



HAL
open science

CLIMATAC : accompagnement des acteurs de territoires agricoles pour l'atténuation du changement climatique

Jean Marc Barbier, Roberto Arnaldo Cittadini, Sylvestre Delmotte, Laure Hossard, Christophe Le Page, Caroline Tardivo

► **To cite this version:**

Jean Marc Barbier, Roberto Arnaldo Cittadini, Sylvestre Delmotte, Laure Hossard, Christophe Le Page, et al.. CLIMATAC : accompagnement des acteurs de territoires agricoles pour l'atténuation du changement climatique. [Contrat] 2016. hal-02801469

HAL Id: hal-02801469

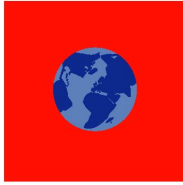
<https://hal.inrae.fr/hal-02801469>

Submitted on 5 Jun 2020

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

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

ADEME



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



Compte-rendu scientifique

Contrat 1260C0044

CLIMATAC

Accompagnement des acteurs de Territoires agricoles pour l'atténuation du changement Climatique

BARBIER Jean-MARC – INRA UMR Innovation

CITTADINI Roberto – INRA UMR Innovation / LABINTEX INTA Argentine

DELMOTTE Sylvestre – INRA UMR Innovation / Mac Gill University Canada

HOSSARD Laure – INRA UMR Innovation

LE PAGE Christophe – CIRAD UR Green

TARDIVO Caroline – INRA UMR Innovation

Table des matières

1. PREAMBULE	4
2. CONTEXTE, OBJECTIFS ET RESULTATS ATTENDUS DU PROJET	5
3. PARTENARIAT INSTITUTIONNEL DU PROJET	7
4. LES TERRAINS D'ETUDE, LEURS SPECIFICITES ET COMPLEMENTARITES ET LA DEMARCHE MISE EN OEUVRE	8
4.1. STATUT ET COMPLEMENTARITE DES TERRAINS	8
4.2. LA CAMARGUE	10
4.3. LE PLATEAU DE VALENSOLE	11
4.4. LA DEMARCHE CLIMATAC	12
4.5. CARACTERISATION DES SYSTEMES EN VUE DE L'EVALUATION QUANTITATIVE : INVENTAIRE DES OUTILS ET SOURCES DE DONNEES	14
5. RESULTATS - 1ERE PARTIE : L'EVALUATION DE SCENARIOS D'EVOLUTION DES SYSTEMES AGRICOLES	16
5.1. PROBLEMATISATION, FORMULATION DE LA QUESTION ET DELIMITATION DU SYSTEME ETUDIE	16
5.1.1. CAS DE LA CAMARGUE	17
5.1.2. CAS DU PLATEAU DE VALENSOLE	19
5.2. CO-CONSTRUCTION DE SCENARIOS	25
5.2.1. DEFINITIONS ET METHODOLOGIE GENERALE	25
5.2.2. CONSTRUCTION PARTICIPATIVE DE SCENARIOS EN CAMARGUE	27
5.3. DEVELOPPEMENT D'OUTILS DE SIMULATION ET EVALUATION DES SCENARIOS	31
5.3.1. ADAPTATION ET PARAMETRISATION DU MODELE BIO-ECONOMIQUE POUR LA SIMULATION DES QUATRE SCENARIOS CO-CONSTRUITS EN CAMARGUE	31
5.3.2. UN MODELE MULTI-AGENT CO-CONSTRUIT <i>EX NIHILO</i> SUR LE PLATEAU DE VALENSOLE	34
6. RESULTATS – 2^{EME} PARTIE : ANALYSE REFLEXIVE ET GENERICITE DE L'APPROCHE	43
6.1. METHODOLOGIE	44
6.1.1. CADRES THEORIQUES	44
6.1.2. SOURCES D'INFORMATIONS ET DE DONNEES	45
6.2. LA PROBLEMATISATION	46
6.3. LE PROCESSUS DE MODELISATION ET LE MODELE CO-CONSTRUIT	49
6.3.1. UNE VOLONTE AFFIRMEE DE CO-CONSTRUCTION QUI CONDUIT A L'ELABORATION D'UN VERITABLE OBJET INTERMEDIAIRE	49
6.3.2. MAIS AVEC AU FINAL UN MODELE SIMPLISTE ?	50
6.3.3. SCENARIOS ET INDICATEURS : POSITIONNEMENT DANS LA CONSTRUCTION DU MODELE	52
6.4. L'ENROLEMENT DES ACTEURS, LES DEGRES D'ENGAGEMENT, LES ACTEURS MANQUANTS ET LES EFFETS SUR LES DECISIONS D'ORIENTATION DE LA DEMARCHE.	54
6.4.1. CHOIX ET SELECTION DES ACTEURS PARTICIPANTS A LA DEMARCHE	54
6.4.2. SUIVI DE LA PARTICIPATION DES DIFFERENTS ACTEURS	57
6.5. LA PRISE EN COMPTE DE CHANGEMENTS GLOBAUX : LA QUESTION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DE SON ATTENUATION	63
6.5.1. DES ENJEUX NON PRIORITAIRES POUR LES ACTEURS	63
6.5.2. LE CHOIX D'UNE POSTURE ENGAGEE POUR LA PRISE EN COMPTE DE CET ENJEU FACE A L'INTERET LIMITE DES ACTEURS POUR CET ENJEU, DEUX POSTURES ONT ETE ENVISAGEES :	64

6.5.3. LES INDICATEURS ET LES SCENARIOS POUR STIMULER LA PRISE EN COMPTE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE	66
7. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	67

1. Préambule

Le projet CLIMATAC (ACcompagnement des acteurs de Territoires agricoles pour l'atténuation du changement CLIMAtique) de l'appel à projets R&D REACCTIF 1 (édition 2011-2012) s'est déroulé sur une période de 42 mois (de février 2013 à août 2016 ; une demande de prolongation de 6 mois ayant été obtenue).

Lors de l'acceptation du projet, le jury de sélection avait attiré notre attention sur le déficit de partenaires spécialistes des sciences sociales et nous demandait d'y remédier. Après une tentative avortée d'associer au projet un chercheur et une doctorante en sciences sociales pour mieux aborder la caractérisation sociale et économique des territoires étudiés, nous avons pu (1) bénéficier de la participation d'un chercheur en sciences sociales (Roberto Cittadini, accueilli à l'UMR Innovation pour une période de 4 années dans la cadre du LABINTEX Franco-Argentin) et (2) ré-orienter les apports de l'Université de Wageningen (laboratoire de Farming Systems Ecology) vers l'analyse des processus et conditions de la participation pour favoriser la co-innovation (entre chercheurs et parties prenantes de l'agriculture) dans les territoires ruraux.

Ces modifications nous ont amené à adapter les apports des sciences sociales (du fait des compétences des chercheurs impliqués) dans le sens d'une analyse plus approfondie des processus participatifs de co-construction et d'une évaluation des impacts des démarches mises en œuvre sur les deux terrains d'intervention. Ce choix s'est révélé pertinent pour pouvoir répondre à un autre questionnement du jury de sélection : comment tirer des enseignements de ces expériences locales afin de les généraliser et ainsi les appliquer à d'autres territoires ? Par rapport au projet initial, cette dimension (analyse réflexive et observation des effets de la démarche participative) a donc été fortement développée alors qu'elle ne figurait pas de manière explicite dans le projet initialement soumis ; par contre la tâche 3 (transitions et trajectoires vers des systèmes plus durables) n'a pas été abordée (aussi pour des raisons de dimensionnement du projet).

Ainsi le projet CLIMATAC a été porté à Montpellier par 2 institutions principales : l'UMR Innovation (INRA SAD, Montpellier) et l'UR Green (CIRAD, Montpellier). Le département MPRS (Milieux Productions Ressources Systèmes) de SupAgro a été mobilisé à travers une étude de terrain conduite par un groupe d'étudiants et de professeurs dans le cadre d'un module de formation de 3^{ème} année d'ingénieurs. Deux terrains d'étude ont été mobilisés : la Camargue et le plateau de Valensole, chacun de ces terrains jouant un rôle très

différent dans le projet (voir chapitre 4). Si les partenaires institutionnels initiaux étaient le Parc Naturel régional de Camargue, le Parc Naturel Régional du Verdon et Arvalis-Institut du Végétal, il est évident que chemin faisant le partenariat a pris d'autres configurations (voir § 6.4.1)

Enfin le projet CLIMATAC reposait de manière centrale sur la réalisation d'une thèse (Caroline Tardivo, thèse soutenue le 30 juin 2016). Celle-ci a été intégralement conduite sur le terrain « plateau de Valensole » où nous avons été confrontés à la question d'instituer une collaboration avec des acteurs que nous ne connaissions pas au démarrage du projet, ce qui posait des enjeux méthodologiques forts.

L'appendice n° 8 regroupe les productions scientifiques liées au projet CLIMATAC.

2. Contexte, objectifs et résultats attendus du projet

Pour faciliter la transition vers des systèmes agricoles plus durables, le projet CLIMATAC vise à doter les chercheurs et les acteurs d'outils pour conduire des réflexions et concertations sur les orientations à donner aux systèmes agricoles, à l'échelle de territoires. Ces territoires sont des espaces géographiques possédant des caractéristiques agro-écologiques spécifiques et auxquels les acteurs attribuent une certaine identité. CLIMATAC affiche ainsi une volonté d'ancrer l'action du projet dans des territoires bien définis et d'inscrire les résultats opérationnels dans le cadre de l'élaboration de stratégies pour le développement agricole territorial.

S'il existe des méthodes pour aider à la réalisation de diagnostics territoriaux (Lardon et Piveteau, 205), y compris en rapport avec l'exercice des activités agricoles, peu d'outils formalisés existent pour accompagner et organiser la réflexion des acteurs locaux sur les évolutions possibles et souhaitables des systèmes techniques de production à l'échelle des territoires ruraux. Des méthodes ont été développés pour des diagnostics des émissions de gaz à effet de serre (GES) par l'agriculture tels que Climagri® ; d'autres outils mobilisant des gammes d'indicateurs ont été développés pour évaluer d'autres impacts de l'agriculture sur l'environnement et ce à l'échelle de territoires (par exemple des modèles de bassins versants pour simuler l'hydrologie des cours d'eau et les pollutions diffuses ; Paré (2011). Cependant, aucun de ces outils ne permet de prendre en compte simultanément l'ensemble des enjeux environnementaux et socio-économiques liés aux évolutions des systèmes agricoles. Développer des démarches et outils pour accompagner une réflexion aussi intégratrice que

possible sur les systèmes agricoles et les choix d'innovations techniques et organisationnelles à promouvoir, est donc un enjeu majeur.

Selon les promoteurs du projet, une telle approche se doit d'associer les qualités suivantes :

- Permettre la participation des acteurs locaux au diagnostic, à la construction des outils d'évaluation et à la discussion des résultats obtenus (solutions et/ou actions possibles), notamment en intégrant leurs connaissances et leurs perceptions des futurs possibles pour les systèmes agricoles.

- Permettre la formulation et la prise en compte de l'ensemble des objectifs assignés aux systèmes agricoles, via le choix et le calcul de multiples indicateurs et si nécessaire la hiérarchisation de ceux-ci via l'usage de méthodologies multicritères appropriées.

- Permettre une évaluation multi-échelle des systèmes agricoles, à la fois à l'échelle des exploitations agricoles en ce qui concerne l'atteinte des objectifs des agriculteurs, aux échelles des parcelles pour l'évaluation précise des performances et enfin à l'échelle territoriale pour ce qui concerne l'appréciation des impacts environnementaux et de certaines conséquences socio-économiques (par exemple le fonctionnement des coopératives ou encore l'emploi).

- Enfin, l'évolution incertaine du contexte de production implique l'usage de méthodes appropriées pour formaliser différentes visions des futurs possibles, dans un objectif d'évaluation prospective.

Pour ce faire, deux grandes voies méthodologiques avaient initialement été retenues : (1) l'évaluation intégrée des systèmes agricoles (ou IAAS, Integrated Assessment of Agricultural Systems) ; discipline qui vise l'évaluation multi-disciplinaire des systèmes agricoles, par l'usage de la modélisation (Rossing et *al.*, 2007) et (2) la modélisation d'accompagnement et l'usage de systèmes multi-agents (Bah et *al.*, 2006 ; Commod, 2005). Malgré de nombreuses avancées méthodologiques autour de l'IAAS, il existe peu d'efforts qui visent au développement et à l'application d'une démarche réunissant l'intégralité des caractères : prospectif, multi-échelle, multicritère et participatif.

Au final, l'objectif général du projet était d'évaluer la place que peut jouer l'évaluation intégrée des systèmes agricoles (van Ittersum et Wery, 2007 ; van Ittersum et *al.*, 2008)

comme objet intermédiaire pour (i) formaliser, avec les acteurs locaux de territoires, les futurs possibles des systèmes agricoles en lien avec l'objectif d'atténuer les impacts de l'agriculture sur le changement climatique et sur d'autres compartiments environnementaux, tout en conservant un niveau de rentabilité satisfaisant pour les acteurs économiques, et (ii) organiser la concertation entre acteurs locaux pour la mise en place de plans d'actions.

Par rapport à la problématique spécifique de réduire les émissions de GES, il s'agissait de contribuer à répondre à deux interrogations : (i) est-ce que les enjeux de changement climatique sont considérés et pris en compte par les acteurs dans leurs réflexions sur l'avenir des systèmes agricoles ? ; et (ii) dans des territoires où les enjeux d'atténuation des impacts de l'agriculture sur le changement climatique ne semblent pas être, à l'heure actuelle, portés par les acteurs, comment amener ceux-ci à intégrer ces enjeux dans leurs réflexions prospectives (au côté des autres enjeux environnementaux) ?

L'objectif appliqué était de proposer une démarche au caractère générique pour accompagner les acteurs locaux de territoires dans la mise en œuvre de leurs réflexions concernant les évolutions à donner aux systèmes agricoles par rapport à leurs objectifs, y compris l'atténuation des impacts de l'agriculture sur le changement climatique.

3. Partenariat institutionnel du projet

Par rapport aux partenaires initialement pressentis, le projet a évolué dans le sens d'une plus grande diversité d'acteurs engagés.

- En Camargue : à côté du PNRC (et de son service agriculture) se sont engagés : le syndicat des riziculteurs de France et filière, le centre Français du riz, le syndicat des éleveurs et manadiers Camarguais et le syndicat du pays d'Arles ;
- Sur le plateau de Valensole : en plus du PNRV, se sont engagés : le CRIEPPAM (Centre Régional Interprofessionnel d'Expérimentation en Plantes à Parfum Aromatiques et Médicinales), la chambre d'agriculture de Haute Provence, la coopérative GPS (Groupe Provence Service), le syndicat du canal de Provence et AGRIBIO 04.

4. Les terrains d'étude, leurs spécificités et complémentarités et la démarche mise en oeuvre

4.1. Statut et complémentarité des terrains

La thèse de S. Delmotte (2011), co-financée par l'ADEME, avait initié, en Camargue, le développement d'une démarche combinant les qualités mentionnées au chapitre 3 (Figure 1). Le projet CLIMATAC visait donc à poursuivre ce développement méthodologique mais surtout à tester sa reproductibilité en se confrontant à un autre terrain (le plateau de Valensole), qui soit un terrain « neuf » sur lequel les chercheurs n'avaient encore acquis aucune légitimité en matière d'intervention (pas d'interconnaissance avec les acteurs) et n'avaient accumulé aucune connaissance préalable sur les systèmes agricoles.

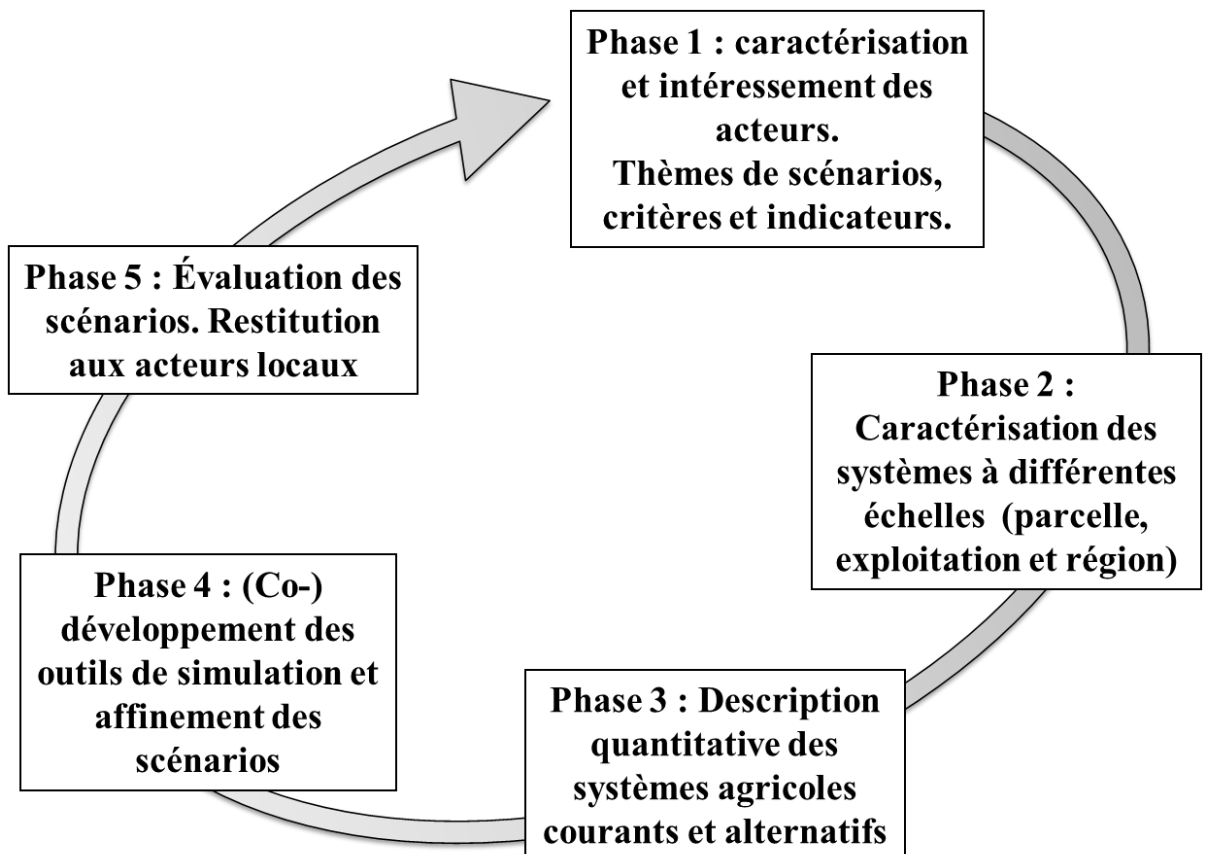


Figure 1. Les différentes phases de la démarche conçue et appliquée en Camargue dans le cadre de la thèse de S. Delmotte (2011).

Dans ce dispositif, la Camargue, véritable laboratoire à ciel ouvert bénéficiant d'une longue histoire d'intervention de la part des chercheurs de l'UMR Innovation, jouait donc le rôle de terrain central où une démarche et des méthodes avaient déjà été éprouvées et évaluées (les forces et faiblesses étaient, pour partie, connues). Ces méthodes ont fait l'objet

d'améliorations sur ce même terrain (par exemple la formalisation des méthodes de co-construction de scénarios avec les acteurs, ou encore l'usage d'une gamme plus large d'indicateurs de durabilité), mais elles ont aussi été l'objet d'améliorations et d'adaptations sur le nouveau terrain (amélioration par exemple de la phase dite de diagnostic initial et de formulation du problème et renforcement de la posture de co-construction du modèle). Au laboratoire ensuite, la démarche et les méthodes mises en œuvre ont été analysées au moyen d'une analyse réflexive et d'un examen des impacts de la démarche sur les acteurs (notamment à Valensole) ; pour structurer cette réflexion, des cadres théoriques ont été mobilisés. C'est l'analyse de la mise en œuvre de la démarche, des résultats obtenus et des effets produits (notamment sur les acteurs) qui a permis, aussi par comparaison entre les deux terrains, de dégager des enseignements à portée générique. La Figure 2 évoque ce dispositif et présente les cadres théoriques qui ont été mobilisés au cours du projet : théories de la participation, théories des apprentissages (stage d'E. Lemerre) et sociologie de la traduction.

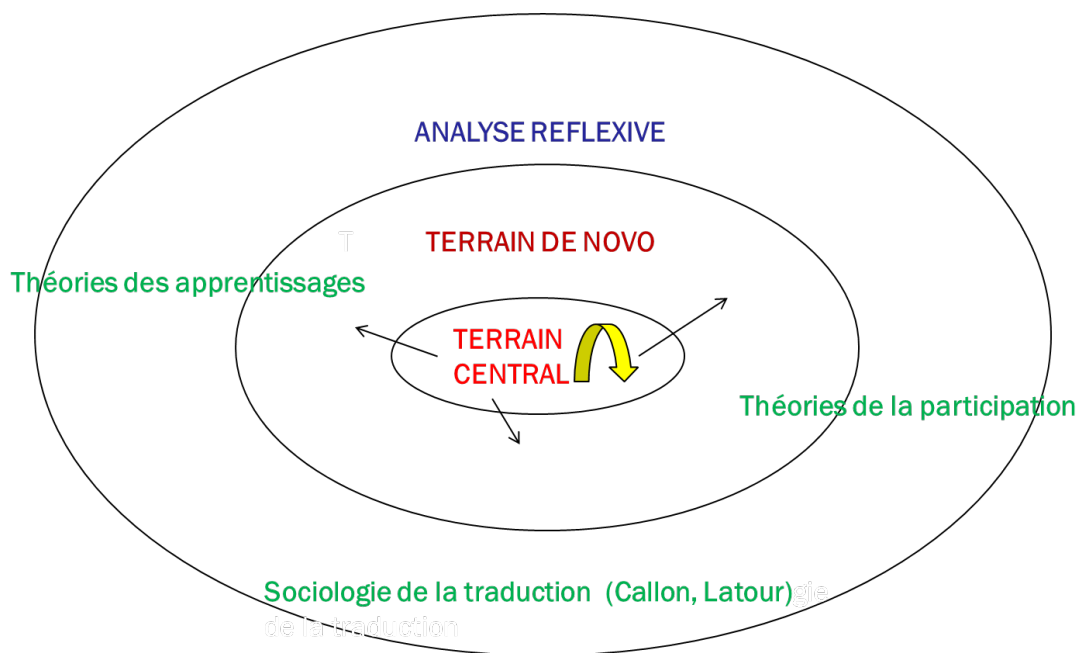


Figure 2. Schéma de principe du dispositif de terrain : le nouveau terrain (plateau de Valensole) bénéficie des méthodes mises au point sur le terrain central (la Camargue) ; cette application /adaptation est suivie et analysée en se concentrant sur le processus participatif lui-même, les effets sur les acteurs (apprentissages) et le rôle des différents outils (objets intermédiaires) dans la dynamique collective (concertation et stabilisation d'accords).

CLIMATAC est donc un projet de recherche-action qui a été mis en œuvre dans deux régions du sud de la France aux problématiques et enjeux liés aux systèmes agricoles et environnementaux importants : la Camargue et le plateau de Valensole, brièvement décrits ci-dessous.

4.2. La Camargue

La Camargue est le delta du fleuve Rhône. D'une superficie de 160 000 ha, il est composé d'espaces naturels et de terres agricoles dont 32 000 ha environ sont voués à la céréaliculture. Avec un climat typiquement méditerranéen très venté, chaud et sec en été, le déficit hydrique y est très élevé (500 à 700 mm de déficit annuel). Celui-ci favorise la remontée par capillarité de l'eau des nappes phréatiques salées, provoquant une salinisation des sols. Du fait de l'extrême platitude du relief, cela n'exclut pas l'existence de phénomènes d'hydromorphie, voire d'inondations, lors des pluies automnales et hivernales. Le riz inondé, principale culture en Camargue, joue un rôle clé dans le fonctionnement des milieux cultivés : il permet de lutter contre la salinisation des terres via l'irrigation (submersion en eau douce par gravité) et rend ainsi possible l'insertion d'autres cultures dites « sèches » (le blé dur par exemple) dans les rotations culturales. L'eau douce d'irrigation des rizières est également utile pour réguler le fonctionnement des milieux naturels humides et contribue ainsi indirectement aux flux de faune sauvage (nombreux oiseaux migrateurs - canards, sarcelles - et sédentaires - flamants roses, hérons ...) et à l'importante activité de chasse. Les flux d'eau peuvent également occasionner des problèmes de pollution dans les étangs centraux du territoire. Si l'eau est abondante et permet d'inonder les rizières, les autres cultures ne sont pas irriguées et peuvent souffrir de la sécheresse printanière et estivale. Le riz est la culture de rapport (également culture emblématique support de services culturels et touristiques) ; le blé dur est la culture secondaire. L'île centrale de Camargue et le Plan du Bourg constituent le territoire du Parc Naturel Régional qui vise à réguler les relations entre agriculture et environnement. L'élevage extensif de taureaux est autre une activité emblématique et importante en interaction avec le domaine cultivé. L'agriculture biologique, que ce soit au niveau des systèmes d'élevage ou de grandes cultures, fait l'objet d'un intérêt croissant de la part des producteurs ces dernières années, ce qui se traduit par une croissance régulière des surfaces certifiées.

Concernant le changement climatique les acteurs Camarguais sont sensibilisés à la question des enjeux d'atténuation du fait (i) de la présence du riz qui est considérée mondialement comme une culture potentiellement fortement émettrice de GES, notamment de

méthane ; (ii) du brûlage des pailles de riz qui est une pratique courante montrée du doigt par les pouvoirs publics et constamment remise en cause. Soucieux de leur image, les agriculteurs Camarguais sont susceptibles de se saisir de cette question dans les négociations qu'ils mènent avec les instances publiques, le sujet est donc digne d'intérêt et le Parc Naturel Régional de Camargue a très tôt tenté de mettre en œuvre des MAEC, dans lesquelles des pratiques visant à diminuer les émissions de GES étaient intégrées. À l'opposé, sans doute du fait de la présence d'une eau d'irrigation abondante, les agriculteurs sont peu sensibles à considérer l'existence d'un changement climatique (Hossard et *al.*, 2016).

4.3. Le plateau de Valensole

Le plateau de Valensole est un territoire d'environ 80 000 ha situé au sein du territoire du Parc Naturel Régional du Verdon (PNRV), dans les Alpes de Hautes Provence. Ce territoire, à vocation essentiellement agricole, est caractérisé par une altitude moyenne de 500 m, mais présente aussi des vallées en contrebas du plateau, où coule notamment le Verdon. Ce cours d'eau, ainsi que le réservoir situé en amont du plateau, servent de source d'eau potable pour une partie de la population du sud de la France. Le climat est de type méditerranéen et les sols calcaires, caillouteux et superficiels, ce qui accroît les risques de sécheresse au printemps et en été.

