

# MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES D'INGÉNIEUR

-

VetAgro Sup

Etude des évolutions et performances d'exploitations agricoles utilisant les couverts végétaux dans le contexte des coteaux en sec du Lauragais.

Guillaume BRANTHOMME

Option Concevoir et Accompagner l'Innov'action en Agronomie

Septembre 2019



---

VetAgro Sup





# MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES D'INGÉNIEUR

-

VetAgro Sup

Etude des évolutions et performances d'exploitations agricoles utilisant les couverts végétaux dans le contexte des coteaux en sec du Lauragais.

Guillaume BRANTHOMME

Option Concevoir et Accompagner l'Innov'action en Agronomie

Septembre 2019

**Maître de stage** : Matthieu ABELLA

**Tuteur de stage** : Mathieu CAPITAINE



---

VetAgro Sup





*« L'étudiant conserve la qualité d'auteur ou d'inventeur au regard des dispositions du code de la propriété intellectuelle pour le contenu de son mémoire et assume l'intégralité de sa responsabilité civile, administrative et/ou pénale en cas de plagiat ou de toute autre faute administrative, civile ou pénale. Il ne saurait, en cas, seul ou avec des tiers, appeler en garantie VetAgro Sup »*



## Résumé

L'implantation de couverts végétaux durant les phases d'interculture est une pratique culturale dont les effets agronomiques positifs sont nombreux à l'échelle du système de culture. Sa mise en œuvre en France est historiquement liée à la réglementation relative à la lixiviation des nitrates, la réussite de cette démarche innovante réclamant généralement une évolution tangible du système et donc une approche plus globale pour les agriculteurs.

Le projet SYPPRE mené par Arvalis – Institut du végétal, Terres Inovia et l'Institut Technique de la Betterave dont l'objectif est la mise au point de systèmes de culture robustes et multi-performants, avec et pour les agriculteurs, s'appuie sur des pratiques agronomiques innovantes et a totalement intégré la couverture des sols dans les réflexions menées dans les plateformes expérimentales, les réseaux d'agriculteurs, et l'observatoire des pratiques innovantes. L'objectif de l'étude qui a été menée est de comprendre et d'évaluer les différentes évolutions qu'ont subi les exploitations qui ont mis en place ces pratiques.

Pour ce faire, des entretiens ont été menés sur un panel d'agriculteurs précédemment catégorisés en 3 niveaux de maîtrise de la technique. Suite à cela, des cas types ont été construits. Il s'agit d'exploitations types représentant au mieux les pratiques des agriculteurs qui ont mis en œuvre une couverture partielle ou totale de leurs sols dans les séquences séparant 2 cultures de vente. Les caractéristiques des exploitations types créées ont ensuite été saisies dans le logiciel SYSTERRE®, puis analysées. L'outil DEXiPM a également été utilisé pour aborder la notion de durabilité sociale et environnementale de ces systèmes et le logiciel SIMEOS-AMG pour évaluer l'impact de ces pratiques sur la fertilité des sols.

Mots clés : couverts végétaux ; technique culturale ; agriculteurs ; durabilité sociale ; durabilité environnementale ; fertilité des sols





## **Abstract**

Implanting cover crops during an intercrop period is a cultural practice whose positive agronomic effects are numerous on the scale of a culture system. These implementations in France are historically linked to the regulation of the nitrate leaching. The success of such an innovating approach requires however an evolution of the whole system and therefore a more global approach for the farmers.

The SYPPRE Project led by Arvalis – Institut du végétal, Terres Inovia and the French Technical Institute for Beetroot whose objective is to develop solid and multi-performance cultural systems with and for farmers, is based on innovating agronomic practices and has entirely integrated the cover crops in the reflection conducted on the experimentation platforms, the farmer network and the Observatory of innovating practices. The objective of this study is to understand and evaluate the different evolutions that the farms experienced to put in place those practices.

To this end, interviews will be completed on a panel of farmers previously categorized in three levels of skills. Following this, case studies will be defined. These are fictitious typical farms representing the common farmer practices who used a partial or a total cover crop during the period between two main crops. The characteristics of these typical farms will be put in the SYSTERRE® software and will be analysed. The DEXiPM tool will also be used to turn to the notion of social and environmental sustainability of these systems. Finally, the SIMEOS-AMG software will enable to evaluate the impact of these practices on soil fertility.

**Keywords :** cover crops ; cultural techniques ; farmers ; social sustainability ; environmental sustainability ; soil fertility



## Remerciements

Quelques mots qui introduisent un document mais qui en réalité sont la conclusion de 6 mois de riches collaborations au sein de Terres Inovia.

Je tiens à remercier particulièrement Matthieu Abella qui m'a accompagné et soutenu tout au long de ce stage, j'ai pu découvrir les différentes facettes du métier d'ingénieur réseau, mais également j'ai pu grâce à lui découvrir l'environnement agricole de cette magnifique région du Lauragais.

Je tiens à remercier Vincent Lecomte qui m'a également accompagné pendant ce stage, ainsi que tous les collaborateurs de Terres Inovia avec qui j'ai partagé ces 6 mois de stage.

Je remercie également Mathieu Capitaine pour son accompagnement durant ce stage, la capacité qui a été la sienne à me guider dans la réflexion autour de cette étude.

Je remercie également tous les acteurs du secteur agricole du Lauragais avec qui j'ai aidé en contact et qui m'ont apporté de nombreux éléments dans la mise en place de cette étude.

Pour terminer, je tiens à remercier ma famille qui m'a accompagnée et soutenue dans cette étape de ma vie qu'ont été les études supérieures, je les remercie pour leur patience, leur bienveillance et leur présence infaillible.



# Table des matières

INTRODUCTION.....	1
1.1 L'action SYPPRE.....	2
1.1.1 Un projet national inter-instituts .....	2
1.1.1.1 L'observatoire.....	2
1.1.1.2 L'expérimental.....	2
1.1.1.3 Le réseau.....	3
1.1.2. La réponse aux problématiques locales par l'innovation .....	3
1.2 Les cultures intermédiaires .....	4
1.2.1 Les cultures intermédiaires en France .....	4
1.2.1.1 Les cultures intermédiaires pièges à nitrates .....	4
1.2.1.2 Evolution de la terminologie .....	4
1.2.1.3 La pratique des cultures intermédiaires en France .....	5
1.2.2 Intérêts agronomiques .....	6
1.2.2.1 Action sur le volet chimique :.....	6
1.2.2.2 Action sur le volet physique.....	7
1.2.2.3 Action sur le volet biologique .....	8
1.2.3 Etat des lieux dans le contexte de l'étude.....	8
1.2.3.1 Le contexte des coteaux en sec du Lauragais .....	8
1.2.3.2 La pratique des couverts végétaux dans le sud-ouest.....	10
1.3 Problématisation et axes de travail .....	11
1.3.1 Objectifs du stage.....	11
1.3.2 Problématisation .....	12
1.3.3 Axes de travail .....	12
2. Méthodologie globale de l'étude .....	13
2.1 Collecte de l'information.....	13
2.1.1 Création de cas type .....	13
2.1.2 Choix des exploitations enquêtées .....	15
2.1.3 Création de l'entretien semi-directif .....	15
2.1.4 Les outils de traitement de données .....	16
2.2 Traitement des données .....	18
2.2.1 Traitement des données qualitatives .....	18
2.2.1.1 Thématiques abordées .....	18
2.2.1.2 Notation des réponses.....	19
2.2.2 Traitement des données quantitatives .....	19



2.2.2.1 L'analyse SYSTERRE® par les indicateurs .....	19
2.2.2.2 L'analyse SIMEOS AMG et DEXiPM .....	23
3. Résultats .....	24
3.1 Présentation des cas types.....	24
3.1.1 Cas type 1.....	24
3.1.2 Cas Type 2 .....	24
3.1.3 Cas Type 3 .....	24
3.2 Analyse qualitative .....	25
3.2.1 Un bilan de l'état d'avancement des pratiques .....	25
3.2.2 L'évolution dans les pratiques .....	25
3.2.2.1 Les motivations dans l'implantation des couverts .....	25
3.2.2.2 Les effets bénéfiques induits par ces évolutions .....	27
3.2.2.3 Les freins dans l'évolution .....	27
3.3 Analyse quantitative .....	29
3.3.1 Indicateurs économiques .....	29
3.3.2 Indicateurs environnementaux .....	31
3.3.3 Indicateurs sociaux.....	32
3.4 Résultats complémentaires .....	32
3.4.1 Agrégation d'indicateurs, l'outil DEXiPM.....	32
3.4.2 La fertilité des sols, l'indicateur manquant ?.....	35
3.4.2.1 Les réponses des agriculteurs .....	35
3.4.2.2 L'outil SIMEOS – AMG pour évaluer l'évolution du stockage de carbone.....	35
4. Discussion .....	36
4.1 La méthodologie .....	36
4.2 Les résultats obtenus.....	36
4.2.1 Les différences principales entre les deux systèmes.....	36
4.2.2 Un point récurrent, le glyphosate.....	37
4.2.3 La fertilité des sols, axe de recherche majeur .....	37
Conclusion.....	39
Bibliographie.....	40
Table des annexes.....	42
Annexes .....	43





## Table des figures

Figure 1 : Rotation mise en place sur la plateforme SYPPRE Lauragais.....	3
Figure 2 : Évolution dans la pratique des couverts.....	5
Figure 3 : Mise en évidence de l'effet CIPAN des CIMS.....	7
Figure 4 : Biomasse microbienne et azote minéralisé en 28 jours selon différents types de couverts.....	8
Figure 5 : Caractérisation des sols de coteaux du Lauragais.....	9
Figure 6 : Carte des zones vulnérables en région Occitanie.....	10
Figure 7 : Rotation appliquée au Cas type 1.....	24
Figure 8 : Rotation appliquée au Cas type 3.....	24
Figure 9 : Résultats SIMEOS – AMG.....	35

## Table des photos

Photo 1 : Effet de la présence de couverts d'interculture sur l'érosion.....	8
Photo 2 : rouleaux hacheur à droite et rouleau cambridge à gauche.....	29
Photo 3 : Semoir direct John deere, disques droits, écartement de 16cm.....	29

## Table des tableaux

Tableau 1 : Sols nus ZAC/hors ZAC.....	6
Tableau 2 : L'exemple des pratiques culturales entre la récolte du précédent et la récolte du tournesol.....	11
Tableau 3 : Présentation des caractéristiques principales des systèmes du Cas type 1.....	13
Tableau 4 : Présentation des caractéristiques principales des systèmes du Cas type 3.....	13
Tableau 5 : Motivations présentées pour l'implantation de couverts.....	25
Tableau 6 : bénéfices économiques liés aux couverts.....	27
Tableau 7 : contraintes économiques liées aux couverts.....	27
Tableau 8 : contraintes règlementaires liées aux couverts.....	28
Tableau 9 : contraintes techniques liées aux couverts.....	28
Tableau 10 : Indicateurs économiques.....	30
Tableau 11 : Indicateurs environnementaux.....	31
Tableau 12 : Indicateurs sociaux.....	32

## Abréviations

CI – Cultures Intermédiaires

CIMS – Cultures Intermédiaires Multi-Services

CIPAN – Cultures Intermédiaires Pièges à Nitrates

DRAAF – Direction Régionale de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Forêt

FAO – Food and Agriculture Organization

GES – Gaz à Effet de Serre

IFT – Indice de Fréquence de Traitement

ITB – Institut Technique de la Betterave

SdC – Système de Culture

ZAC – Zones d'Actions Complémentaires



## INTRODUCTION

La pratique de la couverture végétale des sols correspond à une alternance entre des cultures annuelles dites de rente et des cultures intermédiaires implantées avec des objectifs bien définis et qui consiste à occuper le sol entre deux cultures par des plantes maîtrisées par l'exploitant. L'implantation et la maîtrise de cette technique est un véritable défi pour l'agriculture en général mais tout particulièrement dans le contexte bien particulier des coteaux argileux du Lauragais conduits « en sec » c'est-à-dire sans irrigation.

C'est le défi que s'est fixé l'équipe de pilotage du projet SYPPRE Lauragais. Terres Inovia, l'institut de référence en oléo-protéagineux participe activement à cette action. (Terres Inovia, 2015)

L'institut résulte de la fusion du CETIOM, qui travaillait sur les cultures oléagineuses, avec l'UNIP qui était spécialisée dans les cultures de protéagineux. La fusion et donc la naissance de Terres Inovia date de 2015, l'institut a en charge aujourd'hui les cultures de : colza, tournesol, soja, lin oléagineux, pois, pois chiche, féverole, lupin, chanvre ainsi que d'autres cultures oléagineuses, ou protéagineuses mais qui ne représentent en France que des surfaces infimes. Les missions de Terres Inovia sont ancrées dans la recherche, le développement et l'innovation et sont principalement orientées vers la production avec l'évaluation des différents intrants utilisés sur le marché (variétés, produits phytosanitaires, engrais, etc.), la protection intégrée des cultures, l'évaluation économique de la production, mais aussi sa valorisation et sa transformation. Terres Inovia est donc au cœur des problématiques agricoles, c'est pourquoi ils sont impliqués dans de nombreux projets qui visent notamment à évaluer et référencer les techniques culturales innovantes.

Une des problématiques principales rencontrées dans la région du Lauragais mais également de manière générale en France est la problématique de l'érosion. En France, près de 18% des sols présentent un risque d'érosion (notamment hydrique) moyen à fort d'après le GIS Sol, groupement scientifique fondé en 2001 et développé par l'INRA (Mollier, 2013). Le Lauragais fait partie des contextes particulièrement sensibles à ce risque érosif. La plateforme SYPPRE Lauragais a donc logiquement défini comme problématique principale l'érosion.



# 1. Contexte de l'étude.

## 1.1 L'action SYPPRE

### 1.1.1 Un projet national inter-instituts

Le projet SYPPRE est un projet mené par les instituts techniques agricoles, ARVALIS – Institut du végétal, Terres Inovia, et l'ITB. Ce projet est inscrit dans la durée car programmé aujourd'hui jusqu'à 2025, l'approche vise à développer et à faire émerger des systèmes de cultures innovants, alliant les sciences de l'agronomie et de l'écologie dans l'objectif de construire des systèmes multi-performants (productivité, économie, raisonnement de la fertilisation, énergies fossiles, produits phytosanitaires, stock de carbone dans les sols, gaz à effets de serres).

Il y a 3 dimensions à retenir dans l'organisation de ce projet, l'observatoire des pratiques et systèmes innovants, l'expérimentation de longue durée, les réseaux d'agriculteurs

#### 1.1.1.1 L'observatoire

Mon stage s'inscrit très largement dans ce volet. Ce dernier repose, entre autres, sur la réalisation d'enquêtes d'envergure nationale, et sur des travaux plus spécifiques investis à l'échelle de chaque bassins de production couverts par le projet SYPPRE, en l'occurrence, les limons profonds de Picardie, les terres de craie de Champagne, les sols argilo-calcaires du Berry, les coteaux argilo-calcaires du Lauragais (le cadre de mon stage) et enfin les terres humifères du Béarn. L'objectif principal du volet observatoire consiste à référencer les systèmes de production actuels, afin de mieux les comprendre et de suivre leurs évolutions. Des systèmes de références sont ainsi construit et servent de base d'évaluation sur la multi-performance des systèmes. Mon stage permet, dans le cadre du Lauragais d'amorcer les travaux de ce volet observatoire.

#### 1.1.1.2 L'expérimental

C'est un grand défi de ce projet. L'objectif est de construire des systèmes de culture innovants, alliant les enjeux globaux et locaux qui sont propres à chaque bassin de production étudié. Des expérimentations système ont donc été mis en place par les acteurs locaux du territoire (experts régionaux et agriculteurs) afin de concilier dans l'élaboration du système, ambition et réalité du terrain. Les objectifs de ces plateformes sont élevés ; tout en maintenant une qualité de production relative aux exigences du marché, les différentes expérimentations systèmes du projet SYPPRE visent à améliorer la rentabilité et la robustesse des systèmes face aux aléas climatiques qui s'annoncent et qui sont déjà une réalité dans beaucoup de régions. Ils visent également l'excellence environnementale en recherchant notamment l'objectif du projet Écophyto, qui est de réduire de 50% les IFT des systèmes et également réduire de 20% les apports d'azote minéral, les émissions de gaz à effet de serre, la consommation énergétique et augmenter le stockage de carbone dans les sols en travaillant notamment sur les taux de matière organique (problématique importante de la zone du Lauragais).

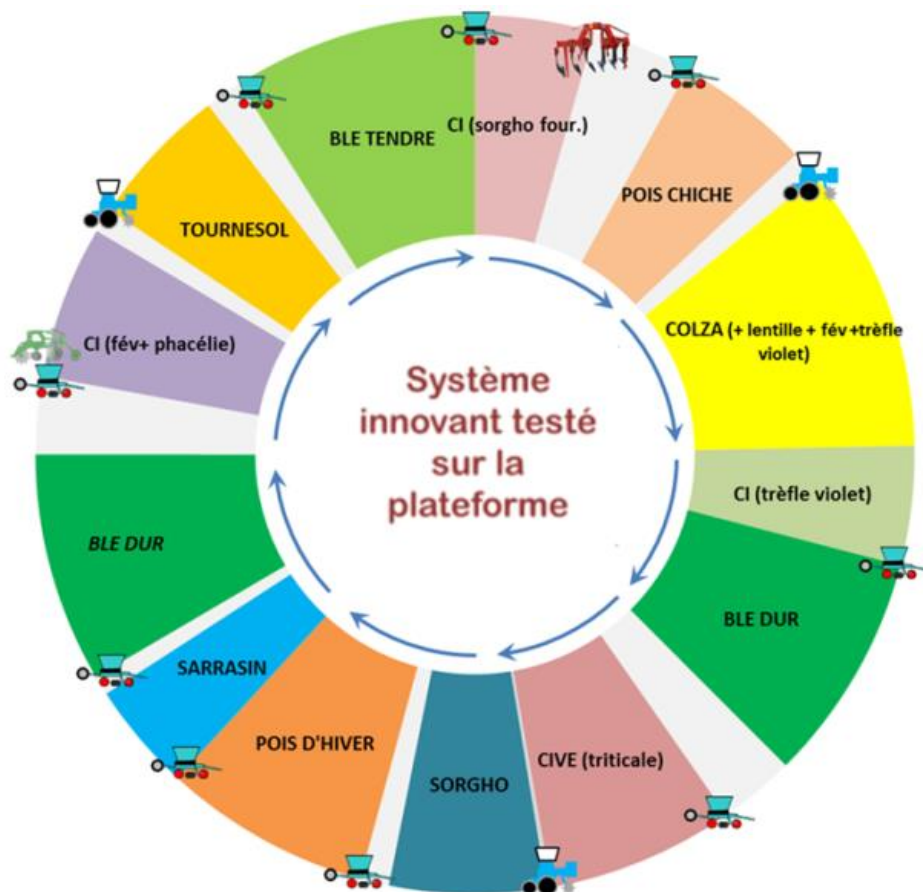


Figure 1 : Rotation mise en place sur la plateforme SYPPRE Lauragais

### 1.1.1.3 Le réseau

Ce troisième volet vise à mettre en place des réseaux d'agriculteurs connectés aux différentes plateformes mises en place dans le cadre du projet. Ces réseaux, suivis par des collaborateurs des instituts sont associés notamment à la co-construction du projet, avec le rôle de référents, évaluateurs et porte-parole. Dans les faits, les agriculteurs seront consultés dans l'avancement et dans les stratégies optées pour le projet, et les pratiques innovantes développées sur la station expérimentale ou sur la zone en générale où ils expérimentent eux-mêmes les pratiques testées sur la plateforme expérimentale. Ce volet est essentiel au projet car il permet d'intégrer les producteurs des différents bassins de production au cœur du projet. Ils jouent le rôle d'expert, d'expérimentateur et de développeur des techniques.

### 1.1.2. La réponse aux problématiques locales par l'innovation

La problématique locale principale qui a été retenue dans l'élaboration de la plateforme expérimentale SYPPRE Lauragais est l'érosion. La lutte contre l'érosion passe entre autres par la mise en place de couverture des sols en interculture et la réduction du travail du sol. (Mollier, 2013)

La plateforme expérimentale du Lauragais est installée sur un coteau argilo-calcaire, plutôt hétérogène sur un plan pédologique et sensible à l'érosion. Le système de culture est mené sans irrigation ce qui est une contrainte importante au niveau du choix des cultures à implanter. Le système innovant retenu est composé d'une rotation de 8 années, avec un objectif d'une couverture maximale des sols et un travail du sol se limitant à deux passages de strip-till (travail du sol en localisé sur le rang) en précédant du sorgho et du tournesol dans la rotation. La rotation est présentée sur la Figure 1 ci-contre. Il est important de préciser que ces conditions définies en co-construction au départ du projet sont amenées à évoluer (au niveau de la conduite technique) avec la montée en expérience due aux différents aléas rencontrés avec les années. Le système témoin a été construit dans le but de refléter les pratiques du secteur, soit une rotation en deux ans blé dur - tournesol, avec un labour d'automne précédant l'implantation du tournesol.

