanitaire sur l'Environnement)**

Indicateur	Blé dur	Lavandin	Autres cultures
IFT	Fait	Fait	En cours
IPPE	En cours	En cours	En cours

- ➔ Calculés à partir de la description des itinéraires techniques
- ➔ Moyenne à l'échelle de l'exploitation
- ➔ Moyenne à l'échelle du territoire + **dispersion**

- **Emissions de gaz à effet de serre et consommations d'énergie**

Types d'émissions ou de consommation	Blé dur	Lavandin	Autres cultures
Emissions liées au carburant et à la distillation	En cours	En cours	En cours
Emissions liées à la production des intrants	En cours	En cours	En cours
Consommations énergétiques liées au carburant et à la distillation	En cours	En cours	En cours
Consommations énergétiques liées à la production des intrants	En cours	En cours	En cours
Emissions par les sols	? Données ?	? Données ?	? Données ?

- ➔ Calculés à partir de la description des itinéraires techniques

5. Pistes d'amélioration du modèle

Les améliorations souhaitables du modèle ont été discutées. Certaines de ces améliorations avaient déjà été mentionnées lors de la réunion du 3 novembre, mais n'ont pas encore été prises en compte (*en noir*).

Nouvelles cultures à ajouter :

- Tournesol
- Sauge
- **Production de Semences**
- **Immortelle (?)**
- **Arboriculture : oliviers, amandiers, truffiers (?)**
- **Pois chiche (?)**

Autres itinéraires techniques :

- Itinéraires techniques avec irrigation
- Fertilisation organique
- Lavandin : bandes enherbées, kaolinite

Autres indicateurs :

- Indicateur d'efficacité de la gestion azotée (qui dépendra entre autre de la réserve utile)

- Indicateur de qualité du paysage, pour aborder les enjeux liés au **tourisme**
- Indicateur de qualité du paysage, pour aborder les enjeux de **biodiversité**
- **Indicateur lié à la production apicole**
- **Indicateur de qualité du blé dur**

Les filières doivent de plus être prises en compte dans le modèle, notamment à travers les contraintes liées aux débouchés des cultures autre que le lavandin et le blé dur. L'indicateur de qualité du blé dur permettra de rendre compte des contraintes de filière pour le blé dur.

6. Utilisation du modèle

Le modèle fonctionne de la manière suivante : les cultures et itinéraires techniques sont choisis de manière interactive pour chacune des parcelles ; et le modèle calcule alors les indicateurs à l'échelle de la parcelle, de l'exploitation et du territoire pour l'assolement correspondant. Il peut être utilisé deux pas de temps décisionnels :

- Pas de temps annuel : les choix de culture et d'itinéraires techniques sont effectués chaque année, et les valeurs des indicateurs sont discutées à chaque fois.
- Pas de temps à l'échelle de la rotation : les assolements et itinéraires techniques sont entrés directement pour plusieurs années, et l'évolution des valeurs des indicateurs est discutée pour cette durée.

Deux types de publics pourraient interagir avec le modèle :

- un public d'agriculteurs, décidant par exemple d'assolements qui correspondraient à leurs stratégies au sein de leurs exploitations ;
- un public de « gestionnaires » ou techniciens, qui proposeraient par exemple des rotations types, courantes ou idéales, pour plusieurs groupes d'exploitations.

Après discussion, il a été décidé d'associer 4 ou 5 agriculteurs du plateau de Valensole à la démarche. Ils détermineraient alors des assolements à l'échelle des exploitations. Les assolements réalisés, ainsi que les valeurs des indicateurs seraient aussi discutés avec les gestionnaires et techniciens.

7. Prochaines étapes

La prochaine réunion sera organisée en mars, en présence d'un panel de 4 ou 5 agriculteurs. Une partie de la réunion sera consacrée à la validation du modèle et à la discussion des résultats obtenus pour la situation actuelle. Une seconde partie de la réunion sera consacrée à la construction de scénarios d'évolution.

Title : Collaborative modeling to foster more sustainable agricultural system: Design and implementation of an approach in the Plateau de Valensole, France

Keywords : collaborative modeling, agent based simulation, participatory process, learning, sustainability, regional agricultural system, shared representation, scenario, multi-criteria assessment, *Valensole* plateau, cognitive map.

Abstract :

Collaborative modeling aims at fostering the sharing of representations and learning among different stakeholders through the co-design and use of a model. The central question of this thesis is to analyze how such an approach, centered on agricultural systems assessment, can fulfill these objectives to eventually enhance the sustainability of the agricultural system. To this end, I have designed and implemented a collaborative modelling approach in the agricultural system of the *Plateau de Valensole*, a 80 000-hectare territory located in Southeastern France. A first step aimed at formulating the problem tackled by the approach in a participatory manner to engage the stakeholders in a collective dynamic. I developed a method of preliminary diagnosis that led to the identification of the stakeholders, the issues faced by the agricultural system according to them, and the diversity of their representations. Then, an agent based model was co-designed with the stakeholders to represent and assess the agricultural system through a set of environmental and economic indicators defined at field, farm and regional scales. The final step concerned the analyses of the results and the exploration of prospective scenarios. I discuss in this thesis the quality of the model (related to its assigned goals), the influence of the context on the approach, the participatory process in itself as well as the effects produced by the approach.

**La modélisation collaborative pour stimuler l'émergence d'un système agricole plus durable.
Conception et mise en œuvre d'une démarche sur le plateau de Valensole**

Mots clés : modélisation collaborative, simulation multi-agent, participation, apprentissages, durabilité, système agricole territorial, partage des représentations, scénarii, évaluation multicritère, plateau de Valensole, carte cognitive

Résumé :

Les démarches de modélisation collaborative visent à stimuler le partage des représentations et les apprentissages d'un ensemble d'acteurs à travers la co-construction et l'utilisation d'un modèle. La question centrale de cette thèse est d'analyser comment une telle démarche, centrée sur l'évaluation d'un système agricole, peut permettre de remplir ces objectifs pour à terme favoriser la durabilité du système agricole. J'ai conçu et mis en œuvre une démarche de modélisation collaborative sur le système agricole du plateau de Valensole, territoire d'environ 80 000 hectares situé dans le sud-est de la France. Une première phase visait à formuler collectivement le problème abordé et à engager les acteurs dans une dynamique collective. En particulier, j'ai développé une méthode de diagnostic préliminaire qui a permis d'identifier ces acteurs, les enjeux du système agricole selon eux, et la diversité de leurs représentations. Un modèle multi-agent a ensuite été co-construit avec un groupe d'acteurs pour représenter le système agricole et l'évaluer au moyen d'indicateurs économiques et environnementaux, calculés aux échelles de la parcelle, de l'exploitation, et du territoire. Enfin, une dernière phase a consisté en l'analyse collective des résultats obtenus pour la situation actuelle, ainsi qu'en explorant quelques scénarii prospectifs définis de manière participative. Je discute dans cette thèse la qualité du modèle obtenu par rapport aux objectifs qui lui étaient fixés, l'influence du contexte sur la démarche, le déroulement de cette dernière, et enfin les effets produits par la démarche.