La mise en valeur agricole actuelle du plateau de Valensole peut se résumer à des systèmes de grandes cultures basés sur la culture du blé dur, intégrant dans la rotation la culture du lavandin qui est une culture pérenne (durée de plantation de 7 à 12 ans). La production de fruits est également importante sur ce territoire. Environ 1/3 des surfaces cultivées a accès à l'irrigation via l'eau du canal de Provence, dérivée depuis la Durance ; l'extension du réseau constituant actuellement un élément central de discussion des acteurs agricoles sur le plateau. Le lavandin est la culture de rapport à valeur hautement spéculative et le blé dur est la culture secondaire ; le lavandin est également à l'origine de forts atouts touristiques (paysages emblématiques de la Provence composés de grands espaces ouverts cultivés en lavandin et blé dur) et contribue grandement à une autre production : le miel de lavandin, qui est un produit réputé à forte valeur ajoutée.

Comme en Camargue, 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. Parmi ceux-ci, le lavandin est confronté à un problème de dépérissement (maladie causée par un phytoplasme qui est

transmis par la piqûre d'une cicadelle). Les parcelles de lavandin, aux rendements déclinants, sont arrachées de plus en plus tôt. Aucune solution ne permet aujourd'hui de contrer cette maladie, qui provoque le dessèchement des plants de lavandins. Par ailleurs, les difficultés pour ajuster la fertilisation azotée aux besoins du blé dur créent des excédents susceptibles d'être lessivés par les pluies automnales, entraînant une pollution des eaux (Certaines communes du plateau de Valensole ont été classées en zone vulnérable nitrates en 2012 d'autres en 2015). L'élevage ovin est résiduel et transhumant sur le plateau de Valensole, mais ici également des interactions continuent d'exister avec le domaine cultivé (culture de luzerne et de sainfoin). Les fonds des nombreuses vallées entaillant le plateau de Valensole sont caractérisés par un parcellaire de faible taille et fragmenté 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. Enfin, les versants de vallées, de pentes élevées, sont boisés. On y trouve aussi quelques activités d'élevage ovins viande et caprins lait. Enfin, plusieurs espèces d'oiseaux sont directement liées aux grands espaces agricoles ouverts du plateau ; la mosaïque de cultures sèches est 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. L'agriculture biologique est très peu développée sur le plateau de Valensole et ne constitue pas aux yeux des acteurs une alternative crédible du fait (i) de la présence du lavandin cultivé pour recueillir une huile qui n'est pas valorisée dans l'alimentation humaine et (ii) du blé dur dont la conduite en AB permet difficilement de satisfaire les exigences de qualité demandées par la filière d'alimentation humaine. La question du changement climatique est ici vécue essentiellement sous l'angle d'un ressenti d'une plus grande variabilité et imprévisibilité (avec accroissement de la fréquence d'événements extrêmes) et d'une augmentation des risques de sécheresses notamment printanières. Face aux problèmes de dépérissement du lavandin et au classement récent du plateau en zone vulnérable nitrates, l'enjeu d'atténuation du changement climatique (CC) est par contre fort peu évoqué de manière spontanée par les acteurs.

4.4. La démarche CLIMATAC

La figure 3 présente la démarche d'ensemble telle qu'elle a été mise en oeuvre au cours du projet CLIMATAC. On y distingue ce qui relève des ateliers (ateliers collectifs ou réunions bilatérales) réunissant chercheurs et acteurs de ce qui est réalisé en laboratoire. Entre les deux

lieux de travail sont mentionnés les principaux objets ou résultats qui sont échangés. La première étape consiste à créer un intérêt chez les acteurs (voir chapitre 6.4) et à recueillir « leurs » diagnostics de territoire ; ces données traitées au laboratoire permettent de préparer les ateliers collectifs visant à formuler ensemble une question à traiter et à dessiner un premier modèle (conceptuel) qui délimite le système qui sera étudié et définit les objets qui devront être renseignés (chapitre 5.1). Ce modèle conceptuel permet d'initier le processus de construction du modèle informatique dans un aller-retour entre le laboratoire (pour une première proposition notamment) et le terrain (chapitre 5.3). Cette construction (représentation de l'espace et de la diversité du milieu et des exploitations agricoles) se fait en parallèle avec la définition de scénarios (futurs possibles pour l'agriculture du territoire ; voir chapitre 5.2) et la finalisation du choix des indicateurs d'évaluation. En effet, modèle, scénarios et indicateurs doivent évoluer en cohérence. Enfin, les résultats des scénarios évalués sont soumis aux acteurs ; le scénario de référence (situation actuelle) permet notamment de vérifier la fiabilité du modèle. Les résultats des scénarios du futur sont soumis à discussion et cela permet à la fois d'approfondir des éléments de dynamique du territoire mais également d'explorer des améliorations à apporter au modèle pour pouvoir explorer d'autres scénarios.

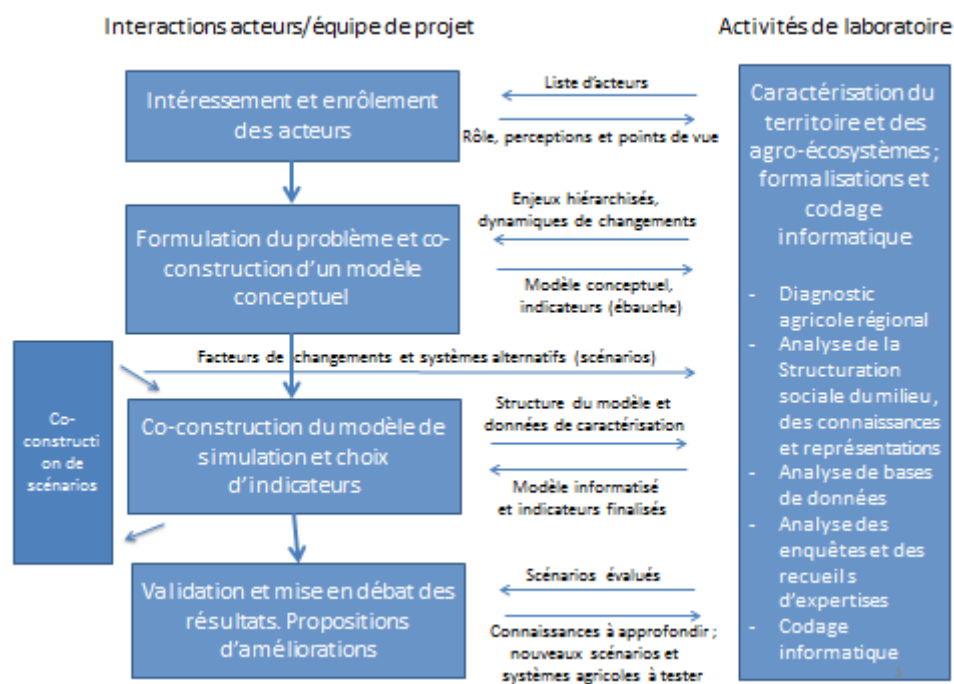


Figure 3 : La démarche CLIMATAC : étapes clés et nature des informations et objets échangés entre le terrain et le laboratoire.

Les résultats du projet CLIMATAC seront présentés en deux parties distinctes, une première partie (chapitre 5) décrit le contenu des différentes phases de la démarche (formulation de la question, construction du modèle conceptuel, définition de scénarios et indicateurs, construction du modèle informatique) et présente quelques résultats illustratifs concernant les systèmes agricoles eux-mêmes évalués par le modèle informatique. Le chapitre 6 tente, quant à lui, de tirer les enseignements de la mise en œuvre de la démarche pour en faire ressortir les points forts et les points faibles et suggérer des options méthodologiques à reproduire. Au préalable la section suivante fait état de la diversité des sources de données qui ont été mobilisées tout au long de la démarche afin de permettre une évaluation quantitative des performances des systèmes.

4.5. Caractérisation des systèmes en vue de l'évaluation quantitative : inventaire des outils et sources de données

L'évaluation des performances des systèmes agricoles sous différents scénarios demande de mobiliser une grande quantité de données de natures diverses. Dans cette partie, nous faisons la synthèse des besoins en termes de données, et des sources que nous avons utilisés pour combler ces besoins, dans le contexte des deux cas d'études.

Pour l'évaluation de systèmes agricoles, nous avons besoin de caractériser :

- Les systèmes de cultures actuels, dont les itinéraires techniques, les intrants utilisés, et les performances associées (rendement, marges brutes, externalités, etc.) doivent être décrits.
- Les systèmes de cultures innovants et/ou alternatifs doivent également être décrits avec les mêmes informations.
- Une typologie des exploitations agricoles doit être développée afin de pouvoir travailler sur un nombre restreint d'exploitations type, dont les résultats pourront être agrégés à l'échelle du territoire.
- Les caractéristiques pédoclimatiques du territoire doivent également être décrites, notamment pour pouvoir prendre en compte ces aspects dans l'agrégation des résultats de l'échelle de l'exploitation agricole à celle du territoire.

Pour obtenir ces informations, nous avons mobilisés une grande variété de sources de données et d'outils (Tableau 1). Parmi ceux-ci, on peut retenir :

- La réalisation d'enquêtes auprès d'experts des différentes filières et d'exploitants agricoles pour décrire les itinéraires techniques et recueillir des informations sur les performances des systèmes agricoles. Parfois il est possible d'obtenir des bases de données numériques auprès de certains acteurs des filières.
- La compilation de données spatialisées et leur analyse : cartographie pédologique des sols, base de données des déclarations PAC des agriculteurs comportant une information sur l'usage du sol, modèle numérique de terrain pour identifier la caractéristiques des terres agricoles (altitudes, pentes ...), etc.
- L'usage de modèle de cultures, quand disponible, pour quantifier les rendements des activités agricoles et prendre en compte la variabilité des sols et des climats.
- La formalisation de dires d'experts en ce qui concerne des données difficilement accessibles sous une forme numérisée.
- L'usage de modèles et méthodes normées pour le calcul des émissions de gaz à effet de serres (Méthode IPCC Tiers 1 ; IPCC, 2006) et de particules (méthode Citepa ; Citepa, 2013).

Objectif	Information recherché	Sources de données mobilisées
Constuire une typologie des exploitations agricoles	Information sur la structure (par exemple : surface cultivée, assolement, mode de culture) et le fonctionnement de l'exploitation (par exemple, main d'œuvre disponible, organisation du travail, matériel disponible)	Enquêtes en exploitation agricole, données statistiques (déclaration des agriculteurs pour la PAC).
Caractériser les sols du territoire	Information en lien avec la fertilité du sol (par exemple, la réserve utile, le taux de matière organique) et les contraintes agronomiques (par exemple salinité, taux de caillou, pente)	Cartographie des sols (INRA et Société du Canal de Provence), analyses de sol.
Décrire les itinéraires techniques, performances et impacts	Information sur le matériel utilisé, le temps de travail et la période de	Enquêtes en exploitation agricole, base de données régionales,

environnementaux des systèmes de culture	réalisation de chaque pratique culturale, les intrants utilisés et leurs prix, les rendements obtenus.	modèle de culture, dire d'experts, modèles et méthodes normées pour le calcul des émissions de gaz à effet de serre.
--	--	--

Tableau 1. Inventaire et sources de données nécessaires à l'évaluation intégrée des systèmes agricoles

5. Résultats - 1ère partie : l'évaluation de scénarios d'évolution des systèmes agricoles

5.1. Problématisation, formulation de la question et délimitation du système étudié

Nous reviendrons dans le chapitre 6 sur ce concept de problématisation. A ce stade il convient de considérer qu'au démarrage du projet il existe une première étape de problématisation (à caractère scientifique) qui est le résultat de la construction, de la soumission et de l'acceptation du projet et de nos réponses aux ajustements demandés par l'ADEME (voir chapitres 1 et 2) ; cela se traduit par un accord transitoire qui stabilise, au moins au départ, les attendus et rôles de chacun. Cette première forme stabilisée va toutefois être confrontée aux spécificités, contraintes et opportunités des terrains d'étude. Après avoir présenté les caractéristiques majeures des deux territoires dans le chapitre précédent, il importe donc de présenter la seconde phase de problématisation qui a visé à s'accorder avec les acteurs autour d'une question à traiter, d'un espace de solutions possibles et d'une délimitation de l'objet à étudier. Bien entendu le contexte d'intervention des chercheurs, très différent sur les deux terrains d'étude, s'est traduit par un fort contraste dans la nature et durée de cette phase.

En Camargue, le contexte agro-écologique et socio-économique est connu dans ses grandes lignes. Le processus historique de construction du territoire et de son agriculture mais aussi les évolutions et événements récents sont documentés. Les acteurs avaient été repérés au cours des travaux précédents du collectif de recherche; aussi les possibles conflits, complémentarités et synergies sont déjà identifiés. Les systèmes techniques ont également fait l'objet de nombreux travaux à la fois sur le plan descriptif et en matière de diagnostics. Dans le cadre de CLIMATAC, le travail a donc consisté à actualiser notre connaissance de la situation afin de faire correspondre les possibilités des outils déjà conçus aux nouvelles

attentes des acteurs. A Valensole, par contre, une démarche complète de problématisation et d'aide à la formulation de la question à traiter a dû être pensée, formalisée et mise en œuvre (à noter qu'une telle démarche n'avait jamais été mise en œuvre en Camargue du fait que même au démarrage de la thèse de S. Delmotte, la connaissance des acteurs et des systèmes étaient acquises par les membres de l'UMR Innovation et cela avait largement facilité le travail).

5.1.1. Cas de la Camargue

En Camargue, la problématique majeure actuellement soulevée par la profession agricole concerne l'évolution (récente) à la baisse des surfaces rizicoles. Si les surfaces en riz ont évolué de manière très importante au cours des 50 dernières années (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), ces évolutions ont été accompagnées de conséquences, parfois considérables, au niveau du territoire. La chute brutale des surfaces en riz dans les années 1980, entraîna notamment un quasi abandon des infrastructures d'irrigation et une forte augmentation de la salinité des sols, au détriment de la qualité agronomique des parcelles cultivées. En réaction, un plan de relance de la riziculture fut lancé, qui nécessita un investissement financier important de la part de l'Etat et des institutions locales. Aujourd'hui, le secteur rizicole subit une situation paradoxale, au regard du contexte économique et réglementaire et des enjeux auxquels il doit faire face. En effet, au niveau économique, la conjonction de la suppression de l'aide couplée à la production rizicole (effective depuis 2012), d'une année 2013 très difficile pour la culture du riz (rendement moyen de 4.2 t/ha au lieu d'un rendement moyen attendu autour de 5.5 t/ha habituellement), associées à la volatilité des prix des productions agricoles, a eu des effets importants sur la propension des agriculteurs camarguais à semer du riz, du fait d'une rentabilité devenue trop faible en comparaison des autres cultures. Les surfaces estimées pour 2015 sont ainsi largement en deçà de ce qui a été observé au cours de la dernière décennie, soit autour de 12 000 ha (au lieu de 19 000 auparavant). Du point de vue réglementaire, si la culture du riz est la culture principale en Camargue, elle est très minoritaire à l'échelle du pays et elle fait actuellement l'objet d'une réduction du nombre de molécules d'herbicides autorisées ; les agriculteurs rencontrent alors des difficultés à gérer les adventices avec les produits restants. La concurrence entre le riz et les adventices est ainsi un des facteurs principaux pour expliquer les rendements faibles observés. Finalement, des investissements importants ont été réalisés au cours de la dernière décennie dans des filières de transformation locale du riz, et ces entreprises craignent aujourd'hui pour l'avenir de leur filière du fait de ce contexte de réforme et d'incertitude des marchés, mais également de la concurrence des autres pays producteurs de

riz, qui produisent à un coût moindre. Face à cette conjoncture économique défavorable, les acteurs locaux tels que le Syndicat des Riziculteurs de France et Filières et le Parc Naturel Régional de Camargue (PNRC), qui ont activement participé à la démarche mise en œuvre dans CLIMATAC, se questionnaient sur les évolutions des systèmes agricoles (comment continuer à cultiver le riz mais aussi quoi cultiver à la place du riz ?) et les impacts potentiels de ces évolutions.



Evolution des surfaces rizicultivées en Camargue depuis 1942 (Sources : Syndicat des Riziculteurs de France et Filière, Agreste).

L'élevage est également une activité emblématique de l'agriculture camarguaise. La commercialisation et la valorisation économique de la viande des taureaux de Camargue s'améliorent notamment grâce à la certification IGP. Cependant, l'engouement pour les activités culturelles liées à l'élevage de races locales Camargue pour les jeux taurins, ainsi que des taureaux de combats, est en perte de vitesse. L'avenir de cette filière semble donc lui aussi incertain.

Différentes actions sont mises en œuvre par le PNRC pour encourager le développement d'une agriculture impactant moins l'environnement, notamment via la définition de mesures agro-environnementales et l'accompagnement au montage des dossiers.

De plus, le PNRC participe aux initiatives de différents organismes, et notamment à la réalisation du Plan Climat Air Energie Territorial du Pays d'Arles (dont le territoire couvre une partie de la Camargue). Jusqu'ici aucun de ces acteurs n'intervenait en Camargue pour réduire les consommations d'énergie et les émissions de GES de l'agriculture. Cependant, la démarche de développement du PCET (Plan Climat Energie Territorial) était un contexte favorable à l'intégration de cet enjeu aux autres enjeux de l'évolution de l'agriculture du territoire présenté ci-dessus.

L'ensemble de ces évolutions remettait donc en cause l'avenir du secteur agricole camarguais. Tel qu'il a été possible de le voir dans les médias, les acteurs locaux se sont mobilisés afin de communiquer auprès des citoyens et des pouvoirs publics les risques pour le territoire d'une telle situation. Si les responsables professionnels Camarguais ont proposés des alternatives, à la fois d'un point de vue réglementaire et technique, en prévoir les conséquences effectives sur les systèmes rizicoles et le territoire était un enjeu majeur, qui nécessitait la mise en place d'un processus structuré d'évaluation *ex ante*. C'est dans ce contexte que la démarche du projet CLIMATAC a été mise en œuvre en Camargue. La question à traiter fut donc liée aux évolutions possibles des systèmes céréaliers camarguais en lien avec les multiples enjeux exposés ci-dessous. Le système étudié concerne l'ensemble des exploitations rizicoles dont la surface est supérieure à 25 ha et située au sein du territoire de la Reserve de Biosphère de Camargue.

5.1.2. Cas du Plateau de Valensole

5.1.2.1. Du diagnostic initial à l'aide à la formulation d'une question.

Il est couramment fait mention dans la littérature du fait que toute intervention dans un territoire doit reposer sur un diagnostic préalable (ou diagnostic initial). Un diagnostic agraire (Cochet 2011) qui explique l'état actuel des forces, des structures et des performances productives, à partir d'un processus historique de différenciation sur le temps long, et dans les interactions que les agriculteurs ont tissés avec leur milieu écologique, est certes utile comme base première de connaissance mais difficile à manier pour enclencher une dynamique participative avec les acteurs. Disposer d'un diagnostic territorial actualisé signifierait que l'on connaisse les maux actuels et les causes de ces maux ; cela n'est évidemment pas le cas. Si les faiblesses du territoire sont connues et le plus souvent relativement partagées par les acteurs (i) les causes font l'objet de conjectures et d'hypothèses (par exemple, le lavandin et le dépérissement) ; (ii) conséquemment les solutions à apporter ne font pas l'unanimité

(exemple pour l'irrigation) ; et (iii) la hiérarchie des problèmes et les priorités en termes d'action sont également non consensuelles (par exemple favoriser l'installation de jeunes agriculteurs ou favoriser le développement de techniques agronomiques innovantes).

Pour ces raisons, la démarche proposée ici repose sur (i) la rencontre d'un grand nombre d'acteurs potentiellement concernés ou agissant (en lien avec des questions agricoles) dans le territoire et la facilitation de l'expression de « leur » appréciation de la situation et de solutions possibles sur lesquelles ils sont en mesure de peser, (ii) une formalisation d'un diagnostic sous forme d'une carte des enjeux et problèmes et, pour les acteurs les plus impliqués dans le territoire, une formalisation sous forme de carte mentale permettant de faire ressortir les objets ou entités du territoire et les relations qui les lient.

L'ensemble de ces données (provenant des acteurs eux-mêmes) est utilisé ensuite pour choisir, avec ceux qui décident de s'engager dans le processus (voir § 6.4 pour la question des acteurs « manquants »), une question à traiter et bâtir un premier modèle conceptuel (une représentation qualitative du territoire sur le plan agricole) en lien avec cette question.

5.1.2.2. Implémentation à Valensole

Ainsi à Valensole la phase de problématisation et d'aide à la formulation de la question a été initiée par une première étape dite de « diagnostic initial ». Ce terme est toutefois quelque peu impropre car il ne s'agissait pas de trouver, à l'échelle du territoire, des causes aux problèmes mentionnés par les acteurs. Il s'agissait d'obtenir une première photographie de la situation agricole, à travers un aperçu de la diversité des systèmes de production mis en œuvre et des performances obtenues par les agriculteurs. Le but était également d'appréhender, du point de vue des parties prenantes de l'agriculture, les dynamiques de changement actuelles, les enjeux et problèmes du système agricole (et selon les acteurs rencontrés les origines possibles de ces difficultés), mais également les opportunités de développement et les éventuelles actions en cours dans ce sens. Ce diagnostic initial a reposé sur deux tâches complémentaires. La première a consisté en une description et un diagnostic rapide des exploitations et pratiques agricoles du plateau, réalisés par les étudiants de l'école d'agronomie Montpellier SupAgro ; cela est venu fournir un premier ensemble de données à caractère technique, recueillis auprès d'un échantillon de 34 agriculteurs. La seconde tâche fut la réalisation de 24 entretiens semi-directifs, conduits auprès d'informateurs clés considérés comme des parties prenantes de l'agriculture locale (impactant ou pouvant être impactés par l'agriculture) ; cela permet de recueillir les points de

vue et connaissances de ces acteurs sur le système agricole (voir appendices n° 1 et 2, pour la liste des acteurs rencontrés et pour le guide d'entretien), lesquels étaient mis en relation avec les missions et objectifs généraux des institutions et des individus rencontrés. Onze de ces entretiens ont été approfondis par un processus de construction de cartes cognitives (Jones et *al.*, 2014 ; Gray et *al.*, 2014) ayant permis de formaliser, structurer et comparer ces connaissances et points de vue individuels (appendice n° 3, pour un exemple de carte cognitive)

De cet ensemble a été élaborée une carte des principaux problèmes (incluant les hypothèses sur les causes selon les acteurs, par exemple les causes possibles du dépérissement du lavandin), des enjeux (formulations en termes économiques, sociaux ou environnementaux des effets possibles des dynamiques à l'œuvre et des risques encourus), et des contraintes et opportunités (pistes d'actions possibles), ainsi que les liens entre eux (voir synthèse en figure 4). Cette carte a été l'objet de restitutions aux acteurs et de débats amenant à apporter certains correctifs (l'essentiel ayant toutefois été validé) ; cela fut également le point de départ de la constitution du groupe de travail invité à participer aux ateliers suivants.

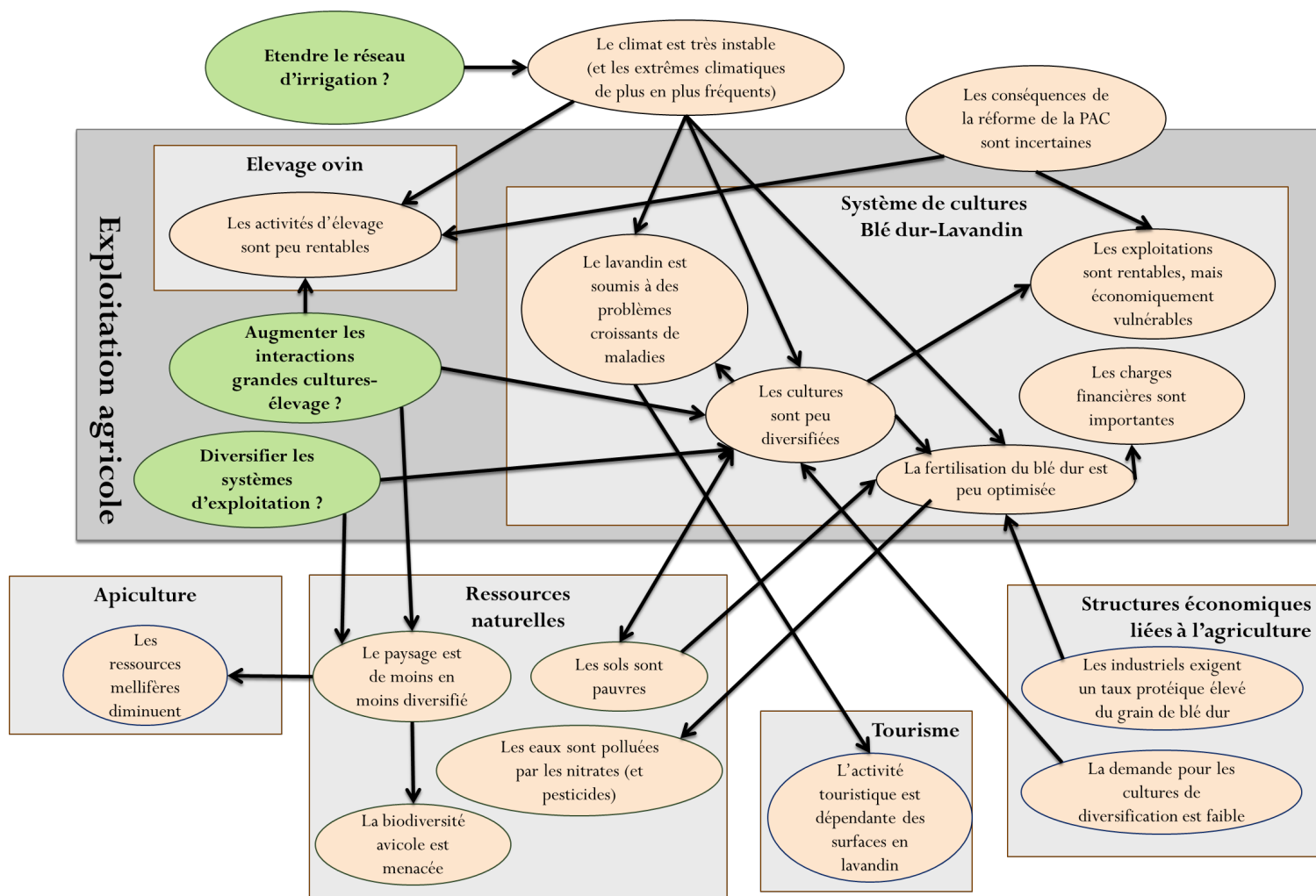


Figure 1. Synthèse des enjeux, problèmes et opportunités identifiés (en orange les enjeux et problèmes, en vert les opportunités)

5.1.2.3. Co-construction d'une question partagée

Le diagnostic initial conduit sur la base d'interviews a révélé plusieurs problèmes et enjeux, auxquels les acteurs n'accordaient pas tous la même importance. L'étape suivante a visé à la formulation d'une question partagée à traiter par le moyen des outils qui seraient mis en œuvre. Il s'agit du premier objet co-construit avec les acteurs du territoire, permettant de lancer la dynamique de réflexion collective sur la durabilité du système agricole du plateau de Valensole. Dans un premier temps, chaque acteur rencontré (individuellement) lors du diagnostic initial avait été invité à formuler une question autour de laquelle il souhaitait que la démarche se structure. Dans un second temps, lors d'un atelier collectif (première réunion du groupe de travail en cours de constitution), les questions individuelles ont été présentées aux participants, qui les ont commentées, comparées et regroupées selon leurs points communs ou leurs divergences. Les participants ont ensuite été invités à formuler ensemble une question permettant de tenir compte de cet ensemble de préoccupations et de questionnements.