Les leviers mis en place afin d'assurer une protection contre l'érosion, une amélioration de la fertilité des sols et une robustesse économique des systèmes sont donc les suivants :

- L'allongement et la diversification des cultures dans la rotation.
- L'implantation de légumineuses en cultures principales, en cultures intermédiaires et en cultures associées afin d'apporter de l'azote naturellement dans le système.
- La mise en place de couverts d'intercultures pour protéger la fertilité du sol et faciliter une baisse du travail du sol.
- L'implantation de cultures de printemps peu gourmandes en intrants afin de faire baisser l'IFT
- La mise en place de cultures en dérobées permettant de produire sur certaines séquences, trois cultures en deux ans.
- Le choix de cultures intermédiaires productives afin de les valoriser soit pour produire de la biomasse exportée, soit pour ramener de la fertilité dans les sols.





## 1.2 Les cultures intermédiaires

### 1.2.1 Les cultures intermédiaires en France

#### 1.2.1.1 Les cultures intermédiaires pièges à nitrates

La couverture hivernale des sols en France est depuis longtemps, intimement liée aux réglementations encadrant la présence de nitrates dans les sols et dans les eaux. Voici un rapide historique de ce qui a pu être mis en place en France et en Europe depuis 40 ans sur cette thématique, cela permet de contextualiser l'arrivée de la pratique des couverts végétaux en France.

La première interrogation sur les nitrates présents dans les sols arrivera en 1975 avec notamment l'établissement d'un seuil de pollution des eaux à 50mg NO<sub>3</sub>/l (Justes et al., 2017). La première Directive Nitrate arrivera ensuite en 1991 avec des obligations de résultats fixés par l'Union Européenne aux états membres. Pour commencer, les états membres devaient donc identifier les zones vulnérables sur le territoire et par la suite mettre en place des moyens pour atteindre l'objectif, à l'horizon 2015, de bon état écologique des eaux (pas de dépassement du seuil de 50mg NO<sub>3</sub>/l). En 2001, la couverture automnale des sols dans les Zones d'Actions Complémentaires (ZAC) (zones présentes en amont de puits de captage pour la consommation humaine) est rendue obligatoire. En 2008, cette directive s'appliquera pour toutes les zones vulnérables du territoire.

Cette année 2001 est donc charnière car elle introduit la notion de couverture des sols liée à un objectif écologique (réduction de la lixiviation des nitrates). Depuis 2008, la couverture automnale des sols est donc obligatoire sur la totalité des zones vulnérables du territoire, les conditions étant définies au niveau national par le « programme d'action national nitrates » et au niveau régional par le « programme d'action régional nitrates ».

#### 1.2.1.2 Evolution de la terminologie

Durant toutes ces années, la terminologie relative à la couverture des sols en interculture a également nettement évolué et montre également comment cette notion de couverture des sols a progressé dans la mentalité des producteurs et des différents acteurs du monde agricole. Durant les années 1970 – 1980, on employait le terme d' « engrais verts », c'était notamment relatif aux actions sur la structure du sol, l'apport d'azote, et la fixation de nombreux éléments par les couverts pour les cultures suivantes. Suite à l'arrivée des premières Directives Nitrates, cette terminologie a fondamentalement changé car on employait maintenant le terme de CIPAN (Culture Intermédiaire Piège à Nitrate) pour parler des couverts d'intercultures. Cette évolution montre un changement dans la manière même de concevoir les couverts, on passe d'une notion qui « apporte » des nutriments à la culture suivante, à une notion qui « piège », ceci étant dû à la nécessité de surveillance de la qualité des eaux sur le territoire européen. Depuis les années 2010 et jusqu'à aujourd'hui, une nouvelle terminologie est utilisée dans la littérature scientifique pour évoquer les couverts végétaux est l'abréviation CIMS (Culture Intermédiaire Multi-Service). C'est un terme qui regroupe à ce jour tous les intérêts techniques et agronomiques que présentent les couverts. Cela reprend donc l'effet « engrais vert » précédemment évoqué, mais cela regroupe également les effets sur la biologie du sol, le paysage, le système de culture, etc (Justes et al., 2017). Lors d'un colloque effectué sur le sujet

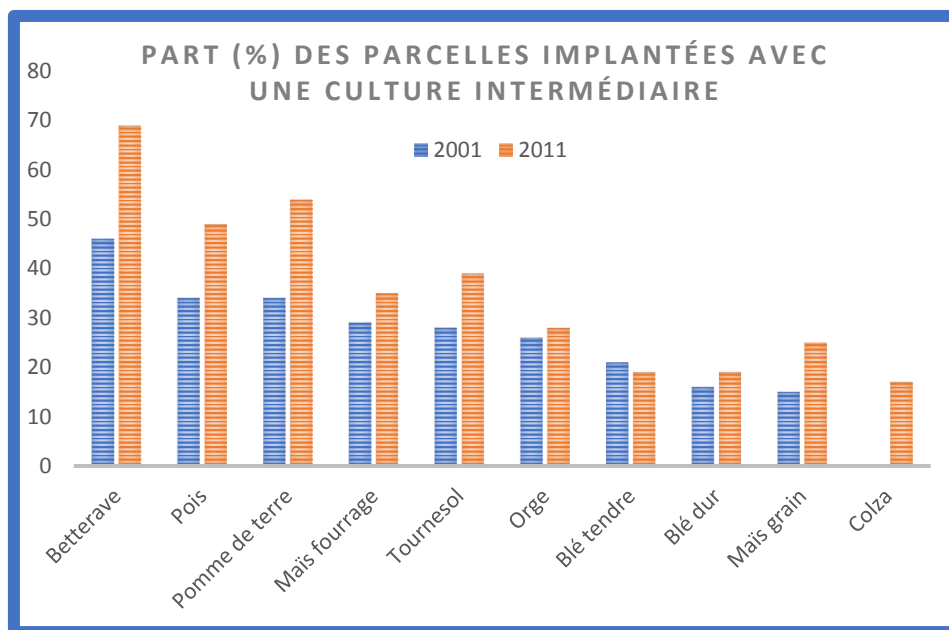


Figure 2 : Évolution dans la pratique des couverts, d'après Justes et al., (2012) et Madelin et al., (2004)

Pourcentage de surface en 2003	ZAC	Hors ZAC
Potentiel de sol nu/SAU	26 %	23 %
Sol nu effectif/SAU	6 %	18 %
Couverture hivernale des sols potentiellement nus/SAU	20 %	5 %
– dont culture intermédiaire / potentiel sol nu	65 %	19 %
– dont autre couverture des sols / potentiel sol nu	12 %	4 %
– dont sol nu effectif / potentiel sol nu	23 %	77 %

Tableau 1 : Sols nus ZAC/hors ZAC (Thareau et al., 2008)

en 2017, l'INRA proposera une définition des CIMS, « Les CIMS ou Cultures Intermédiaires Multi-Services, souvent nommées CIPAN (piège à nitrate) ou couverts végétaux (agriculture de conservation des sols), sont des cultures semées en interculture pour produire différents services écosystémiques : recyclage des éléments minéraux (N, P, K, S, etc.), couverture des sols (anti-érosion), gestion des adventices et des ravageurs, ou encore le stockage de matière organique et carbone dans les sols. » (CIAG, 2017).

Avec l'adoption de ce terme CIMS, il semblerait donc que l'interculture soit aujourd'hui perçue sous un autre angle (Thomas et al., 2016). Premièrement, le terme CIPAN est intimement lié à des contraintes réglementaires, cela limite donc l'approche globale que l'on peut avoir avec les couverts. Ensuite, on passe d'une culture intermédiaire « piège » à une culture intermédiaire « multi-service ». L'intérêt qui est perçu aujourd'hui de la pratique des couverts semble donc aujourd'hui bien plus large qu'il ne l'était dans les années 1990. Eric Justes en 2017, définira les services écosystémiques amenés par les couverts comme les suivants : « i) réduire la lixiviation de nitrates et de sulfates, ii) fournir de l'azote à la culture suivante, iii) réduire l'érosion, iv) améliorer la structure et les propriétés hydriques du sol, v) réduire la pression parasitaire sur les cultures, empêcher le développement de mauvaises herbes, vi) améliorer l'esthétique du paysage, vii) accroître la biodiversité du paysage agricole. »

Cette approche des couverts est particulièrement pratiquée dans les systèmes en agriculture de conservation qui se basent sur les principes agroécologiques. La couverture des sols est, en effet, un des trois piliers de ces pratiques agricoles, les deux autres étant la perturbation minimale du sol et l'allongement et la diversification des rotations culturales (De Tourdonnet, 2017).

La notion et donc la terminologie de couverture végétale des sols a donc évolué depuis les années 1980 où les couverts végétaux étaient particulièrement assimilés à des objectifs de protection contre la lixiviation des nitrates et aujourd'hui où le terme « multi-services » est utilisé, traduisant une prise de conscience des intérêts agronomiques multiples que l'on peut attribuer aux couverts.

### 1.2.1.3 La pratique des cultures intermédiaires en France

La réunion des enquêtes culturales de l'Agreste en 2001 et 2011 ont permis de faire apparaître sur la Figure 2 présentée ci-contre l'évolution de la couverture en interculture en fonction de la culture suivante (Justes et al., 2012; Madelin, 2004). L'évolution entre 2001 et 2011 est assez flagrante sur ce graphique. De manière générale, la part de cultures intermédiaires (CI) implantées a nettement augmenté. La priorisation de l'implantation de CI avant betterave, pois et pomme de terre semble se confirmer et progresse nettement dans tous les cas. Les céréales à pailles sont assez peu implantées après CI, cela vient sans doute du fait de la difficulté d'implanter les intercultures d'été (période de sécheresse dans beaucoup de régions). Le colza, qui n'était lui jamais précédé d'une CI en 2001, se retrouve précédé d'une couverture végétale dans un cas sur cinq.

Les Zones d'Action Complémentaires ZAC possèdent une réglementation particulière comme évoqué précédemment. Il est donc intéressant d'analyser les évolutions en termes de couverture hivernale des sols dans ces contextes bien particuliers.

Une évaluation ministérielle publiée en 2005 (Thureau et al., 2008) nous montre l'impact de la réglementation sur la proportion d'adoption de la pratique des couverts végétaux. Le Tableau 1



récapitulatif de cette enquête est présenté ci-contre. Il nous indique notamment une belle efficacité car on note 3 fois moins de sols nus effectifs dans les ZAC (6%) en comparaison aux hors ZAC (18%). En revanche, dans les zones qui ne sont pas couvertes par la réglementation, il est important de noter qu'en 2008, seulement 5% des sols potentiellement nus en hiver sont couverts et dans ces 5%, uniquement 19% sont couverts par des cultures intermédiaires. On peut donc affirmer qu'à cette époque, la pratique de cultures intermédiaires en hiver ne résulte presque que de la réglementation et peu de part son intérêt agronomique.

En revanche, ce qu'il ressort de cette étude est le fait que dans les deux cas, (ZAC/ hors ZAC) la tendance va vers l'adoption de la couverture hivernale des sols, l'évolution étant plus rapide dans les zones où la réglementation s'applique. En effet, en suivant les chiffres, on note un taux d'adoption équivalent en 1994, mais en 2001, l'écart s'est creusé avec un taux d'adoption de 87% en zone réglementaire, tandis qu'il n'est que de 71% hors zone réglementaire.

La pratique de la couverture hivernale a donc été fortement influencée par la réglementation (45% des agriculteurs) mais elle intéresse également une grande partie des exploitations agricoles pour les intérêts agronomiques (20%) et économiques (20%) que présente cette pratique, enfin, 15% d'agriculteurs se disent insensibles ou non intéressés par ces pratiques (Thureau et al., 2008). Les résultats de l'étude publiés en 2005 sont relativement anciens mais il est difficile de trouver des données fiables plus récentes.

Ce qui a été démontré à l'époque et qui semble se confirmer dans les enquêtes actuelles est le fait que les couverts végétaux ont dépassé le statut d'obligation réglementaire, et intéressent de plus en plus les producteurs pour leurs intérêts agronomiques, économiques et environnementaux. C'est pourquoi, dans la partie qui suit, nous allons tenter de montrer au travers de références scientifiques et techniques, les intérêts agronomiques principaux que présentent les couverts végétaux.

### 1.2.2 Intérêts agronomiques

#### 1.2.2.1 Action sur le volet chimique :

Les couverts ont de nombreux effets, sur la fixation d'azote, d'autres nutriments comme le phosphore et la potasse, le stockage de carbone, et certaines espèces végétales engendrent également des effets allélopathiques qui sont décrits dans le paragraphe qui suit.

La gestion de l'azote est historiquement l'élément central évoqué dans la pratique des couverts végétaux. En effet, l'azote étant un élément majeur dans la gestion de la fertilité des cultures, c'est bien souvent une porte d'entrée choisie par les agriculteurs. Dans cette gestion de l'azote grâce aux couverts, sont recherchés principalement l'effet engrais vert et l'effet piège à nitrates, dont les efficacités dépendent de la nature du couvert et de sa date d'implantation et de destruction. L'effet engrais vert d'un couvert n'est présent que lorsque le couvert d'intercultures est composé de légumineuses, il est en revanche difficile à prévoir en amont et relève de nombreux paramètres tels que (Constantin et al., 2017):

- Les quantités d'azote fixées par la CI
- Le ratio C/N des résidus
- Les conditions pédoclimatiques
- La nature de la culture suivante
- Le type de destruction de la CI

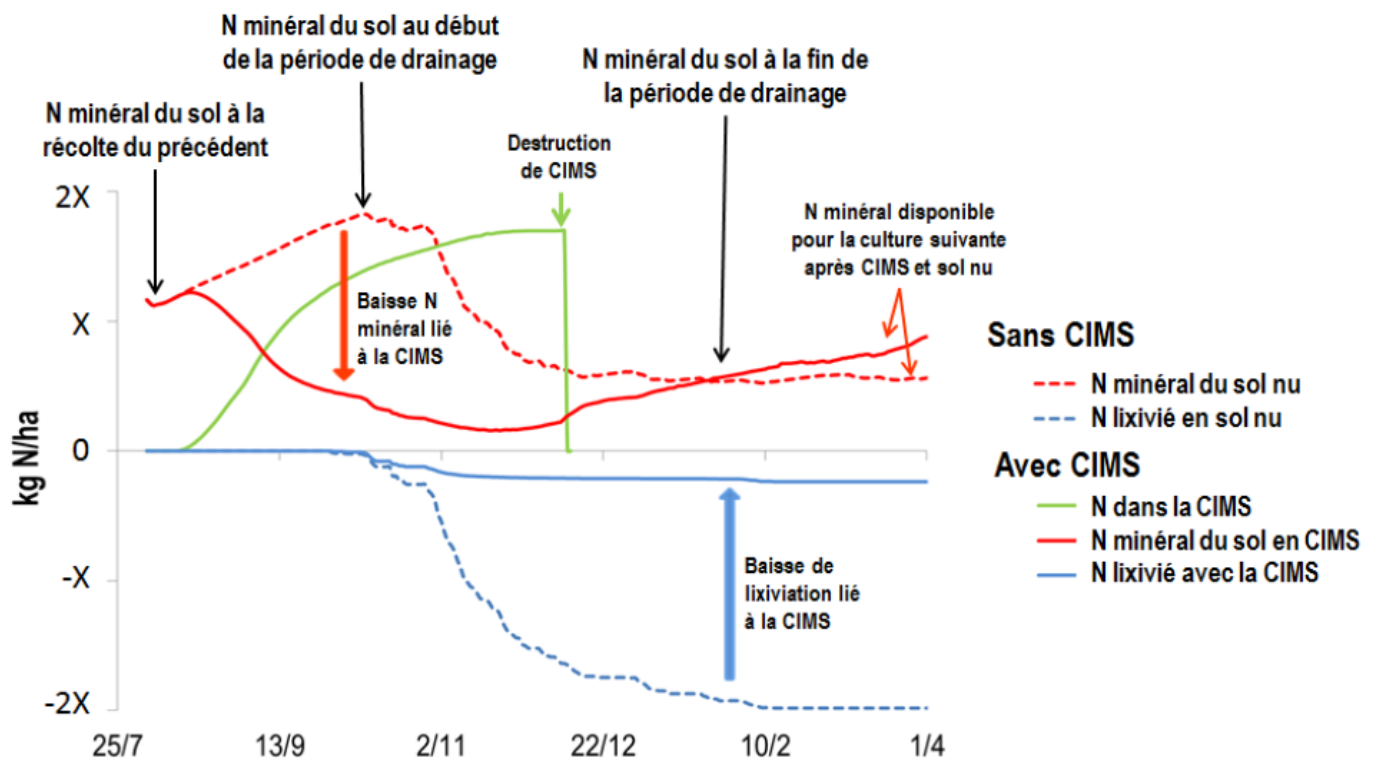


Figure 3 : Mise en évidence de l'effet CIPAN des CIMS

L'effet pièges à Nitrates des couverts intermédiaires est l'effet historique reconnu des couverts végétaux tout particulièrement hivernaux. Ces cultures intermédiaire, implantées durant l'été vont ainsi permettre de fixer l'azote minéral sur tout le profil et donc conserver le pool d'azote minéral du sol qui sera restitué par minéralisation durant les cultures suivantes (Justes et al., 2012). Ce phénomène est illustré sur la Figure 3 présentée ci-contre.

Les couverts, permettent également de fixer toutes sortes d'éléments minéraux dans le sol. Dans les écosystèmes peu perturbés, les éléments minéraux sont recyclés par un cycle consommation – décomposition, de la chaîne alimentaire. Une fois la MO décomposée, elle devient de la matière minérale, qui sera de nouveau intégrée par la biomasse végétale (Thomas et al., 2016). Tout comme pour l'azote, certaines plantes ont une capacité particulière à fixer le phosphore ou le potassium. À titre d'exemple, le sarrasin permet de fixer efficacement une partie du phosphore du sol, il le rendra donc plus disponible pour la culture suivante par la décomposition de ces résidus.

L'intérêt des couverts végétaux d'intercultures dans le stockage de carbone a également été montré par de nombreuses études, entre autres, Ding et al. (2006) montre par son expérimentation sur 10 ans de couverts de seigle et de seigle/vesce sur une monoculture de maïs fourrage, l'intérêt des couverts d'intercultures sur la matière organique des sols. Les résultats montrent assez logiquement que les taux de carbone organiques du sol sont plus importants dans les systèmes avec couvert d'interculture que dans les systèmes sans couverts d'interculture. Certaines espèces implantées dans les couverts végétaux engendrent également des effets allélopathiques. Dans le premier chapitre de son ouvrage, (Rizvi et al., 1992) Javed Rizvi explicite l'origine du mot allélopathie, dérivé du grec allelon « de l'autre », et pathos « souffrir ». Le terme allélopathie désigne donc l'ensemble des biomolécules, et leurs métabolites secondaires qui peuvent induire des effets négatifs ou positifs chez une autre plante. Un des phénomènes allélopathiques le plus connu et le plus étudié est la biofumigation. L'effet allélopathique d'une espèce végétale en particulier, couramment utilisée en mélange ou en pur dans des couverts d'interculture, les crucifères. Cette espèce synthétise en abondance des glucosinolates (GSL), ce sont des métabolites secondaires de soufre (S) et d'azote (N) qui réagissent avec les myrosinase pour produire de nombreux composés biocides tels que les isothiocyanates, les thiocyanates, et les nitriles (Couëdel et al., 2017).

Ces composés biocides ont un réel effet négatif sur les bioagresseurs, c'est pourquoi, l'action de ces composés dérivés de GSL a été qualifiée de « biofumigation ».

#### 1.2.2.2 Action sur le volet physique

Un des premiers intérêts de l'implantation d'une couverture végétale en interculture est la lutte contre l'érosion (Labreuche, 2009). Il existe deux types d'érosions. Le ruissellement Hortonien tout d'abord qui a lieu lorsque la capacité d'infiltration est inférieure à l'intensité des pluies, et ensuite le ruissellement par saturation qui a lieu lorsque les pluies arrivent sur un sol déjà saturé en eau.

Le phénomène d'érosion se produit en fonction de différents facteurs que sont le sol, l'occupation du sol, la topographie et le climat (Le Bissonnais et al., 2002).