La question partagée fut ainsi formulée : « **Quel avenir durable pour les exploitations agricoles du plateau de Valensole ?** ». Les acteurs ont mentionné une sous-question précisant cette question principale : « **Quelles solutions pour améliorer les systèmes de production sur le plateau de Valensole ?** ». En mettant en avant la notion de durabilité et d'avenir durable, les acteurs ont fait état de leurs inquiétudes sur l'avenir de l'agriculture locale elle-même. S'ils ne s'accordent pas sur les solutions, tous se retrouvent sur cet enjeu (rentabilité et pérennité des structures, reprise des exploitations par les plus jeunes, crainte des investisseurs étrangers, fragilisation du fait de la disparition des élevages...). Cela est le dénominateur commun sur lequel les acteurs locaux s'engagent dans la poursuite du processus de concertation. Cette question consensuelle permet ainsi d'intégrer la diversité des enjeux, problèmes et solutions possibles formulés dans les réponses aux entretiens individuels.

5.1.2.4. Elaboration d'un modèle conceptuel et définition des limites du système étudié.

Le modèle conceptuel vise à fournir une représentation partagée des principales composantes du système agricole et des relations entre ces composantes, nécessaires pour traiter la question formulée. Uniquement qualitatif, il constitue une sorte de « proto-modèle » qui est destiné ensuite à servir de base au modèle informatisé et quantitatif. Le modèle conceptuel a été élaboré collectivement au cours d'un second atelier qui s'est déroulé en deux

phases. Lors d'une première phase, chaque participant devait sélectionner 5 composantes essentielles en se référant à une liste de 37 objets ou composantes¹ de base élicitées à partir des données recueillies au cours du diagnostic initial et formalisées sous forme de cartes cognitives (voir chapitre 5.1.2.2) ; chaque participant avait la possibilité de reformuler les composantes, d'en fusionner plusieurs, ou encore d'en ajouter de nouvelles. Dans un deuxième temps, à tour de rôle, les acteurs participants ont été invités à expliciter les relations entre les composantes deux à deux, en précisant la nature de cette relation au moyen d'un groupe sémantique comportant au moins un verbe. Le modèle conceptuel a ensuite été discuté et amélioré collectivement pour aboutir au prototype présenté Figure 5.

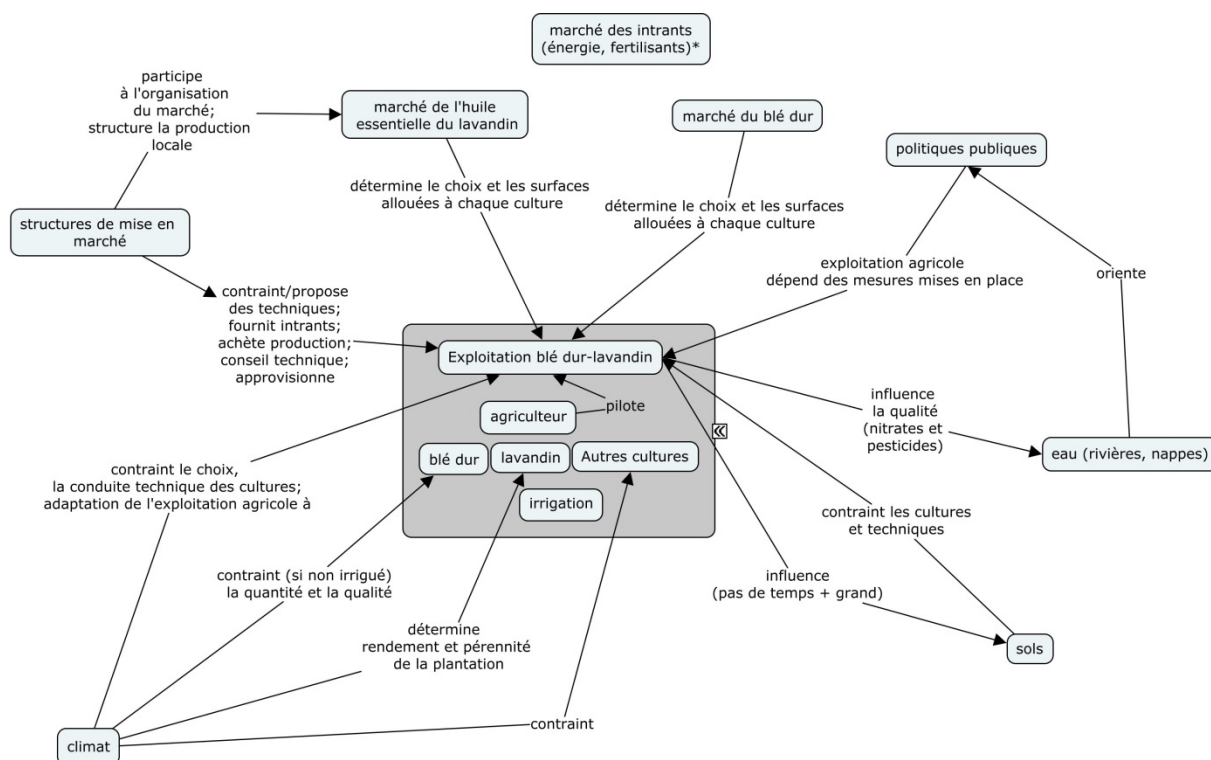


Figure 4. Modèle conceptuel final (* le marché des intrants a été rajouté à la fin de l'atelier, ses relations avec les autres composantes n'ont pas été explicitées avec les acteurs) ; les objets ou composantes structurelles de base retenues figurent en encadré.

On remarquera que la co-construction de ce modèle (conceptuel) a amené à définir, avec les acteurs présents, les limites du système qui serait exploré par la suite. Il s'agit donc

¹ Ces objets ou composantes peuvent être des cultures (espèces cultivées et leurs modes de culture), des filières, des types d'exploitation (exploitations centrées sur l'élevage...), des ressources naturelles (sol, eau...), des infrastructures (réseau d'irrigation, distillerie...), ou encore d'autres acteurs.

d'une étape cruciale et très déterminante des orientations futures du travail. Ainsi, seules les exploitations agricoles basées sur la culture du lavandin et du blé dur apparaissent dans ce modèle. En plus de ces deux cultures centrales, les acteurs ont mentionné d'« autres cultures » secondaires, mais n'ont pas jugé utile de les spécifier à cette étape de la démarche. Les autres systèmes de production (élevage, apiculture) n'apparaissent pas directement. Les filières (et marchés) d'huile essentielle de lavandin et de blé dur apparaissent, en raison de leur influence directe sur les choix des exploitants agricoles (surfaces allouées à ces cultures). Le marché des intrants (engrais par exemple) est également présent du fait du rôle joué par les structures de mise en marché sur l'approvisionnement en intrants et le conseil aux exploitations. Le climat est représenté, mais il ne l'est qu'à travers son influence sur les rendements des diverses cultures, sur la qualité protéique du blé dur, et sur la pérennité des plantations de lavandin. La problématique du changement climatique et de son atténuation, qui n'était pas apparue centrale dans la carte des enjeux exprimés par les acteurs, n'apparaît pas non plus ici (et ce malgré le rôle pris par un chercheur pour représenter cet enjeu au cours de l'atelier). Nous verrons par la suite comment il nous a été possible de réintroduire cet enjeu dans les échanges avec les participants à la démarche.

5.2. Co-construction de scénarios

5.2.1. Définitions et méthodologie générale

L'objectif de la scénarisation est d'imaginer/d'anticiper les changements qui pourraient survenir dans les territoires pour mieux s'y adapter, via :

- la construction de scénarios d'évolution du contexte (économique, politique, social, technique, environnemental, etc.)
- une réflexion sur les moyens et stratégies d'adaptation des systèmes agricoles, en termes de gestion des exploitations et du territoire, ainsi qu'en termes d'innovations techniques et agronomiques.

Dans l'approche que nous proposons, un scénario est ainsi composé : (1) d'une représentation de la situation initiale (appelée aussi « situation de référence »), (2) d'une identification des facteurs de changement, (3) d'une description de ces changements (direction, intensité, conséquences sur les états du système), et (4) d'une projection sur des états possibles du système étudié intégrant les capacités et possibilités d'adaptation (Alcamo et Henrichs, 2008). Un scénario peut ainsi prendre la forme d'une histoire (scénarios narratifs, de type « Il était une fois en 2020... »). Les scénarios sont construits à partir des incertitudes

actuelles sur les changements et évolutions possibles. Le scénario permet de se projeter dans un futur possible, mais n'est en aucun cas une prédiction de ce futur.

Les facteurs de changement sont une description des principaux déterminants susceptibles d'influencer les développements du système analysé (Alcamo et Henrichs, 2008). Ils peuvent avoir induit dans le passé des changements du système dans le territoire, mais aussi correspondre à ce qui, dans le futur, serait susceptible d'induire de tels changements. Ces facteurs peuvent être internes ou externes au système (i.e. variables endogènes et exogènes) (Zurek *et al.*, 2007). Ils peuvent donc inclure des modifications propres au territoire (par exemple en Camargue la montée du niveau de la mer qui induit une remontée du biseau salé dans le Rhône) ainsi que des modifications à des échelles plus larges, mais qui peuvent également impacter les systèmes agricoles du territoire (par exemple des choix aux échelles nationale ou européenne de Politique Agricole Commune). Les déterminants de changement que l'on retient en priorité sont ceux jugés, par les acteurs participants, potentiellement les plus incertains (dont on ne peut connaître avec certitude/précision la direction et l'intensité) et en second critère, les plus impactant sur le système étudié (van't Klooster and van Asselt, 2006).

En Camargue comme à Valensole, les acteurs étaient invités à s'interroger sur les futurs possibles, redoutés, ou espérés pour le système agricole dans un horizon de temps de 10-15 ans.

Nous présentons ici la démarche et les résultats obtenus en Camargue. En Camargue en effet, les formes de modélisation étaient déjà sélectionnées et les modèles eux-mêmes déjà construits (thèse de S. Delmotte) ; la volonté était alors, dans le cadre de CLIMATAC, de concevoir et mettre en œuvre une véritable démarche prospective de co-construction de scénarios avec les acteurs (ce qui n'avait pas été fait au cours de la thèse) et de s'inspirer de cette expérience pour réaliser un travail analogue à Valensole (mais avec une moindre possibilité d'approfondissement à Valensole étant donné l'importance des autres travaux à conduire : diagnostic initial, aide à la formulation de la question et construction d'un modèle conceptuel puis informatique). La co-construction des scénarios pour le plateau de Valensole est présentée à l'appendice n° 2.

5.2.2. Construction participative de scénarios en Camargue

5.2.2.1. Méthodes

La construction des scénarios a été réalisée avec un groupe d'acteurs locaux, constitué d'un représentant du Syndicat des Riziculteurs de France et Filières ; d'une représentante du Parc Naturel Régional de Camargue; d'une représentante de l'AOP « Taureaux de Camargue » ; d'un représentant du Pays d'Arles, responsable du PCET local ; d'un agriculteur (présent uniquement au début de la démarche) ; et d'un chercheur de l'UMR Innovation, spécialiste du riz en Agriculture Biologique. Trois ateliers ont été mis en place pour construire les scénarios, chaque atelier ayant un objectif particulier (voir Figure 6).

	Objectif	Résultat
1.	Identification et classement des facteurs de changement	Sélection des deux facteurs de changement les plus influents et incertains
2.	Développement des scénarios narratifs considérant l'ensemble de ces facteurs	Quatre scénarios cohérents, plausibles, créatifs et contrastés
3.	Identification des conséquences de ces changements et de stratégies d'adaptation	Spécification des adaptations par type de ferme, pour chaque scénario

Figure 5. Etapes principales de construction des scénarios en Camargue

Les deux premiers ateliers visaient à identifier les principaux facteurs de changement et à construire la base des narratifs des scénarios construits par les acteurs. Au préalable du premier atelier, les chercheurs de l'UMR Innovation avaient réalisé un travail collectif pour identifier les principaux déterminants « historiques » ayant eu un impact fort sur les systèmes agricoles camarguais, et ce depuis les années 1950. Ces déterminants incluaient : le prix de vente des commodités agricoles ; les aides de la PAC (aides couplées et Mesures Agri-Environnementales) ; les législations environnementales (par exemple la Directive Nitrates) ; le changement climatique ; et les innovations techniques (par exemple la création de nouvelles variétés).

Ces déterminants ont été présentés au groupe d'acteurs camarguais pour débiter l'exercice de scénarisation. Les participants locaux présents ont ensuite réagi sur ces déterminants, puis ont proposé d'autres déterminants qui pourraient impacter les systèmes agricoles camarguais dans le futur. De manière à contraster et à équilibrer les scénarios, les

facteurs de changement ont été classés selon deux catégories : le type d'enjeu (sociétal, économique, environnemental ou agronomique) et leur échelle spatiale d'application ou de décision (locale/régionale, nationale, européenne ou mondiale). A partir de la liste complète des déterminants, les participants ont choisi collectivement les deux étant *a priori* les plus incertains et impactants. Ces deux déterminants ont alors été utilisés pour déterminer des « axes », permettant de définir quatre débuts de scénarios, correspondant aux croisements des deux facteurs de changement identifiés (Figure 6). Ensuite, pour chacun des quatre scénarios, les participants ont sélectionné les autres facteurs de changement (considérés comme plus secondaires) qui seraient susceptibles d'intervenir. L'importance de ces facteurs de changement a également été quantifiée lorsque cela était possible (par exemple le prix du riz est divisé par : 2, ou par 3, etc.).

La description « narrative » de ces scénarios a été réalisée au laboratoire, à partir du matériel issu de ce deuxième atelier de scénarisation (enregistrements des séances et prises de notes). Ce travail a permis en outre de proposer une vision structurée et synthétique des quatre scénarios. Pour ce faire, la méthode des axes (Figure 6) a été mobilisée, de manière à faire ressortir les principales différences des scénarios vis à vis de deux enjeux majeurs (le réchauffement climatique et la gestion de l'eau d'une part ; les conditions économiques et réglementaires pour le riz d'autre part). Les chercheurs de l'UMR Innovation ont également émis des propositions de quantification pour les facteurs de changement (par exemple : quelle serait la gamme des prix du riz dans un scénario de surproduction mondiale de riz) dont l'évolution n'avait pas été quantifiée lors des deux premiers ateliers de scénarisation.

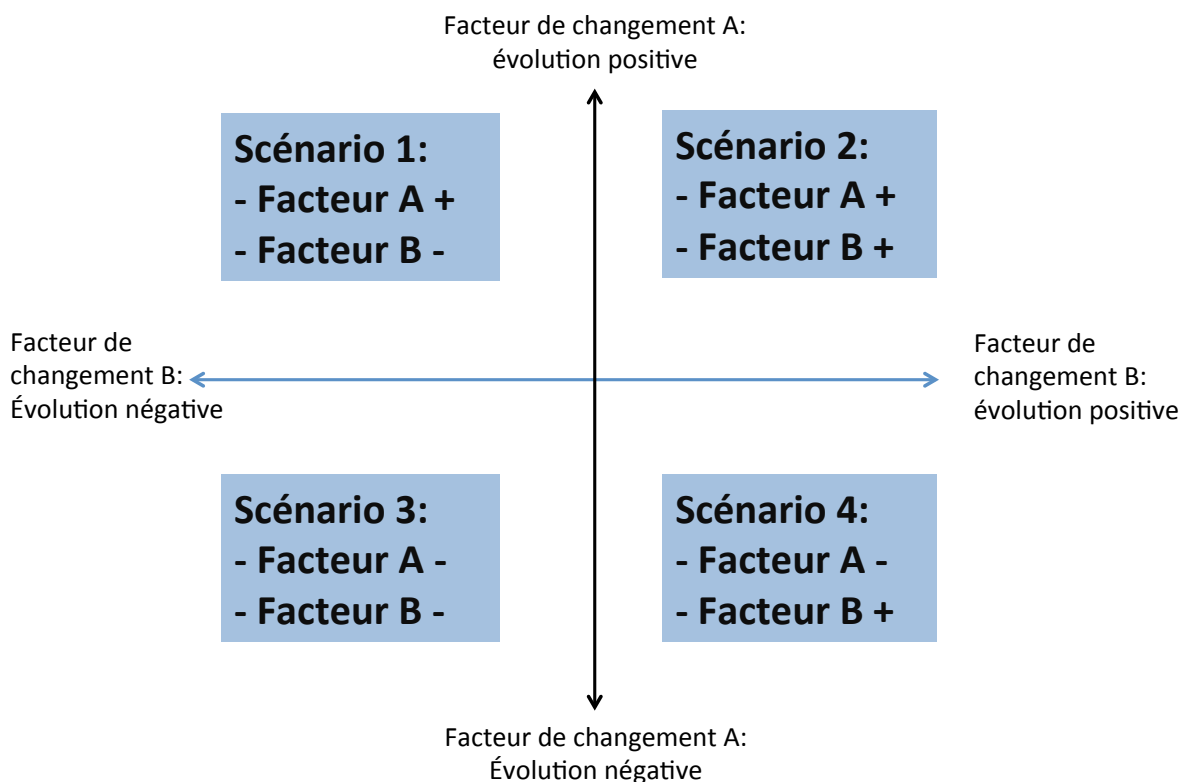


Figure 6. Méthodes des axes, appliquée à partir des deux déterminants de changement les plus importants (facteurs A et B) ; et permettant d’obtenir 4 débuts de scénarios par croisement.

Un troisième atelier a ensuite été réalisé pour 1) valider/amender, avec les participants, les quatre scénarios et la quantification des facteurs de changement ; et (2) décrire les conséquences de chacun des quatre scénarios sur les systèmes agricoles Camarguais, et les adaptations possibles des exploitations agricoles camarguaises en réponse à ces changements. Les participants ont ainsi imaginé collectivement comment les exploitations agricoles s’adaptent en décrivant par exemple les cultures (et modes de production) qui seraient favorisées, mais aussi la mise en culture/l’abandon de certaines terres de Camargue, ainsi que l’émergence/adaptation des filières (en particulier rizicoles). Lorsque ceci leur paraissait pertinent, ces adaptations ont été spécifiées selon les types d’exploitation agricoles (spécialisées/mixtes ; conventionnelle/biologique, etc.).

5.2.2.2. Résultats

Les principaux facteurs de changement identifiés en Camargue, de par leur influence sur les systèmes rizicoles camarguais sont, par ordre décroissant d’importance : (1) les subventions publiques ; (2) la gestion de l’eau, le changement climatique et les interactions avec l’environnement naturel (*ex-aequo*) ; (3) les innovations techniques ; et (4) les prix des productions agricoles et le développement de nouvelles filières (*ex-aequo*). La liste complète

des facteurs de changement identifiés comporte 15 facteurs de changement, qui sont de différentes natures : socio-économiques, environnementaux et agronomiques, et qui agissent ou opèrent à différentes échelles, de l'échelle locale à une échelle globale (au niveau mondial) (Figure 7).

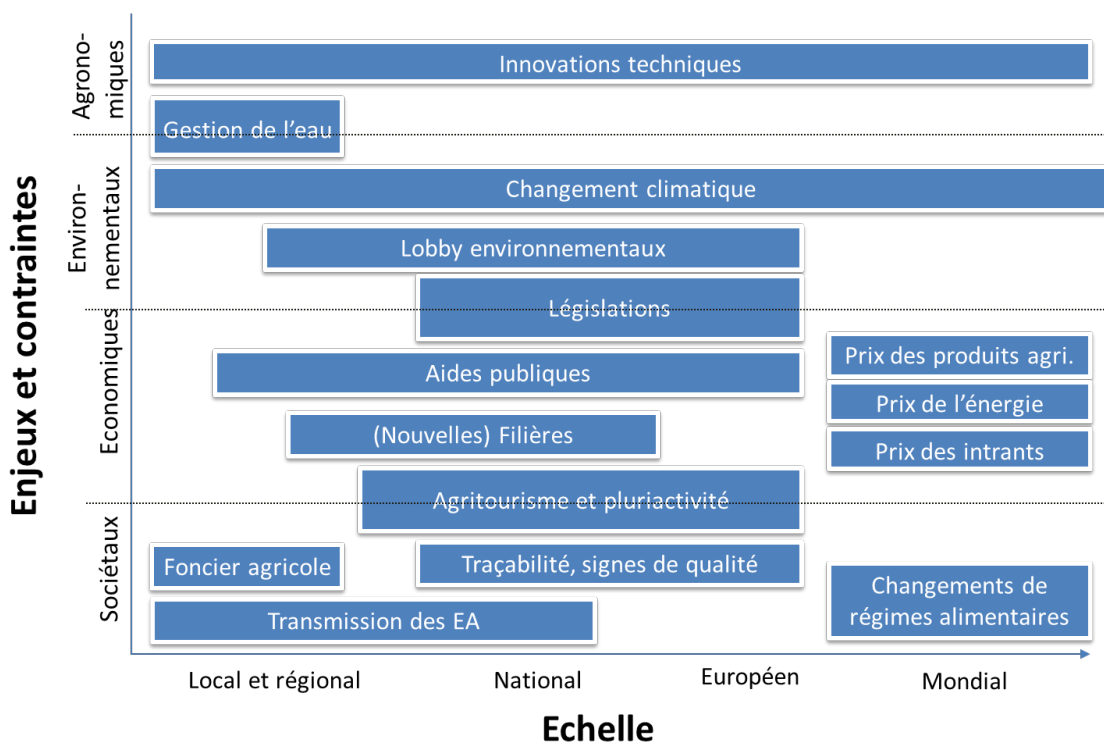


Figure 7. Principaux déterminants de changement identifiés pouvant influencer le futur de la céréaliculture en Camargue.

Les deux premiers déterminants ont été sélectionnés pour servir de base à quatre scénarios contrastés. Au cours d'un travail de réécriture des scénarios, il a été proposé de fusionner deux des principaux déterminants (subventions et prix) en un seul : « conditions économiques et réglementaires de la riziculture ». Le second déterminant a finalement été intitulé : « Changement climatique et gestion de l'eau ». Ces deux déterminants, déclinés en conditions économiques et réglementaires -favorables ou défavorables-, et changement climatique -faible ou important-, ont donc finalement servi de base pour le développement des 4 scénarios finaux (voir Appendice n° 4 pour les narratifs détaillés des quatre scénarios) :

(Scénario A) **Redéploiement des aides vers l'élevage** : conditions économiques et réglementaires *défavorables* à la riziculture ; *faible* ressenti des effets du changement climatique ;

(Scénario B) **Eco-conditionnalité des aides publiques**: conditions économiques et réglementaires *favorables* à la riziculture ; *faible* ressenti des effets du changement climatique ;

(Scénario C) **Vers une spécialisation des exploitations agricoles**: conditions économiques et réglementaires *défavorables* à la riziculture ; *fort* ressenti des effets du changement climatique ;

(Scénario D) **La Camargue en zone à handicap spécifique**: conditions économiques et réglementaires *favorables* à la riziculture ; *fort* ressenti des effets du changement climatique.

5.3. Développement d'outils de simulation et évaluation des scénarios

5.3.1. Adaptation et paramétrisation du modèle bio-économique pour la simulation des quatre scénarios co-construits en Camargue

5.3.1.1. Méthodes

Pour chaque scénario présenté dans la partie 5.2, de multiples simulations ont été réalisées en mobilisant le modèle bio-économique décrit dans Delmotte (2011) et Delmotte et al. (2016). L'objectif était de choisir une situation dont l'assolement régional soit cohérent (plausible) avec (1) les hypothèses du scénario et (2) les conséquences/adaptations des exploitations agricoles imaginées par les participants lors des ateliers de scénarisation. Pour chaque scénario, les changements de contexte ont été traduits en éléments (quantitatifs) présents en qualité de variable dans le modèle. Par exemple, les prix du riz (et des autres commodités, par exemple la luzerne) ont été modifiés ; tout comme, le cas échéant, les surfaces cultivables, le montant (et le type) des aides publiques, le prix de l'eau, etc. Le modèle nous fournit en sortie un assolement qui est optimal par rapport aux objectifs que l'on s'est fixé (par exemple : réduire les émissions de gaz à effets de serre; maximiser la marge brute), et dans les conditions définies par les variables mentionnés ci-dessus. Pour chaque scénario, nous avons réalisé entre 10 et 20 simulations en faisant varier les conditions, qui ont ensuite été comparées avant d'en choisir une plausible et cohérente avec les conséquences imaginées par les acteurs locaux.

Les principales hypothèses que nous avons réalisées sont les suivantes :

- Les prix des commodités utilisés sont des prix qui nous ont été communiqués par un opérateur de la filière en 2014, modifiés par la suite en fonction des scénarios.
- Les conditions d'aides sont issues d'enquêtes en exploitations agricoles, d'une évaluation des évolutions de ces aides au cours des dernières années, et de l'évolution pressentie pour le futur de la PAC (en fonction de chaque scénario).
- Pour chaque scénario, nous avons fait des hypothèses concernant le développement de l'agriculture biologique, que nous avons contraint à 20% en termes de surfaces en 2030 (pour les scénarios A, B et D), et à 30% pour le C.
- Pour le scénario D, le fort ressenti du changement climatique a pour conséquence une baisse des rendements du blé dur de 10%, et une augmentation des rendements du riz de 10%.