La couverture des sols est identifiée depuis de nombreuses années comme un moyen de lutte contre l'érosion. L'impact des gouttes de pluies sur le sol est réduit par la présence d'une végétation basse et dense mais également par la présence de résidus sur le sol. Les racines qui



Photo 1 : Effet de la présence de couverts d'interculture sur l'érosion. Maïs mené sans couvert végétal à droite et avec couvert à gauche

Source : [www.arvalis-infos.fr](http://www.arvalis-infos.fr) et <https://galpaysdeherve.be>

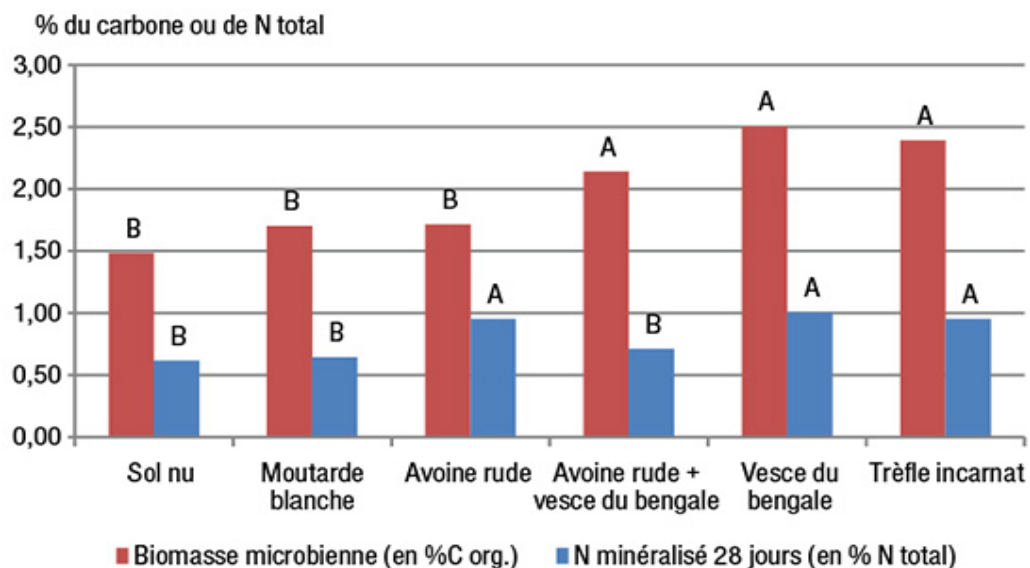


Figure 4 : Biomasse microbienne (exprimée en % du carbone organique) et azote minéralisé en 28 jours (en % de l'azote total) selon différents types de couverts (Bouthier et al., 2015).



sont en places dans les sols augmentent également sa capacité d'infiltration (Quinton et al., 1997). Les photos présentées ci-contre illustrent ce propos.

Les cultures de couverture présentent un intérêt tout particulier dans des territoires alliant sols sablo-limoneux battants et forte pluviométrie (façade Atlantique). Ils impliquent donc par une réduction de la battance, une meilleure capacité d'infiltration des sols et ainsi une diminution du ruissellement dit « Hortonien ». C'est ce qu'a mis en évidence la Chambre d'Agriculture de Bretagne avec une réduction du ruissellement à hauteur de 98% dans la comparaison entre un sol nu et un couvert de Ray Grass testée sur différents niveaux de précipitations

L'implantation de couverts d'intercultures a sans doute un rôle dans la conservation de la stabilité structurale d'un sol, de par l'action des racines du couvert sur le sol, la restitution importante de matière organique en surface qui favorise l'activité biologique, etc. En revanche, les couverts d'intercultures sont inefficaces si les pratiques en lien avec la gestion de la culture de rente ne sont pas réalisées dans des conditions optimales (travail du sol, récolte, etc.).

### 1.2.2.3 Action sur le volet biologique

Les couverts végétaux sont également utilisés pour leur impact sur la biologie des sols. Dans leur étude, Teasdale et Daughtry (1993) ont montré que la température maximale du sol ainsi que l'amplitude de températures sur 24h était réduite par la présence de couverts en comparaison à un sol nu. Ce sont des expérimentations qui ont été effectuées sur vesce velues et les résultats sont plus concluants sur vesce velue vivante par rapport à la vesce velue desséchée. Le fait que le sol soit plus froid a par la suite un impact immédiat sur la capacité des graines d'adventices à germer.

De manière générale, la biomasse microbienne est nettement influencée par la présence ou non de couverts. Comme le montre la Figure 4 cette biomasse évolue d'un sol nu à un sol couvert, mais évolue également en fonction du couvert semé sur la parcelle. On notera une efficacité particulière de la vesce du Bengale ainsi que du trèfle incarnat dans la production de biomasse microbienne. À la vue du Graphe présenté, il semblerait que les légumineuses favorisent particulièrement le développement de microorganismes dans le sol. L'étude ne montre en revanche pas de lien établi entre présence de couverts et la spécificité de la population microbienne établie dans le sol.

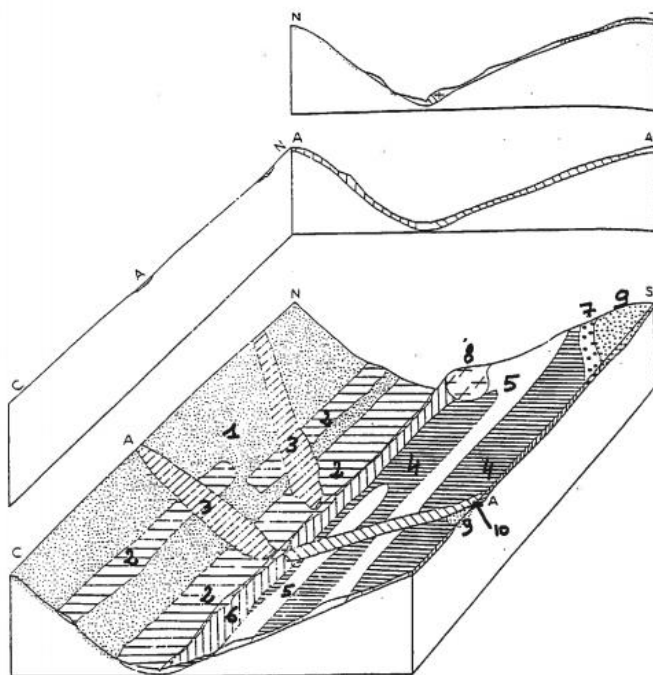
Les couverts végétaux ont donc un impact agronomique important et notamment sur les trois grands axes de la fertilité des sols, le volet chimique, physique, biologique. La maîtrise de cette technique est en revanche relative à chaque contexte.

## 1.2.3 Etat des lieux dans le contexte de l'étude.

### 1.2.3.1 Le contexte des coteaux en sec du Lauragais

Au niveau de la géologie de la zone du Lauragais, il s'agit en grande majorité d'une formation de base datant du Tertiaire correspondant à des dépôts molassiques de l'Oligocène (Revel, 1982). Dans la composition des sols, on retrouve donc en majorité des marnes (limons argileux calcaires) mais également :

- Des zones plus calcaires, épaisses de 50cm jusqu'à 5m mais qui n'affleurent que sur 1% de la surface, ces zones sont communément appelées « terre blanche », elle correspond à des zones à moindre potentiel sur les coteaux.



1. Régosol et sol peu évolué d'érosion calcaire
2. Sol colluvial calcaire
3. Sol brun calcique sur colluvions des fonds de ravines
4. Sol brun calcique rajeuni (ou tronqué)
5. Sol brun calcaire
6. Sol colluvial calcique de fond de vallons
7. Sol brun calcique argileux (sur BT) ou monogénique
8. Sol lessivé hydromorphe (lambeau de terrasse)
9. Sol brun lessivé (replats)
10. Sol brun lessivé de fond de ravine

Figure 5 : Caractérisation des sols de coteaux du Lauragais (Revel, 1992).

- Des dépôts sableux très peu calcaires
- Des dépôts limono-argileux sur des zones à faible pente et représentant à l’affleurement 5% de la surface.

Sur les versants que l’on peut retrouver dans le Lauragais, on retrouve des sols qui ont nettement évolué avec le temps notamment à cause du phénomène d’érosion très présent dans cette zone. Les horizons supérieurs de ces sols originellement de type brun calcique sur marne ou molasse ont été décapés et ont généré ainsi une diversité de sols présents sur ces coteaux, et ce en fonction de la quantité de terre érodée (la perte représente aujourd’hui de 30cm à 1-2m).

On peut ainsi déduire de la pente d’un sol, sa tendance à être plus ou moins calcaire. Le facteur calcaire d’un sol provenant en l’occurrence de son érosion plus intense. Plus une pente est importante, plus elle a été érodée, et donc, en théorie, plus le sol sera calcaire (Revel, 1982).

Outre les pentes, on retrouve les hauts de coteaux plus ou moins plats, ceux-ci ont eu une évolution pédogénétique bien différente car non soumis à l’érosion, ou à bien moindre échelle en comparaison aux versants. Ils ne représentent que 5% de la surface et ont subi l’évolution suivante : lessivage du calcium, acidification, début de lessivage de l’argile, ce sont donc des sols de type brun lessivés à faible potentiel.

Enfin, les fonds de vallée sont composés de sols peu évolués, argilo-limoneux, souvent à haut potentiel car formés en partie par la matière érodée des versants. La Figure 5 présentée ci-contre décrit les différents sols que l’on retrouve dans un coteau du Lauragais.

Le Lauragais et les coteaux argileux alentours forment un paysage vallonné, présentant ainsi une juxtaposition de collines et vallons. La topographie du Lauragais est globalement peu accidentée à l’Est mais l’est plus à l’Ouest (en aval du réseau hydrographique). L’altimétrie est faible et comprise en général entre 120 et 350m. C’est une zone qui est de plus en plus habitée mais au niveau de l’occupation des sols, on retrouve une utilisation très majoritairement agricole et tout particulièrement orientée vers les systèmes en grandes cultures.

- SAU / ST = 75%
- SFP / SAU = 10%
- Grandes Cultures / SAU = 89%
- Cultures Spéciales / SAU = 1%

Les différents bosquets éparpillés sur le territoire du Lauragais, sont le plus souvent présents sur des zones trop compliquées à cultiver de par leur exposition, ou leur accessibilité ou encore de par leur faible potentiel agronomique. Le parcellaire est aujourd’hui en majorité de type openfield avec des grandes parcelles qui représente souvent un versant de colline.

Le climat du Lauragais est bien particulier car il bénéficie des influences climatiques de l’Océan Atlantiques pour sa partie Ouest, méditerranéenne pour sa partie située plus au Sud-Est et enfin une influence montagnarde dans la partie Sud qui résulte de la proximité de la chaîne des Pyrénées mais également de la présence de la Montagne Noire.

Les saisons sont bien marquées avec un printemps pluvieux et relativement frais, un été sec et chaud. Sur l’ensemble de l’année, le climat est relativement sec avec une pluviométrie moyenne annuelle de 670 millimètres de hauteur d’eau (on note des extrêmes à 370 millimètres en 1967 et 1000 millimètres en 1993)

Une autre caractéristique climatique importante de la région est l’abondance des courants éoliens. Les vents de Nord-Ouest (autrement appelé le « Cers ») et de Sud-Est (autrement appelé l’« Autan ») soufflent pendant 320 jours par an. Les vents de Nord-Ouest apportent les

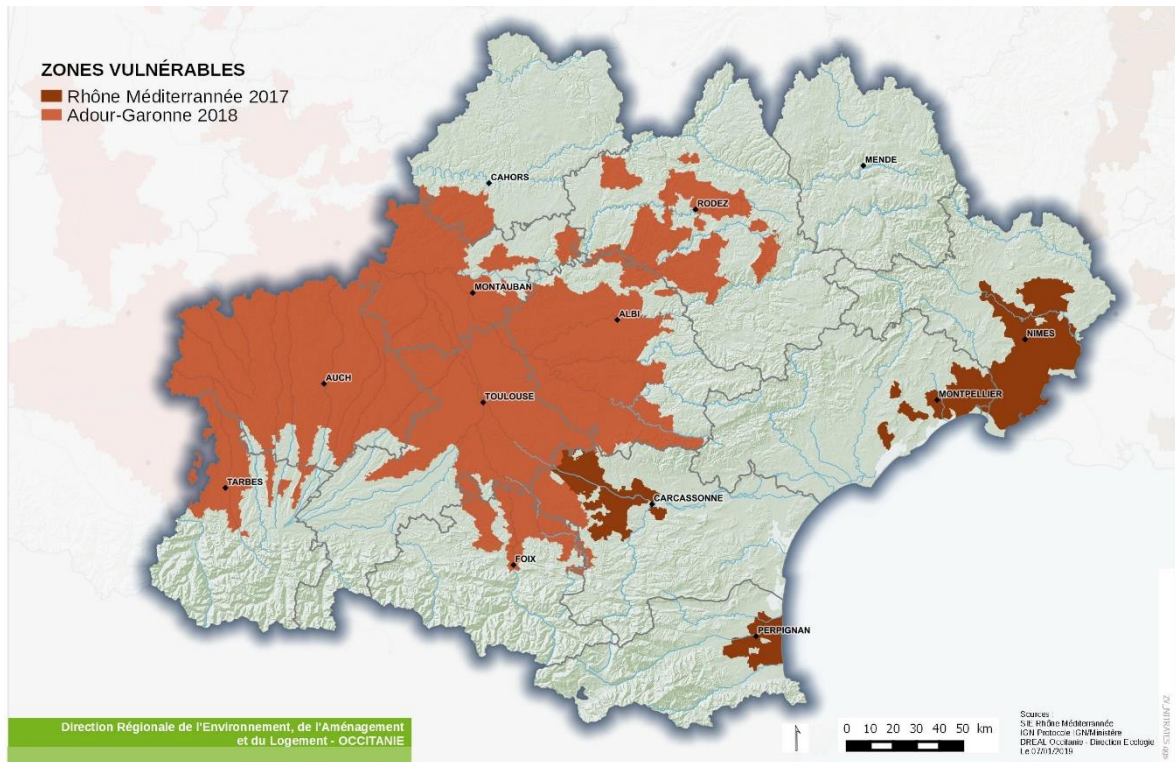


Figure 6 : Carte des zones vulnérables en région Occitanie.

pluies au Lauragais tandis que les vents secs et chauds de Sud-Est dessèchent les terres agricoles du Lauragais.

### 1.2.3.2 La pratique des couverts végétaux dans le sud-ouest

Comme indiqué sur la carte ci-contre, une grande majorité du bassin de la Garonne est en zone vulnérable (DREAL Occitanie, 2017). La zone vulnérable est une condition règlementaire qui impose certaines obligations notamment en termes de couverture végétale des sols en interculture.

La réglementation nationale impose une couverture hivernale des sols en zone vulnérable. Sur la Figure 6 présentée ci-contre, on retrouve la répartition des zones vulnérables dans la région Occitanie.

Il existe ainsi un plan d'action national qui affiche les grandes lignes de la réglementation, et un plan d'action régional qui fixe les règles énoncées ci-dessous en zone vulnérable :

- Obligation dans les intercultures longues : la couverture des sols en interculture est, dans le cadre de la réglementation, attribué soit aux cultures intermédiaires, soit à une culture dérobée, soit à des repousses de colza ou encore des repousses de céréales à conditions qu'elles soient suffisamment denses et dans la limite de 20% des surfaces en intercultures longues à l'échelle de l'exploitation. Si la présence de ces différentes couvertures végétales n'est pas satisfaisante, l'implantation d'une CIPAN sera rendue obligatoire une semaine avant une date fixée par le plan d'action régional (DRAAF Occitanie 2019). En l'occurrence, pour la région Occitanie, la date butoir fixée est le 15 octobre.

De même, la CIPAN et les repousses de céréales doivent être maintenues deux mois à compter de la date de semis et les destructions ne peuvent être effectuées avant le 1er novembre sauf dans le cas de conditions de sols argileux sur lequel un travail du sol est souvent réalisé pendant la période d'implantation des cultures intermédiaires, dans ces conditions, leur destruction est autorisée à partir du 1<sup>er</sup> octobre.

Les quatre cas où la couverture des sols n'est pas obligatoire sont les suivants :

- Les îlots cultureux où la récolte de la culture principale est effectuée après le 20 septembre sauf derrière maïs grain, sorgho ou encore tournesol où les dispositions du programme national restent obligatoires.
- Les îlots cultureux où il est nécessaire de faire un travail du sol avant le 1<sup>er</sup> novembre en raison de sols à contraintes argileuses (taux d'argile > 25% à justifier avec analyse de terre), la couverture des sols n'est pas obligatoire dans les intercultures longues, sauf derrière du maïs grain, du sorgho grain ou du tournesol ou la couverture obtenue par un broyage fin des cannes suivi d'un enfouissement des résidus dans les quinze jours suivants la récolte reste obligatoire.
- Dans les exploitations en agriculture biologique ou en cours de conversion, si la technique du faux-semis est mise en place avant le 1<sup>er</sup> novembre afin de lutter contre les adventices, la couverture des sols en interculture n'est pas obligatoire.
- Les îlots cultureux présents dans des zones définies « zone à enjeu palombe et avifaune migratrice pour la gestion des résidus de maïs grain », les cannes de maïs peuvent ne pas être broyées et enfouies.

<b>825 fiches</b>	<i>interculture 2005- 2006</i>	<i>interculture 2008-2009</i>	<i>interculture 2010-2011</i>	<i>interculture 2012-2013</i>	<b>Interculture 2016-2017</b>
CENTRE	16 %	20%	48%	46%	35%
POITOU-C, PdL	11 %	13%	32%	42%	49%
RHÔNE ALPES	5 %	4%	20%	31%	47%
SUD-OUEST	5 %	3%	3%	3%	6%
BOURGOGNE	13 %	20%	63%	75%	67%
AUVERGNE	9%	19%	18%	20%	<b>47%</b>
CHAMPAGNE	33%	37%	66%	78%	<b>81%</b>
LORRAINE	--	-	-	25%	<b>65%</b>
FRANCE	9.7 %	10%	22%	28%	27%

Tableau 2 : L'exemple des pratiques culturelles entre la récolte du précédent et la récolte du tournesol. (Source : Terres Inovia)

Dans le contexte de notre étude, qui se focalise sur les coteaux argilo – calcaires d’Occitanie, il semblerait donc que pour une exploitation classique effectuant une conduite en deux ans, blé dur - tournesol, la couverture des sols en interculture ne soit pas imposée par la réglementation, les 25% d’argiles étant bien souvent dépassés dans ces contextes. De même, d’après le programme d’action national, après tournesol, un simple broyage des cannes est considéré comme efficace en termes de lutte contre la lixiviation des nitrates.

On observe donc logiquement que dans cette zone, la pratique des cultures intermédiaires est marginale dans la zone et dans le contexte pédoclimatique bien particuliers de l’Occitanie.

Ci-contre, le Tableau 2 montre un exemple concret pour illustrer le propos. L’analyse de la proportion d’intercultures précédant tournesol conduites avec implantation de cultures intermédiaires. Tout d’abord, on remarque qu’au niveau national, la proportion d’intercultures conduites avec cultures intermédiaires a fortement progressé en dix ans, passant de 9.7% en 2006 à 27% en 2017 avec notamment une forte progression observée entre 2009 et 2011 (de 10% à 22%). Cette évolution globale dans les pratiques peut être attribuée à différentes causes, la première étant l’évolution de la réglementation, avec une obligation de présence de couverts dans les zones vulnérables. Également, une prise de conscience des producteurs des différents intérêts agroécologiques des couverts.

Si on régionalise maintenant notre analyse, on remarque que le sud-ouest fait figure de « mauvais élève » dans la mise en place des couverts d’intercultures. En effet, quand on prend région par région, le constat était à peu près universel en 2006 avec des pratiques qui étaient globalement peu développées sur le territoire national, avec entre 5 et 16% des surfaces couvertes en interculture précédant tournesol. Le constat 10 ans après est tout autre, on remarque une forte progression de la pratique dans la grande majorité des régions, sauf dans le sud-ouest. En effet, on passe dans le Sud-Ouest de 5% des surfaces couvertes en 2006 à 6% des surfaces couvertes en 2017 soit une évolution quasi nulle de la pratique en 10 ans. Ces résultats mettent bien en évidence les difficultés liées au contexte pédoclimatique mais également une réglementation qui est peu contraignante dans la région pour ces couverts comme cela a été montré précédemment.

Il est important d’insister sur le fait que les conditions pédoclimatiques sont particulièrement difficiles dans le Lauragais pour mettre en place des couverts d’interculture performants. L’objectif est donc de s’intéresser aux agriculteurs ayant bravé ces difficultés afin de comprendre leur démarche ainsi que de capter leur expérience sur le sujet.

### 1.3 Problématisation et axes de travail

#### 1.3.1 Objectifs du stage

Le stage que j’effectue au sein de Terres Inovia s’inscrit dans le cadre du projet SYPPRE, projet inter-institut regroupant Terres Inovia, Arvalis et l’ITB et qui a pour objectif d’accompagner la mise au point de systèmes de cultures innovants. Le projet SYPPRE est développé sur trois volets, le volet réseaux, le volet observatoire et le volet expérimental. Mon stage s’inscrit particulièrement dans le volet observatoire du projet, et a pour but d’obtenir des références sur le rôle des couverts dans des systèmes de cultures innovants et également de mieux caractériser les exploitations qui mettent en place cette technique culturale. Mon stage s’inscrit également dans une réflexion globale sur les couverts, l’objectif est donc de rentrer en collaboration avec de nombreux acteurs et projets. Une des volontés de Terres Inovia pour ce stage est de





décloisonner le travail sur cette thématique des couverts végétaux et de l'agriculture de conservation et véritablement de s'inscrire dans une démarche collective sur les couverts.

Les références régionales sur les pratiques en agriculture de conservation dans le cadre des coteaux en sec de la région sont très peu importantes voire inexistantes. L'objectif de ce stage est donc, à une échelle relativement faible de commencer une prise de référence sur ces systèmes afin d'améliorer les connaissances sur le sujet et ainsi produire un conseil et une expertise de meilleure qualité au monde agricole du Sud-Ouest.

### 1.3.2 Problématisation

Comment évoluent les systèmes de cultures suite à l'introduction de couverts végétaux et quelles en sont les conséquences sur les performances du système ?

Les pratiques des agriculteurs qui s'intéressent à la couverture des sols sont diverses et variées. Elles peuvent se limiter à l'adaptation des itinéraires culturaux déjà en place (intégration du couvert en plus des pratiques déjà mises en œuvre), et aller jusqu'à une évolution du système de culture voire du système de production.