Ce modèle bio-économique utilise comme données d'entrées une description des itinéraires techniques des différentes cultures possibles en Camargue, obtenue par des enquêtes en exploitations agricoles. Ces données servent de base pour calculer de nombreux indicateurs à l'échelle du territoire, comme par exemple la marge brute moyenne, le travail, le potentiel nourricier, la consommation en intrants chimiques, la consommation d'eau et les émissions de gaz à effet de serre (voir Appendice n° 6 pour la liste complète de ces indicateurs).

Suite à l'évaluation des scénarios avec le modèle bio-économique, un dernier atelier a été réalisé avec les acteurs locaux, pour présenter et mettre en discussion les résultats de simulation des scénarios avec le modèle.

Situation de référence

Afin de pouvoir comparer les scénarios, nous avons utilisé le modèle bio-économique pour représenter un assolement régional moyen pour une situation proche de celle de 2013, à savoir entre 16 000 et 17 000 ha de riz, cultivé principalement en monoculture ou en rotation avec du blé dur et de la luzerne (Figure 8). Dans cette situation de référence, nous avons considéré que 8% des surfaces incluses dans les exploitations céréalières de la région étaient cultivées en agriculture biologique, soit une surface de 2 500 ha (dont 650 ha de riz) sur un total de proche de 32 000 ha (Figure 8). Cet assolement a servi de base pour calculer, via le modèle bioéconomique et pour la situation de référence, l'ensemble des indicateurs qui sont discutés dans les sections suivantes pour chaque scénario. Les valeurs de chaque indicateur de la situation de référence ont ensuite été comparées aux valeurs des indicateurs obtenues pour

chaque scénario, ce qui permet de présenter les résultats sous la forme d'une différence relative à la situation de référence plutôt que sur la forme d'une valeur absolue.

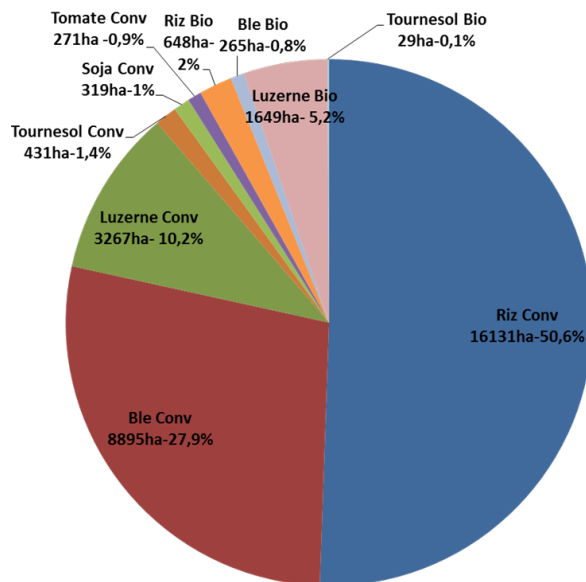


Figure 8. Assolement obtenu pour la situation de référence à laquelle les scénarios sont par la suite comparés. Cette situation de référence se veut proche de la situation observée en Camargue en 2013.

5.3.1.2. Résultats

L'évaluation au regard des indicateurs socio-économiques et environnementaux permet de vérifier si les quatre scénarios sont suffisamment contrastés. Les assolements retenus sont très différents, puisqu'ayant des surfaces de chaque culture très variables (par exemple entre 6 000 et 18 500 ha de riz), une proportion de l'assolement en Agriculture Biologique variant entre 8% et 30%, et des cultures différentes d'un scénario à l'autre (plus ou moins de légumineuses par exemple). Ces différents assolements sont ainsi la source de la variation des indicateurs, qui permettent au final de conclure à un contraste élevé entre les scénarios (voir Figure 9).

Le scénario A et le scénario B diffèrent fortement en termes d'assolements, mais se traduisent par des profils assez semblables en termes d'indicateurs: une situation économique et environnementale plutôt favorable, mais un potentiel nourricier (« Alimentation » dans la Figure 9) beaucoup plus faible que dans la situation de référence. Les scénarios C et D se traduisent par des résultats différents des scénarios A et B, et également très différents entre

eux : le scénario C est un scénario qui favorise fortement la dimension environnementale au détriment de la dimension économique et du potentiel nourricier, alors que le scénario D est le seul scénario où le potentiel nourricier de la région augmente, cependant au détriment de l'économie, et en parallèle d'une légère amélioration de la dimension environnementale (voir Appendice n° 7 pour le détail des évaluations des quatre scénarios au regard de la situation de référence).

Aucun de ces quatre scénarios ne permet ainsi d'améliorer l'ensemble des indicateurs, en comparaison de la situation initiale. Ceci montre, dès lors, des compromis entre objectifs et une nécessité de priorisation par les acteurs locaux et/ou les politiques publiques.

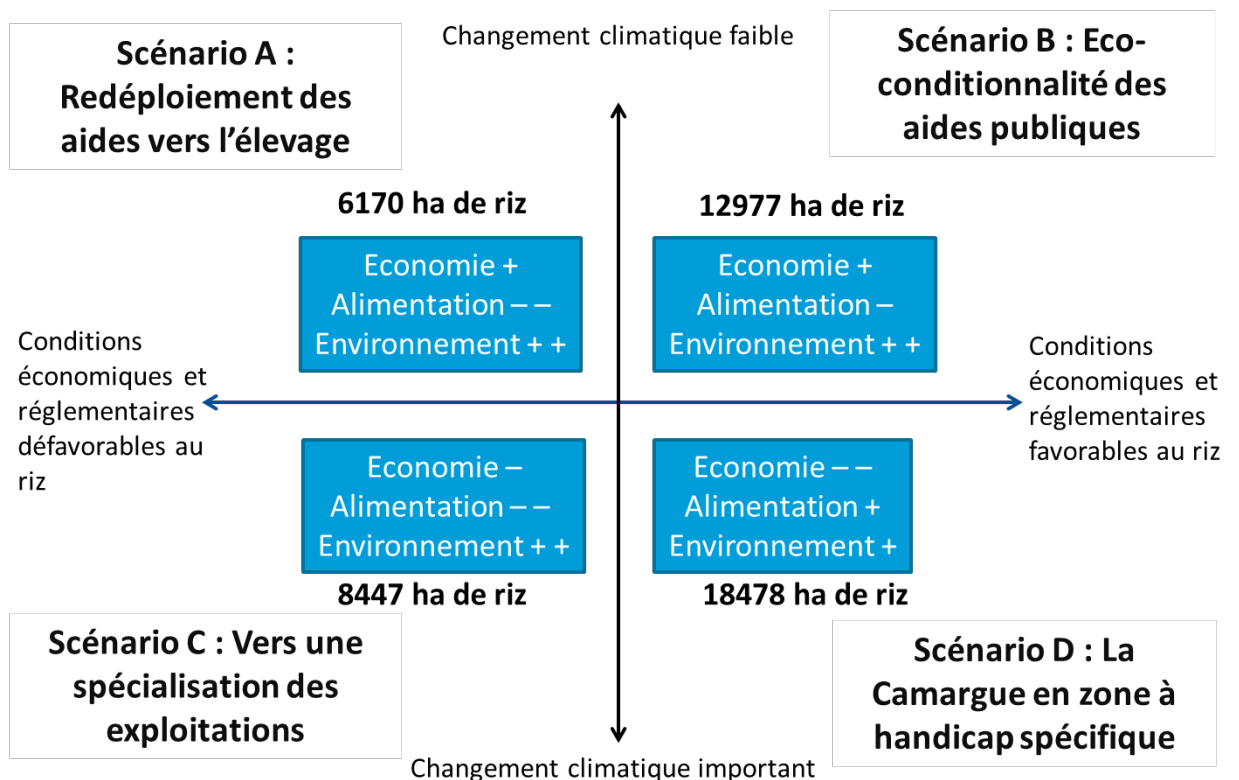


Figure 9. Impact du scénario D sur une sélection d'indicateurs de la durabilité des systèmes agricoles camarguais.

5.3.2. Un modèle multi-agent co-construit *ex nihilo* sur le plateau de Valensole

5.3.2.1. Méthode de co-construction du modèle

Sur le plateau de Valensole, le modèle a été construit *ex nihilo* 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, réalisés uniquement par les chercheurs, et impliquant notamment l'analyse de données supplémentaires (données des déclarations PAC des agriculteurs, données pédologiques, analyse détaillée des diagnostic agronomiques et agraires).

Ce processus de modélisation collaborative a reposé sur deux principes généraux. Tout d'abord, nous avons 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, nous avons, dans la mesure du possible, partagé leur analyse avec ces derniers. Nous avons 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.

5.3.2.2. *Modèle final*

Le modèle ainsi co-construit avec les acteurs est une représentation simplifiée et stylisée du système agricole du plateau de Valensole. Il est composé de cinq modules, que nous détaillons ici successivement (Figure 11).

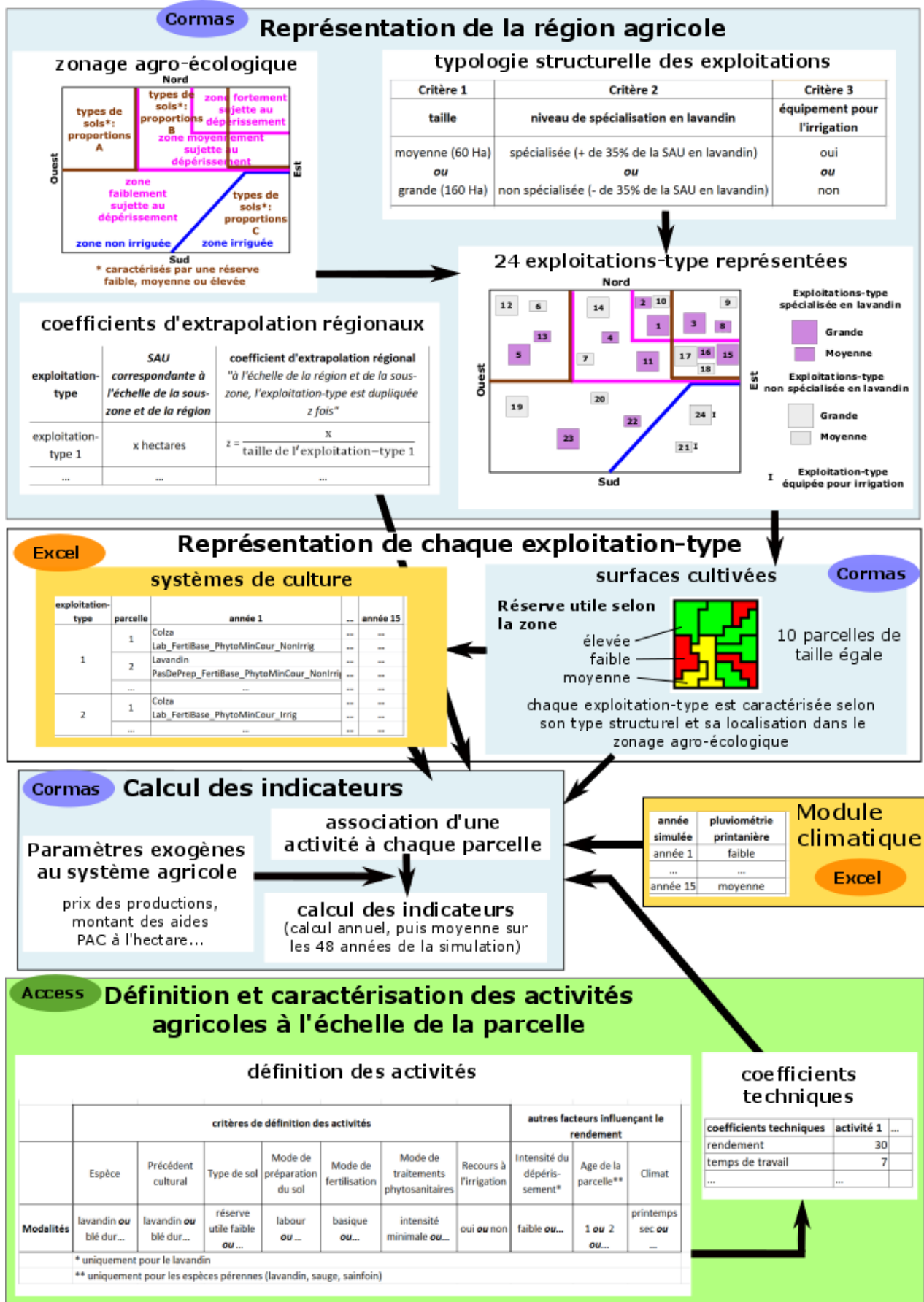


Figure 10 : schéma de description du modèle

Représentation du plateau de Valensole

La représentation du plateau de Valensole s'appuie sur un zonage agro-écologique de celui-ci ainsi qu'une typologie structurelle des exploitations qui est indépendante du zonage². Cette représentation a principalement été construite lors des ateliers participatifs, et a parfois mobilisé des analyses de données supplémentaires (analyses des données des déclarations PAC des agriculteurs, notamment mises en discussion pour construire la typologie des exploitations).

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).

La **typologie structurelle des exploitations** se base sur trois critères : (i) leur surface Agricole Utile (SAU), qui permet de distinguer des exploitations de taille moyenne (caractérisées dans le modèle sous la forme d'une exploitation-type de 60 ha de SAU) et des exploitations de grande taille (caractérisées sous la forme d'une exploitation-type de 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 structures fait suite au choix initial, réalisé avec les acteurs au cours de la phase de formulation de la question à traiter, de cibler les seuls systèmes de production lavandin-blé dur.

La répartition de ces types structurels dans les sept sous-zones permet de définir 24 exploitations-type. Certains types structurels sont exclusifs d'une sous-zone: les exploitations équipées pour l'irrigation sont par exemple uniquement situées dans la sous-zone irrigable. Par ailleurs, certaines exploitations ne sont pas présentes dans certaines sous-zones : par

² 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

exemple, les grandes exploitations 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.

Représentation des exploitations-type

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). Les systèmes de culture des exploitations-type 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. Ces éléments ont principalement été co-construits lors d'entretiens individuels avec des gestionnaires et des agriculteurs.

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 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** sont décrits pour chaque exploitation-type. A 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 : préparation du sol, fertilisation, modalité de traitements phytosanitaires, et 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. 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.

Définition et caractérisation des activités 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 2 : critères de définition des activités culturales (*uniquement pour le lavandin, ** uniquement pour les espèces pérennes)

Critères de définition des activités culturales							Autres facteurs influençant le rendement		
Esèce	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
Modalités	lavandin	lavandin	réserve	labour ou travail superficiel ou pas de préparation	intensité minimale	oui ou non	faible ou moyen ou élevé	1 ou 2 ou ...	printemps sec ou printemps moyen ou printemps humide
	ou	ou	faible		ou				
	blé dur	blé dur	utile		basique				
	ou	ou	réserve		ou				
	pois	pois	faible		alternatif				
	ou	ou	réserve		ou				
	tourne-sol	tourne-sol	utile		pas de fertilisation				
	ou	ou	moyenne		produits courants				
	sauge	sauge	réserve		produits alternatifs				
ou	ou	utile							
colza	colza	élevée							
ou	ou								
sainfoin	sainfoin								

Chacun de ces critères se décline en plusieurs modalités (exemple : le recours à l'irrigation a deux modalités : « oui » ou « 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 de manière univoque cette influence, faute de données disponibles et d'affirmations suffisamment convaincantes 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).

La caractérisation des activités a principalement été réalisée grâce à des analyses de données au laboratoire (bases de données issues des diagnostics et décrivant les pratiques agricoles), et mis en discussion auprès des acteurs lors d'entretiens individuels (agriculteurs et gestionnaires).

Le 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. En l'état actuel du modèle, le climat a une influence uniquement sur les rendements des différentes espèces cultivées. Il n'influence pas les itinéraires techniques réalisés par les acteurs.

Le module de calcul des indicateurs

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. (Tableau 2). 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. Ces indicateurs ont été choisis collectivement lors des ateliers.

Tableau 3 : indicateurs calculés par le modèle (P : échelle de la parcelle, E : échelle de l’exploitation-type, R : échelle de la sous-zone et de la région agricole). T : tonne ; kg : kilogramme, ha : hectare, TeqCO2 : Tonnes d’équivalent CO2, MJ : mégajoule

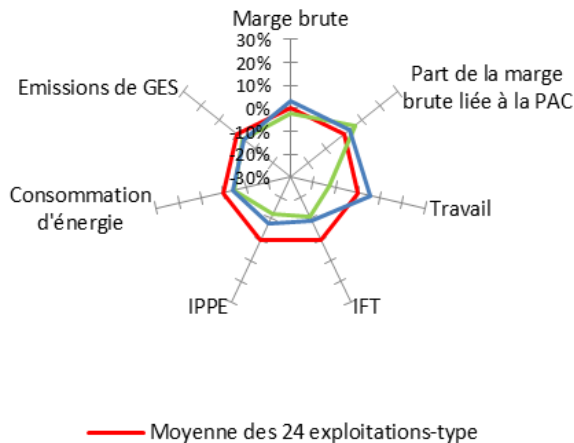
	indicateur	échelle(s)
Indicateurs liés aux aspects économiques	Rendement (<i>q/ha or kg/ha</i>)	P
	Production totale des différentes espèces (<i>T</i>)	E, R
	Surface relative des différentes espèces (%)	E, R
	Coûts de production (<i>€/ha</i>)	P
	Part des différents postes de dépenses en valeur absolue (<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 (sans unité)	R

5.3.2.3. Evaluation du système agricole et exploration de scénarios par le modèle

Ce modèle a ensuite été utilisé pour évaluer les performances du système agricole dans une situation de référence définie en prenant en compte les surfaces des cultures déclarées en 2012 pour la mise en œuvre des mesures de Politique Agricole Commune et en considérant que la pluviométrie printanière demeurerait constamment moyenne. En comparant les résultats obtenus pour une exploitation-type équipée pour l’irrigation à une exploitation-type non-équipée pour l’irrigation (les rotations et assolements sont identiques dans les 2 cas alors que les itinéraires techniques diffèrent simplement par le recours à l’irrigation et au fongicide sur le blé dur), on observe que la marge brute n’augmente que de 5 % lorsque l’exploitation est

équipée pour l'irrigation. Ce résultat a été considéré comme très inattendu par les acteurs, qui l'ont longuement commenté lors de la restitution de ces résultats.

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



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

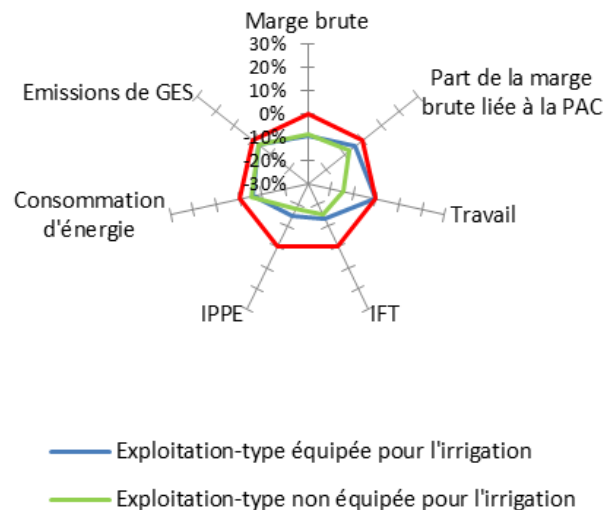


Figure 11 : comparaison des (A) moyennes et (B) grandes exploitations-type équipées et non équipées pour l'irrigation. Les résultats sont exprimés en pourcentage de variation par rapport à la moyenne de toutes les exploitations-type représentées dans le modèle. Les coefficients d'extrapolation régionaux ne sont pas pris en compte ici.

Dans un second temps, le modèle a été utilisé pour explorer l'évolution des performances sous deux scénarios. Ces scénarios avaient été construits à travers un travail de scénarisation du contexte réalisé lors d'ateliers (appendice n° 2) : sécheresses printanières tous les 4 ans; chute du prix du lavandin; augmentation des prix des fertilisants, du carburant et du gaz de distillation; intensification du dépérissement du lavandin; interdiction de la fertilisation minérale en automne). Les adaptations des exploitations-type à ces évolutions du contexte ont été imaginées et spécifiées au cours d'entretiens réalisés auprès de quelques agriculteurs. Sous cette évolution du contexte, selon les dires de ces agriculteurs, les exploitations spécialisées en lavandin augmenteraient leurs surfaces en lavandin alors que les exploitations non spécialisées en lavandin les diminueraient. Le simulateur informatique a permis d'explorer ce scénario fondé sur des stratégies opposées, et de calculer les valeurs des indicateurs correspondantes. Les résultats ont été présentés aux gestionnaires impliqués dans la démarche lors d'un atelier au cours duquel un scénario alternatif considérant que toutes les

exploitations augmenteraient leurs surfaces en lavandin a été suggéré par les acteurs. Ce scénario de spécialisation généralisée, considéré comme plus plausible par les participants, a été ensuite simulé et comparé au précédent.

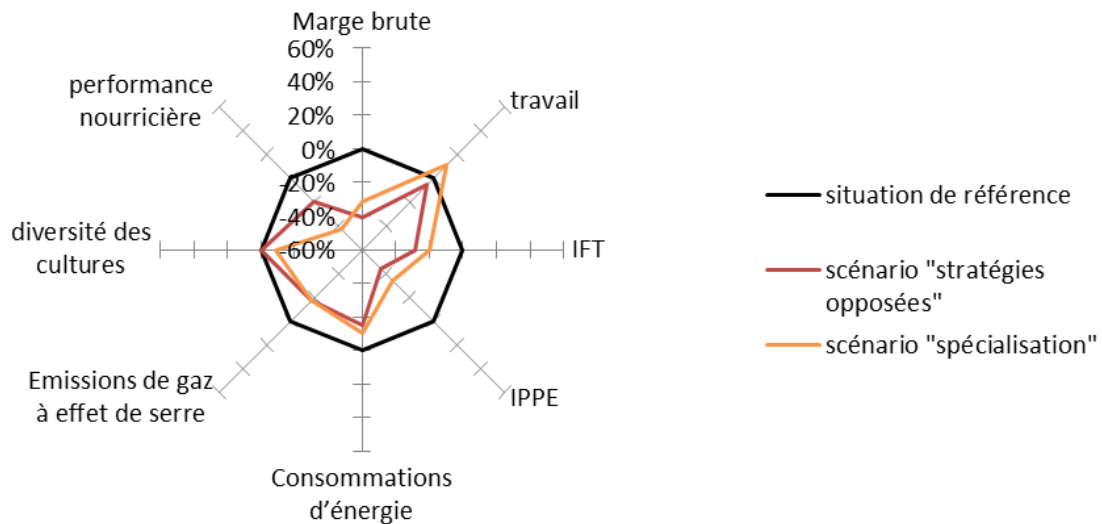


Figure 12 : évolution des performances A l'échelle de la région agricole

A l'échelle du plateau de Valensole, on peut voir que le scénario "stratégie de spécialisation" proposé par les gestionnaires semble plus performant en termes de marge brute à l'hectare des exploitations, mais que dans ce scénario, les performances environnementales sont légèrement moins bonnes (IFT, IPPE...). Ce scénario provoque aussi une diminution de plus de 40 % de la performance nourricière, alors que le scénario "stratégies opposées" des agriculteurs ne provoque qu'une diminution de 20 % de cet indicateur. Au-delà de la comparaison des valeurs d'indicateurs, ces résultats mettent en évidence des points de vue différents entre les gestionnaires et les agriculteurs sur les adaptations des exploitations subissant une évolution défavorable du contexte.

6. Résultats – 2^{ème} partie : analyse réflexive et généricité de l'approche

Comme il a été rappelé dans l'introduction, initialement aucune tâche spécifique n'était prévue pour analyser la démarche *in itinere* (que nous appelons par la suite analyse réflexive) et les effets de celle-ci, notamment au regard des ambitions affichées (voir chapitres 1 et 2). De plus, l'objectif appliqué était de proposer une démarche au caractère générique qui permette, dans d'autres contextes, d'accompagner les acteurs de territoires ruraux dans la

mise en œuvre de leurs réflexions concernant les évolutions à donner aux systèmes agricoles (y compris pour l'atténuation des impacts de l'agriculture sur le changement climatique). Apprécier ce degré de généralité obligeait également à adopter une posture d'analyse réflexive. C'est ce besoin qui nous a amené à orienter l'apport en sciences humaines dans le projet vers la sociologie (et au sein de celle-ci les courants de sociologie pragmatique ou sociologie compréhensive, se référant plus particulièrement à la sociologie des organisations).

6.1. Méthodologie

6.1.1. Cadres théoriques

L'apport de cette sociologie poursuivait un triple but : (1) opérer un suivi-évaluation de la démarche, chemin faisant, afin de « contrôler » (et éventuellement corriger, adapter) le processus participatif et la qualité des interactions entre chercheurs et acteurs et entre les acteurs eux-mêmes ; (2) apprécier, au regard des réactions des acteurs, l'atteinte ou non des objectifs poursuivis par le processus participatif et plus généralement par l'ensemble de la démarche ; et (3) être en mesure de dégager, à partir de deux études de cas, des enseignements méthodologiques à caractère générique pour une « transposabilité » de la démarche. Une telle posture critique est essentielle lorsque les objectifs sont à la fois de produire des connaissances sur les systèmes agricoles eux-mêmes et de proposer des options méthodologiques pour la bonne réalisation d'un processus participatif visant à stimuler la réflexion, l'apprentissage et la concertation entre les acteurs (ici les parties prenantes agricoles d'un territoire rural).

Nous avons utilisé l'approche de la Sociologie de la Traduction, aussi connue comme la théorie de « l'acteur réseau » (Akrich et al, 2006). Deux raisons nous ont conduit à choisir cette approche : d'un côté elle nous permet l'analyse empirique du processus de stabilisation et de déstabilisation du réseau socio-technique (ou réseau d'acteurs mobilisés autour de la résolution de problèmes mobilisé dans et autour du projet CLIMATAC), d'autre part elle est un outil pour guider nos actions vers la consolidation du réseau et la réussite du projet. Selon ce cadre théorique, la stabilisation du réseau socio-technique nécessite un processus réussi de « traduction ». Cela signifie qu'il faut parvenir à ce que des acteurs qui évoluent dans des « mondes » particuliers (scientifiques, agricoles, écologiques, politiques, etc.) puissent trouver l'équivalence avec des concepts qui émergent d'autres « mondes ». Nous avons ainsi analysé les différentes étapes proposées dans l'approche de l'acteur réseau : la problématisation, l'intéressement et l'enrôlement des parties prenantes et la mobilisation d'alliés. Une fois posée

et acceptée la problématique scientifique (chapitres 1 et 2), la recherche doit en effet s'articuler et composer, avec plus ou moins d'intensité, avec des intérêts et des domaines de validité (des connaissances) qui ne sont pas ou peu positionnés dans le registre scientifique : ceux-ci sont portés par des agents économiques, des institutions de développement, des acteurs locaux, des financeurs de la recherche etc... (notons qu'il peut falloir également composer et se coordonner avec d'autres groupes de recherche). Il s'agit alors d'arriver à des accords et pour cela de créer des processus de « traduction » entre acteurs appartenant à des mondes professionnels et/ou des domaines d'intérêt différents, et possédant un système de valeurs (on parle aussi de « grandeurs ») spécifiques. La réussite d'un tel dispositif de recherche dépend dès lors de la capacité à stabiliser des résultats intermédiaires ou finaux, qui suscitent l'accord de l'ensemble des partenaires impliqués ; en sachant qu'ils peuvent toujours être déstabilisés.