Michel Sebillotte, en (1990) propose la définition suivante du système de culture (SdC), « un système de culture est l'ensemble des modalités techniques mises en œuvre sur des parcelles cultivées de manière identique. Chaque système se définit par :

- la nature des cultures et leur ordre de succession,
- les itinéraires techniques appliqués à ces différentes cultures, ce qui inclut le choix des variétés ».

Selon la FAO, (2001) Le système de production d'une exploitation se définit par la combinaison (la nature et les proportions) de ses activités productives et de ses moyens de productions.

L'évaluation qui sera mise en place portera donc sur ces deux échelles systémiques, le système de culture mais également le système global de production. En effet, on peut logiquement émettre comme hypothèse que l'intégration de nouvelles techniques et la réflexion portée autour des SdC peut amener des changements au sein du système de production. L'étude aura donc pour objectif d'identifier une logique globale dans la réflexion de ces systèmes et d'évaluer les différentes mutations qui ont été mises en place par ces nouveaux systèmes.

### 1.3.3 Axes de travail

Les axes de travail sont une présentation structurée des différentes attentes du stage. Ils servent de complément et d'illustration de la problématique. Dans le cadre de cette étude, les grands axes de travail ont été définis de la manière suivante :

- Définir et caractériser un pool d'exploitations qui ont mis en place la couverture des sols dans le contexte en sec du Lauragais.
- Identifier les principales mutations qui ont été engendrées suite à ces changements de pratiques.
- Evaluer ces changements de pratiques par l'analyse d'indicateurs au travers de cas types construit par des analyses de données locales agriculteurs.
- Déterminer une logique dans l'évolution, des freins et leviers mis en place par ces exploitants.

	<b>Cas type 1</b>			
Exploitation	1	2	3	4
Rotation avant couverts	Blé dur Tournesol	Blé dur/Orge Tournesol	Blé dur Tournesol Orge Tournesol/Maïs	Blé dur Tournesol/Maïs
Rotation Actuelle	Blé dur Tournesol	Blé dur/Orge Tournesol	Blé dur Tournesol Orge Tournesol/Maïs	Blé dur Tournesol/Maïs
% de surfaces couvertes en interculture	5	1	5	5

Tableau 3 : Présentation des caractéristiques principales des systèmes du Cas type 1

	<b>Cas type 3</b>			
Exploitation	1	2	3	4
Rotation avant couverts	Blé dur Tournesol	Blé dur Tournesol	Blé dur Tournesol	Blé dur Tournesol
Rotation Actuelle	Blé dur Orge Tournesol /Soja	Colza Blé dur Tournesol Blé tendre	Colza Blé dur Tournesol Blé dur Féverole	Colza Blé dur Tournesol Soja
Travail du sol	SD	SD/TCS	SD/TCS	SD
% de surfaces couvertes en interculture	100	80	100	100

Tableau 4 : Présentation des caractéristiques principales des systèmes du Cas type 3

On considère donc ici que la construction de cas types nous permettra d'évaluer un système témoin (cas type 1) représentant les pratiques conventionnelles de la zone, soit un travail du sol profond, une rotation en deux ans et pas de couverture du sol notamment hivernale, avec un système dit innovant avec une pratique de couverture du sol totalement intégrée dans le système (par l'implantation de couverts d'intercultures, une réduction du travail du sol, un allongement de la rotation, etc.).

## 2. Méthodologie globale de l'étude

### 2.1 Collecte de l'information

#### 2.1.1 Création de cas type

- Définition des cas types :

Le critère principal de définition des cas-types a été le niveau de maîtrise des pratiques de couverture végétale en interculture par les différentes exploitations enquêtées. Celui-ci a été évalué en particulier en considérant le recul et l'expérience qu'avaient les différents exploitants sur ces pratiques, ainsi que la durée depuis laquelle ces pratiques avaient été mises en place sur leurs exploitations, sans oublier le pourcentage de leurs surfaces qui étaient concernées par ces pratiques culturales. Les situations résumées de chaque exploitation par cas type sont exposés dans les tableaux 2 et 3 ci-contre.

La première étape a donc été d'identifier les exploitations enquêtées comme appartenant à tel ou tel cas type. Une fois ce travail effectué, l'étape suivante a consisté à construire ces cas types, c'est-à-dire à définir les systèmes de cultures qui représentent les pratiques concrètes des exploitations enquêtées, leurs assolement, enchaînements de culture, mode de travail du sol, etc... afin de comparer leurs performances économiques, environnementales et sociales. Après une première analyse des données récoltées, il a été décidé de ne soumettre à l'analyse du logiciel SYSTERRE® que 2 cas types sur 3, le cas type n°2 représentant une trop grande diversité de pratiques ne permettant pas la construction d'un cas-type représentatif de ce groupe.. En effet, comme il a pu être remarqué dans cette étude, les chemins qui mènent à un système plus stable sont multiples, il paraissait donc complexe de construire un système « type » sur des exemples si différents.

- Construction des cas « types » :

La réflexion sur la construction des cas types a été fondamentale dans la mise en place de l'étude. En effet, ces cas-types se devaient d'être représentatifs des exploitations agricoles rencontrées sur le territoire de l'étude. Il était ainsi particulièrement important que le contexte de production étudié reflète le contexte de production des exploitations implantées sur les coteaux argileux du Sud-Ouest avec des conduites culturales dites « en sec ».

La méthodologie utilisée pour construire les cas-types, élaborée avec l'aide de Matthieu Abella, mon maître de stage et d'autres ressources internes au sein de Terres Inovia, s'appuie sur les principes suivants :



- Les exploitations qui vont être construites seront fictives et pérennes dans le temps sur le plan technico-économique : en effet, tout au long de la réflexion de ces cas types, l'objectif sera de comparer des systèmes viables et cohérents dans le temps, afin de limiter les biais sur la potentielle mise en place de systèmes trop « complexes » et peu cohérents sur le plan de la durabilité.
- Construction de la rotation :
  - Nombre d'années de la rotation : ce premier critère utilisé correspond à une moyenne des durées des rotations observées sur les différentes exploitations préalablement rangées dans les cas types 1 et 3.
  - Les cultures présentes dans la rotation : Les cultures utilisées par les agriculteurs enquêtés ont été référencées, puis selon leur probabilité d'apparition dans l'assolement, elles ont été proposées pour intégrer une rotation « type », et ce pour chaque cas type.
  - La logique agronomique et contextuelle : enfin, la logique agronomique et contextuelle expliquées par les agriculteurs lors des enquêtes a été analysée puis utilisée pour définir l'enchaînement des cultures et formaliser leur place dans la rotation. Ces éléments ont de surcroît été soumis à l'expertise de différents acteurs du territoire, et tout particulièrement à l'écosystème professionnel gravitant autour de Syppre Lauragais. Il résulte de l'ensemble de ces échanges que les thématiques principalement utilisées sont l'enherbement des parcelles et la gestion de l'azote apporté aux cultures..
  - La couverture des sols : sur la couverture des sols, deux facteurs ont été considérés pour décider la manière dont la couverture des sols allait être intégrée dans la rotation type : l'évaluation par l'agriculteur du pourcentage de ses sols couverts à l'année, et les principaux couverts mis en place dans la zone et sur les échantillons d'agriculteurs interrogés.

Après analyse des données, et application de la méthodologie décrite ci-dessus, les rotations types ont été définies, puis validées par les experts de la station inter-instituts de Baziège et de la station expérimentale d'En Crambade.

- Le matériel choisi pour les différents cas « types » : n'ayant pas accès en détail au parc matériel des exploitations enquêtées, il a été décidé d'utiliser une exploitation type du Lauragais précédemment saisie sur SYSTERRE®, afin d'avoir une base de travail pour concevoir le parc matériel des 3 cas-types. Ensuite, les parcs matériels ont été adaptés aux pratiques des agriculteurs de chaque groupe (type de travail du sol, type de semis...). Enfin, une validation a été demandée à un expert en typologie d'exploitations agricoles du Lauragais.
- Les itinéraires techniques appliqués : lors de la conception de l'enquête, les priorités n'ont pas été orientées vers la collecte d'itinéraires techniques exhaustifs. Le choix a donc été porté sur les itinéraires techniques mis en place sur la plateforme expérimentale SYPPRE Lauragais. Un référencement des différents itinéraires techniques mis en place sur la plateforme depuis 2015 a été mené, sur les différentes cultures préalablement définies dans les rotations types. Une moyenne du nombre d'interventions et des doses appliquées a donc été calculée, sur les 3 dernières années de l'expérimentation SYPPRE et sur les interventions suivantes : dose de semis, fertilisation azotée (total en unités d'azote apportées), fertilisation soufrée, fertilisation en bore (particulièrement pour la



culture de tournesol), la présence ou non de fertilisation organique, le nombre d'interventions et la dose appliquée en anti limaces, le nombre d'interventions et la dose appliquée en produits phytosanitaires fongicides, le nombre d'interventions et la dose appliquée en produits phytosanitaires insecticides, le nombre d'interventions et la dose appliquée en produits phytosanitaires herbicides.

Suite à ce travail, et de nouveau grâce à l'expertise des différents collaborateurs de la station inter-institut et de la station expérimentale, des itinéraires techniques « types » ont été élaborés, et validés par des experts dont la liste est présentée en Annexe 1.

- Les données références exploitations : Les données plus classiques qui ne sont pas imputables au système de culture comme les aides découplées, cotisations MSA, prix du fermage, etc. proviennent de données Terres Inovia ou de références SYSTERRE®.

### 2.1.2 Choix des exploitations enquêtées

Le choix des exploitations enquêtées a été source de questionnement pendant une partie importante de la phase préparatoire. En effet, comme énoncé précédemment, une volonté de l'institut était de décloisonner le travail qui allait être effectué, l'idée était donc de s'intégrer dans un cadre global local afin de compléter et d'amener des connaissances nouvelles à l'écosystème travaillant sur les couverts végétaux dans le Sud-Ouest. Le partenariat avec le projet BAGAGES (Bassin Adour-Garonne : quelles performances des pratiques AGroécologiquES ?) était donc tout indiqué au départ pour permettre d'effectuer une analyse sur les données précédemment collectées mais également un complément d'information avec la saisie d'un point « 0 » qui permettra par la suite d'effectuer un comparatif « avant » « après » des pratiques mises en place sur l'exploitation.

Cependant, après de nombreuses relances et explications avec les différents partenaires du projet, il a été décidé d'abandonner cette piste car générant trop de complications. Une liste non nominative nous a été en revanche fournie et nous avons pu contacter quelques agriculteurs par ce biais. Le reste des enquêtes ont été effectués chez des agriculteurs du réseau, qui pour la plupart étaient des néo-pratiquants de la couverture végétale des sols, ils ont été en conséquence orientés dans la case des cas types 1. Le reste des agriculteurs enquêtés provenant du réseau Terres Inovia mais également d'une liste d'agriculteurs suivis par la coopérative Agro d'Oc et qui ont été catégorisés en cas types 2 et 3. Dix exploitations ont donc été enquêtées au total, les liens escomptés notamment avec le projet BAGAGES n'ont pas pu être créés, cependant les contacts ont été réguliers et fournis avec des structures qui accompagnent les agriculteurs innovants et des organismes de recherche et développement en pointe sur la thématique des couverts.

### 2.1.3 Création de l'entretien semi-directif

#### - Mise en place du guide d'entretien

La qualité et la précision dans la construction du guide d'entretien est essentielle car elle conditionne la qualité des informations collectées.

L'entretien, qui allait être effectué sur une population d'agriculteurs plus ou moins spécialistes dans l'approche des techniques de couverture des sols a été pensé dans l'objectif de donner une certaine liberté dans le discours de la personne interrogée tout en gardant un cadre d'entretien.





C'est pourquoi l'entretien semi-directif a été choisi. L'objectif principal du guide d'entretien était de définir une évolution claire dans les pratiques. L'idée était donc de placer l'agriculteur 5, 10 voire 20 ans en arrière pour décrire le système qui était en place à cette époque, puis de comprendre et analyser sa trajectoire d'évolution, pour terminer par la définition du système de culture actuel.

#### - Organisation de l'entretien :

Préambule : L'en-tête de l'entretien correspond à la présentation de la structure par laquelle je suis mandaté pour effectuer cette enquête et du cadre plus général dans lequel je m'inscris pour réaliser cette enquête.

L'ensemble des questions sont mises en place dans le corpus du questionnaire, elles sont claires et ne contiennent qu'une seule idée afin d'améliorer la compréhension. Le vocabulaire adapté afin de garder la neutralité de l'entretien, de même, l'objectif dans la construction de l'entretien est de trouver une cohérence dans la succession des cultures afin d'obtenir un discours fluide et cohérent de l'interlocuteur.

Le questionnaire sera organisé afin de suivre une suite chronologique des événements et des différentes évolutions qu'a connu le système de production étudié.

- Présentation globale de l'exploitation : Dans cette partie seront évoqués les aspects généraux relatifs à l'exploitation tels que la SAU, les sols, des caractéristiques relativement peu sensibles à l'évolution au cours des années.

- Première partie : Historique et évolution. Dans cette partie, nous évoquerons les aspects relatifs aux pratiques culturales présentes de façon historique sur l'exploitation, et les différentes évolutions qui ont été mises en place depuis ces années

- Deuxième partie : La deuxième partie évoquera la situation actuelle sur l'exploitation, les pratiques mises en œuvre aujourd'hui.

- Troisième partie : Cette partie tentera de tirer un bilan des agriculteurs sur ces pratiques, leurs questionnements techniques et les différents intérêts qu'ils trouvent à ces pratiques.

- Dernière partie : Dans cette partie, sera évoqué la thématique de la fertilité des sols. C'était souvent une problématique qui était précédemment évoqué au cours de l'entretien. Le focus a ici été fait sur les moyens mis en place sur l'exploitation et la méthode appliquée ainsi que la perception qu'ont les producteurs de cette notion de fertilité des sols.

Le questionnaire complet est présenté en Annexe 2.

#### 2.1.4 Les outils de traitement de données

##### - SYSTERRE®

SYSTERRE® est un outil possédant une grande force de calcul, en contrepartie il requiert une saisie relativement exhaustive des systèmes étudiés. On retrouve sur SYSTERRE® 7 champs principaux dans la saisie des données, le champ « généralités », le champ « matériel et main d'œuvre », le champ « cultures », le champ « parcellaire », le champ « interventions », le champ « mesures et observations » et enfin le champ des « prix ».

Ci-dessous une description brève des différentes données saisies dans ces 7 champs.

- Dans le champ « Généralités » sont renseignés un bref descriptif du système étudié, quelques données pédoclimatiques du système et enfin plusieurs caractéristiques



économiques comme les cotisations MSA, le prix du fermage, les charges diverses ou encore les aides découplées.

- Le champ « Matériel et main-d'œuvre » demande un descriptif précis du parc matériel. A titre d'exemple, sur un semoir, il convient de préciser s'il s'agit d'un semoir à dents ou à disques, la largeur du semoir, le type de distribution (pneumatique, mécanique, sans distribution) et enfin le profil du semoir (trainé/porté). Sera ensuite attribué un prix au semoir. Dans cette étude, les prix références Systerre® ont été utilisés par souci d'égalité sur l'évaluation des deux systèmes et par manque de références plus précises. De même, la main d'œuvre sera renseignée dans ce champ avec la nature de celle-ci, salarié permanente ou bien main d'œuvre familiale, cela influençant notamment les charges salariales présentes sur l'exploitation. Enfin, les opérations culturales seront définies dans ce champ. C'est une saisie capitale pour la qualité des résultats car il s'agira d'attribuer à une opération culturale, le matériel utilisé pour celle-ci. Cela nécessite donc de la rigueur car une mauvaise saisie à ce niveau conditionnera une grande partie des indicateurs sortants.
- Dans le champ « Cultures » sont renseignés les différentes cultures qui sont mis en place dans le sdC, ainsi que les éventuelles aides couplées qui leurs sont attribuées.
- Dans le champ « Parcellaire », on retrouve, dans l'exemple d'un système de culture étudié sur une année, la répartition des différentes cultures présentes. Sur l'exemple d'une rotation classique blé – tournesol, on retrouvera ainsi sur une exploitation de 300 hectares, avec 150 hectares de blé et 150 hectares de tournesol.
- Le champ « interventions » est essentiel dans la saisie car c'est à ce niveau que sont saisis tous les itinéraires techniques appliqués aux cultures de la rotation. Intervention par intervention, on renseigne la date, le type d'intervention, et à quelle culture est affectée cette intervention. Si l'intervention a nécessité un intrant quel qu'il soit, il faut le préciser ainsi que sa dose. De même, pour la récolte, il faut préciser le rendement tout comme la nature du produit sorti (ex : préciser s'il y a eu export de paille, et si oui, à quelle hauteur.
- Enfin, on retrouve le champ « prix », il consiste à renseigner les prix fixés pour les différents intrants et sortants, ici du système de culture.

Suite à la saisie, le logiciel Systerre® sera capable de produire près de 210 indicateurs traduisant les performances économiques, techniques, environnementales et sociales des différents systèmes étudiés. Lors de l'opération d'export des données, on peut trier et choisir les indicateurs à exporter.

#### - DEXiPM :

Le modèle DEXiPM est issu du logiciel informatique DEXi qui est considéré aujourd'hui comme un outil d'aide à la décision. Il est utilisé en particulier dans l'évaluation de systèmes en travaillant notamment sur l'agrégation de critères. Sur le travail présenté ci-dessous, il s'agira d'agréger les indicateurs sortis par le logiciel Systerre dans le cadre de la plateforme expérimentale SYPPRE Lauragais.

Sur ce modèle, la durabilité d'un système agricole est effectuée. Les indicateurs sortants sont répartis selon trois classes : « faible », « moyen », et enfin « élevé ». Le logiciel permet ainsi de déterminer une note globale du système mais également des notes d'évaluations à des étapes intermédiaires d'agrégations, permettant ainsi d'évaluer la durabilité d'un système agricole sur les facteurs économiques, sociaux et environnementaux. Cela permet ainsi de justifier une note



globale en retraçant l'arbre afin de trouver les causes à l'intérieur d'un système qui justifient une note plus ou moins élevée au global.

- SIMEOS – AMG :

SIMEOS AMG (SIMuler l'évolution de l'Etat Organique des Sols) a été développé par Agro-Transfert en se basant sur le modèle de calcul du bilan humique de l'INRA de Laon dans le cadre d'un projet nommé GCEOS (Gestion et Conservation de l'Etat Organique des Sols).

De manière générale, la simulation effectuée par SIMEOS – AMG va permettre d'effectuer un bilan de l'impact du système de culture sur l'état organique des sols cultivés. Les différentes pratiques culturales qui vont être référencées vont ainsi être testées et seront analysées comme plus ou moins favorables au maintien, voire à l'amélioration de l'état organique des sols.

Les résultats du test SIMEOS-AMG peuvent amener à questionner un système de culture sur les problématiques agronomiques suivantes : les possibilités d'exportations ou non des pailles, quels intrants organiques apporter au système, quels sont les transferts de fertilité au sein d'une exploitation et comment les gérer ? Et enfin comment lutter, au travers de mes pratiques culturales contre les phénomènes de battance et d'érosion, tout particulièrement présents dans les coteaux en sec du Lauragais. De même, SIMEOS-AMG permet d'évaluer la capacité d'un système à stocker du carbone, ceci représentant entre autres une évaluation environnementale.

Dans le cadre de cette étude, l'outil SIMEOS-AMG est utilisé en complément de SYSTERRE® afin d'évaluer les deux systèmes types mis en place lors de cette étude sur les thématiques du statut organique de chaque sol mais également de la capacité entre l'un et l'autre système à stocker du carbone. Cela permettra d'infirmer ou de confirmer certaines données obtenues, et de justifier certains autres résultats.

Le fonctionnement de l'outil peut être décrit en trois étapes majeures :

- Le calcul des entrées annuelles de carbone au sol
- L'estimations des pertes en carbone du sol
- La simulation de l'état organique du sol en différenciant les couches travaillées et non travaillées.

## 2.2 Traitement des données

### 2.2.1 Traitement des données qualitatives

#### 2.2.1.1 Thématiques abordées

Suite aux différents entretiens effectués, à la logique de construction du questionnaire, à la relecture et à une première analyse des entretiens, ont été isolées différentes thématiques qui ressortaient systématiquement dans les réponses fournies par les agriculteurs. Ces thématiques sont disparates mais présentent toutes un rapport plus ou moins direct avec la thématique des couverts végétaux. Une fois ces thématiques identifiées, il fallait ensuite les évaluer et réaliser une notation globale toujours en isolant les réponses de chaque cas types. Les thématiques qui sont ressorties des entretiens semi-directifs n'étaient pas quantitatives, il a donc fallu trouver un système de notation pour les rendre exploitables dans l'analyse qui suivra.



### 2.2.1.2 Notation des réponses

La notation des réponses pour l'analyse des données qualitatives a été construite selon la méthode décrite ci-après. Dans chaque thématique abordée, on retrouve les différents points évoqués par les agriculteurs au cours des entretiens. Chaque thématique abordée sera donc évaluée par le système de notation suivant :

- Afin de simplifier l'analyse des résultats, 6 points seront à distribuer pour chaque agriculteur et pour chaque thématique

- L'indicateur qui aura été le plus mis en évidence dans le discours de l'agriculteur obtiendra 3 points, le second le plus mis en évidence 2 points et le troisième 1 point.

Ainsi, on pourra faire une somme des notations de chaque indicateur et pour chaque cas type, en résultera donc une notation globale par indicateur (précédemment rangés dans des thématiques) pour les 2 cas types. Cela nous permettra donc de mettre ou non en évidence des différences d'appréciations des agriculteurs appartenant à des cas types différents.

## 2.2.2 Traitement des données quantitatives

### 2.2.2.1 L'analyse SYSTERRE® par les indicateurs

Dans la partie qui suit, seront présentés de manière détaillée les différents indicateurs utilisés dans l'analyse. Ils sont regroupés dans trois grandes catégories, les indicateurs techniques et sociaux, les indicateurs économiques et enfin les indicateurs environnementaux.

#### Indicateurs techniques et sociaux :

##### **- Le temps de travail total :**

Le temps de travail est exprimé en h/ha. Il correspond au temps de traction passé dans les parcelles, ne sont donc pas comptabilisés tous les temps accordés aux tâches administrative ou encore à l'observation des cultures. Cela correspond donc mieux à l'étude globale de fonctionnement d'un système de culture et non pas de l'étude de fonctionnement d'une exploitation agricole. Sont distingués en l'occurrence le temps de travail total, et le temps de travail hors ETA (main d'œuvre d'exploitation uniquement). Dans cette étude, nous avons considéré qu'aucun des deux systèmes ne faisait appel à des entreprises de travaux agricoles (ETA) pour accomplir les interventions car ces pratiques ne ressortaient pas des entretiens.

$$\text{Temps de travail} = \frac{\sum(\text{Surface traitée} \times \text{Débit de chantier (ha/h)})}{\sum(\text{Surface parcelles saisies})}$$

##### **- Le nombre de passages :**

Le nombre de passages définit combien de passages mécanisés ont en moyenne été passés sur la surface étudiée.

##### **- Consommation de carburant :**





Exprimé en L/ha, il correspond à la quantité de gasoil utilisé par les matériels pendant les différentes interventions culturales. Les consommations annexes relatives à la manutention, et à d'autres actions n'entrant pas dans le système de culture ne sont pas comptabilisées.

$$\text{Consommation réelle} = \frac{\text{Puissance} \times \text{Taux de charge réelle} \times 0.22 *}{\text{Débit de chantier}}$$

- Le taux de charge réelle correspond à une évaluation plus fine du taux de charge des matériels agricoles. En effet, la puissance des matériels n'est pas souvent utilisée au maximum, il leur est donc affecté un taux d'utilisation réelle par type d'interventions : 70% pour un travail du sol d'une profondeur supérieure à 20cm, 50% pour une pulvérisation.
- Le coefficient noté 0.22\* correspond au coefficient de consommation unitaire, il correspond à la consommation d'un tracteur à charge maximale, soit une estimation de 0.22 L/Ch/h (valeur empirique issue des bancs d'essais).

**- Quantité de matière active :**

Elle correspond à la quantité en grammes par hectares de matières actives épandues sur les surfaces étudiées.

**Indicateurs économiques :**

**- Marge brute :**

$$\text{Marge Brute} = \text{Produit brut} - \text{Charges opérationnelles}$$

C'est un indicateur de rentabilité exprimé en €/ha.

**- Produit brut :**

$$\text{Produit brut} = \text{rendement (tonne/ha)} \times \text{prix de vente (€/tonne)}$$

Le produit brut est exprimé en €/ha. Par soucis de cohérence, et de rigueur dans le traitement des données, les prix de vente de chaque denrée ont été fixés d'après des références internes à l'institut, et sont identiques pour les deux systèmes. Les prix sont référencés en Annexe 3. L'objectif de l'étude n'est en effet pas d'évaluer les performances des systèmes en intégrant les différentes stratégies commerciales qui peuvent s'y appliquer. L'objectif est bien d'évaluer globalement les pratiques et l'évolution dans les pratiques de ces différents systèmes, au regard de l'implantation de couverts végétaux.

Les rendements appliqués pour les différentes cultures récoltées ont également été fixés et identiques, car au regard des différents entretiens effectués sur le terrain, il semble que les rendements diffèrent peu en fonction de l'avancement dans les pratiques, le temps imparti et la complexité de cette question n'ont pas permis d'expertiser plus précisément cette question. Les charges semblent plus être le facteur qui améliore les performances du système innovant.

**- Charges opérationnelles :**



$$\text{Charges opérationnelles} = \Sigma(\text{quantité d'intrants} \times \text{prix d'achat})$$

Les charges opérationnelles sont exprimées en €/ha. Elles correspondent aux différentes charges qui sont imputables à un système de culture dans la gestion de son itinéraire technique. On y retrouve entre autres l'achat d'engrais, de produits phytosanitaires, de semences, de divers autres intrants, le carburant ne faisant pas partie des charges opérationnelles imputables au système.

La quantité d'intrants appliqués et saisis sur le logiciel SYSTERRE® font partie de la même analyse, les doses moyennes appliquées dans les deux systèmes ont été saisies, encore une fois dans le but de ne pas générer de biais à ce niveau-là. Les prix saisis proviennent de la base de données SYSTERRE, et sont référencés dans le tableau présent en Annexe 4. Encore une fois, les prix ont été fixés d'après les références collectées, et sont identiques pour les deux systèmes, il ne s'agit pas encore une fois de générer une comparaison sur les stratégies commerciales d'achat mais bien sur les performances notamment agronomiques des systèmes.

#### ***- Charges de mécanisation :***

Les charges de mécanisation, prennent en compte les coûts liés :

- A l'amortissement technique du matériel : L'amortissement d'un outil représente la perte de sa valeur liée à son usage annuel. Cet usage est calculé en fonction de son âge, de son débit de chantier, de l'assolement étudié et des différents itinéraires techniques appliqués. L'amortissement technique qui est celui calculé par SYSTERRE® permet de lier directement la durée et les montants des amortissements à l'utilisation effective contrairement à l'amortissement comptable.
- Aux frais financiers moyen et long terme
- A l'entretien et réparation du matériel
- A la consommation de fioul
- Éventuellement à la location du matériel (ETA, CUMA)

#### ***- La consommation d'énergie et l'émissions de Gaz à effet de Serre :***

- Les consommations d'énergies primaires non renouvelables :

Les énergies primaires non renouvelables correspondent aux différentes sources d'énergies présentes dans la nature et dont les stocks ne sont pas renouvelables à l'échelle humaine (gaz naturel, charbon, pétrole, etc.). Entrent donc en compte dans cet indicateur la consommation des ressources énergétiques dans le cycle de culture (électricité, carburant), mais également l'ensemble des consommations énergétiques nécessaires à produire les intrants utilisés dans le système de culture (semences, engrais, produits phytosanitaires). Cette consommation est exprimée en MJ/ha et à titre d'exemple, 1kWh correspond à 11.59MJ d'énergie primaire.

- Les émissions de gaz à effet de serre :

Dans les émissions de gaz à effet de serre sont cumulées les émissions de CO<sub>2</sub>, de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O, ces derniers étant pondérés par des coefficients propres à chaque gaz, fonction de leur pouvoir de réchauffement global (issu de la méthode GIEC 2007).



Dans ces émissions, toute la chaîne de production est prise en compte, que ce soit les émissions indirectes (issues de la production des différents intrants fournis pour le fonctionnement du système de culture) ou les émissions directes du SdC.

Les données qui sont rentrées dans SYSTERRE et qui font office de références dans le cas des émissions de gaz à effet de serre sont mises à jour régulièrement en fonction des avancées des connaissances. Différents postes sont concernés par ces émissions de GES :

- Poste semences : sont pris en compte dans ce poste les émissions affiliées à la dernière phase de multiplication au champ ainsi que le transport et le conditionnement des semences en aval de la production. A titre d'exemple, pour un semis de 120kg/ha de blé tendre, sera affilié  $120 \times 3.46 \text{ MJ}$  énergie primaire/ ha ce qui correspond dans une autre unité à  $120 \times 0.499 \text{ kg}$  éq  $\text{CO}_2/\text{ha}$ , les coefficients de ce référentiel correspondant à des semences certifiées, d'autres coefficients sont affiliés pour les semences de fermes.

- Poste phytosanitaire : sont pris en compte dans ce poste de travail la production des différentes matières actives utilisées, ainsi que la formulation des produits jusqu'à leur conditionnement et leur transport jusqu'au lieu d'utilisation. Les références pour les produits phytosanitaires proviennent du GIEC et sont affiliées de la manière suivante, à chaque g de matière active selon le type de produit (herbicide, fongicide, etc.) sont associé des consommations d'énergies primaires et des émissions de GES. A titre d'exemple, 1L/ha de Round-Up qui équivaut à 360g/ha de matière active représente  $360 \times 0.009 \text{ kg}$  éq  $\text{CO}_2/\text{ha}$ .

- Poste engrais : le poste émissions de GES par les engrais est pris en compte à deux échelles, la première est en amont de l'utilisation, avec la production des engrais et leur transport jusqu'au site de l'exploitation, la seconde est in situ, avec les émissions de  $\text{N}_2\text{O}$  par dénitrification sur la parcelle. A chaque kilo de l'élément épandu (ammonitrate, urée, sulfonitrate, etc.) est associé une consommation d'énergie primaire et de GES.

- Poste carburants : A ce niveau, encore une fois, les émissions et consommations d'énergies primaires effectuées en amont sont prises en compte (production et transport des carburants) et également la combustion au champ des carburants utilisés pour les différentes opérations culturales.

- Poste matériel : dans ce poste sont considérées les différentes émissions

- Le temps de travail / UTH
- Emission GES
- Consommation de carburant

- Indicateurs économiques

- Chiffre d'affaires
- Produit Brut
- Marge brute hors aides
- Marge nette
- Charges de mécanisation

- Indicateurs environnementaux

- IFT



L'indice de fréquence de traitements (IFT) correspond au nombre de doses de référence appliquées de produit phytosanitaire sur une surface donnée. D'une campagne culturale à l'autre, la dose de référence est définie par le Ministère de l'Agriculture.

Un produit commercial « phytosanitaire » est caractérisé par un libellé, un AMM, un type intrant (traitement de semence, herbicide, insecticide, fongicide, régulateur de croissance, molluscicide, ...), et son appartenance ou non à la liste des produits de biocontrôle.

Les informations relatives à l'intervention permettent de connaître en plus : la culture concernée par l'application de l'intrant, sa dose d'application, la part de surface concernée par l'intervention (Psci) et potentiellement la/les cible(s) visée(s) par l'intrant.

Le choix de la dose de référence pour le calcul de l'IFT d'un intrant dépend alors de l'AMM, de la culture concernée par l'intervention et (si elle est connue) de la cible qui a déterminé le choix de la dose d'application.

Les adjuvants ne sont pas pris en compte dans le calcul de l'IFT.

Les traitements de semence (TS) sont pris en compte dans le calcul de l'IFT mais selon une règle de calcul spécifique : l'IFT TS est incrémenté de 1 pour chaque semis faisant intervenir au moins un traitement de semence (hors biocontrôle) sur la parcelle au cours de la campagne.

Le calcul pour sortir la valeur de l'IFT appliqué sur une surface est la suivante (hors adjuvants et traitement de semences) :

$$IFT = \frac{\text{Dose appliquée}}{\text{Dose de référence}}$$

#### 2.2.2.2 L'analyse SIMEOS AMG et DEXiPM

##### - SIMEOS AMG :

L'analyse des données de ce logiciel sont basées sur les graphiques de sortie mettant en évidence les évolutions en termes de stockage de carbone et d'évolution des taux de matières organiques des systèmes. Les données entrées sont relatives aux différentes caractéristiques du système de cultures sans rentrer dans les détails de l'itinéraire technique. La comparaison a été faite entre les deux systèmes types construits, le cas type 1 et 3. Les différentes entrées du logiciel sont exposées en Annexe 7.

##### - DEXiPM :

Le logiciel DEXiPM est utilisé dans le cadre du projet SYPPRE pour une évaluation plus approfondie des systèmes de culture innovants. Les résultats qui vont être analysés proviennent donc de données saisies par Sophie Dubois. Si le logiciel n'a pas pu être utilisé pour les cas types établis, pour des raisons d'accords de diffusion qui n'étaient pas effectifs pour l'institut, il a été décidé de commenter tout de même ces résultats sur les indicateurs socio-environnementaux car ce sont des données qui diffèrent peu entre le système innovant de la plateforme expérimentale SYPPRE et le cas type 3 élaboré à partir des enquêtes.

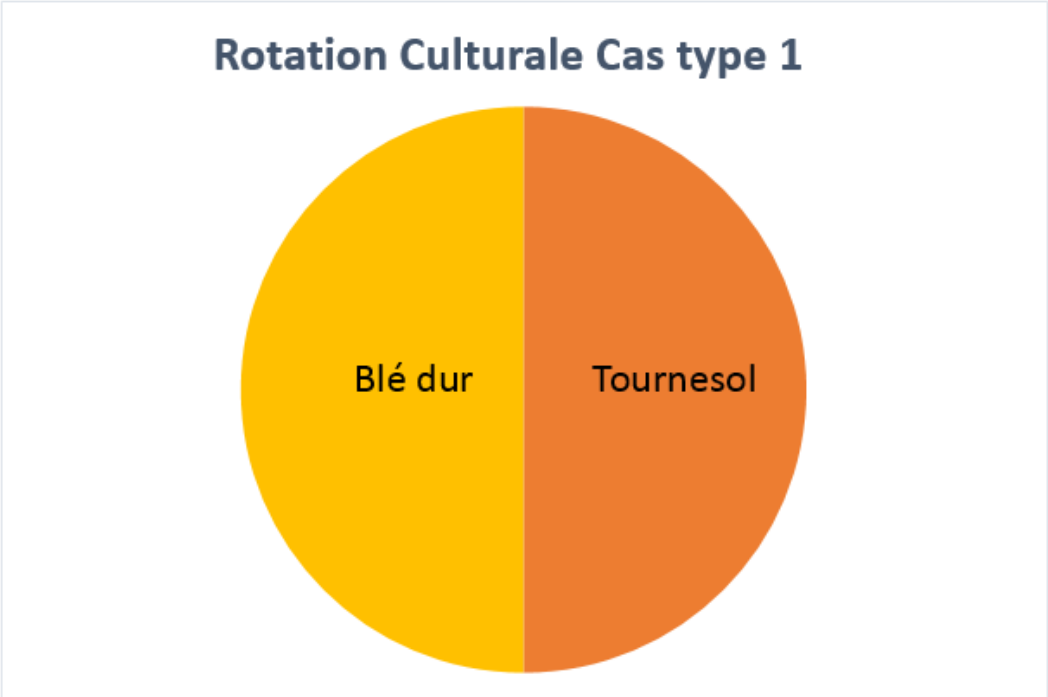


Figure 7 : Rotation appliquée au Cas type 1

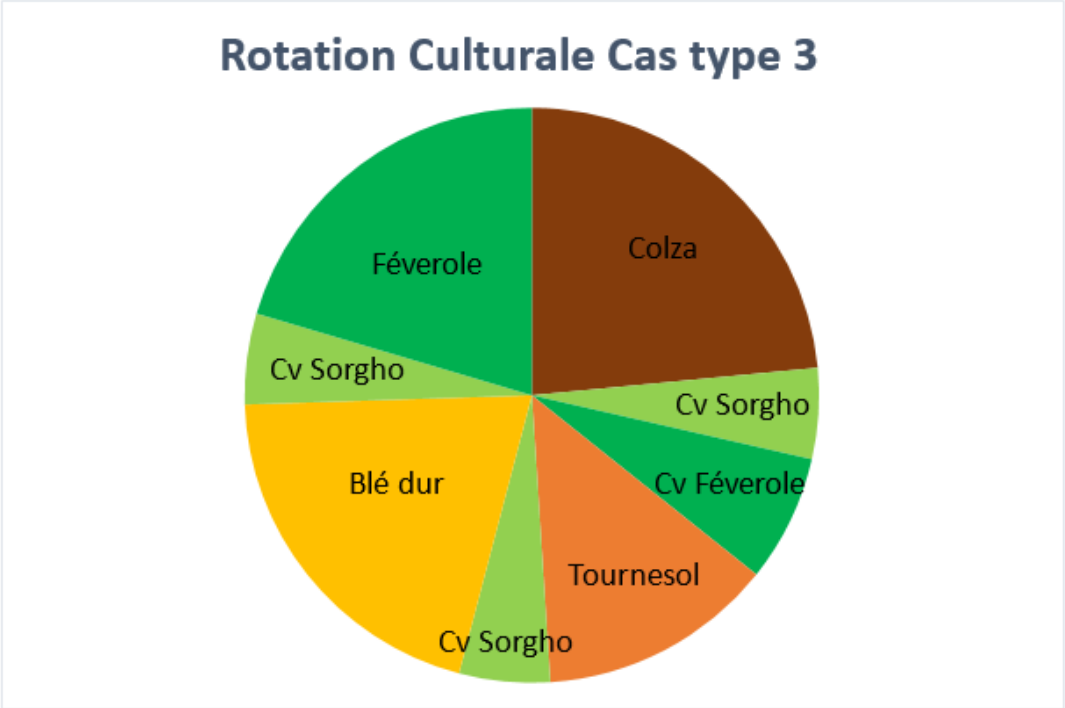


Figure 8 : Rotation appliquée au Cas type 3



### 3. Résultats

Dans cette partie seront présentés les résultats de l'étude. Dans un premier temps, les différents cas types construits seront présentés, s'en suivra une analyse des données qualitatives qui découle des différents entretiens effectués. Enfin, l'analyse des données SYSTERRE® sera effectuée ainsi que les données fournies par le logiciel DEXiPM sur la durabilité de ces systèmes et enfin un point sur la fertilité des sols avec l'utilisation de l'outil SIMEOS-AMG.

#### 3.1 Présentation des cas types

##### 3.1.1 Cas type 1

Le cas type 1 correspond aux pratiques les plus communément rencontrées sur le terrain, en d'autres termes à une exploitation avec une rotation conduite en deux ans blé dur – tournesol (voir Figure 7 ci-contre). En effet, pour tous les agriculteurs interrogés, lors de l'enquête et dans le cas des visites terrain du réseau, ce sont les résultats qui sont ressortis. Le parc matériel ainsi que le cadre de l'exploitation (surface, UTH) s'est basé sur une collecte de données et une saisie SYSTERRE® de l'une des exploitations du réseau SYPPRE qui travaille aujourd'hui en suivant cette rotation et qui met en place des essais de couverts en parallèle. Les itinéraires techniques saisis pour ce cas type ont été retravaillés après analyse des données SYPPRE Lauragais (nombre de passages, doses globales). Les données ont été validées par des experts (agriculteurs et techniciens). Les itinéraires techniques saisis sont présentés en Annexe 5 et le parc matériel est présenté en Annexe 6.

Bien que dans les faits, le cas type 1 soit une exploitation menant des pratiques « classiques » et testant la couverture végétale, il a été considéré plus pertinent, notamment dans la saisie SYSTERRE® de ne pas prendre en compte ces essais de couverture des sols car représentant trop peu de surfaces.

##### 3.1.2 Cas Type 2

Le cas type 2 correspond à un niveau intermédiaire d'avancement dans la mise en œuvre de la couverture végétale des sols durant les phases d'interculture. Il correspond à une grande diversité de pratiques contrairement aux cas types 1 et 3 qui semblaient se regrouper sous certains points.

Le manque de données et la diversité des profils nous à amener à prendre la décision de ne pas construire un système de production type pour ce cas intermédiaire mais de s'en servir pour le commentaire général sur l'évolution des systèmes de production après l'introduction des couverts végétaux sur ces exploitations. De manière générale, ce qui a été remarqué sur ces profils d'exploitation était que la rotation était beaucoup plus longue (5 ans et plus) et le parc matériel avait subi encore peu d'évolutions.

##### 3.1.3 Cas Type 3

Le cas type 3 correspond donc à un niveau avancé dans les pratiques de couverture végétale des sols. Le taux de couverture sur l'année des exploitations enquêtées est de 95%, il résulte d'une estimation effectuée par les agriculteurs sur la proportion de leurs surfaces couvertes en permanence sur leurs exploitations. La rotation (voir Figure 8 ci-contre) est stabilisée dans le

	Exploitations	Cas type 1				Cas type 3					
		1	2	3	4	9	10	11	12		
<b>Motivation couverts</b>	Érosion	3		1	3	7			3		3
	Anticiper réglementation				2	2					0
	Répartition temps	1				1				1	1
	Vie du sol / écologie		1			1	3				3
	Enherbement			3	1	4	1				1
	Azote		2			2	1			3	4
	Charge méca		3			3	1				1
	Structuration sol					0			2	2	4
	MO	2		2		4	2		1		3

Tableau 5 : Motivations pour l'implantations de couverts

temps et est définie comme Colza – (couvert de Sorgho – couvert de Féverole) Tournesol – (cv Sorgho) Blé dur – (cv Sorgho) Féverole. La construction de la rotation type résulte de la méthodologie présentée en 2.1.1. Contrairement à ce à quoi on pouvait s'attendre, la rotation type construite est relativement courte (4 ans).

Les données de référence pour construire l'exploitation SYSTERRE® se sont basées sur l'exploitation précédemment saisie correspondant au cas type 1 (surface, UTH, etc.) car il a été considéré suite aux entretiens que ce n'était pas des paramètres qui avaient évolués suite aux changements de pratiques culturales (ex : Surface/UTH).