Nous avons également mobilisé le concept théorique « d'objets intermédiaires » (Vinck, 2007) ; ceux-ci exercent un rôle central dans la facilitation du processus de traduction. Les outils construits dans les différents ateliers (diagnostics, modèles conceptuels, modèles mathématiques, simulateurs informatiques, etc.) sont considérés comme des objets intermédiaires qui donnent à voir une représentation du territoire et de certains phénomènes et qui facilitent l'échange, la compréhension mutuelle et la réalisation des accords.

Nous avons mobilisé d'autres cadres théoriques pour analyser (i) les caractéristiques de la recherche participative menée dans CLIMATAC, avec une référence appuyée à la recherche-action (Cerf 2011) et (ii) évaluer les apprentissages des acteurs (Neef and Neubert 2011). Ceci a donné lieu à un stage de master (Le Merre 2014) et à un travail avec l'université de Wageningen en cours de publication.

6.1.2. Sources d'informations et de données

Pour analyser la dynamique d'acteurs au regard de ces cadres théoriques, nous avons : (1) mis en place de l'observation participante au cours des différents ateliers de travail avec les acteurs ; (2) réalisé des enquêtes auprès des chercheurs du projet et des partenaires des territoires ; et (3) organisé des réunions dites de « réflexivité » avec tous les membres de l'équipe de recherche.

Ainsi, les matériaux ayant servi de base au suivi-évaluation proviennent de cinq sources :

- Un carnet de bord, tel que préconisé par (Jones et al. 2009). Ce carnet de bord décrit sur une base hebdomadaire le processus, les relations avec les acteurs, les impressions sur leurs réactions et comportements, et tout autre élément ayant pu influencer le processus.
- Une grille d'enquête visant à mesurer le ressenti des acteurs par rapport à certaines étapes de la démarche (basée sur Patel et al. (2007), Jones et al. (2009) et Campo et al. (2010). Elle fut conçue par un stagiaire de master (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 été invités à lister par écrit les points forts et faibles de la démarche. Ce recueil d'impressions individuelles a été suivi d'une discussion collective ouverte sur les mêmes aspects.
- 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).
- Trois séances de travail appelées « réflexives » ont réuni l'ensemble des chercheurs impliqués pour une remise en perspective collective de l'état d'avancement du processus. En revisitant et en analysant le déroulement plusieurs mois après les faits, il a été possible de prendre du recul et de formuler quelques éléments d'explication ou d'interprétation a posteriori.

Nous présenterons les enseignements obtenus sur quatre aspects essentiels du processus : (1) la problématisation ; (2) la place et le rôle du modèle co-construit, des scénarios et des indicateurs ; (3) l'enrôlement, l'engagement et la participation des acteurs et (4) la prise en compte de l'enjeu d'atténuation du changement climatique. On s'intéresse ici au processus de « fabrication » des artefacts techniques (notamment les modèles) et des faits empiriques et scientifiques ; ceci pour comprendre comment leur validité ou leur efficacité sont établies et comment s'opère leur diffusion.

6.2. La problématisation

Dans la phase d'interactions avec les acteurs, on définira (adapté d'Orange, 2005) la problématisation comme la manière de penser et construire les relations entre problèmes et solutions (à considérer comme un champ des possibles) ; ceci incluant les hypothèses associées et débouchant sur un angle d'attaque a priori pertinent et fécond. La

problématisation est une manière de voir et de définir la réalité, qui s'appuie sur des argumentaires explicites.

Ainsi, la problématisation intervient dès les premiers stades d'une recherche, au moment où certains acteurs identifient les problèmes, proposent les objets ou phénomènes à observer et étudier, les connaissances à mobiliser, les articulations logiques à opérer, les solutions possibles et les approches pertinentes à adopter. Les acteurs relient également des contenus parfois hétérogènes et contradictoires, signalent des compétences à rassembler et identifient les groupes ou personnes à mobiliser sur ces problèmes. A chaque acteur correspond une problématisation, c'est à dire une intelligence de la situation ou façon de poser et tenter de résoudre le problème. Dans celle-ci il est souvent établi des liens avec d'autres acteurs qui sont porteurs d'autres formes de problématisation. Au-delà de l'identification et de la reconnaissance de ces différentes manières de poser problèmes et solutions, le travail des intervenants (chercheurs) consiste à établir des relations ; processus qui est appelé « traduction » (Callon 2001, Latour 1985) parce qu'il opère des ponts entre des registres distincts qu'il rapproche ou met en « équivalence ». Des domaines d'activités hétérogènes sont mis en relation et une voie de passage est proposée entre eux. La problématisation implique de tracer les frontières entre ce qui est un problème et ce qui ne l'est pas, entre les questions techniques et économiques, entre ce qui est connu (qui peut être appliqué) et ce qui ne l'est pas (qui nécessite plus de recherches).

Le travail de problématisation avec les acteurs est toujours un processus inachevé, sujet à révision. Nous avons indiqué en 5.1 comment, dans le projet CLIMATAC, on pouvait considérer une première problématisation, qui est celle proposée par les concepteurs du projet associés au financeur (ADEME). Cependant, celle-ci n'est pas exactement la même que celle qui sera in fine retenue et soutenue par les acteurs du territoire ; notamment concernant les aspects relatifs à l'atténuation du changement climatique (nous évoquerons ce point plus en détail dans la suite). Le chapitre 5.1.2 montre bien les étapes successives qui ont permis de construire une nouvelle problématique en sollicitant puis impliquant les acteurs volontaires : entretiens individuels ouverts avec une grande diversité de parties prenantes ; analyse des entretiens et repérage des éléments clés des discours (objets et phénomènes mentionnés, problèmes, enjeux, solutions possibles pour l'agriculture du plateau...) ; restitution auprès des acteurs et utilisation des éléments de discours pour proposer une première base de discussion, celle-ci permettant de construire collectivement une question à traiter et de définir le système

sur lequel la traiter. De cette phase importante du travail, on peut mettre en discussion et retenir les enseignements suivants :

Comment et pourquoi utiliser les matériaux collectés au cours de la phase d'enquête individuelle ? De nombreux travaux de recherche à caractère participatif se contentent de révéler les préoccupations, problèmes et enjeux d'un territoire à travers l'organisation de « focus groups » (Slocum et *al.*, 2006). Ici il a été pris le parti de procéder d'abord par expression individuelle (pour recueillir des points de vue personnels enregistrables et également par impossibilité de pouvoir provoquer des réunions collectives du fait de la non-connaissance a priori du terrain et des acteurs), avant de réunir les parties prenantes en ateliers de travail. Dans un tel cas de figure, la masse de matériel récolté peut s'avérer considérable et le traitement de cette information devient une importante question de méthode. La transcription des discours et la réalisation de cartes cognitives ont ainsi représenté une tâche relativement chronophage. Toutefois, ce travail systématique de transcription et de formalisation a (i) très grandement facilité la réalisation de la phase d'élaboration du modèle conceptuel avec les acteurs et (ii) contribué à engager certains acteurs dans la démarche parce qu'ils appréciaient le fait de retrouver leurs idées et opinions d'une phase d'interaction avec les chercheurs à une autre (d'autant plus du fait de la validation individuelle de ces cartes). On peut toutefois faire des propositions pour réduire la durée de cette phase (i) ne pas opérer de formalisation sous forme de carte cognitive (travail le plus chronophage) et enclencher la phase de construction du modèle conceptuel à partir du repérage des échelles, entités et relations entre objets et (ii) automatiser la transcription et peut-être également l'analyse du discours. Par contre, construire directement le modèle conceptuel, puis le modèle informatique à partir des cartes cognitives sans revenir devant les acteurs, n'est jamais apparu comme une option possible car cela aurait trop distendu la relation aux acteurs.

Nous verrons dans la suite que pour la construction du modèle informatisé, peu de divergences ont été rencontrées au sein du groupe d'acteurs participants. Ces relatifs consensus peuvent être imputés au fait que la phase de problématisation telle qu'elle avait été menée avait permis, dès l'origine du processus, d'opérer des accords relativement stables en éliminant des sources de conflits possibles. Cette phase est donc capitale.

On retiendra également que le changement climatique n'est pas considéré par les acteurs. A ce stade de la démarche, pour respecter les principes de la participation et ne pas courir le risque de désengagement d'acteurs, il est maintenu à la périphérie de l'étude ; nous

verrons plus loin (chapitre 6.5) comment il a été possible, plus tard, de lui faire jouer un rôle plus important.

6.3. Le processus de modélisation et le modèle co-construit

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 nature et la qualité du processus de construction (évaluation « by construct ») (Schreinemachers and Berger 2011). Ici ce qui va nous intéresser est le processus de co-construction et le rôle que le modèle a joué en tant qu'objet intermédiaire (artefact) ; cela ne nous empêchera pas d'examiner en quoi cela a pu limiter la qualité intrinsèque du modèle pour la production de résultats fiables et utilisables pour l'action.

6.3.1. Une volonté affirmée de co-construction qui conduit à l'élaboration d'un véritable objet intermédiaire

Dans le cas de CLIMATAC, la réussite du processus de co-construction et d'usage partagé du modèle a reposé sur plusieurs facteurs. Nous ne reviendrons pas sur les étapes antérieures ayant permis d'aboutir à un premier modèle conceptuel, nous avons déjà montré en quoi la démarche mise en œuvre a permis de conduire à un accord robuste entre les parties prenantes et une stabilisation d'un premier artefact.

Ce modèle conceptuel est le point de départ de la co-construction du modèle stylisé du territoire agricole (modèle spatial intégrant la typologie des exploitations agricoles, voir chapitre 5.3.2) et de sa transcription informatique. Cela s'est opéré dans un aller-retour permanent entre le laboratoire et le terrain (figures 3 et 14) où chaque avancée (par exemple la délimitation des zones pédologiques, le choix de la typologie d'exploitations agricoles) est soumise à propositions, appréciations et à la discussion des acteurs.

Cette co-construction n'a pas empêché l'examen de données « extérieures » au groupe de travail lorsque celles-ci étaient disponibles (déclarations PAC des agriculteurs, carte pédologique, diagnostic agronomique régional, etc), mais les résultats ont toujours été soumis et confrontés aux perceptions et connaissances des acteurs. Il en a été de même pour la construction des scénarios à évaluer et pour le choix des indicateurs de l'évaluation.

Cette constance (fidélité) dans la conduite du processus participatif, depuis l'aide à la formulation de la question jusqu'à l'évaluation de scénarios, permet de dégager les enseignements suivants :

(1) la représentation très stylisée du plateau de Valensole et la nécessité d'opérer des simplifications n'ont jamais constitué un obstacle dans les interactions chercheurs-acteurs.

(2) la continuité dans la forme et le contenu de la représentation et l'absence de modifications brusques de ceux-ci (sans que cela soit demandé par les acteurs) a permis une remobilisation aisée des acteurs malgré des temps parfois longs (plusieurs mois) entre deux ateliers (le travail reprenait là où les acteurs l'avait laissé et ils pouvaient le considérer comme également « leur » travail).

(3) une co-construction ainsi faite peut être vue comme un processus de confrontation des connaissances des acteurs (notamment résultant d'expériences personnelles) et d'informations provenant du monde « extérieur ». Pour les chercheurs, cela permet de réduire les incertitudes liées à chacun des deux sources d'informations (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 auprès des acteurs a permis de pallier à certaines de ces imprécisions. A l'inverse, on a vu comment l'examen de la carte pédologique des sols a permis de finaliser des discussions plutôt contradictoires entre acteurs concernant les propriétés des sols vis-à-vis de l'eau. Il y a donc à la fois extraction de connaissances et production de connaissances nouvelles.

Finalement ce fort degré de participation des acteurs pour une démarche s'appuyant sur les savoirs et les attentes des acteurs, a permis aussi une bonne compréhension du modèle par les acteurs, et a favorisé son appropriation et celle de ses résultats (Leenhardt et al. 2012). A ce titre on peut donc prétendre que le modèle ici co-construit a constitué un objet intermédiaire efficace.

6.3.2. Mais avec au final un modèle simpliste ?

Le niveau de complexité³ d'un modèle (visant un objectif de stimulation de la réflexion collective et de la concertation entre acteurs) doit être le résultat d'un compromis entre l'intérêt et la fiabilité des résultats qu'il permet d'obtenir et la capacité des acteurs, si ce n'est à l'utiliser, du moins à le comprendre (Becu et al. 2008, Renger et al. 2008, Jones et al. 2009). Un haut degré de complexité du modèle n'est ainsi pas forcément nécessaire ni souhaitable (Siebenhüner and Barth 2005, Renger et al. 2008).

³ 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)

Au cours du processus de co-construction du modèle à Valensole, le degré de complexité des différents compartiments du modèle a été déterminé avec les acteurs et contraint par les connaissances et données disponibles. De plus, un niveau de complexité élevé d'un compartiment n'est pas nécessaire si les autres compartiments sont représentés avec un niveau de détail plus faible, car on n'obtiendrait pas pour autant des résultats de meilleure qualité.

Le modèle co-construit à Valensole a représenté de ce point de vue un bon équilibre dans la mesure où (i) les acteurs ont pu maintenir un bon niveau de compréhension et de maîtrise du modèle ; (ii) les résultats obtenus n'allaient pour autant pas toujours de soi (triviaux) et offraient des occasions pour des discussions stimulantes ; et (iii) il était possible de corriger assez vite les imperfections résultant de désaccords de la part des acteurs lors de l'étape de validation.

Deux aspects méritent d'être mentionnés pour illustrer cette question d'une simplification qui pourrait paraître à première vue abusive :

- La représentation des exploitations agricoles sous forme de deux types seulement (dans les faits trois types, mais un des types - les exploitations non-professionnelles - a été exclu du travail) peut paraître simpliste. Cela pourrait refléter l'incapacité des acteurs à spécifier des différences notables de conduite technique et de performances des cultures entre exploitations et on pourrait attribuer cela à une méconnaissance des systèmes de production. Cependant on peut aussi raisonnablement penser que, en se concentrant sur les exploitations de grandes cultures du plateau uniquement, il existe, également du fait de la proximité géographique et d'une taille relativement réduite du territoire, une relative homogénéité des modes de conduite, homogénéité que les données « externes » disponibles n'ont pas permis de contredire. On peut donc considérer ce choix comme suffisant pour une première approche.

- Il en va de même pour l'absence de prise en compte de modifications des itinéraires techniques sous le scénario d'une extension de l'irrigation des parcelles sur le plateau. Une première contestation (de la part des acteurs) de cet excès de simplicité s'est vite retrouvée contredite par la constatation qu'effectivement, dans le périmètre irrigué actuel, les agriculteurs avaient peu modifié leurs façons de faire lorsque l'eau avait été mise à disposition. Cela a d'ailleurs entraîné une vive discussion sur la nécessité, dans le plan d'extension actuel, d'accompagner plus fortement les agriculteurs, afin que cela ne se répète pas. On voit là que le rôle d'un modèle peut être aussi de rappeler des choses (des évidences) qui, n'étant pas optimales ou souhaitables, sont parfois oubliées ou minimisées par les acteurs.

On doit toutefois s'interroger sur les limites de ce choix de forte prise en compte des connaissances des acteurs, notamment au regard du modèle agronomique développé. Si la démarche a toujours cherché à opérer des triangulations entre données et connaissances provenant des acteurs et données et connaissances provenant du laboratoire ; ces dernières concernaient surtout des données locales. Il pourrait y avoir intérêt, toujours dans l'objectif de prendre du recul sur des ponts de vue divergents, à plus mobiliser (sous couvert d'efforts de contextualisation), les savoirs agronomiques disponibles dans différentes formes de littérature et pouvant concerner sur des thématiques analogues (ex : les effets d'une suppression de la fertilisation d'automne sur le blé dur, ou encore ceux d'une fréquence élevée de retour du pois sur la même parcelle) d'autres régions françaises, par exemple. Si cela est envisageable, cela questionne aussi la faisabilité de mise en œuvre de la démarche dans des situations de développement (temps court d'intervention) et face à une multitude d'espèces végétales et animales et de thématiques à aborder (mobilisation d'une expertise très large).

6.3.3. Scénarios et indicateurs : positionnement dans la construction du modèle

Si le modèle est un objet intermédiaire central pour s'accorder sur une représentation partagée du territoire agricole, celui-ci ne peut être utilisé à des fins d'évaluation qu'accompagné de deux autres composantes essentielles : les critères et indicateurs d'évaluation et les (nouvelles) situations agricoles que l'on souhaite explorer (les scénarios). Une question de méthode mérite alors d'être évoquée : comment combiner dans le temps construction du modèle, identification des critères et indicateurs et construction de scénarios afin notamment d'optimiser les nécessaires allers-retours entre ces tâches ? En Camargue comme à Valensole cela s'est opéré par tâtonnements successifs et d'une manière quelque peu expérimentale ; l'analyse réflexive et l'approfondissement des observations effectuées en séances et lors des débriefings post ateliers ont joué un rôle majeur et permettent de tirer les enseignements qui suivent.

Il y a beaucoup à gagner à utiliser l'étape de diagnostic initial (entretiens individuels) pour repérer dans les discours comment les acteurs évoquent les performances des systèmes agricoles. Il est même envisageable de questionner spécifiquement les acteurs à ce sujet (cette approche avait été particulièrement mise en œuvre sur le terrain Camargue). Cela permet de mettre en évidence des critères (plus rarement des indicateurs) et les échelles correspondantes. Par la suite, cela permet de proposer, en atelier collectif, une première batterie de critères/indicateurs provenant des expressions des acteurs, ce qui n'exclue nullement d'en proposer d'autres en lien avec, par exemple, des attentes sociétales dépassant l'échelle du

territoire. Il est également souhaitable de réfléchir collectivement assez tôt dans la démarche ces critères et indicateurs, de manière à ce que la première ébauche ne soit pas conditionnée par ce que le modèle peut faire, ni par les données disponibles ou les scénarios à évaluer. Cette expression libre permet de confronter et d'échanger sur différentes conceptions de la durabilité. Par la suite, les indicateurs effectivement retenus s'imposent de fait aux participants et aux chercheurs compte tenu des avancées effectuées dans la construction du modèle et des scénarios, et par les données disponibles. A titre d'exemple, le fait de bâtir un modèle non spatialement explicite (pas d'effets de voisinage ou d'effets de la structure et des agencements spatiaux des entités parcellaires et de leurs bordures), justifie de ne pas retenir finalement d'indicateurs de mosaïque paysagère. Dans les faits, il apparaît idéal d'être en mesure de constamment présenter en parallèle aux acteurs l'état d'avancement (même provisoire) des trois tâches que sont la construction du modèle, les scénarios que l'on veut explorer et les performances que l'on veut évaluer, ceci afin d'effectuer les meilleurs choix en pleine connaissance de ces interactions. Par ailleurs, les données disponibles ne sont pas connues *a priori* ; la plupart sont entre les mains des acteurs-gestionnaires qui doivent décider de les mettre ou non à disposition. Placer les acteurs face aux conséquences de telle ou telle position peut être un moyen de stimuler les échanges de données : le modèle sera *in fine* ce que chacun veut bien y mettre.

Concernant les scénarios, il est également fort utile de mener assez tôt, en parallèle du début de la construction du modèle, des séances de réflexions sur les déterminants des changements et ceux qui paraissent les plus à même d'être retenus pour l'exploration et pour leur évaluation par le modèle. Cela permet (i) de créer une certaine variété des « exercices » réalisés lors de la tenue des ateliers de travail et (ii) de développer, dès la conception du modèle, et lorsque cela est possible, certaines fonctionnalités (par exemple, essayer de modéliser des interactions spatiales entre parcelles portant des cultures différentes, au cas où les acteurs souhaitent vivement explorer des scénarios de ré-allocation spatiale des cultures). De la même manière, repérer assez tôt les adaptations des systèmes agricoles que les acteurs souhaitent examiner, en réponse aux déterminants de changements, permet d'orienter la recherche des données nécessaires. Notons qu'en Camargue comme à Valensole, les déterminants de changements et leur hiérarchie sont identifiés avec les acteurs-gestionnaires (certains pouvant être agriculteurs aussi), alors que les adaptations sont plutôt obtenues par questionnement d'agriculteurs (par enquête individuelle directe à Valensole et par organisation d'un jeu de rôle informatisé en Camargue, dans la thèse de S. Delmotte).

Malgré la forte prise en compte des savoirs/connaissances et attentes des acteurs dans la construction de l'outil et son rôle effectif et réel en tant qu'objet intermédiaire, on peut toutefois s'interroger sur un point essentiel : cela a-t-il contribué à renforcer l'engagement des acteurs, notamment en la jugeant par la participation aux ateliers de travail ?

6.4. L'enrôlement des acteurs, les degrés d'engagement, les acteurs manquants et les effets sur les décisions d'orientation de la démarche.

L'analyse de l'intéressement et de l'intérêt des acteurs (dans et pour le projet CLIMATAC) est très riche en enseignements. Elle nous permet de voir les allers-retours dans l'intéressement et l'engagement (se compromettre, prendre un rôle dans le dispositif) aussi bien pour les chercheurs que pour les partenaires du territoire. A ce titre, le suivi de la participation des acteurs aux différentes séances de travail collectif est très révélateur. Au-delà des notions d'intéressement et d'engagement, on peut considérer qu'il s'agit d'être en mesure de mobiliser des alliés (personnes ou institutions sur lesquelles on peut compter); cela signifie que les partenaires se mobilisent régulièrement comme porte-paroles d'institutions, d'organisations ou de groupes moins constitués. Grâce à cette grille d'analyse, nous avons pu mener une réflexion sur les acteurs « manquants », en particulier les représentants d'enjeux ou de domaines d'activités non portés par les partenaires « fidélisés » (par exemple, l'enjeu de l'atténuation du changement climatique, ou encore les pratiquants d'activités d'élevage ou d'apiculture dans le cas du plateau de Valensole). Bien que l'on ne travaille jamais avec « tout le territoire », il n'en demeure pas moins que l'on doit tenter d'enrôler des porte-paroles ou des représentants de ces enjeux et types d'activités. Il est important que la mobilisation d'alliés qui émerge autour du projet reflète de la meilleure manière possible la réalité et la complexité du territoire. Nous nous posons aussi la question de savoir si les représentants (ou porte-paroles) représentent vraiment le point de vue des représentés, et en particulier celui des agriculteurs.

6.4.1. Choix et sélection des acteurs participants à la démarche

Dans le cas de la démarche mise en œuvre sur le plateau de Valensole, on peut distinguer 4 étapes clés de mobilisation des acteurs, la première qui a amené à sélectionner/rencontrer 24 acteurs pour des interviews individuels concernant leurs missions, représentations et connaissances des questions agricoles du plateau de Valensole. La seconde correspond à celle où un nombre réduits d'entretiens a fait l'objet d'une formalisation sous forme de cartes cognitives 11), lesquelles leurs ont été restituées à des fins de validation et/ou

de corrections. La troisième étape est celle où un nombre réduit d'acteurs (eu égard au nombre d'invités qui correspondait à la totalité des personnes interviewées initialement et pas seulement à ceux dont l'interview avait fait l'objet de formalisation sous forme de cartes cognitives) a répondu présent aux premières séances de restitutions (diagnostic agronomique, identification des enjeux) et d'exploration de la question partagée, et enfin le pool d'acteurs fidèles (considérés comme faisant partie du groupe de travail permanent) qui ont fortement contribué à la construction du modèle et l'élaboration des scénarios.

Si tous les acteurs (24) ayant été interviewés au cours de la réalisation du diagnostic initial ont été invités aux séances de travail visant à formaliser la question et élaborer le modèle conceptuel, un nombre plus restreint d'acteurs (11) a fait l'objet d'une attention plus soutenue, puisque l'interaction avec eux a donné lieu à l'élaboration de cartes cognitives. Cinq principaux critères ont été pris en compte pour la sélection de ces acteurs :

- 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 points de vue sur le système agricole, afin que ces différents points de vue puissent être confrontés, comparés, et pris en compte dans la démarche.
- Les leviers d'actions des acteurs pour l'amélioration de la durabilité du système agricole ont aussi été pris en compte, afin de maximiser les chances que la démarche soit suivie d'effets sur cette durabilité. Nous avons ainsi 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.
- Enfin, nous avons pris en compte la légitimité des différents acteurs. Certains acteurs ont ainsi été engagés parce qu'ils étaient centraux pour garantir

l'engagement d'autres acteurs dans la démarche, car leur seule participation pouvait accroître la confiance ou l'intérêt des autres acteurs envers la démarche.

Au total ce sont 34 agriculteurs et 38 « gestionnaires » (certains pouvant appartenir à la même institution) qui ont été sollicités ou ont participé à un moment ou à un autre (4 sont à la fois agriculteur et gestionnaire). Les gestionnaires sont des « décideurs » qui occupent une fonction de responsabilité au sein d'un organisme de développement (agricole), d'accompagnement d'agriculteurs ou de gestion de collectivités locales⁴ ; ils peuvent intervenir dans le champ économique, social, ou technique. Par la suite nous considérerons comme acteur-participant uniquement les personnes qui ont contribué/aidé à prendre des décisions au cours de la mise en œuvre de la démarche (formulation de la question, construction du modèle conceptuel, identification des limites du système à étudier, construction du modèle et élaboration des scénarios). Les autres personnes ont plutôt été des fournisseurs de données mais n'ont pas délibérément pesé dans les choix. 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. Des interactions à la fois individuelles (entretiens) et collectives (ateliers) avec les acteurs ont jalonné la mise en œuvre de la démarche (Figure 13). 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.

⁴ A l'exception de la société du canal de Provence, aucun acteur intervenant à un niveau "supérieur" au département n'a été partie prenante de l'étude, même si certains ont pu être rencontrés occasionnellement.