La définition du parc matériel a été choisie en fonction des pratiques culturales définies par les agriculteurs, et les itinéraires techniques ont été mis en place comme énoncé dans la méthodologie à base des données de la plateforme expérimentale SYPPRE Lauragais.

Les itinéraires techniques appliqués ainsi que le parc matériel défini pour ce cas type sont présentés en Annexe 5 et 6.

### 3.2 Analyse qualitative

#### 3.2.1 Un bilan de l'état d'avancement des pratiques

De manière générale, il est difficile d'évaluer la proportion d'agriculteurs qui mettent en place ces pratiques dans le contexte spécifique des exploitations installées dans les coteaux argilo-calcaires et qui conduisent leurs parcelles sans irrigation. Il semble que, comme pressenti dans les discussions relatives au projet SYPPRE, le contexte et l'expérience dans la pratique des agriculteurs influencent grandement la réussite liée à ces pratiques. C'est en cela qu'ont été définis les cas types.

Cependant, à la vue des résultats de la pratique de couverture des sols dans cette zone et du contexte pédoclimatique, il semblerait que la pratique soit bien marginale dans le secteur (6% de sols couverts en précédent tournesol). Sur les entretiens réalisés, et sur le panel d'agriculteurs du réseau SYPPRE, on a noté que les couverts implantés majoritairement dans la zone étaient la féverole pour les couverts hivernaux et le sorgho fourrager pour les couverts estivaux.

#### 3.2.2 L'évolution dans les pratiques

##### 3.2.2.1 Les motivations dans l'implantation des couverts

Pour cette partie, qui permettait de commencer l'entretien sur l'historique de la démarche de mise en place des couverts, ont été différenciées les motivations premières de mise en place de ces techniques, des motivations actuelles qui les amènent à maintenir cette technique. Les résultats sont présentés dans le Tableau 4 ci-contre.

Cas type 1 :

Pour cette catégorie d'agriculteurs, les motivations premières pour la mise en place des couverts sont en réalité les motivations actuelles car ils font partis de profils qui débutent dans ces pratiques car ils n'en sont qu'aux premières années d'adoption sur leurs surfaces. En revanche, il se dégage une tendance très claire dans la cause d'adoption de la pratique des couverts végétaux, c'est la lutte contre l'érosion. C'est la problématique principale relative aux sols de la région. C'est notamment la thématique d'étude principale de la plateforme expérimentale SYPPRE Lauragais, les résultats apportés par ces différents entretiens confirment donc la



cohérence dans le choix de la problématique de la plateforme. Le problème relatif à l'érosion dans la zone d'étude est très visuel, les blocages de routes dus à des glissements de terrain ou à des coulées de boues sont des phénomènes fréquents, j'ai d'ailleurs pu les constater lors des différents déplacements que j'ai eu à effectuer pour les entretiens, le suivi du réseau SYPPRE ou encore les missions plus ponctuelles confiées par Terres Inovia.

De même que la lutte contre l'érosion, la lutte contre l'enherbement et la baisse des charges de mécanisation font partie des priorités et des objectifs prioritaires des agriculteurs débutant dans la pratique des couverts végétaux. La lutte contre l'enherbement, comme développé dans les intérêts agronomiques des couverts est due à la couverture du sol ainsi qu'aux éventuels effets allélopathiques de certains couverts. Dans le cas de la féverole, qui est majoritairement utilisée comme couvert hivernal dans la zone d'étude, on ne connaît pas aujourd'hui d'éventuel effet allélopathique de cette dernière réduisant la capacité germinative des adventices d'une parcelle, elle a en revanche un rôle dans la couverture du sol et donc induit une baisse de la quantité d'adventices germées en comparaison à un sol non couvert.

Au sujet de la possible baisse des charges de mécanisation il est difficile d'attribuer cela uniquement à la mise en place de couverts végétaux. En effet, il semble que cette volonté évoquée par ces agriculteurs de baisser leurs charges de mécanisation résulte plus d'une démarche d'agriculture de conservation, qui combine ainsi couverture végétale des sols et semi direct ou du moins, travail du sol simplifié ou superficiel.

Cas type 3 :

On retrouve dans les motivations premières des agriculteurs de type 3 les mêmes motivations que les agriculteurs de type 1, soit l'érosion, l'enherbement et la baisse des charges de mécanisation. En revanche, les motivations actuelles semblent avoir évolué. En effet, les priorités, en termes d'objectifs dans la mise en place des couverts végétaux sont aujourd'hui autour de la structure du sol, de la gestion de l'azote par ces couverts ainsi que la vie du sol et toutes les problématiques écologiques qui sont liées au sol comme la dégradation des produits phytosanitaires, la lixiviation ou non des différents éléments comme par exemple les nitrates, etc.

C'est une donnée intéressante qui nous est fournie ici, elle montre en effet clairement l'évolution dans les mentalités et dans la manière d'appréhender la couverture végétale des sols. En effet, les premières motivations des agriculteurs interrogés sont clairement affichées et sont relatives à des problématiques technico-économiques comme la baisse des charges mécaniques ou encore la lutte contre l'enherbement. En revanche, les motivations sont autres pour les agriculteurs ayant de l'expérience dans la pratique, elles sont plus orientées sur l'écologie du sol. La raison principale de cette modification des motivations entre les deux cas étant que le type d'exploitant a au moins en partie atteint ses objectifs de lutte contre l'érosion, lutte contre l'enherbement et baisse des charges mécaniques, car on est dans des systèmes expérimentés en agriculture de conservation qui pratiquent bien souvent le semi-direct sous couvert. Les agriculteurs semblent avoir donc cerné clairement l'enjeu qu'il y a autour de la fertilité des sols, et leur objectif principal est donc de tendre vers une fertilité meilleure de leur sol.

		Cas type 1				Cas type 3				
Exploitations		1	2	3	4	9	10	11	12	
<b>Bénéfices économiques</b>	Gestion azote	3	3	2	3	11	1	2	2	5
	Gestion phyto					0		1		1
	Fertilité des sols		2	1	2	5	3	2	3	11
	baisse charge méca		1			1			1	1

Tableau 6 : bénéfices économiques liés aux couverts

		Cas type 1				Cas type 3				
Exploitations		1	2	3	4	9	10	11	12	
<b>Contraintes économiques</b>	achat / production semences	3	2	3	3	11	2		2	4
	passages supplémentaires					0				0
	sur-fertilisation	1				1				
	achat matériel	1				1		1		1

Tableau 7 : contraintes économiques liées aux couverts

### 3.2.2.2 Les effets bénéfiques induits par ces évolutions

#### - L'économie

Les résultats sont présentés dans le Tableau 5 ci-contre.

- Cas type 1 : Les bénéfices économiques apportés par les couverts sont à évaluer sur le long terme. C'est la conclusion que l'on peut tirer sur l'usage des couverts par des agriculteurs peu expérimentés dans ces techniques. En effet, lorsque les agriculteurs avancent des arguments en lien avec la fertilité des sols, il est évoqué, « on garde notre terre », « on stocke la fertilité en surface », mais également, « Aujourd'hui je ne gagne pas d'argent avec ces techniques » ou encore « L'évaluation de ce genre de pratique, cela se fait sur le long terme, à l'expérience ! ». Il est intéressant de retenir de toutes ces discussions que les bénéfices économiques ne sont clairement pas mesurés par les agriculteurs, de même qu'ils ne sont, à les écouter, et on peut assez facilement le déduire, pas présents lorsque l'on débute la pratique. A été évoqué cependant une possible baisse des charges mécaniques du à un travail simplifié du sol, l'arrêt donc du labour, et le besoin moindre de puissance dans les pratiques de travail du sol. La aussi, il s'agit d'un effet bénéfique escompté, non mesurable à court terme, et en tout état de cause, les aspects économiques purs ne représentent pas la principale motivation de ces agriculteurs

- Cas type 3 : Les échanges menés avec ces agriculteurs ont particulièrement fait ressortir une thématique dans les bénéfices économiques qu'apporteraient les couverts végétaux. C'est celle de la gestion de l'azote globalement sur le système de culture. En effet, dans l'exemple d'une succession culturale couvert - tournesol – blé, il a été évoqué une adaptation de la gestion de l'azote appliquée à l'année n+2 des couverts. Dans le cadre de la fertilisation du tournesol, le plus souvent, les pratiques n'ont pas évolué car la disponibilité de l'azote fourni par la féverole au système n'est souvent pas assimilable avant plusieurs mois, et ne correspond ainsi pas au cycle de développement du tournesol. En effet, on estime à 30% le taux d'azote disponible pour la culture suivante après minéralisation (Lima, 2015). Cependant, la minéralisation qui est corrélée à l'activité microbienne des sols va nécessiter des conditions adéquates pour s'effectuer soit de la chaleur et de l'eau (Cohan, 2014). Or, une des problématiques des systèmes en sec du lauragais est qu'ils souffrent chaque année un peu plus du manque d'eau en été, la minéralisation ne s'effectue donc qu'en grande partie à partir de l'automne suivant. Ceci expliquerait notamment le fait que, pour la catégorie d'agriculteurs qui maîtrisent les couverts, le besoin d'effectuer le premier apport d'azote sorti hiver notamment se fait de moins en moins ressentir. L'impasse est donc souvent faite sur cet apport, et on pressent ici tout l'intérêt des couverts, non pas sur l'année n+1 mais bien sur le système de culture (en l'occurrence l'effet direct est noté en N+2).

### 3.2.2.3 Les freins dans l'évolution

#### - L'économie

Les résultats sont présentés dans le Tableau 6 ci-contre.

- Cas type 1 : Pour les profils d'agriculteurs débutant les couverts, la problématique principale qui leur est imposée au niveau économique est l'achat de la semence de couvert qui

		Cas type 1				Cas type 3				
Exploitations		1	2	3	4	9	10	11	12	
<b>contraintes réglementaires</b>	date d'implantation obligatoire					0	2			2
	date de destruction		2			2				0
	pas de problèmes					0				0
	interdiction glyphosate	3	3	3	3	12	3	3	3	3

Tableau 8 : contraintes réglementaires liées aux couverts

		Cas type 1				Cas type 3				
Exploitations		1	2	3	4	9	10	11	12	
<b>Contraintes techniques</b>	implantation			1		1				0
	destruction	3	3	3	3	12			1	1
	gestion des résidus	2	2			4				0
						0				0

Tableau 9 : contraintes techniques liées aux couverts



représente entre 40 et 50 euros de l'hectare si l'on reste dans le cadre de l'implantation d'une féverole d'hiver semée à la dose de 150 à 200 kg de l'hectare. Sur le reste de l'itinéraire technique, que ce soit pour le travail du sol, l'implantation du couvert ou la destruction de ce dernier, le surcout n'est pas considéré par les agriculteurs car il compense un travail du sol qui est souvent plus intense dans des pratiques plus conventionnelles.

- Cas type 3 : Pour des agriculteurs plus expérimentés, la problématique de l'achat de semences n'est plus d'actualité car dans la plupart des cas, la semence est auto-produite, ce qui ramène le prix à 25 – 30 euros de l'hectare en se basant sur le prix de vente de la féverole. En termes de freins économiques, le seul point évoqué par les agriculteurs plus expérimentés est la question de l'achat du matériel. La voie la plus souvent utilisée est un matériel ancien adapté au semis direct, l'achat de matériel performant neuf étant hors de portée de la plupart des exploitants agricoles.

### - La réglementation

Les résultats sont présentés dans le Tableau 7 ci-contre. L'interdiction du glyphosate est la thématique réglementaire qui a réuni tous les profils d'agriculteurs dans le cadre de ces entretiens. Le glyphosate est un herbicide total foliaire. C'est aujourd'hui l'herbicide le plus utilisé dans le monde.

C'est LA thématique abordée de manière universelle par les différents agriculteurs interrogés. Si l'on doit nuancer cela, il est clair que les agriculteurs appartenant au cas type 3 sont plus dépendants du glyphosate et l'ont évoqué avec force lors des entretiens. En effet, de manière unanime, les agriculteurs appartenant au cas type 3 considèrent le glyphosate comme un pilier du système à l'heure actuelle bien qu'utilisé de manière raisonnée. A la question, si l'interdiction du glyphosate rentre en vigueur, à l'unanimité les agriculteurs interrogés répondent que la solution viendra par un retour au travail du sol et peut-être même à un retour au labour pour certains.

La thématique du glyphosate est le sujet évoqué lors des entretiens qui a provoqué les réactions les plus vives. Pour les agriculteurs interrogés, que ce soit ceux de cas type 1 ou 3, le glyphosate est indéniablement un pilier du système, il permet d'évoluer dans la technique en limitant le facteur risque (risque de non contrôle de l'enherbement en l'occurrence). Quant aux risques environnementaux, lié notamment à l'accumulation du glyphosate dans les sols, Jean-Luc Forrier, de la Chambre d'Agriculture de la Moselle affirme que « malgré l'effet chasse d'eau des sols en semis direct, provoqué par un drainage très rapide des eaux pluviales en excès, on ne retrouve pas plus de glyphosate qu'en labour et même plutôt moins » (Thomas, 2011)

### - La technique

Les résultats sont présentés dans le Tableau 8 ci-contre. Les contraintes techniques quant à la gestion des couverts végétaux ont particulièrement été évoqués, comme on pourrait s'en douter par les agriculteurs appartenant au cas type 1 débutant les couverts végétaux. 3 thématiques ont été évoquées lors des entretiens avec, par ordre d'importance :

- La qualité de la destruction : Systématiquement, c'est le problème numéro 1 évoqué par les agriculteurs, c'est ce qui pose encore une fois le plus de problèmes car cela va



Photo 2 : rouleaux hacheur à droite et rouleau cambridge à gauche



Photo 3 : Semoir direct John deere, disques droits, écartement de 16cm

Système	Cas type 1	Cas type 3
Chiffre d'Affaire (€/ha)	1095,00	1042,50
Aides couplées (€/ha)	18,50	51,75
Ch Intrants Total (€/ha)	468,58	453,51
Marge Brute hors aides (€/ha)	626,42	588,99
Ch Méca hors irrig (€/ha)	173,90	187,59
Carburant (€/ha)	33,49	27,42
Marge Nette hors aides (€/ha)	18,20	-32,94
Marge Nette avec aides (€/ha)	261,70	243,81

Tableau 10 : Indicateurs économiques

conditionner la réussite de la culture suivante, culture de rente en l'occurrence. Aujourd'hui, c'est la destruction de la féverole sortie hiver qui pose problème. Des outils comme les rouleaux Faca, les herse rotatives, les déchaumeurs à disques indépendants ou encore les rouleaux combinés Faca – Cambridge (voir Photo 2 ci-contre). Ces différents outils possèdent des avantages et des inconvénients, les rouleaux permettent de ne pas travailler le sol mais ont une efficacité limitée, les outils de travail du sol sont eux efficaces dans la destruction du couvert mais utilisés dans des conditions plus humides (ce qui est souvent le cas en sortie d'hiver) peuvent engendrer des tassements et donc, de mauvaises conditions de développement pour la culture suivante.

- La gestion des résidus : les années où les conditions d'implantation et où les conditions météo ont permis une pousse importante des couverts (5-6 tonnes de MS), la gestion des résidus fait partie des préoccupations principales et des contraintes principales auxquelles sont confrontés les agriculteurs pratiquant la couverture végétale des sols. Dans la situation qui est celle des coteaux argileux en sec du Lauragais, mais plus globalement de la zone Sud-Ouest, le problème est le manque d'équipement en matériel. Dans le cadre de de l'implantation de la culture de rente et donc de la gestion des résidus, le facteur clé et en l'occurrence manquant est l'utilisation d'un semoir direct équipé de chasse débris, disque ouvreur, etc. Ci-contre (photo 3), un exemple de semoir en direct près pour le semis d'un couvert de sorgho, semoir très performant mais qui affiche un prix au mètre linéaire entre 15000 et 20000€.

Pour les agriculteurs qui maîtrisent cette technique de couverture des sols, si l'on enlève la dépendance claire à des produits phytosanitaires comme le glyphosate, les défis techniques qu'engendrent une telle pratique ne sont plus un problème pour eux. En effet, ils ont un recul important sur leurs pratiques, disposent d'un matériel souvent adapté à ces pratiques et donc performant.

### 3.3 Analyse quantitative

L'analyse des données quantitatives qui suit résulte des données fournies par le logiciel SYSTERRE® et qui nous permet d'évaluer les évolutions dans la multi performance des deux cas types élaborés en amont. Ces différents indicateurs que nous a fournis le logiciel et que nous allons évaluer ont donc été regroupés selon trois axes principaux, l'économique, l'environnemental et le social.

Les indicateurs qui ont fait l'objet d'une analyse plus fine ont été définis comme les plus pertinents à décrire dans le cadre de cette étude.

#### 3.3.1 Indicateurs économiques

Les résultats sont présentés dans le tableau 9 ci-contre.

- Le chiffre d'affaires : Sur le chiffre d'affaire des deux systèmes, on remarque une stabilité de ce dernier. En effet, l'évolution qui a eu lieu entre les deux systèmes, les différentes modifications qui ont été identifiées au niveau du système de culture ne semblent pas avoir impacté le chiffre d'affaire global du système (-4.7% du cas type 1 vers le cas type 3). La somme des produits bruts est donc étonnamment restée constante malgré les grandes évolutions du système.



- Les aides couplées : Avec l'introduction de la féverole dans la rotation, on remarque des aides couplées qui ont augmenté dans la perspective d'évolution du cas type 3, c'est un revenu supplémentaire qui, à l'échelle de l'exploitation simulée, soit 300 hectares représente une différence de gain entre les deux systèmes de 9975€ ce qui est relativement important à l'échelle de l'exploitation.

- Les charges intrants totales : elles représentent en l'occurrence les charges opérationnelles, et sont légèrement inférieures pour le cas type 3 (-3.1% du cas type 1 vers le cas type 3). Ces valeurs sont à expliquer par le fait que malgré des surcharges liées aux coûts supplémentaires relatifs aux couverts et aux intrants phytosanitaires qui sont à mettre en lien à la mise en culture d'espèces exposées à une palette plus large de bioagresseurs, on remarque des économies d'intrants dans le cas type 3 notamment au niveau de la fertilisation. En effet, il est ressorti de l'étude qualitative et cela a été confirmé avec la saisie des itinéraires techniques de référence SYPPRE, mais une baisse des intrants, notamment sur l'azote du blé dur a été observée, et on peut attribuer ce surplus d'azote dans le sol en N+2. Quand on compare les données, on remarque que la fertilisation sur Tournesol, qui est la culture suivante au couvert de féverole n'a pas évolué, quand la fertilisation azotée du blé elle diminue pour des rendements équivalents. On peut donc émettre l'hypothèse que la restitution des résidus de féveroles n'aurait pas une influence sur la culture suivante mais bien sur le blé dur implanté en N+2.

- Les marges brutes hors aides : ces résultats confirment la tendance obtenue avec le chiffre d'affaires, et des charges qui sont globalement similaires, la marge brute est donc légèrement supérieure pour le cas type 1 (+6% pour le cas type 1).

- Les charges de mécanisation : Sur cet aspect des charges mécaniques, on retrouve un léger désavantage pour le cas type 3 (+8% pour le cas type 3), en effet, malgré un parc matériel moins fourni en termes de nombre d'outils, on peut remarquer que le prix à neuf de certains outils comme les semoirs sont bien plus importants pour le cas type 3. On a l'exemple type du semoir qui dans le cas du cas type 1 a un prix d'achat à neuf de 30100 euros en 6 mètres, pour le système témoin, le prix d'achat à neuf du semoir en direct est de 52800 euros. Cette différence de prix induira des amortissements plus importants qui se répercuteront sur les charges mécaniques. Ces amortissements plus importants (106€/ha pour le système témoin contre 126€/ha pour le système innovant) sont en parties compensés par une réduction du temps de traction combiné à des pratiques agricoles moins gourmandes en puissance pour le système innovant ce qui génèrera une baisse de la consommation globale de carburant qui rentre dans les charges mécaniques.

- Carburant : Comme indiqué précédemment, les charges liées à la consommation de carburant sont légèrement plus faibles dans le cas du cas type 3 avec la réduction importante du travail du sol, l'arrêt du labour, activité très consommatrice de carburant (11€/ha uniquement pour le labour contre 4.62€/ha pour un passage de semoir en direct).

- Marge nette hors aides, et marges nettes avec aides : ce qui est remarquable en analysant ces deux indicateurs, c'est que dans les deux cas, que ce soit sans aides ou avec aides, la marge nette globale de l'exploitation est moins importante sur le cas type 3 (-7%). C'est une réalité qui n'est pas forcément étonnante, en effet, les systèmes conventionnels du Lauragais en Blé dur – Tournesol sont des systèmes rentables, la réelle interrogation qui est posée sur ces systèmes est leur durabilité.

Système	Cas type 1	Cas type 3
Fixation N Légum (kg/ha)	0,00	25,75
IFT Total	2,98	3,86
IFT Herbicide	1,51	1,69
Consommation Energie Primaire Carburants (MJ/ha)	2552,50	2089,75
Emissions GES Directes Carburants (kgéqCO2/ha)	147,50	120,75
Emissions GES Indirectes Carburants (kgéqCO2/ha)	24,00	19,25
Emissions GES Totales Carburants Total (kgéqCO2/ha)	171,50	140,25
Emissions GES Totales Carb Travail du sol (kgéqCO2/ha)	72,00	23,25
Emissions GES Totales (kgéqCO2/ha)	1902,22	1414,58

Tableau 11 : Indicateurs environnementaux

Sur l'analyse économique des deux systèmes, on peut conclure que de manière générale que les performances économiques des deux systèmes sont équivalentes malgré un léger désavantage pour le système innovant. Ces résultats ne paraissent pas étonnants, en effet, si le système Blé dur - Tournesol est autant mis en place dans la région et dans ce contexte, c'est en effet grâce à sa rentabilité très intéressante. On peut par conséquent souligner la bonne performance du cas type 3 qui présente une rentabilité économique proche du cas type 1. En revanche, certains indicateurs de durabilité économique des systèmes ne sont pas étudiés par SYSTERRE® et seraient intéressants à faire ressortir, on peut notamment penser à la dépendance des deux systèmes aux intrants ou encore à la spécialisation du système (la diversification des productions).

### 3.3.2 Indicateurs environnementaux

Les résultats sont présentés dans le tableau 10 ci-contre.

- Fixation N légumineuse : cet indicateur montre clairement le gain en termes de fertilité minérale apporté par le cas type 1. En effet, sans couvert et sans légumineuses cultivées dans la rotation, le cas type 1 ne permet pas de fixer l'azote de l'air, il est 100% dépendant des intrants chimiques pour fonctionner. Le cas type 3 est quant à lui construit avec des légumineuses en cultures principales et en cultures intermédiaires. Cela lui permet donc de fixer de l'azote et donc de gagner en fertilisation azotée, certes modérément (25.75kgN/ha) par rapport à l'apport moyen sur un blé dur (205kgN/ha).

- IFT total : On remarque sur les résultats présentés ci-contre que l'IFT a significativement augmenté avec le passage au cas type 3. Cette augmentation de l'IFT a deux origines principales. La première est l'introduction de cultures dans la rotation qui nécessite des applications de produits phytosanitaires plus régulières comme le Colza car exposé à de nombreux bio-agresseurs. On peut notamment remarquer cela au niveau de l'IFT insecticides qui apparaît dans le système innovant. La seconde explication que l'on peut trouver à l'augmentation de cet IFT est l'augmentation importante de l'IFT herbicide. En effet, l'action combinée de la réduction du travail du sol et de la mise en place systématique de couverts végétaux en interculture va laisser une plus grande part à la lutte chimique contre l'enherbement. On retrouve donc un IFT herbicide qui augmente de manière globale sur l'exploitation.

- Consommation énergie primaire totale (MJ/ha) : Comme indiqué dans la partie méthodologie, les énergies primaires non renouvelables correspondent aux différentes sources d'énergies présentes dans la nature et dont les stocks ne sont pas renouvelables à l'échelle humaine. Cet indicateur nous donne donc un indice important sur la durabilité environnementale du cas type 3 avec une baisse de 20% observée sur le volet de la consommation en carburant, et une baisse de 35% de la consommation sur le volet de la fertilisation. Cette différence importante observée en termes de consommation d'énergies primaires est justifiable par le fait que, outre le fait que la fertilisation induit des consommations de carburant pour son épandage, c'est surtout la fabrication de ces carburants qui nécessite une consommation d'énergies primaires très importantes. Une légère baisse de la consommation en fertilisants induira donc logiquement une baisse plus importante de la consommation en énergies primaires. C'est une donnée importante qui permettra d'appuyer les arguments évoqués par le logiciel DEXiPM sur la durabilité globale de ces systèmes.

Système	Cas type 1	Cas type 3
Temps de travail Total (h/ha)	2,08	1,63
N Total (kg/ha)	123,63	83,88
P2O5 Total (kg/ha)	16,25	6,25
Consommation Carburant (L/ha)	55,82	45,70
Consommation Carburant Travail du sol (L/ha)	23,53	7,54
Consommation Carburant Semis (L/ha)	9,67	15,31
Matière Active Total (g/ha)	1367,57	2390,00
Matière Active Herbicide (g/ha)	981,38	1549,89

Tableau 12 : Indicateurs sociaux



- Emissions GES totales : Les émissions de gaz à effets de serres sont assez logiquement corrélées avec les consommations en énergies primaires. En effet, tout comme pour la consommation en énergie primaire, c'est l'atelier fertilisation qui crée la plus grosse différence entre les deux systèmes, suivi par la consommation en carburant qui est également favorable au cas type 3. On retrouve sur le global une baisse de 25% des émissions de gaz à effets de serre du cas type 1 vers le cas type 3.

Sur ces différents indicateurs environnementaux, le bilan est mitigé, le cas type 3 est clairement plus vertueux sur les indicateurs tels que les émissions de gaz à effets de serre, problématique mondiale et qui est très demandée par la société. En revanche, le système innovant ne remplit pas l'objectif de réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires. Cela pose question notamment sur des objectifs tels que ECOPHYTO qui vise à réduire de 50% l'utilisation des produits phytosanitaires d'ici 2025.

### 3.3.3 Indicateurs sociaux

Les résultats sont présentés dans le tableau 11 ci-contre.

- Temps de travail total : Cet indicateur nous montre encore une fois une différence significative dans l'évolution entre les deux systèmes (-20% de temps de travail pour le cas type 3). Le temps de travail, qui correspond en réalité à un temps de traction ressort plus important pour le cas type 1. Cela paraît peu étonnant car quand on regarde dans la section opérations culturales, ce sont bien les différents travaux du sol qui ont un débit de chantier plus élevé.

- Consommation de carburant : La consommation de carburant, relative aux différentes opérations culturales mises en place sur le système est légèrement moins importantes dans le cas type 3 (-18%). Si on affine l'analyse en regardant les opérations culturales les plus importantes, on peut noter que la part de consommation relative au travail du sol prend plus de place sur le système témoin. A l'inverse, la consommation de carburant relative au semis des différentes cultures est bien plus importante pour le système innovant. Comme pour les charges mécaniques, on remarque donc que le semis de la culture est une étape où l'exploitant investit beaucoup plus de temps et d'argent en comparaison au cas type 1.

- Matières actives : La quantité de matières actives utilisées dans le cas type 3 est bien plus importante pour le système innovant, c'est la suite logique de notre analyse sur les IFT. De même que dans l'analyse affinée de l'IFT, c'est sur l'utilisations de matières actives herbicides que la différence se fait.

## 3.4 Résultats complémentaires

### 3.3.1 Agrégation d'indicateurs, l'outil DEXiPM

Les résultats des travaux de Sophie Dubois sur la saisie DEXiPM des résultats de la plateforme SYPPRE Lauragais ont été analysés, notamment sur les critères socio-environnementaux, car l'analyse économique n'a que peu de cohérence étant donné la différence entre le système innovant de la plateforme SYPPRE et le cas type 3. La comparaison des critères socio-environnementaux a elle plus de sens en revanche car les deux systèmes (cas type 3 – innovant SYPPRE Lauragais) suivent une logique commune, semi-direct et couverture maximale des sols



- Les indicateurs sociaux

La première remarque que l'on peut émettre est que la durabilité sociale est identique et élevée sur les deux systèmes. On distingue trois échelles dans la durabilité sociale des systèmes. La durabilité sociale liée à la chaîne de production, la durabilité sociale liée à l'agriculteur et enfin, la durabilité sociale liée à l'interaction avec la société.

La durabilité sociale liée à la chaîne de production : le système innovant présente une note plus élevée sur la notion de flexibilité du marché et une note plus faible sur le risque de contamination par des mycotoxines. Ces différences sont en revanche relatives car elles n'affectent pas la note globale de la durabilité associée à la chaîne de production.

La durabilité sociale liée à l'agriculteur :

- La complexité du système est clairement plus importante pour le système innovant, en effet, on retrouve une rotation en 2 ans et 2 cultures pour le système témoin quand sur le système innovant, on retrouve une rotation de 8 ans et 6 cultures. La différence semble donc logique avec notamment présents dans la rotation du système innovants des cultures relativement complexe techniquement comme les colzas associés ou encore les cultures sous couvert. Cette complexité apparente du système innovant est contrebalancée par l'équilibre de la charge de travail qui est moins bien notée pour le système témoin, la justification étant la charge importante de travail en Juillet et Octobre résultant des moissons respectives du blé et du tournesol. Le critère agrégé « difficulté des opérations » regroupant ces deux facteurs est donc identique pour les deux systèmes.
- Le critère « risque pour la santé » est lui plus important pour le système innovant. Cela est dû au plus fort risque sanitaire dû au recours aux pesticides du système innovant. On peut croiser ce résultat avec un IFT plus important pour le système innovant mais également des matières actives utilisées dans ces systèmes considérés comme plus dangereuses pour la santé (classés Xn, T, T+). Ces deux facteurs mis en commun résultent sur une note plus basse pour le critère « risque pour la santé ».
- Le critère « interaction avec la société » est mieux noté sur le système innovant. La société accepte mieux un système de culture qui tente d'innover pour apporter plus de « durabilité ». Les nouvelles filières apportées par ces nouveaux systèmes sont également un argument dans l'acceptation par la société de ces nouveaux systèmes de culture. En revanche, cette note positive est à pondérer avec les résultats précédents qui montrent des risques pour la santé plus importants sur le système innovant. Il est en effet important d'insister sur le fait que, bien que ces nouveaux systèmes tentent de tendre vers une meilleure durabilité globale, une des grandes attentes sociétales et la baisse de l'usage de produits phytosanitaires de synthèse ce qui n'est pas encore le cas sur les systèmes innovants. En effet, la diversité des cultures, la grande technicité que nécessite ces systèmes laisse à l'heure actuelle une grande dépendance aux produits phytosanitaires pour gérer des situations pour lesquelles les leviers agronomiques sont aujourd'hui inexistantes ou insuffisants. Ces valeurs tendent cependant à baisser avec des exploitations souvent engagées dans des programmes visant à baisser l'usage d'intrants chimiques comme le plan ECOPHYTO, etc.



- Les indicateurs environnementaux

C'est sur ce critère d'évaluation en particulier que semble se distinguer le système de culture innovant mis en place sur la plateforme expérimentale SYPPRE du Lauragais.

- Sur le critère agrégé des ressources utilisées, le système innovant semble se distinguer en termes de consommation énergétique (10 891MJ/ha/an pour le système innovant contre 12 178MJ/ha/an pour le système témoin). On peut justifier cette consommation énergétique plus faible par une demande de puissance plus faible pour le système innovant, et ce dû à un travail simplifié du sol. En effet, on sait aujourd'hui que sur des systèmes en agriculture de conservation, ou du moins sur des systèmes en TCS, les économies en carburant peuvent atteindre jusqu'à 50% de la consommation en conventionnel.

- Sur le critère agrégé de la qualité de l'eau, la note globale est identique, en revanche, on retrouve des différences sur la lixiviation du phosphore avec un risque plus important dans le cas du système témoin. Ceci étant dû essentiellement à un risque érosif non maîtrisé pour le système témoin tandis qu'il l'est totalement pour le système innovant. On retrouve ici, la problématique principale du système conventionnel dans le Lauragais, avec un labour d'automne en vue d'installer un tournesol qui pose question car c'est un facteur favorisant le phénomène d'érosion, et donc de la fuite de certains minéraux mais également de la matière organique, source de fertilité pour les sols. De même, la qualité des eaux souterraines s'en trouve impactée car la lixiviation des pesticides serait plus importante dans le système témoin.

Sur le critère « potentiel d'écotoxicité aquatique », les deux notations sont identiques et faibles. En revanche, si l'on s'intéresse aux valeurs, on remarque que le système innovant se détache du témoin avec une valeur de 3.9 contre 1.6 pour le système témoin, la valeur seuil pour passer à la notation supérieure étant 4.

- Le critère « qualité du sol » a été évalué comme plus performant sur le système innovant, en comparaison au système témoin. En analysant les données, on remarque que le système témoin se détache, et ce notamment par les critères agrégés « qualité physique du sol » et « qualité biologique du sol ».

La non maîtrise de l'érosion dans le système témoin est la cause principale de la déficience du système témoin sur la qualité physique du sol. Si l'on affine l'analyse, on remarque qu'il y a une performance légèrement supérieure pour le système innovant dans sa capacité à limiter le ruissellement, mais la différence majeure qui est mise en évidence par la méthode de calcul et sur la capacité à augmenter la résistance à l'arrachement. Ceci traduit la faible capacité du sol à former des agrégats, et ainsi à conserver une structure stable. Cela permet également de confirmer des résultats obtenus sur cette même plateforme par le test Biofunctool® qui montrait des agrégats de sol clairement plus stable dans le système innovant en comparaison au système classique.

Sur la qualité biologique des sols, le modèle ne fait pas ressortir de différences significatives, le seul point différenciant significativement étant la fertilisation en phosphore, mais il est difficile de justifier une fertilisation en phosphore plus importante pour le système témoin par une lixiviation hivernale de cet élément.

- Les émissions atmosphériques sont un critère qui différencie également les deux systèmes. Cette différence se fait ici sur les critères d'émission de gaz à effet de serres



Figure 9 : Résultats SIMEOS - AMG

qui sont mesurées plus importantes pour le système témoin. On peut relier à cela la plus faible consommation en GNR (Gazole Non Routier) généré par le système innovant.

- Sur le critère agrégé « biodiversité de surface et aérienne » il n'apparaît pas de différence significative entre les deux systèmes.

### 3.4.2 La fertilité des sols, l'indicateur manquant ?

#### 3.4.2.1 Les réponses des agriculteurs

La fertilité des sols fait partie des thématiques qui ont été évoquées avec les agriculteurs dans le cadre des entretiens. Elle fait souvent office d'un concept vague à laquelle les agriculteurs ont donné majoritairement deux définitions : « C'est la capacité d'un sol à produire une culture avec des rendements satisfaisants » ou encore, une approche plus technique « C'est la capacité d'un sol à relarguer les éléments minéraux nécessaires à la croissance de la plante ». De même, lorsque l'on pose la question aux agriculteurs des moyens qui sont aujourd'hui mis en place pour évaluer la fertilité des sols, la première réponse qui est le plus souvent donnée est l'analyse de sol, en revanche cela représente ici plus une contrainte réglementaire qu'une réelle volonté de leur part d'évaluer la potentielle fertilité de leurs sols.

#### 3.4.2.2 L'outil SIMEOS – AMG pour évaluer l'évolution du stockage de carbone.

L'outil SIMEOS – AMG a été utilisé dans le cadre de cette étude afin de tenter d'analyser une éventuelle évolution dans la capacité de chacun des deux systèmes à stocker du carbone, et donc à augmenter les taux de matières organiques des sols, dans des conditions pédoclimatiques identiques. Les entrées du logiciel développé par Agro-transfert sont présentées en Annexe 8 et relèvent de la rotation, de la productivité des cultures et des intercultures et des modalités de travail du sol. Les résultats de la simulation sont présentés sur la Figure 9 ci-contre.

On remarque une très nette différence dans la manière dont vont stocker le carbone les deux sols. En effet, dans le système innovant, on retrouve une nette augmentation du stock de carbone organique avec sur trente ans, une progression de 20% du stock de carbone dans les 30 premiers centimètres. Si on se réfère à la bibliographie scientifique, on peut affirmer le fait qu'à l'heure actuelle, on trouve peu d'influences à attribuer au travail du sol sur le stockage de carbone. L'élément clé dans ces résultats semble donc bien être la production de biomasse des différentes cultures mises en place mais également des cultures intermédiaires.

La mise en place de couverts d'intercultures permet donc de stocker du carbone dans les sols, et donc de favoriser la fertilité de ces sols, en limitant l'érosion par une structure granulométrique plus stable, et permettant des échanges biologiques plus importants.

La limite de l'outil est en revanche de ne pas pouvoir chiffrer ce que nous apporte cette fertilité au niveau économique.





## 4. Discussion

### 4.1 La méthodologie

La méthodologie a été l'étape clé de cette étude, mais cela a également été l'étape qui a été la plus difficile à mettre en place car elle a subi de nombreuses évolutions. En effet, l'idée de départ sur laquelle nous nous sommes basés pour construire était l'étude de systèmes saisis dans le cadre du programme BAGAGES et qu'il aurait fallu compléter et analyser. L'élaboration de cas types était également prévue pour ces exploitations participant au projet BAGAGES. Malgré de nombreuses tentatives, il n'a jamais été possible d'obtenir le partage de ces données et la collaboration avec le projet. La décision a donc été prise d'abandonner cette piste fin Juin, le partenariat proposé ne donnant visiblement pas de résultats.

Cette mésaventure a certes généré du retard dans l'étude et notamment dans l'établissement d'un cadre d'étude mais elle a cependant mis en relief les difficultés que l'on peut rencontrer à rechercher de l'information qui appartient à un autre projet. La communication entre les différents acteurs du milieu agricole s'est avérée compliquée tout au long de ce stage, cloisonnant ainsi mon travail, et ne permettant un avancement conjoint des différents acteurs du territoire notamment sur ces thématiques très intéressantes d'agriculture de conservation, d'agroécologie et de couverture végétale des sols.

### 4.2 Les résultats obtenus

#### 4.2.1 Les différences principales entre les deux systèmes

On retrouve des différences importantes sur les deux systèmes, notamment sur les facteurs socio-environnementaux.

Sur les différences observées au niveau de la durabilité sociale des deux systèmes, on retrouve des différences au niveau de la charge de travail et tout particulièrement au niveau de l'équilibre de la charge de travail. C'est un facteur très important car il permet de mettre en relief la capacité des systèmes innovants d'étaler la charge de travail tout au long de l'année, la pression au travail est donc répartie sur une durée plus importante et assure une meilleure appréciation du métier par l'agriculteur. De même au niveau social, le logiciel DEXiPM fait ressortir le fait que l'acceptabilité de la stratégie adoptée par la société est meilleure dans le cas du système innovant. C'est un facteur très important pour le monde agricole quand on connaît les rancœurs que génère le contexte politique actuel vis-à-vis de l'agriculture.

Sur les critères environnementaux, il semble intéressant de revenir sur deux facteurs importants que sont la maîtrise de l'érosion du sol et la consommation d'énergies primaires qui ont été mis en évidence précédemment. Tout d'abord, la maîtrise du risque érosif qui est la problématique principale définie par les agriculteurs et les collaborateurs du projet SYPPRE Lauragais est partiellement acquise dans le système innovant ce qui est une réelle satisfaction. Sur la consommation d'énergies primaires, elle est également réduite pour le système innovant, c'est un point important qui rentre également grandement dans le critère de l'acceptabilité sociétale de ces pratiques.



#### 4.2.2 Un point récurrent, le glyphosate

Voici la synthèse d'un entretien avec Anthony Cazaban, pilote opérationnel de la plateforme SYPPRE Lauragais. En anticipation à une potentielle interdiction d'utilisation de la molécule de glyphosate en 2020, l'utilisation de ce produit a été pratiquement éliminée des itinéraires techniques sur la plateforme expérimentale. Il est aujourd'hui utilisé en cas de dernier recours, tout est mis en œuvre pour éviter de s'en servir. A l'heure actuelle, la solution qui a été trouvée pour faire face à cette nouvelle contrainte de l'interdiction du glyphosate est le déchaumage. Mais cette solution pose question à l'équipe technique car cela nuit à un des objectifs prioritaires de la station expérimentale et de la zone en général qu'est la lutte contre l'érosion. « Sans glyphosate, le retour au travail du sol est inévitable » d'après Anthony, c'est d'ailleurs ce qui est communément évoqué quand on parle de cette interdiction dans le milieu de l'agriculture de conservation des sols.

La reprise d'un travail du sol superficiel pose également question dans un des autres objectifs de l'expérimentation qu'est la lutte contre les ray-grass résistants. En effet, la pratique du déchaumage permet d'éliminer un certain nombre de plantes adventices déjà présentes sur la parcelle, mais elle induit également un effet faux-semis qui fait donc lever une grande quantité de mauvaises herbes (en particulier le ray-grass), et dans des conduites techniques relativement intensives (présence de doubles cultures, cultures intermédiaires systématiques, etc.) les timings sont souvent serrés. De même, il semblerait que faire du faux-semis pour déstocker les sols en graines d'adventices soit une utopie. Les stocks sont énormes et les facteurs environnementaux trop complexes pour être capable de maîtriser un stock faible de graines dans les sols. Le meilleur argument du non-travail du sol, selon Anthony, c'est celui de ne pas générer justement cet effet « faux-semis » et donc de ne pas mettre en conditions favorables les graines d'adventices pour germer. Ceci combiné à une application de glyphosate opportuniste permet de maîtriser au mieux les adventices sur la parcelle et donc ainsi de limiter le salissement, et petit à petit de baisser les doses d'herbicides, dont le glyphosate.

#### 4.2.3 La fertilité des sols, axe de recherche majeur

La fertilité des sols fait partie des thématiques qui ont été évoquées avec les agriculteurs dans le cadre des entretiens. Elle fait souvent office d'un concept vague à laquelle les agriculteurs ont donné majoritairement deux définitions : « C'est la capacité d'un sol à produire une culture avec des rendements satisfaisants » ou encore, une approche plus technique « C'est la capacité d'un sol à relarguer les éléments minéraux nécessaires à la croissance de la plante ». De même, lorsque l'on pose la question aux agriculteurs des moyens qui sont aujourd'hui mis en place pour évaluer la fertilité des sols, la première réponse qui est le plus souvent donnée est l'analyse de sol, en revanche cela représente ici plus une contrainte réglementaire qu'une réelle volonté de la part d'évaluer la potentielle fertilité de leurs sols.