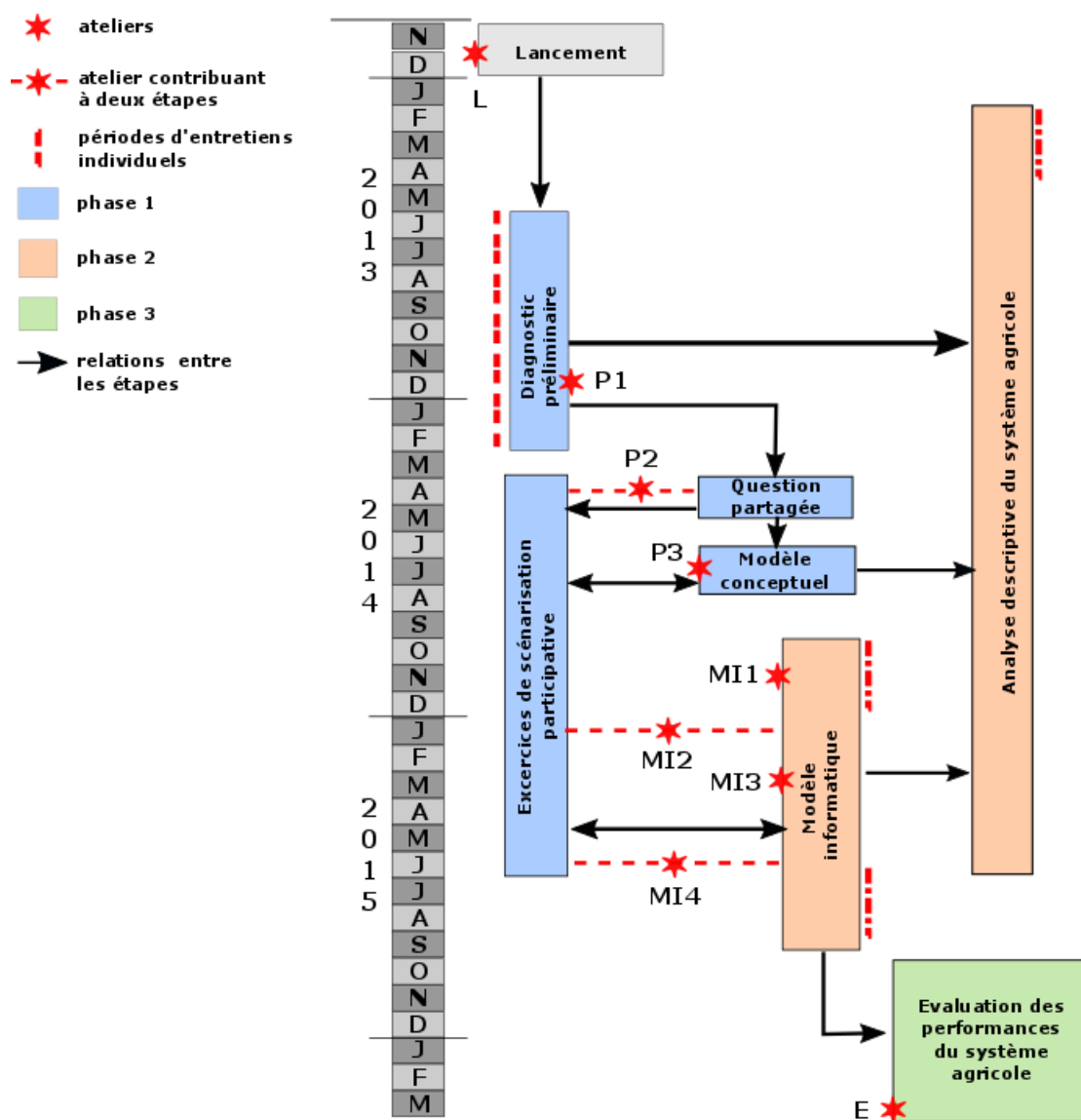


Figure 13. Chronogramme de la démarche mise en œuvre à Valensole. « P » fait référence à des ateliers ayant eu lieu lors de la phase de formulation du problème, « MI » à des ateliers ayant eu lieu lors de la phase de co-construction du modèle informatique, et « E » à des ateliers ayant eu lieu lors de la phase d'évaluation des performances du système agricole.

6.4.2. Suivi de la participation des différents acteurs

6.4.2.1. Une variabilité importante de la participation lors des ateliers

Le Tableau 4 montre le détail de la participation des acteurs à chaque atelier de la démarche. Chaque atelier a impliqué une participation moyenne de six acteurs, ce nombre allant de 3 (atelier 7) à 12 (atelier 2).

Au total 22 acteurs ont participé à au moins un atelier. Cependant les acteurs se sont impliqués à des degrés variables.

Si on se focalise uniquement sur les 24 acteurs ayant fait l'objet d'un entretien individuel (entretiens semi-directifs), on voit que onze (11) n'ont participé à aucun atelier ; parmi ceux-ci on repèrera les acteurs en lien avec les activités d'élevage et l'apiculture ; d'autres n'ont pas participé car ils étaient plusieurs de la même institution à avoir été interviewés et ils n'ont alors envoyé par la suite qu'un seul de leur représentant. Sur ce même total de 24 acteurs interviewés, cinq (5) personnes n'ont participé qu'à un seul atelier (GE1, GE3, GA11, GT11 et GT1) et huit (8) à plus d'un atelier. Les personnes n'ayant participé qu'à un seul atelier 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 ; dans deux cas toutefois (GT11 et GA11), il s'agit de personnes qui ont été remplacées par un autre représentant de leur institution. Deux autres personnes (GT6, GA13), non interviewées, ont participé de manière ponctuelle (une seule fois), en remplacement d'un acteur interviewé de la même institution. On remarquera (tableau 4) une forte participation des acteurs en liens étroits avec les questions agricoles (filières PAPAM et céréales ou problématiques agricoles transversales) et une moindre participation des acteurs en lien avec le territoire dans ses multiples dimensions. Nous reviendrons plus loin sur l'absence des éleveurs et apiculteurs.

Cinq acteurs (GA12, GA2, GT5, GA1, GT12) ont quant à eux participé à au moins la moitié des ateliers, et peuvent être considérés comme le « noyau dur » des participants. Ils représentent cinq institutions différentes : l'accompagnement technique des plantes à parfum, la chambre d'agriculture (04), le parc naturel régional du Verdon, la société du canal de Provence et l'agriculture biologique (04). Il convient de rajouter l'acteur GE5-F (coopérative de collecte des céréales et agro-fouritures) qui s'il n'a participé qu'à trois reprises a été présent tout au long de la démarche (au début, au milieu et à la fin) avec des prises de paroles importantes au cours de ces ateliers (en qualité de président, il est également agriculteur). Certains de ces acteurs, comme GA12, ont rejoint la démarche après le diagnostic initial. GA12 a en effet participé à l'atelier 2 en remplacement de GA11, puis ce remplacement s'est prolongé dans le temps. Trois de ces six acteurs ont une activité professionnelle liée à l'agriculture et l'agronomie (GA12, GA2, GA1 et GE5-F) et deux une approche plutôt territoriale (GT5, GT12). Les aspects économiques et de marchés ne sont représentés que par GE5-F. Aucun de ces acteurs n'a une approche spécifiquement centrée sur le blé dur ou les autres grandes cultures annuelles, 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.

6.4.2.2. Conséquences sur la conduite des ateliers

Si la participation en nombre a été variable d'un atelier à l'autre, le groupe d'acteurs participants a également parfois totalement changé entre deux ateliers successifs (ateliers 4 et 5 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.

Cette faible constance dans la participation d'un atelier à l'autre a finalement permis d'équilibrer l'expression des différents types d'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 4 par exemple). Des déséquilibres 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 ces acteurs influents (associé parfois à 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). Par ailleurs, les effectifs relativement réduits des participants à certains ateliers ont permis une réflexion collective basée sur l'expression et l'écoute de chacun, en permettant un temps de parole et une expression plus libre de chaque participant.

Tableau 1. Suivi des participants à la démarche. Chaque participant est identifié par un code (en gras : les acteurs ayant aussi participé à la co-construction des cartes cognitives. 'plantés à Parfum, aromatiques et médicinales)

acteur ayant une approche plutôt...		Formulation du problème				Construction du modèle informatique				Atelier 8 (évaluation du système agricole)
		Entretiens semi-directifs	Atelier 1 (restitution du diagnostic)	Atelier 2 (question partagée + exercice prospectif 2)	Atelier 3 (modèle conceptuel)	Atelier 4	Atelier 5 (modèle + scénarisation)	Atelier 6	Atelier 7 (modèle + scénarisation)	
centrée sur le système agricole	lavandin et PAPAM ¹	GE1, GE2, GE3, GE4, GA11	<i>GE4</i>	<i>GE4, GA12</i>	GA12	GE1, GE3,	<i>GE4, GA12</i>	GA12	<i>GA11</i>	GA12
	blé dur, céréales, oléo-protéagineux	GE5-F¹, GA10	<i>GA13</i>	<i>GE5-F¹, GA10</i>		GA10	<i>GE5-F¹</i>			<i>GE5-F¹</i>
	élevage	<i>GA9, GA15-F</i>								
	apiculture	GA14-F								
	approche transversale à plusieurs systèmes de culture	GA2, GT2, GA3, GT3, GT4, GT9, GT5, GA1	<i>GA2, GT2, GT5, F2</i>	<i>GA2, GT2, GT5, F2, GA4, GA8</i>	GA2, GT2, GT5, GA1, GA4	GA2, GT5	<i>GT9, GA1, F2, GA4, F1</i>	GA2, GA2	<i>GA2, GT9</i>	GA2, GA1, GT6
	territoriale	GT10, GT11, GT14, GT8, GT7, GT1	<i>GT11, GT1</i>	<i>GT12, GT13-F¹</i>		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)

6.4.2.3. Une représentation inégale des différents enjeux du système agricole, reflet des acteurs présents et des acteurs manquants.

Les enjeux et composantes du système agricole pris en compte ou pas dans le modèle sont le reflet de la participation décrite précédemment. En effet, les groupes de participants et leur évolution entre le diagnostic préliminaire et la phase de co-construction du modèle, ont orienté la prise en compte de ceux-ci et donc la définition et délimitation du système à étudier. 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 15.

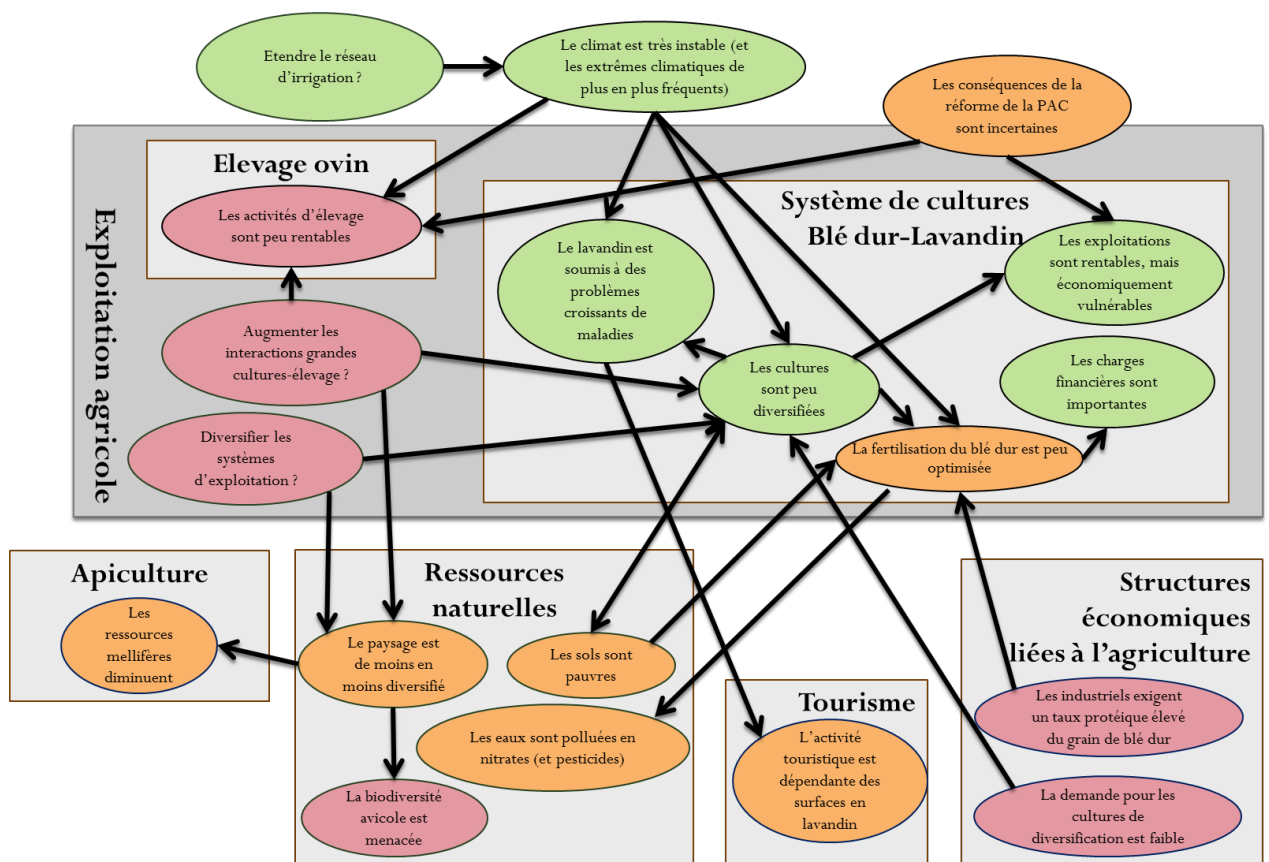


Figure 14. Prise en compte des enjeux identifiés lors du diagnostic préliminaire dans le modèle. En vert les éléments pris en compte, en orange les éléments partiellement pris en compte, en rouge les éléments pas du tout pris en compte.

Le système de production blé dur / lavandin est prédominant sur le territoire (il occupe environ 70 % de la surface agricole du plateau) et ces productions sont source d'enjeux économiques (et environnementaux) importants ; les acteurs techniques et économiques concernés par ce système sont nombreux. Il n'est donc pas étonnant (i) qu'ils se soient sentis

curieux et concernés par l'arrivée d'un groupe de chercheurs en agriculture sur le territoire de Valensole et (ii) qu'ils aient été nombreux à participer. Les activités d'élevage du plateau de Valensole sont considérées comme secondaires et résiduelles (d'un passé plus florissant dans ce domaine) ; elles ne représentent qu'une faible part des activités d'élevage du département, principalement localisées dans les zones préalpines. Les acteurs concernés par les activités d'élevage interviennent donc à des échelles beaucoup plus larges que le plateau de Valensole, ce qui a généré des limites à leur identification mais aussi réduit leur intérêt pour un engagement (limité au seul territoire de Valensole). 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.

Cette caractéristique des apiculteurs est à rapprocher des éleveurs ovins qui pour la plupart pratiquent également la transhumance estivale. Autrement dit, il existe une réelle difficulté à intégrer les activités « nomades » qui ne s'identifient pas à un territoire spécifique et dont les agents se considèrent d'ici et d'ailleurs. C'est la référence à un territoire borné (trop limité ?) qui est ici questionnée mais également le choix initial de sélectionner les participants sur la base (voir chapitre 6.4.1) d'un haut degré de concernement pour le plateau de Valensole, d'une bonne connaissance des questions agricoles de ce territoire, de la possibilité d'actionner des leviers et enfin d'être légitime (certains ne se considèrent pas comme légitimes).

La difficulté d'engager ces types d'acteurs menant des activités agricoles moins en vue 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 concertation et de modélisation dans un contexte où nous avons initialement peu de connaissances sur le système agricole et pas 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.

6.5. La prise en compte de changements globaux : la question du changement climatique et de son atténuation

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. Cette problématique rejoint d'une certaine manière celle des acteurs manquants évoqués précédemment : le changement climatique et la nécessité d'agir n'étant porté par aucun acteur. Nous avons déjà évoqué au début de ce rapport la différence de positionnement de cette problématique dans les deux terrains Camargue et Valensole ; différence de positionnement à la fois pour ce qui est de la place de l'enjeu dans les préoccupations et centres d'intérêt des acteurs (même si en Camargue, par exemple, cet intérêt s'inscrit dans des stratégies socio-politiques) et différence du point de vue des acteurs présents dans les ateliers de travail puisque (i) l'animateur du PCET du pays d'Arles faisait partie des acteurs engagés en Camargue et (ii) nous avons participé à des échanges et séances de travail dans le cadre de la mise en œuvre du PCET (diagnostic et propositions d'actions pour le secteur agricole). Dans ce rapport, nous nous focaliserons principalement sur le plateau de Valensole, afin d'évoquer comment nous avons traité la question dans le cas où intérêts et acteurs ne sont pas présents (au départ).

6.5.1. Des enjeux non prioritaires pour les acteurs

Le diagnostic initial (chapitre 5.1.2 et figure 4) du plateau de Valensole a mis en évidence un sentiment de préoccupation 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 diagnostics et élaboration de 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 et l'agriculture y est abordée de manière très globale, 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 conflit avec la nécessité de répondre à d'autres problèmes et

exigences immédiats ou de court terme, et rencontrent les difficultés des acteurs à se projeter dans des horizons temporels aussi lointains (Boschetti et al. 2016) ; (ii) le changement climatique lui-même et ses effets sont emprunts d'incertitudes très élevées, limitant la prise de conscience de la nécessité d'agir maintenant ; (iii) les agriculteurs sont excédés d'être incriminés de nombreux maux en matière de l'impacts sur les ressources et sur l'environnement ; la question climatique et l'impact des activités agricoles sur le changement climatique viennent alors se surajouter à un sentiment général de culpabilisation ; (iv) la globalité du phénomène limite la responsabilisation des acteurs à l'échelle des territoires (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).

6.5.2. Le choix d'une posture engagée pour la prise en compte de cet enjeu

Face à l'intérêt limité des acteurs pour cet enjeu, deux postures ont été envisagées :

- La première consiste à maintenir la neutralité des chercheurs 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 à la prise en compte des enjeux portés par les acteurs participants uniquement.

- D'autres 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 enjeux⁵. Cette posture nous a semblé pertinente pour prendre en compte les enjeux d'atténuation du changement climatique dans la démarche, et nous avons donc décidé de la

⁵ "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).

tester. Deux stratégies ont été envisagées : (i) identifier et impliquer un acteur porteur de ces enjeux ; (ii) intervenir nous-mêmes en tant que porteurs de ces enjeux.

6.5.2.1. 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 initial, 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 d'antenne régionale d'un organisme à vocation nationale ont ainsi été sollicités dès la phase de formulation du problème. Ces derniers se sont montrés peu réceptifs à notre sollicitation, en raison notamment (nonobstant le manque de temps) de la faible étendue de la zone d'étude au regard de leur échelle d'action.

Engager un expert du changement climatique (scientifique) ou recourir à un « grand témoin » qui aurait pu montrer comment, dans un autre contexte, de telles considérations ont été prises en compte dans la conception de nouveaux systèmes agricoles, a alors été exploré. Dans les deux cas de figure, l'introduction d'un nouvel acteur extérieur à la démarche, qui plus est en cours de processus, a été jugé comme trop potentiellement perturbatrice de la dynamique collective déjà constituée.

6.5.2.2. Faire porter cet enjeu par le collectif des chercheurs et/ou par un chercheur-participant ?

C'est l'option qui fut finalement retenue, mais uniquement à des fins de test. A certains ateliers (P2 par exemple, à Valensole), un chercheur porteur de cet enjeu (en l'occurrence, le responsable du projet) fut identifié et son rôle explicité auprès des acteurs participants. Il abandonnait alors son statut de facilitateur ou d'observateur pour devenir un acteur-participant parlant au nom de l'atténuation du changement climatique. En Camargue, où l'acteur porteur de cet enjeu (responsable de la mise en œuvre du PCET) était présent ce type d'option a été très utilisée, pour « faire parler » l'agriculture biologique assez présente dans le territoire Camarguais (mais non soutenue officiellement par le courant agricole majoritaire) ; un chercheur expert des systèmes agricoles locaux a constamment joué le rôle de participant, attirant l'attention des autres acteurs sur les questions environnementales et plus précisément sur le développement de l'AB (cela fut possible parce qu'il existait un fort degré d'inter-connaissance – mais aussi une relation d'égalité et de respect mutuel malgré des opinions parfois divergentes – entre l'expert et le représentant des agriculteurs).

A Valensole, en dehors de l'atelier P2, l'endossement du rôle par un chercheur a souvent été plus ténu : l'enjeu était simplement rappelé et évoqué par le facilitateur (en mentionnant notamment les attendus du projet financé CLIMATAC) en début de réunion. En effet, l'introduction d'enjeux « exogènes » (de type changements globaux) par les chercheurs pose la question de son positionnement temporel dans le déroulement de la démarche. Evoquer de tels enjeux dès le début de sa mise en œuvre présente le risque de freiner l'engagement des acteurs et de rendre difficile l'instauration d'une relation de confiance réciproque. Ainsi, à Valensole, l'introduction de l'enjeu n'est intervenue qu'au moment de la co-construction du modèle informatique, à travers les exercices de scénarisation et le choix des indicateurs d'évaluation.

6.5.3. Les indicateurs et les scénarios pour stimuler la prise en compte du changement climatique

Si l'enjeu d'atténuation du changement climatique n'avait pas été mentionné explicitement et spontanément par les acteurs du territoire, il est en lien avec d'autres enjeux faisant l'objet de préoccupations actuelles et locales. Il s'agit notamment des questions : (i) d'adaptation au changement climatique ressenti sur le territoire (Valensole comme Camargue) sous la forme d'une augmentation de fréquence d'épisodes de sécheresses au printemps et d'événements pluviaux extrêmes en automne (en Camargue sont également mentionnés les risques accrus de remontée du biseau salé dans le cours inférieur du fleuve Rhône); et (ii) du prix de l'énergie (augmentation face à une raréfaction globale de la ressource) et donc également des intrants azotés. La mise en lien de l'enjeu d'atténuation avec ces autres enjeux à connotation plus globale et portés par les acteurs s'est présentée comme une opportunité que nous avons saisie.

Ainsi, la scénarisation, en ce qu'elle constitue un exercice où il est demandé aux acteurs de s'extraire des contingences actuelles, constitue un moment clé pour se projeter dans un « ailleurs » et un « plus tard » ; et donc d'aller vers des changements plus globaux et de plus long terme. Ainsi il y eut consensus général en Camargue comme à Valensole pour prendre en compte le changement climatique comme déterminant (secondaire, le premier demeurant économique) des changements à venir. Le changement climatique s'invitant dans les scénarios, cela rend beaucoup plus facile par la suite d'aborder la question de son atténuation. A titre d'exemple, l'exploration de scénarios impliquant la mise en place de la zone vulnérable nitrates a permis la prise en compte de cultures de blé dur moins fertilisées en azote, et donc également moins émettrices de gaz à effet de serre.

Cette introduction « douce » de l'enjeu d'atténuation du changement climatique par les activités agricoles n'a finalement pas généré de rupture dans la réflexion collective ni dans la co-construction des objets intermédiaires. On constatera que finalement nous avons adopté une posture intermédiaire entre les deux approches mentionnées plus haut (l'approche patrimoniale de neutralité et la posture critique), tout se jouant dans un phasage approprié des différentes postures.

7. Conclusion et perspectives

A la fin du processus en Camargue comme à Valensole, les acteurs ont convenu qu'il y aurait grand intérêt à soumettre les résultats obtenus à des panels d'agriculteurs et non seulement au groupe des acteurs participants à la démarche, ceci afin de recueillir leurs réactions, avis et propositions. Les acteurs-gestionnaires se sont ainsi déclarés vivement intéressés par la tenue de tels ateliers s'appuyant sur les résultats obtenus dans le projet CLIMATAC.

En Camargue toutefois, la situation socio-politique a été jugée trop tendue et incertaine (disparition des aides directes à la culture du riz, compensation par des aides vertes au contour incertain, situation économique difficile) pour que de telles arènes puissent être organisées dans l'immédiat.

A Valensole, une suite ne peut s'envisager que par l'obtention de financements supplémentaires ; une partie de l'équipe de recherche du projet CLIMATAC y travaille (un projet a été déposé en 2015 (finalement non financé), un autre vient d'être déposé en 2016). L'idée est que la suite de CLIMATAC constitue un volet « construction et évaluation de scénarios » dans le cadre de la plateforme de recherche-développement nommée « REGAIN ». Cette plateforme s'est mise en place sur le plateau de Valensole à la même période que le projet CLIMATAC ; elle est conduite par le Parc Naturel Régional du Verdon, la chambre d'agriculture 04, la Société du Canal de Provence et une chaire d'entreprises de Montpellier SupAgro. Ce projet très orienté vers l'agronomie vise à « Accompagner l'évolution des pratiques agricoles vers des agrosystèmes plus durables » sur le plateau de Valensole. Si la proximité scientifique et institutionnelle des projets CLIMATAC et REGAIN avait généré, au départ, 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 situation s'est rapidement clarifiée et stabilisée. De plus, après trois années de constants efforts, un modèle (spécifique à Valensole) a été développé, des acteurs ont fourni leurs expertises et ont pu discuter et évaluer les résultats mais également soumettre leurs avis sur les améliorations à apporter à la représentation du territoire et des systèmes agricoles. Pour le moment, les acteurs impliqués dans REGAIN sont peu convaincus de l'intérêt de travailler sur des scénarios exploratoires car la décision d'étendre le réseau d'irrigation sur le plateau a été prise ; la priorité est alors de concevoir la façon d'accompagner les agriculteurs dans ce changement (les résultats présentés en 5.3.2.3 montrent que, sans précaution, la rentabilité de l'apport d'eau d'irrigation n'est pas certaine). Il conviendrait donc de voir comment les outils développés dans le cadre du projet CLIMATAC (que ce soit celui développé à Valensole - modèle multi-agents sous CORMAS - ou en Camargue - modèle d'optimisation bio-économique sous GAMS - différents mais complémentaires) pourraient être utilisés non plus pour explorer des futurs possibles mais pour accompagner une telle transition (évaluation des innovations et changements techniques devant accompagner l'arrivée du réseau d'irrigation). L'accompagnement de cette transition pourrait inclure à la fois l'adaptation et l'atténuation du changement climatique.

En effet, une telle approche serait possible aujourd'hui car des premiers états de crédibilité et de légitimité ont été construits sur le plateau de Valensole, dans la durée du projet. Nous l'avons évoqué plus haut à plusieurs reprises, sans légitimité a priori, il n'est guère envisageable de pouvoir enrôler les acteurs et les agriculteurs pour travailler, de manière participative, sur un sujet qui ne correspondrait pas à leurs priorités et attentes, ou qui serait susceptible de contrecarrer des dynamiques ou projets en cours. En Camargue il nous a été assez aisé d'explorer la question de l'atténuation du changement climatique pour deux raisons essentielles (i) nous intervenions de longue date sur ce terrain et les acteurs nous connaissaient et (ii) la problématique n'était pas étrangère aux enjeux exprimés par certains acteurs locaux, y compris dans la sphère agricole. A Valensole aucune de ces deux caractéristiques n'étaient présentes. Nous considérons donc qu'il est nécessaire de s'inscrire dans une certaine durée, de planifier et respecter des phases et des étapes, d'évaluer les résultats de celles-ci (au moyen d'indicateurs de suivi mais aussi d'outils d'analyse réflexive), mais aussi de pouvoir en changer compte tenu des événements qui surviennent. Ceci est difficilement compatible avec l'organisation classique en projets de courte durée ; c'est ce que montre Pieter Seneuke dans l'analyse qu'il fait du partenariat (réussi) de longue durée en Camargue ; il montre également comment le positionnement personnel des chercheurs et les

caractéristiques de leur institution de recherche interfèrent avec la situation locale pour expliquer la réussite ou non d'un partenariat de longue durée.

Références bibliographiques

- Alcamo, J., Henrichs, T., 2008. Toward guidelines for environmental scenario analysis, in: Alcamo, J. (ed.), *Environmental Futures. The Practice of Environmental Scenario Analysis*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 13-35.
- Akrich M., Callon M. et Latour B. (2006). *Sociologie de la traduction, Textes fondateurs*. Presses des Mines. Paris.
- 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. 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.
- 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.
- Boschetti, F., I. Walker, and J. Price. 2016. Modelling and attitudes towards the future. *Ecological Modelling* 322: 71-81.
- 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.
- Callon M. (2001). "La sociologie de l'acteur réseaux" In M.Akrich M., Callon M. et Latour B. (2006). *Sociologie de la traduction, Textes fondateurs*. Presses des Mines. Paris.
- Callon, M. (1986) *Éléments pour une sociologie de la traduction. La domestication des coquilles Saint Jacques et des marines-pecheurs dans la baie de Saint-Brieuc*. L'Année sociologique.
- Campo, P. C., F. Bousquet, and T. R. Villanueva. 2010. Modelling with stakeholders within a development project. *Environmental Modelling & Software* 25(11): 1302-1321.
- Cerf, M. 2011. Is participatory research a scientific practice? *Journal of Rural Studies* 27(4): 414-418.
- CITEPA/ Rapport CCNUCC. 2013. Rapport National D'inventaire Pour La France Au Titre de La Convention Cadre Des Nations Unies Sur Le Changement Climatique et Du Protocole de Kyoto.
- Cochet, H. 2011. *L'agriculture comparée*.
- Commod, C. 2005. La modélisation comme outil d'accompagnement. *Natures Sciences Sociétés* 13(2): 165-168.
- 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.
- Delmotte, S., 2011. *Évaluation participative de scénarios : quelles perspectives pour les systèmes agricoles camarguais?* Thèse de doctorat, SupAgro Montpellier, 380p. <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00664304>
- Delmotte, S., Barbier, J.M., Mouret, J.C., Le Page, C., Wery, J., Chauvelon, P., Sandoz, A., Lopez-Ridaura, S., 2016. Participatory integrated assessment of scenarios for

- organic farming at different scales in Camague, France. *Agricultural Systems*, 143, 147-158.
- 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.
- 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. Nieuwenhuysse, 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.
- Hossard, L., Arnaud, M., Barbier, J.M., Delmotte, S., Hammond, R., Mouret, J.C., Remond, R., Ruget, F. 2016. Evaluation multi-échelles et participative des systèmes rizicoles Camarguais : quels impacts du changement et des aléas climatiques sur les performances des systèmes de production ? Compte rendu scientifique, FranceAgriMer, juin 2016.
- IPCC. 2006. "Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4 : Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU)." 4: 673.
- 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.
- Lardon, S. and V. Piveteau. 2005. Méthodologie de diagnostic pour le projet de territoire : une approche par les modèles spatiaux. Géocarefour, 80/2, 25p.
- Latour B. (1985), « Les Vues de l'Esprit » Une introduction à l'anthropologie des sciences et des techniques ; en Akrich M., Callon M. et Latour B. (2006). *Sociologie de la traduction*, Textes fondateurs. Presses des Mines. Paris.
- Le Merre, E. 2014. *Analyser l'apprentissage des participants dans les processus participatifs : le cas du projet CLIMATAC*. Master 2, AgroParisTech.
- Le Merre E., Tardivo C., Barbier J.M. et Cittadini R. 2014 *Processus Participatifs et Espaces Ruraux: Des Systèmes d'apprentissages pour la concertation territoriale*. Journée Sciences Sociales INRA – SFER – CIRAD. 11-12 décembre. Grenoble
- Leenhardt, D., O. Therond, M.-O. Cordier, C. Gascuel-Oudou, 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*
- 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.
- 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.
- Orange, C. 2005. Problématisation et conceptualisation en sciences dans les apprentissages scientifiques. *Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ere nouvelle*, 3, 38, 69-94.
- Paré, N. 2011. Pollution de l'eau par les pesticides en milieu viticole Languedocien. Construction d'un modèle coupé pression-impact pour l'expérimentation

- virtuelle de pratiques culturelles à l'échelle de petits bassins versants. Thèse de doctorat, Montpellier, école doctorale SIBAGHE, soutenue le 15 juin 2011.
- 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.
- Reed, M. S. 2008. Stakeholder participation for environmental management: a literature review. *Biological conservation* 141(10): 2417-2431.
- Renger, M., G. L. Kolfschoten, 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.
- 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.
- Rounsevell, M.D.A., Reginster, I., Araujo, M.B., Carter, T.R., Dendoncker, N., Ewert, F., House, J.I., Kankaanpaa, S., Leemans, R., Metzger, M.J., Schmit, C., Smith, P., Tuck, G., 2006. A coherent set of future land use change scenarios for Europe. *Agriculture Ecosystems & Environment* 114, 57-68.
- 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.
- Siebenhüner, B., and V. Barth. 2005. The role of computer modelling in participatory integrated assessments. *Environmental Impact Assessment Review* 25(4): 367-389.
- Slocum, N., Elliott, J., Heersterbeeck, S., Lukensmeyer, C.J. 2006. Méthodes participatives, un guide pour l'utilisateur. Fondation du roi Baudoin, 204 p.
- Van Der Sluijs, J., and P. Kloprogge. 2001. The inclusion of stakeholder perspectives in integrated assessment of climate change. *Interdisciplinarity in Technology Assessment*. Springer.
- Van Ittersum, M.K., Ewert, F., Heckeley, T., Wery, J., Alkan Olsson, J., Andersen, E., Bezlepkina, I., Brouwer, F., Donatelli, M., Flichman, G., Olsson, L., Rizzoli, A.E., van der Wal, T., Wien, J.E., Wolf, J., 2008. Integrated assessment of agricultural systems e a component-based framework for the European Union (SEAMLESS). *Agricultural Systems* 96, 150e165.
- Van Ittersum, M.K., Wery, J., 2007. Integrated assessment of agricultural systems at multiple scales. In: *Scale and Complexity in Plant Systems Research: Genes PlanteCrop Relations*. Springer, pp. 303e317.
- Van 't Klooster, S.A., van Asselt, M.B.A., 2006. Practising the scenario-axes technique. *Futures* 38, 15-30.
- Vinck D. 2007 "Sciences et société. Sociologie du travail scientifique. Ed Armand Colin. Paris. 302 P.
- Voinov, A., and F. Bousquet. 2010. Modelling with stakeholders. *Environmental Modelling & Software* 25(11): 1268-1281.

- 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.
- Zurek, M.B., Henrichs, T., 2007. Linking scenarios across geographical scales in international environmental assessments. *Technological Forecasting and Social Change* 74, 1282-1295.

APPENDICE n° 1 : Liste des acteurs rencontrés et interviewés lors de la phase de diagnostic initial à Valensole

Structure à laquelle appartient le participant	Fonction du participant
PNR	chargé de mission agriculture
PNR	chargé de mission natura 2000, coordinateur des actions du PNR sur le plateau de Valensole
Chambre d'agriculture	technicien grandes cultures
Chambre d'agriculture	Technicien gestion de l'eau, irrigation
Chambre d'agriculture	Chargé problématiques d'installation transmission
Chambre d'agriculture	Directeur
Conseil général	chef du service agriculture
Conseil général	Conseiller général du canton de Valensole
Agribio 04	technicien
Syndicat apicole des alpes de haute provence	président, apiculteur professionnel
association de vente directe de produits locaux : Verdon Solidaire	président
Arvalis Institut du Végétal	ingénieur agronome
CRIEPPAM: recherche expérimentation lavandin	directeur
CIHEF (interprofession pour la filière lavandin)	animateur d'une démarche de développement durable pour la filière lavandin
coopérative de plantes à parfum	directeur
Société du Canal de Provence (société d'aménagement)	délégué territorial pour les départements alpins

Coopérative de céréales	président, agriculteur
FranceAgriMer	responsable filières des plantes à parfum
Fédération Départementale des Distilleries des Alpes de Haute Provence	animateur
Mairie de Valensole	maire adjoint chargé des questions agricoles, agriculteur
agriculteur	
éleveur	agriculteur éleveur, élu à la chambre d'agriculture
Communauté de commune Luberon-Durance-Verdon	Commission Développement Economique Agricole
CERPAM	président
DRAAF	chargé de mission hydraulique

APPENDICE n° 2 : Guide d'entretien utilisé dans la phase de diagnostic initial à

Valensole

QUESTIONNAIRE ENQUÊTES VALENSOLE

Bonjour,

Je m'appelle Caroline Tardivo et j'effectue une thèse en agronomie à l'INRA. Le sujet concerne l'agriculture du plateau de Valensole et son évolution, et je travaille en partenariat avec Arvalis, la CA et le PNR. Plus précisément, mon projet de recherche a pour objectif de voir comment on peut construire des scénarios d'évolution de l'agriculture sur le plateau de Valensole, qui prennent en compte les enjeux environnementaux, mais aussi économiques et sociaux du territoire. L'idée serait ensuite de pouvoir évaluer ces scénarios si possible de manière collective avec les agriculteurs, gestionnaires du territoire et acteurs des filières qui le souhaitent, afin de favoriser les réflexions sur le devenir de l'agriculture et sur d'éventuels plans d'actions qui pourraient être mis en place. Dans ce cadre, un groupe d'étudiant a réalisé un diagnostic agronomique au mois de février, vous en avez peut-être entendu parler.

Je débute ma thèse, et j'ai donc besoin de comprendre le fonctionnement et le devenir de l'agriculture sur le plateau, ainsi que les enjeux de cette agriculture au sein du territoire. Je réalise donc des entretiens avec les différents organismes gestionnaires du territoire ainsi qu'avec les coopératives, organismes techniques ... du plateau de Valensole, afin de mieux comprendre la situation et les problématiques actuelles de l'agriculture de ce territoire. C'est dans ce cadre que je souhaitais vous rencontrer, en tant que ... , pour aborder l'agriculture du plateau de Valensole et les actions qui y sont menées.

L'entretien devrait durer deux heures environ. Il est confidentiel, Je ne divulguerai aucune des informations que vous me transmettez en vous citant. Je prévois une restitution en septembre prochain, afin de présenter les résultats de l'enquête aux personnes qui m'auront reçue et de présenter la suite de mon travail. Est-ce que ça vous dérangerait si j'enregistre l'entretien ? Je veux juste être sûre que je ne perds pas d'informations en prenant des notes...

ACTIVITES DE L'ORGANISME

Quelles sont vos activités, vos missions ?

Quelle zone géographique couvrez-vous ?

Fonctionnement : Combien de personnes y travaillent ? Quelle part de public et de privé ?

Historique de l'organisme. Depuis quand existe-t-il, est-ce qu'il a subi une évolution importante ? Comment-a-t-il été mise en place ?

Est-ce que vous avez des plans de développement particuliers ?

Plus personnel : Est-ce que vous êtes originaire de la région ? Ca fait longtemps que vous êtes à ce poste ? Ou travailliez-vous avant ?

Au sein de la zone géographique que vous couvrez, quelle est l'importance relative du plateau de Valensole pour la coopérative, d'un point de vue économique et stratégique ?

Y-a-t-il des différences entre cette zone et le reste de votre zone d'action ? Est-ce que ça influence vos plans d'action ?

ENJEUX DE L'AGRICULTURE SUR LE PLATEAU DE VALENSOLE

Je voudrais maintenant aborder avec vous la question de l'agriculture sur le plateau de Valensole, au regard de votre activité. *Quand je dis agriculture, c'est agriculture au sens large, c'est-à-dire aussi bien les agriculteurs et leurs exploitations que les filières agricoles etc.*

Quelles sont les grandes dynamiques que l'agriculture du plateau de Valensole est en train de subir ?

Ces dynamiques sont-elles anciennes ? Répondent-elles à d'autres dynamiques passées ?

A quoi ces dynamiques sont-elles dues (changements exogènes...) ? Y-a-t-il des relations de cause à effet entre ces différentes dynamiques ? Est-ce des évolutions spécifiques au plateau de Valensole ou concernent-elles aussi les régions alentour ?

Quels sont les principales difficultés auxquelles fait face l'agriculture du plateau de Valensole aujourd'hui selon vous ? A quoi sont dues ces différentes difficultés ?

Depuis combien de temps ces difficultés existent ? Se sont-elles intensifiées depuis peu ? Ou au contraire ont-elles diminué ? (à décliner pour chaque problème)

Concrètement, est-ce que ces difficultés ont des conséquences sur le fonctionnement de votre organisme ? Lesquelles ?

Quels sont, aujourd'hui, les grands défis, les grands challenges que doit remplir l'agriculture du plateau de Valensole ? *Et aussi en fonction de son ancrage dans le territoire (qu'est-ce qu'elle lui apporte ?)*

D'une manière générale, est-ce que vous pensez que l'agriculture du plateau de Valensole a des atouts particuliers, des caractéristiques positives par rapport à d'autres territoires ?

Au contraire, est-ce que l'agriculture du plateau de Valensole a des faiblesses particulières ?

SYSTEME D'ACTION

Qu'est-ce qui est fait aujourd'hui pour gérer ces problèmes et ces challenges ?

Qui les a mis en place, comment, avec qui ? Est-ce que vous participez à ces actions ?

Si oui, comment avez-vous organisé cette collaboration ? Est-ce que vous vous êtes partagé les tâches, ou est-ce que vous apportez des éléments différents dans la construction de ce projet (données, relations avec agric...)?

Qu'est-ce que vous pensez de ces actions ? Est-ce qu'elles ont été efficaces et sinon pourquoi ?

Combien de personnes ont été investies dans ces actions ? Est-ce qu'elles ont demandé un fort investissement financier ?

Et au sein de votre organisme plus spécifiquement, avez-vous mis en place des actions ou adaptations particulières ? *mêmes questions*

RELATIONS ENTRE ACTEURS

Donc si je comprends bien, dans le cadre de votre activité, vous avez des relations privilégiées avec ... ?

Pourquoi (*Est-ce parce que vous avez les mêmes objectifs, ou que vos actions sont complémentaires... ?*)? Sur quoi portent ces échanges en général (échanges de données, de connaissances, Demande de conseil...)?

Et ... ? Et ... ?

LEVIERS, PROPOSITION D'ACTION

A votre avis, quelles sont les actions qui pourraient être mises en place pour gérer ces différents problèmes et améliorer la situation de l'agriculture?

Qui aurait selon vous les moyens de mettre en place ces actions? Pourquoi eux et pas une autre partie prenante ?

Pourquoi est-ce qu'ils ne les mettent pas en place aujourd'hui? (c'est un manque de volonté, de moyens?) Qu'est-ce qui pourrait freiner la mise en place de ces actions?

Y-a-t-il des facteurs extérieurs ayant des conséquences sur l'agriculture du plateau de Valensole, et sur lesquels aucun acteur du territoire ne peut agir?

PROSPECTIVE

Comment imaginez-vous que le territoire va évoluer dans les prochaines années? (*faire préciser au max ici : - changements de contexte socio-économique, changements de systèmes techniques, changements d'objectifs pour l'agriculture du territoire*).

Parmi ces changements, quels sont ceux que vous souhaiteriez voir arriver ? Et au contraire, quels sont ceux que vous redoutez ?

Quelles seraient les conséquences de ces changements ? à quel horizon de temps ?

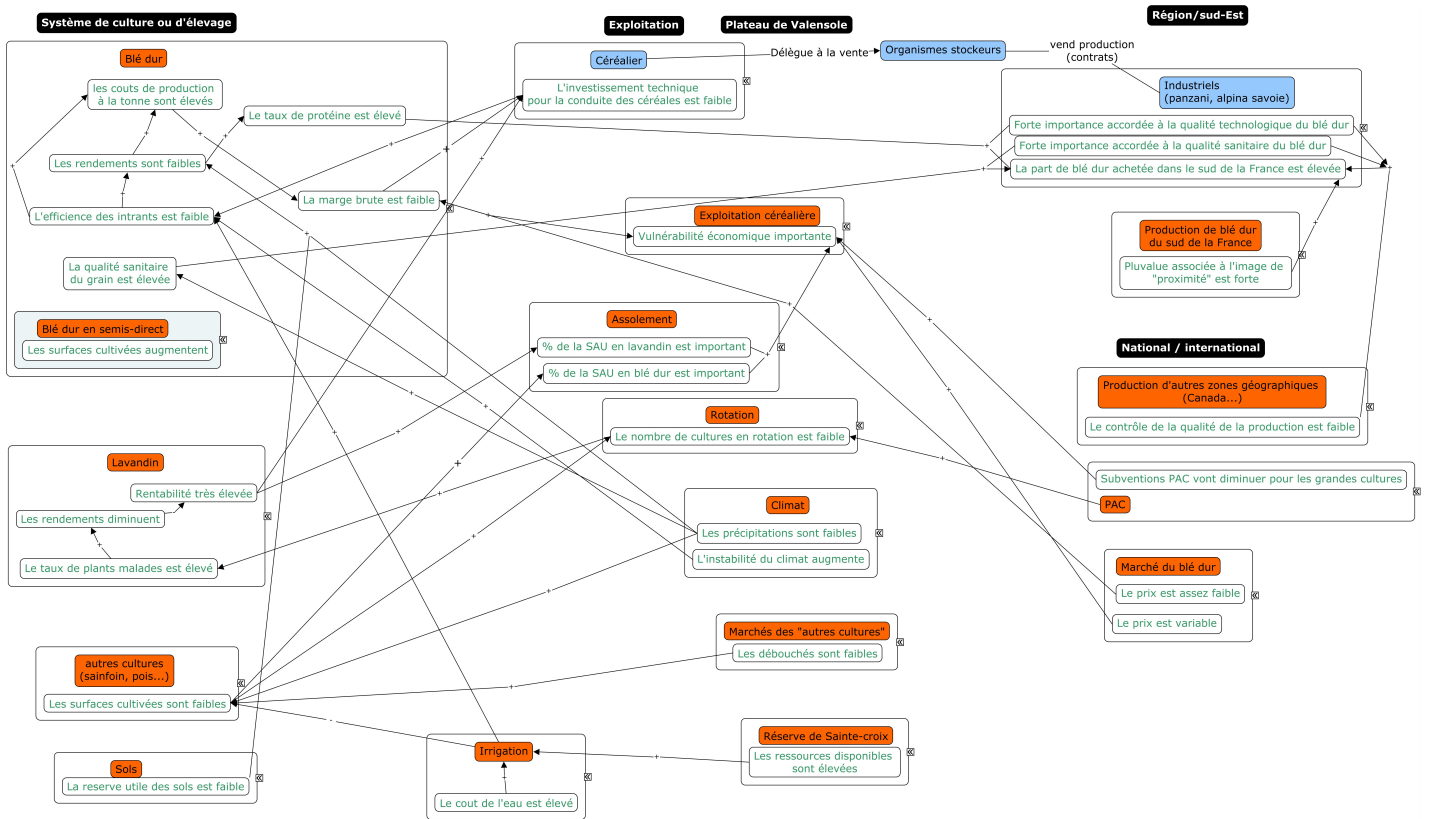
Sur tous ces changements que vous avez évoqué, est-ce qu'il y en a qui vous interpelle particulièrement, et que vous voudriez que je traite dans le cadre de ma démarche ?

Et le changement climatique ? Est-ce une réelle menace ?

A partir de ces différentes évolutions possibles, la prochaine étape va être de déterminer les scénarios d'évolution que l'on souhaite traiter. Par exemple, par rapport à ce que vous m'avez dit, on pourrait imaginer un scénario de ... Puis nous évaluerons ces scénarios au regard de critères socio-économiques (la rentabilité des exploitations agricoles par exemple), et de critères environnementaux (l'IFT agrégé par exemple, mais aussi la question des émissions de GES).

Est-ce que je peux vous recontacter si j'ai des questions supplémentaires ?

APPENDICE n° 3 : Exemple de carte cognitive (auprès d'un acteur d'un institut technique)



APPENDICE n°4. Narratifs des quatre scénarios co-construits en Camargue

Scenario A : Redéploiement des aides vers l'élevage

(Ce scénario considère une situation où les conditions économiques et réglementaires sont défavorables à la riziculture, et où les effets du changement climatique sont faiblement ressentis en Camargue.)

En 2030, la tendance nationale et européenne en termes d'aides publiques agricoles est au redéploiement des aides vers le secteur de l'élevage. En Camargue, tant en région PACA qu'en Languedoc, cette tendance est également justifiée par le besoin de lutter contre la fermeture de certains milieux naturels. De ce fait les riziculteurs, en plus de leur DPB (dont les montants sont réduits comparés à la situation de 2014), ne peuvent plus souscrire qu'à des MAE systémiques sur la polyculture-élevage. Pour souscrire à ces MAE, les systèmes céréaliers doivent être en interrelation avec des ateliers ou des fermes d'élevage, par exemple via la mise en place de couverts herbacés hivernaux pâturés.

Les éleveurs peuvent quant à eux avoir accès à un panel de différentes aides, en plus de leur DPB :

- une MAE sur le pâturage extensif d'un montant pouvant aller de 75€/ha à 115€/ha;
- une prime à la vache allaitante de 200€/VA. Cette prime est conditionnée à un critère de natalité de 0,8 veau tous les 15 mois par vache allaitante ;
- une MAE race menacée de 50€/tête.

Afin de maintenir les activités d'élevage de taureaux de Camargue et de courses camarguaises, peu rentables en 2014, les éleveurs ont tendances à créer, au sein même des exploitations, de nouveaux ateliers d'élevage de races également rustiques mais produisant plus de viande: l'Angus, l'Aubrac et la Salers par exemple. Cette tendance est renforcée par l'engouement des consommateurs pour de la viande de qualité et dont l'origine est connue. Cette tendance se traduit par une augmentation du cheptel de bovins de 25%.

Les élevages d'Angus, d'Aubrac et de Salers n'étant pas soumises au cahier des charges AOP Taureau de Camargue, ils consomment davantage de fourrages, ce qui augmente la demande en fourrages sur le territoire et impacte le prix de ces produits agricoles. Du fait de la diminution des aides pour la riziculture, des prix attractifs pour les fourrages et des

MAE systémiques, les exploitations céréalières se tournent progressivement vers la production de cultures fourragères, ponctuellement irriguées puisque l'eau est disponible à bas prix. Se développent également sur les exploitations céréalières des systèmes de cultures associées (tel que blé/luzerne) ou en relais, ainsi que des légumineuses, qui prennent une part plus importante dans les rotations en comparaison à la situation de 2014.

Scenario B : Eco-conditionnalité des aides publiques

(Ce scénario considère une situation où les conditions économiques et réglementaires sont favorables à la riziculture, et où les effets du changement climatique sont faiblement perçus en Camargue.)

En 2030, la réforme des politiques publiques de soutien à l'agriculture vise à soutenir économiquement le secteur agricole tout en respectant les demandes sociétales de respect de l'environnement dans le processus de production. Cette réforme conduit à :

- une régionalisation des aides. Cette régionalisation permet une meilleure prise en compte des territoires et une meilleure gestion (via la mise en place de systèmes d'assurance) des crises agricoles locales, comme les mauvaises récoltes dues à des aléas climatiques, de potentielles recrudescences de ravageurs ou encore la chute des prix des cultures principales. La régionalisation des aides réduit les risques économiques pour les exploitations, ce qui augmente leur pérennité.
- une stabilisation des DPB. Cette aide est conditionnée au respect de contraintes environnementales de réduction de 50% de l'usage des produits phytosanitaires par rapport à leur niveau de 2008 (mesure nationale).
- la mise en place de MAE qui ne sont pas plafonnées à l'échelle des exploitations :
 - pour encourager le développement des légumineuses et protéagineux, afin de favoriser la réduction de l'utilisation des engrais de synthèse.
 - Pour accompagner l'arrêt du brûlage des pailles, celui-ci étant à présent interdit.
 - Pour assurer la conservation de la biodiversité : implantation d'arbres et de haies, respect de périodes de reproduction de certaines espèces animales, maintien de zones inondées en hiver ...

Pour diminuer leurs apports en produits phytosanitaires, les agriculteurs s'adaptent en augmentant la durée de leurs rotations, notamment en incorporant des légumineuses dans les rotations. Pour ces mêmes raisons et parce que les prix de vente du riz sont élevés, l'attrait des agriculteurs pour le riz est fort et se traduit dans certains cas par la mise en culture de certaines friches récentes et sansouires autrefois utilisées par les activités d'élevage.

Scenario C : Vers une spécialisation des exploitations agricoles

(Ce scénario considère une situation où les conditions économiques et réglementaires sont défavorables à la riziculture, et où les effets du changement climatique sont fortement ressentis en Camargue.)

En 2030, du fait de son caractère géostratégique et pour éviter des instabilités politiques, le prix du riz conventionnel est maintenu artificiellement bas sur les marchés mondiaux. En Europe, les consommateurs sont davantage demandeurs de produits biologiques et locaux, ce qui favorise des prix élevés pour toutes les cultures et la viande de taureau Camarguais biologiques. Les filières biologiques se développent ainsi fortement et le marché est considéré par les acteurs de ces filières comme un marché mature. De ce fait, et afin de réduire les coûts pour l'Etat, les aides au maintien de l'agriculture biologique sont supprimées, de même que les MAE. Les seules aides auxquelles les céréaliers et les éleveurs ont droit sont les DPB, redistribués de façon uniforme entre toutes les exploitations. Du fait du développement des surfaces en agriculture biologique en Camargue, de nouvelles espèces sont cultivées en rotation avec le riz biologique : épeautre, blé tendre, maïs, sorgho, lentille, tournesol, variétés anciennes de blé, luzerne, etc. De plus, une usine locale de transformation de légumes de plein champ (tomates) augmente ses capacités de production et cherche à contractualiser avec de nouveaux producteurs en Camargue.

Cependant, les effets du changement climatique sont très clairement visibles :

- Les remontées de sel dans les sols sont plus rapides qu'en 2014, du fait d'une augmentation de l'évapotranspiration au printemps, ce qui entraîne un abandon des cultures sur les terres basses. Ces dernières sont alors utilisées comme pâture en élevage extensif ou comme zones de chasse en hiver.
- Les épisodes cévenols en automne sont plus violents et les épisodes de sécheresse printanière et estivale sont plus fréquents.

Ces effets du changement climatique étant ressentis, la société civile s'est saisie de cette thématique, et fait pression sur le législateur pour que des mesures soient prises, tant

pour réduire l'ampleur du changement climatique (mitigation) que pour s'y adapter. Ainsi, dans le secteur agricole, pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, l'Union Européenne :

- met en place une législation sur la réduction des apports d'engrais de synthèse, celui-ci étant particulièrement couteux en énergie et en gaz à effet de serre (GES) à produire,
- Interdit le brulage des pailles de riz.

En termes d'adaptation au changement climatique, le législateur met en place une législation visant à réduire les consommations d'eau : des compteurs volumétriques sont installés sur tous les captages. En Camargue l'eau est dorénavant payée au volume prélevé, ce qui engendre une augmentation de son coût.

Scenario D : La Camargue en zone à handicap spécifique

(Ce scénario considère une situation où les conditions économiques et réglementaires sont favorables à la riziculture, et où les effets du changement climatique sont fortement perçus en Camargue.)

En 2030, les effets du changement climatique se font fortement sentir sur le bassin versant du Rhône et se traduisent par une diminution des quantités de neige présentes sur les sommets alpins ; ceci occasionne une diminution du débit du fleuve lors de la fonte des neiges. Localement en Camargue, les épisodes cévenols en automne sont plus violents et les épisodes de sécheresse printanière et estivale sont plus fréquents. De ce fait, au printemps et en été la fréquence de remontée du biseau salé vers Arles augmente. Cette situation met parfois en péril la culture du riz, puisque l'usage d'eau salée pour l'irrigation a des conséquences dévastatrices sur la culture du riz. En conséquence, les stations de pompage doivent être modernisées, parfois déplacées en amont sur le fleuve pour limiter les risques de pomper de l'eau salée, et les volumes utilisés rationalisés, ce qui implique la mise en place de règles visant à réduire les consommations d'eau. Des compteurs volumétriques sont installés sur tous les points de distribution, et l'eau est dorénavant payée au volume prélevé, ce qui engendre une augmentation de son coût.

Du fait de ces difficultés, la Camargue obtient le classement de la région en Zone à Handicap Spécifique. Ce classement permet la création d'une Indemnité Compensatoire au Handicap Spécifique, dont le montant est fixé à 150€/ha pour tous les agriculteurs. Cette ICBS vient en complément des DPB dont les montants ont convergé vers la valeur moyenne

du DPB français, ce qui permet d'améliorer la situation économique des exploitations rizicoles. Cette ICHS est obtenue afin d'assurer une production importante de riz en Camargue, puisque les tensions sur les productions agricoles sont fortes, du fait de la nécessité de nourrir une population mondiale toujours en croissance.

Par ailleurs l'augmentation des concentrations de CO₂ atmosphérique et des températures moyennes sur la période de culture du riz entraînent une augmentation des rendements du riz. Le besoin de dessaler les sols plus fréquemment entraîne une augmentation de la fréquence du riz dans les rotations, aussi encouragée par des prix du riz élevés en comparaison aux autres cultures. A l'inverse, les épisodes de sécheresse printanière et estivale affectent négativement le blé dur (rendement et qualité). Pour réduire ces conséquences négatives, l'irrigation des cultures sèches est pratiquée.

Des mesures sont également prises pour réduire l'ampleur du changement climatique (mitigation). Ainsi, dans le secteur agricole, pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, l'Union Européenne met en place :

- une législation sur la réduction des apports d'engrais de synthèse, dont la production est particulièrement coûteuse en énergie et émissions de GES ;
- des Mesures Agro-Environnementales et Climatiques (MAEC) sur l'arrêt du brûlage des pailles, le riz semé enfoui à sec avec submersion retardée, les pâtures des parcelles céréalières après récolte et sur l'incorporation de légumineuses dans les rotations. Ces MAE ne sont pas plafonnées à l'échelle des exploitations.

L'arrêt du brûlage des pailles favorise le développement d'une filière de valorisation des pailles de riz. L'intérêt pour les agriculteurs de réduire leurs consommations en engrais de synthèse est accentué par un prix de l'énergie, et donc des intrants, en augmentation.

APPENDICE n° 5 : Les scénarios co-construits à Valensole

Sur le plateau de Valensole, un travail de scénarisation participative, a été mené en parallèle aux phases de formulation de la question, d'élaboration du modèle conceptuel et de co-construction du modèle de simulation informatique. Le processus de formulation des scénarios est ainsi caractérisé par une dynamique itérative influencé, outre par les acteurs, également par la nature du processus de modélisation (choix du type de modèle et des formalismes sous-jacents) et par les données disponibles et mobilisables.

Les facteurs de changements

Au cours d'un atelier, une liste de changements de contexte auxquels le système agricole est déjà soumis ou pourrait être soumis à un horizon temporel de 10-15 ans a été établie par les participants en distinguant trois catégories : les changements globaux, locaux et techniques (cf. tableau 4-3).

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

Tableau 4-1 : changements de contexte listés. Les + entre parenthèses correspondent à l'intérêt des acteurs pour prendre en compte le changement dans le cadre de la démarche, cet intérêt ayant été mesurée par des votes des participants lors de l'atelier.

Les changements les plus mentionnés sont des changements globaux. C'est par exemple le cas d'une augmentation de l'occurrence d'événements climatiques extrêmes, et en particulier de sécheresses. 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.

Un durcissement des réglementations nationales et internationales a 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 Valensole. Concernant les produits phytosanitaires, les acteurs ont évoqué des risques d'interdiction de produits phytosanitaires actuellement autorisés (ces produits n'ont pas été spécifiés). La réforme de la PAC était en cours lors de cet atelier, 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.

La construction de scénarios narratifs

Des scénarii narratifs ont ensuite été construits lors de deux ateliers de co-construction du modèle informatique. Ces scénarii, de nature exploratoire, articulent de manière cohérente un ou plusieurs des changements de contexte listés précédemment 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).

Lors de la première séance de scénarisation, nous avons utilisé les deux changements de contexte locaux considérés par les acteurs comme les plus incertains et potentiellement impactants pour proposer quatre débuts d'histoire possibles (ou initialisations) pour bâtir des narrations plus abouties. 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). Des groupes d'acteurs (2) ont été constitués et chacun a choisi l'initialisation qu'il souhaitait approfondir. Les deux groupes ont choisi de développer le même scénario incluant l'extension du dépérissement du lavandin mais sans extension du réseau d'irrigation. Ils ont complété la narration en ajoutant d'autres facteurs de changements jugés secondaires et en précisant les adaptations des exploitations, tout en veillant à la cohérence du scénario.

Les deux variantes ainsi construits par les acteurs étaient principalement composés de stratégies d'adaptation des exploitations. Ces stratégies d'adaptation étaient basées sur une diversification des cultures, avec notamment l'introduction de cultures à forte valeur ajoutée, et sur des innovations techniques (scénario 1 et 1bis, voir encadré). 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.

Une seconde séance de travail sur les scénarios a permis de compléter ces éléments d'adaptation des exploitations avec la prise en compte d'évolutions concernant d'autres changements de contexte (scénario 2, voir encadré). 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 dans le scénario 1. Certaines adaptations des exploitations sont aussi mentionnées, comme des modifications des pratiques et une diminution des surfaces en blé dur.

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.

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.

APPENDICE n° 6. Liste complète des indicateurs calculés à l'échelle de la région par le modèle bio-économique utilisé pour simuler les assolements et performances des quatre scénarios co-construits en Camargue.

- La marge brute moyenne, qui est la différence entre le produit des ventes (rendement * prix) additionné au montant de subvention perçue, et les coûts de production (incluant les intrants, le travail, et l'usage du matériel agricole) pour l'ensemble des cultures du territoire.
- Le travail, qui est la somme du temps de travail nécessaire au champ, du travail du sol initial jusqu'à la récolte. Multiplié par les surfaces cultivées, cet indicateur rend compte des tendances en termes de contribution à l'emploi qu'aurait chaque scénario.
- Le potentiel nourricier en terme de calories : sur la base du nombre de calories contenu dans chaque type de culture et d'une comparaison au besoin d'un être humain, cet indicateur évalue combien de personnes peuvent être nourries pendant un an à partir de la production agricole du territoire.
- Le potentiel nourricier en termes de protéines : cet indicateur est identique au précédent, considérant néanmoins le contenu protéique des cultures.
- La consommation de produits phytosanitaires est évaluée via l'indice de fréquence des traitements, qui représente le nombre de passages à la dose recommandée de chaque produit phytosanitaire.
- Les émissions de gaz à effet de serre représentent la somme des émissions de CO₂, N₂O et CH₄ (converties en équivalent CO₂) des cultures, considérant à la fois les émissions directes (sols, opérations culturales) et indirectes (liées à la fabrication des intrants).
- Les émissions de particules fines considèrent les émissions liées aux opérations culturales.
- La consommation d'énergie est calculée sur la base de l'énergie consommée directement lors de l'acte de production, et indirectement pour la fabrication des intrants.
- L'efficacité énergétique est un indicateur qui rapporte le potentiel nourricier en termes de calories à la consommation d'énergie présentée ci-dessus. Plus l'efficacité est grande, et plus cela signifie qu'un grand nombre de calories a été produit avec peu d'énergie investie.

- La consommation d'eau est la somme des quantités d'eau utilisée pour l'irrigation des cultures.
- La dépendance aux intrants est un indicateur qui estime la part des intrants dans les coûts de production.

APPENDICE n° 7 : Evaluation détaillée des assolements avec le modèle bioéconomique, des quatre scénarios co-construits en Camargue.

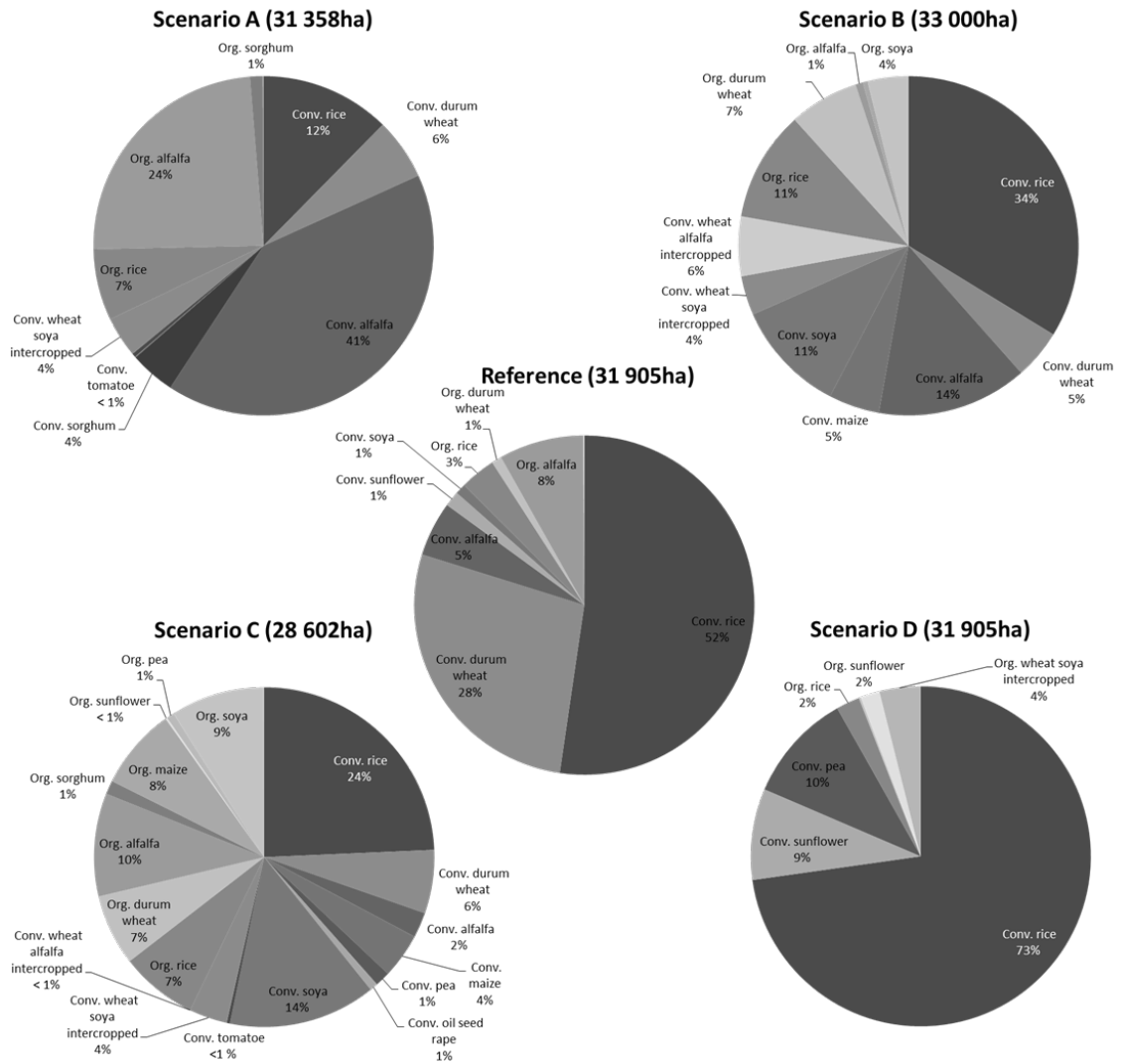


Figure 1. Assolement régional pour la situation de référence et les quatre scénarios co-construits en Camargue Les chiffres entre parenthèses indiquent la surface cultivée totale à l'échelle régionale. La proportion de terres cultivées est spécifiée pour chaque culture.

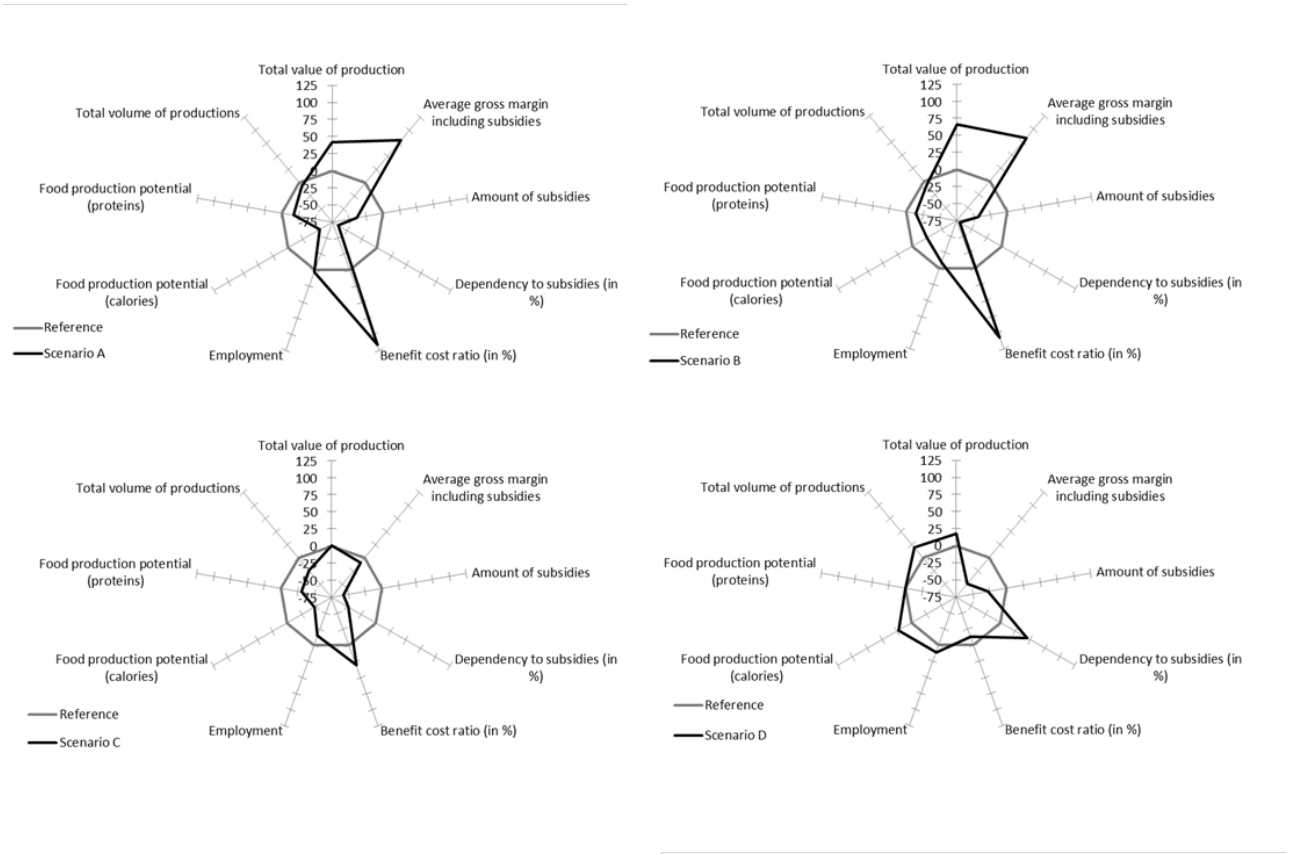


Figure 2. Diagrammes de comparaison des valeurs d'indicateurs Socio-économiques pour la situation de référence (valeurs at 0, en gris) et pour les quatre scénarios co-construits en Camargue.

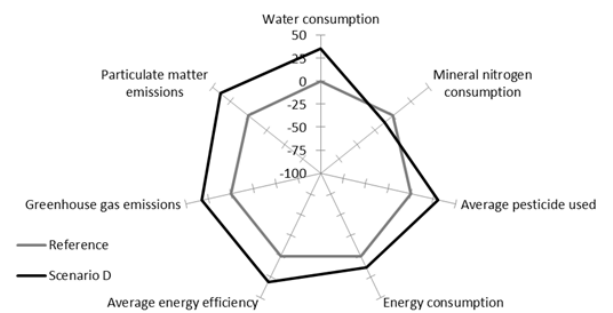
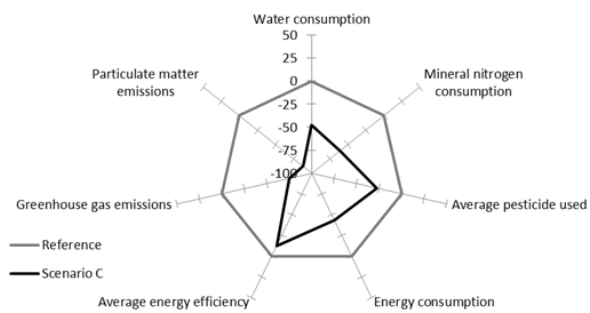
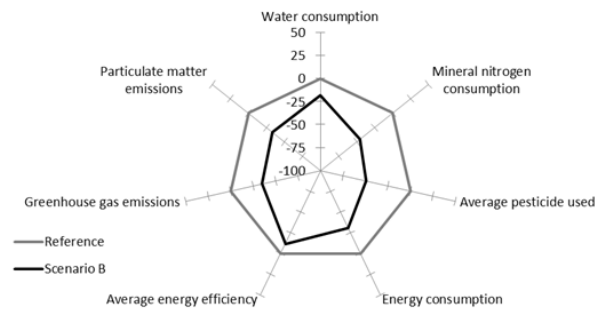
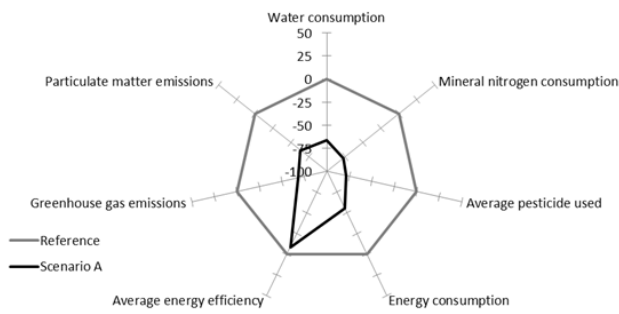


Figure 3. Diagrammes de comparaison des valeurs d'indicateurs environnementaux pour la situation de référence (valeurs at 0, en gris) et pour les quatre scénarios co-construits en Camargue.

APPENDICE n° 8 : Liste des productions scientifiques

Articles scientifiques soumis:

- Delmotte S., Hossard, L., Couderc, V., Mouret, J-C., Lopez-Ridaura S., Barbier, J-M. Integrated assessment of narrative scenarios for the future of agricultural systems under climate change in Camargue, France. Soumis à European Journal of Agronomy.
- Tardivo C., Delmotte S., Barbier JM, Hossard L, Cittadini R, Le Page C. Eliciting stakeholders' mental models as a preliminary diagnosis in a participatory modeling process. Soumis à Ecology and Society.

Articles scientifiques en préparation :

- Pieter Seuneke, Sylvestre Delmotte, Laurens Klerkx, Jean-Marc Barbier, Jean-Claude Mouret and Walter Rossing. Enhancing sustainable partnerships in farmer participatory research: critical factors fostering thirty years of researcher-farmer collaboration in the Camargue region, France. In preparation for Agronomy for Sustainable Development.

Présentations dans des conférences :

- Tardivo C., Le Page C., Barbier J.M., Hossard L., Cittadini R., Delmotte S., 2016. Co-building a simulation model with various stakeholders to assess the sustainability of a regional agricultural system: How to articulate different types of knowledge to manage uncertainty? International Environmental Modelling and Software Society (iEMSs), 8th International Congress on Environmental Modelling and Software, Toulouse, France, Sabine Sauvage, José-Miguel Sánchez-Pérez, Andrea Rizzoli (Eds.) <http://www.iemss.org/society/index.php/iemss-2016-proceedings>
- Barbier, J-M, Cittadini, R., Delmotte, S., Hossard, L., Le Page, C., Tardivo, C., Lopez-Ridaura, S. 2016 Participatory approaches in agroecosystem assessments : why to create and how to manage local stakeholders' participation for integrated assessment of agricultural systems. Methods and lessons from projects in the south-est of France". International conference on agricultural sustainability in the Mediterranean : towards a common assessment and modelling strategy ; 27 mai 2016, IMéRA, Marseille.
- JM. Barbier, S. Bocchi, S. Delmotte, A. Porro, F. Orlando, M. Boschetti, PA. Brivio, G. Manfron, S. Bregaglio, G. Capelli, R. Confalonieri, F. Ruget, V. Courderc, L. Hossard, JC Mouret, S. Lopez Ridaura 2015. Combining systems analysis tools for the integrated assessment of scenarios in rice production systems at different scales. Presented at AGRO2015, 5th International Symposium for Farming Systems Design, Montpellier, France.
- V. Couderc, L. Hossard, J.M. Barbier, J.C. Mouret, S.L. Ridaura, & S. Delmotte. 2015. Participatory scenarios' development and assesment for sustainable farming systems in Camargue, south of France. Presented at AGRO2015, 5th International Symposium for Farming Systems Design, Montpellier, France.
- Delmotte, S., Hossard, L., Couderc, V., Lopez Ridaura, S., Mouret, J.-C., Hammond, R., Barbier, J. M. (2015). . Assessment of the consequences on indicators of sustainability of different scenarios of development of organic farming systems in Camargue, France. In: Second Organic Rice farming and Production Systems International Conference : conference folder (p. 79-81). Presented at 2. Organic Rice farming and Production Systems International Conference, Pavia, Italie.
- Barbier, J. M., Couderc, V., Delmotte, S., Lopez Ridaura, S., Hammond, R., Mouret, J.-C. (2015). . How to help individual farmers in their move towards organic rice farming? A methodological case study in the Camargue (south of France). In: Second Organic Rice farming and Production Systems International Conference : conference folder (p. 63-65). Presented at 2. Organic Rice farming and Production Systems International Conference, Pavia, Italie.

- Cittadini, R. A., Tardivo, C., Le Page, C., Hossard, L., Delmotte, S., Barbier, J. M. (2015). Théorie de l'acteur réseaux et recherche territorial en partenariat : outil explicatif et performatif. Presented at 6. Congrès de l'Association Française de Sociologie, Saint-Quentin-en-Yvelines, FRA (2015-06-29 - 2015-07-02).
- Barbier J.-M., Delmotte S., Couderc, V., Tardivo C., Le Page, C., Lopez-Ridaura, S., 2014. Trade-offs and synergies in changing farming systems: a methodological framework at the frontier between social-technical and social-ecological systems. Resilience conference, Montpellier. 4-8 mai 2014. <http://www.resilience2014.org/>
- Couderc, V., Barbier, J-M, Hammond, R., Hossard, L., Mailly, F., Mouret, J-C., Tardivo, C., Delmotte, S. 2014. Farming systems Design: complementarities between experts' prototyping and modeling. 13th Congress of the European Society of Agronomy. Debrecen, Hungary. 25-29 Août 2014.
- Tardivo C., Delmotte S., Le Page C., Barbier, J.M, Cittadini, R. 2014. Initial diagnosis of local context for agricultural development projects: cognitive maps to conceptualize socio-ecological systems and elicit stakeholders' viewpoints. Symposium IFSA, Berlin (Allemagne). 1-4 Avril 2014.
- Le Merre E., Tardivo C., Barbier J.M. et Cittadini R. 2014 Processus Participatifs et Espaces Ruraux: Des Systèmes d'apprentissages pour la concertation territoriale. Journée Sciences Sociales INRA – SFER – CIRAD. 11-12 décembre. Grenoble
- Cittadini R, Tardivo C, Gasselin P, Barbier J.M, 2014 Production de connaissances sur les territoires et processus d'innovation : de l'objet intermédiaire à la ressource territoriale. Présenté en la Section BRÈVES DE SCIENCES Quoi de neuf au Sad ? Journées scientifiques du SAD - INRA. Sète, 8-10 Janvier de 2014. Publie dans le Document des Journée.
 - Tardivo C, Cittadini R., Barbier J.M., Delmotte S., Le Page C. 2014 Fostering stakeholders' learning for agricultural sustainability at a regional scale: Proposition of a methodology.. Poster presentado en International workshop on System Innovation towards Sustainable Agriculture. Agroparitech, Paris, May 2014