C'est une thématique qui fait également l'objet de nombreuses recherches. En effet, les méthodes mises en place aujourd'hui au champ pour évaluer les sols sont peu utilisées par les agriculteurs, soit parce qu'elles sont trop compliquées à mettre en place, soit parce qu'elles n'ont pas d'intérêts particuliers pour les agriculteurs ou soit parce qu'elles demandent une expertise poussée de spécialistes.



Durant cette étude qui a été menée au sein de la structure Terres Inovia, j'ai pu assister à la présentation d'un outil développé par le Cirad et qui vise à évaluer au champ l'impact qu'on eu les différentes pratiques agricoles sur les fonctions du sol. Douze indicateurs sont évalués par cette méthodologie et sont regroupés dans trois grands axes de la fertilité que sont les transformations carbonées, le cycle des nutriments et encore le maintien de la structure du sol. La méthode s'appelle Biofunctool® et a été appliquée sur la plateforme SYPPRE Lauragais et a comparé les deux systèmes témoin et innovant sur les deux cultures en commun dans la rotation, le blé dur et le tournesol.

C'est une méthode qui est relativement lourde à mettre en place mais qui pourrait avoir un intérêt par le fait qu'elle fournit des données chiffrées sur les différents indicateurs qu'elle évalue.



## Conclusion

Les systèmes de production qui ont été construits puis évalués au cours de cette étude présentent des différences réelles au niveau de l'analyse multicritère. La formation des cas types dans le but de refléter les pratiques locales s'est avéré complexe mais elle offre cependant des tendances intéressantes notamment au niveau des performances socio-environnementales des systèmes avec mis en place de couverts végétaux.

L'évaluation des cas types mis en place nous a permis de montrer des performances économiques équivalentes et des performances socio-environnementales qui sont meilleures pour le cas type pratiquant la couverture végétale des sols. Cette étude nous a également permis de mettre en évidence des problématiques importantes qui se posent comme la dépendance au levier chimique ou encore les matériels utilisés en systèmes sous couvert qui sont souvent peu accessibles sur le plan économique.

La mise en place de couverts d'interculture est le premier levier qui est utilisé pour rentrer dans ces démarches agroécologiques. Il a également été mis en évidence lors de ces entretiens qu'il n'existe pas de stratégie type d'évolution dans ces pratiques, c'est le contexte de chaque exploitation (économique, technique, climatique, pédologique, social) qui détermine leur évolution.

Un des principaux intérêts de la couverture végétale des sols et qui a été brièvement évoquée avec l'utilisation de SIMEOS AMG est l'évolution de la fertilité et les impacts que cette dernière induit sur le système de culture. Cependant, cette simulation n'a été faite que dans le but de chiffrer une évolution de matière organique. On ne retrouve pas de conséquence économique, sociale ou environnementale de cette évolution de la fertilité. C'est un point important qui ne ressort pas de l'étude et qui mériterait d'être approfondi. De même, des indicateurs comme la pression en bioagresseurs, ainsi que d'autres évolutions écosystémiques sont des indicateurs qui mériteraient d'être évalués et traduits par des résultats économiques car ils peuvent influencer les résultats d'un système de production.





## Bibliographie

- « CIAG - Cultures Intermédiaires Multi-Services ». 2017. Consulté le 10 mai 2019.
- Constantin, Julie, Nicolas Beaudoin, Nicolas Meyer, Romain Crignon, Hélène Tribouillois, Bruno Mary, et Eric Justes. 2017. « Concilier la réduction de la lixiviation nitrique, la restitution d'azote à la culture suivante et la gestion de l'eau avec les cultures intermédiaires ». *Innovations Agronomiques* 62: 1–12.
- Couëdel, Antoine, Célia Seassau, Judith Wirth, et Lionel Alletto. 2017. « Potentiels de régulation biotique par allélopathie et biofumigation; services et dis-services produits par les cultures intermédiaires multiservices de crucifères ». *Innovations Agronomiques* 62: 1–15.
- Cohan JP. 2014. Un effet azote lié au climat et au rapport C/N
- De Tourdonnet, Stephane. 2017. « La place des cultures intermédiaires multi-services dans un processus d'innovation: l'agriculture de conservation ». *Revue CIAG* 62: 6.
- Ding, Guangwei, Xiaobing Liu, Stephen Herbert, Jeffrey Novak, Dula Amarasiriwardena, et Baoshan Xing. 2006. « Effect of cover crop management on soil organic matter ». *Geoderma* 130 (3): 229-39
- FAO. 2001. Systèmes de production agricole à l'échelle mondiale
- Justes, Eric, Nicolas Beaudoin, et Patrick [et al] Bertuzzi. 2012. « Réduire les fuites de nitrate au moyen de cultures intermédiaires : conséquences sur les bilans d'eau et d'azote, autres services écosystémiques », 416.
- Justes, Eric, et Guy Richard. 2017. « Contexte, concepts et définition des cultures intermédiaires multi-services », 16.
- Labreuche, J. 2009. « COUVERTS VÉGÉTAUX DOSSIER 37 », 5.
- Le Bissonnais, Yves, Jacques Thorette, Cécile Bardet, et Joël Daroussin. 2002. « L'érosion hydrique des sols en France ». *Rapport INRA, IFEN* 106.
- Lima, Filipe COSTA. 2015 « Fourniture en azote de résidus issus de différentes espèces légumineuses étudiées en conditions contrôlées au laboratoire », 26.
- Madelin, Virginie. 2004. « Des terres trop souvent nues entre deux cultures ». *Agreste primeur*, n° 149 (septembre).
- Mollier, Pascale. 2013. « A l'origine, le problème de l'érosion ». 8 novembre 2013.
- Occitanie, DRAAF. 2019. « Programme d'actions nitrates ». 6 septembre 2019.
- Occitanie, DREAL. 2017. « Cartographie des zones vulnérables en vigueur en Occitanie ». 30 novembre 2017.



- Quinton, John N., G. M. Edwards, et R. P. C. Morgan. 1997. « The influence of vegetation species and plant properties on runoff and soil erosion: results from a rainfall simulation study in south east Spain ». *Soil Use and Management* 13 (3): 143–148.
- Revel J-C, Longueval C. 1982. Coteaux argilo-calcaires peu à moyennement accidentés - Lauragais.
- Rizvi, S. J. H., H. Haque, V. K. Singh, et V. Rizvi. 1992. « A Discipline Called Allelopathy ». In *Allelopathy: Basic and Applied Aspects*, édité par S. J. H. Rizvi et V. Rizvi, 1-10.
- Sebillotte, Michel. 1990. « Système de culture, un concept opératoire pour les agronomes ». *Les systèmes de culture. INRA éditions*, 165–196.
- Teasdale, John R., et Craig S. T. Daughtry. 1993. « Weed Suppression by Live and Desiccated Hairy Vetch (*Vicia villosa*) ». *Weed Science* 41 (2): 207-12.
- Terres Inovia. 2015. Qui sommes-nous - Institutionnel - Terres Inovia
- Thareau, Bertille, Elisabeth Congy, et Philippe Bolo. 2008. « L'appropriation de l'obligation de couverture hivernale des sols par les agriculteurs ». *Le Courrier de l'environnement de l'INRA* 56 (56): 105–118.
- Thomas, F. 2016 « 28 TECHNIQUES CULTURALES SIMPLIFIÉES. N°62. »



## Table des annexes

Annexe 1 : Experts consultés lors de l'étude.....	43
Annexe 2 : Questionnaire semi-directif utilisé lors des enquêtes.....	43
Annexe 3 : Prix de vente des productions (export SYSTERRE®).....	45
Annexe 4 : Prix d'achat des intrants.....	46
Annexe 5 : Itinéraires techniques appliqués au cas type 1.....	47
Annexe 6 : Itinéraires techniques appliqués au cas type 3.....	48
Annexe 7 : Parc matériel appliqué aux cas types.....	50
Annexe 8 : Présentation saisie SIMEOS – AMG.....	51



## Annexes

### Annexe 1 : Experts consultés lors de l'étude

Prénom Nom	Poste - Structure
Matthieu Abella	Ingénieur réseau – Terres Inovia
Vincent Lecomte	Chargé d'études technico - économiques
Anthony Cazaban	Responsable opérationnel station expérimentale SYPPRE Lauragais - Arvalis
Bernard Garric	Chargé d'étude systèmes de cultures – Terres Inovia
Jean-Luc Verdier	Responsable station SYPPRE Lauragais - Arvalis
Maurice De Guébriant	Agriculteur
Marc Berrodier	Formateur SYSTERRE® - Arvalis
Claire Martin-Monjaret	Ingénieur régional de développement – Terres Inovia
Quentin Lambert	Animateur technique national protégé
Sophie Dubois	Expert DEXiPM - Arvalis
Anne-Sophie Perrin	Chargé d'étude fertilité des sols – Terres Inovia

### Annexe 2 : Questionnaire semi-directif utilisé lors des enquêtes

Introduction :

« Bonjour, je me présente, Guillaume Branthomme, je suis stagiaire de fin d'étude d'ingénieur et je suis mandaté, dans le cadre du projet SYPPRE, par Terres Inovia pour tenter de comprendre et de montrer l'impact de l'implantation de couverts végétaux à l'échelle système sur une exploitation. L'idée aujourd'hui est donc de recueillir votre ressenti et certaines informations précises à ce sujet. »

#### **Rappel présentation exploitation :**

- 1- Pouvez-vous vous présenter ainsi que votre exploitation ?
  - Surface
  - Cultures principales,
  - Travail du sol,
  - UTH
  - Contexte pédoclimatique.

Montrer les principales évolutions, les choix forts (semences fermières, charges de travail, matériel ; etc.)

#### **Les couverts sur l'exploitation**

##### *Historique et évolution :*

- 2- Depuis quand avez-vous installé des couverts sur votre exploitation et pour quelle raison avez-vous mis en place ces pratiques ?





3- Quelles sont les évolutions dans votre exploitation qui ont été liées à l'introduction des couverts ?

- ➔ Au niveau de la conduite des cultures
- ➔ Au niveau des assolements
- ➔ Au niveau de l'organisation du travail
- ➔ Au niveau du parc matériel

Dans un enchaînement type de culture, recueillir un comparatif des pratiques avant/après l'adoption des couverts végétaux.

4- Quel était votre plus gros problème au début de la mise en place des couverts ?

- Qu'en est-t-il aujourd'hui ?

5- Quels sont et ont été les leviers mis en place pour résoudre ces problèmes ?

#### ***La situation chez vous, aujourd'hui***

6- Considérez-vous que vous pratiquez une couverture permanente de vos sols sur l'exploitation ? (% couverts sur l'année)

- Si oui, en êtes-vous satisfait ?
- Si non, à quelle hauteur couvrez-vous vos sols ? (Grille, pourcentage, ou autre)

7- Pratiquez-vous le couvert végétal en interculture longue ?

- Si oui, quel est l'itinéraire technique appliqué et en êtes-vous satisfait ?
- Si non, pourquoi ? Quels sont les freins ?

8- Considérez-vous que le contexte pédoclimatique de votre exploitation soit avantageux ou désavantageux pour l'implantation et la conduite des couverts ?

- Avantageux : pourquoi ?
- Désavantageux : pourquoi ? quelle serait la situation idéale ?

#### ***Bilan et perspectives***

9- Après x année d'adoption des couverts végétaux, comment jugez-vous l'intérêt technico-économique de ces couverts sur votre exploitation ?

9'- Selon vous, quels sont les intérêts agronomiques des couverts végétaux ?

9''- Considérez-vous les couverts comme un atout pour la santé économique de votre exploitation ? Si oui, en quelle mesure, sur quels aspects, quantification ?

10- Allez-vous au-delà de l'implantation de couverts végétaux ? Pourquoi ?

Quelles seraient les évolutions à venir de la pratique des couverts végétaux dans votre exploitation ?

11- Si vous deviez me citer 3 avantages des couverts végétaux quels seraient-ils ?

12- Si vous deviez me citer 3 défauts des couverts végétaux quels seraient-ils ?

13- Si vous deviez convaincre un voisin agriculteur de l'intérêt de ces pratiques, comment vous y prendriez-vous ?



## Un point sur la Fertilité de vos sols

14- Comment définiriez-vous la notion de « fertilité des sols »

15- Comment pourriez-vous définir la fertilité de vos sols avant l'implantation des couverts ?

16- La mise en place des couverts a-t-elle un lien direct avec des problèmes de fertilité dans vos sols ?

- Si oui lesquels ?
- Si non quel était votre objectif ?

17- Etes-vous satisfait de l'impact qu'on eu les couverts sur la fertilité de vos sols ?

- Si oui, quels ont été les principaux impacts sur vos sols ?
- Si non, à quels facteurs associez-vous cet échec ?

18- Comment définiriez-vous la fertilité de vos sols aujourd'hui ?

19- Quels outils mettez-vous en place au champ et sur votre exploitation en général pour évaluer la fertilité de vos sols ?

20- Etes-vous satisfait de ces outils où êtes-vous en attente de méthodes plus performantes ?

### Annexe 3 : Prix de vente des productions (export SYSTERRE®)

Exploitation	Année de récolte	Mode de conduite	Culture récoltée	Élément récolté	Prix de vente (€/t)	Source
castype_1	2018	Tournesol	Tournesol	Grain	310	TI
castype_1	2018	Blé dur	Blé Dur d'Hiver	Grain	210	TI
castype_3	2018	Tournesol	Tournesol	Grain	310	TI
castype_3	2018	Blé dur	Blé Dur d'Hiver	Grain	210	TI
castype_3	2018	Féverole	Féverole d'Hiver	Grain	200	TI
castype_3	2018	colza	Colza d'Hiver	Grain	360	TI



#### Annexe 4 : Prix d'achat des intrants

Intrant	Prix	Source
Ammonitrate 33.5%	0,5 €/kg	Systerre
Engrais Minéral 20 - 5 - 8 (3)	0,4 €/kg	Systerre
Engrais Minéral 3 - 22 - 0 (18)	0,3 €/kg	Systerre
UNIBORE	1,5 €/L	Systerre
Urée	0,3 €/kg	Systerre
CHEROKEE	21,0 €/L	Systerre
KESTREL	59,0 €/L	Systerre
RUBIS	40,0 €/L	Systerre
ATLANTIS PRO	37,0 €/L	Systerre
MERCANTOR GOLD	20,5 €/L	Systerre
PRAGMA	290,0 €/L	Systerre
RACER FL	34,0 €/L	Systerre
Blé Dur (générique)	0,9 €/kg	Systerre
Tournesol (générique)	21,7 €/kg	Systerre
Ammonitrate 33.5%	0,5 €/kg	Systerre
Engrais Minéral 20 - 5 - 8 (3)	0,4 €/kg	Systerre
Sulfate d'ammoniaque	0,3 €/kg	Systerre
AMISTAR OPTI	33,0 €/L	Systerre
PROSARO	47,0 €/L	Systerre
ALABAMA	36,0 €/L	Systerre
ATLANTIS PRO	37,0 €/L	Systerre
KERB FLO	27,0 €/L	Systerre
NIRVANA S	18,0 €/L	Systerre
DECIS PROTECH	18,0 €/L	Systerre
RELDAN 2M	12,3 €/L	Systerre
DK EXENTIEL	26,0 €/kg	Systerre
Féverole (générique)	0,3 €/kg	Systerre
IRÉNA	1,0 €/kg	Systerre
Sorgho (générique)	2,5 €/kg	Systerre



## Annexe 5 : Itinéraires techniques appliqués au cas type 1

Exploitation	Parcelle	Technique(s) réalisée(s)
castype_1	Blé dur	15/10/2017 : Déchaumage
castype_1	Blé dur	05/11/2017 : Déchaumage
castype_1	Blé dur	13/11/2017 : Travail de surface (binage, hersage, griffage, ...)
castype_1	Blé dur	15/11/2017 : Semis classique ( Blé Dur (générique) 150 kg/ha (Blé Dur))
castype_1	Blé dur	18/01/2018 : Fertilisation minérale (Engrais Minéral 20 - 5 - 8 (3) 150 kg/ha (Engrais Minéral))
castype_1	Blé dur	15/02/2018 : Traitement phytosanitaire (ATLANTIS PRO 1 l/ha (Herbicide) + PRAGMA 0.025 kg/ha (Herbicide))
castype_1	Blé dur	20/02/2018 : Fertilisation minérale (Engrais Minéral 20 - 5 - 8 (3) 250 kg/ha (Engrais Minéral))
castype_1	Blé dur	20/04/2018 : Fertilisation minérale (Engrais Minéral 20 - 5 - 8 (3) 250 kg/ha (Engrais Minéral))
castype_1	Blé dur	02/05/2018 : Fertilisation minérale (Ammonitrate 33.5% 280 kg/ha (Engrais Minéral))
castype_1	Blé dur	06/05/2018 : Traitement phytosanitaire (RUBIS 0.80000001 l/ha (Fongicide))
castype_1	Blé dur	21/05/2018 : Traitement phytosanitaire (KESTREL 0.89999998 l/ha (Fongicide))
castype_1	Blé dur	01/07/2018 : Récolte (Blé Dur d'Hiver/Grain 6 t/ha)
castype_1	Tournesol	15/09/2017 : Labour
castype_1	Tournesol	15/01/2018 : Travail du sol superficiel
castype_1	Tournesol	16/03/2018 : Travail du sol superficiel
castype_1	Tournesol	15/04/2018 : Travail du sol superficiel
castype_1	Tournesol	17/04/2018 : Semis de précision (Ammonitrate 33.5% 70 kg/ha (Engrais Minéral) + Tournesol (générique) 6 kg/ha (Tournesol))
castype_1	Tournesol	18/04/2018 : Traitement phytosanitaire (RACER FL 2 l/ha (Herbicide) + MERCANTOR GOLD 1.2 l/ha (Herbicide))
castype_1	Tournesol	18/04/2018 : Traitement phytosanitaire (SLUXX HP 6 kg/ha (Molluscicide / hélicide) + SLUXX HP 6 kg/ha (Molluscicide / hélicide))
castype_1	Tournesol	18/05/2018 : Fertilisation minérale (UNIBORE 3 l/ha (Engrais Minéral))
castype_1	Tournesol	05/10/2018 : Récolte (Tournesol/Grain 3 t/ha)





## Annexe 6 : Itinéraires techniques appliqués au cas type 3

castype_3	Colza	25/08/2017 : Semis de précision (DK EXENTIEL 1.85 kg/ha (Colza))
castype_3	Colza	25/08/2017 : Traitement phytosanitaire (ALABAMA 2 l/ha (Herbicide))
castype_3	Colza	07/11/2017 : Traitement phytosanitaire (ACTIMUM 2 l/ha (Adjuvant) + BORAVI WG 1.5 kg/ha (Insecticide))
castype_3	Colza	04/12/2017 : Traitement phytosanitaire (KARATE K 1 l/ha (Insecticide))
castype_3	Colza	20/01/2018 : Fertilisation minérale (Ammonitrate 33.5% 180 kg/ha (Engrais Minéral))
castype_3	Colza	15/02/2018 : Fertilisation minérale (Sulfate d'ammoniaque 150 kg/ha (Engrais Minéral))
castype_3	Colza	15/02/2018 : Traitement phytosanitaire (DECIS PROTECH 0.33000001 l/ha (Insecticide))
castype_3	Colza	01/03/2018 : Fertilisation minérale (Ammonitrate 33.5% 100 kg/ha (Engrais Minéral))
castype_3	Colza	15/03/2018 : Traitement phytosanitaire (RELDAN 2M 1.5 l/ha (Insecticide))
castype_3	Colza	01/04/2018 : Traitement phytosanitaire (PROSARO 1 l/ha (Fongicide))
castype_3	Colza	01/07/2018 : Récolte (Colza d'Hiver/Grain 4 t/ha)
castype_3	Féverole	10/07/2017 : Semis direct ( Sorgho (générique) 25 kg/ha (Sorgho))
castype_3	Féverole	15/09/2017 : Broyage des résidus
castype_3	Féverole	15/11/2017 : Semis direct (IRÉNA 160 kg/ha (Féverole))
castype_3	Féverole	15/11/2017 : Traitement phytosanitaire (NIRVANA S 4 l/ha (Herbicide))
castype_3	Féverole	10/12/2017 : Traitement phytosanitaire (KERB FLO 1.8 l/ha (Herbicide))
castype_3	Féverole	01/04/2018 : Traitement phytosanitaire (AMISTAR OPTI 2.5 l/ha (Fongicide))
castype_3	Féverole	05/07/2018 : Récolte (Féverole d'Hiver/Grain 2.7 t/ha)
castype_3	blé dur	15/11/2017 : Semis direct (GAUCHO 0.2 l/q (Traitement de semence) + Blé Dur (générique) 150 kg/ha (Blé Dur))
castype_3	blé dur	05/12/2017 : Traitement phytosanitaire (COMPIL 0.1 l/ha (Herbicide) + TABLO 700 2 l/ha (Herbicide))
castype_3	blé dur	15/02/2018 : Traitement phytosanitaire (PRAGMA 0.025 kg/ha (Herbicide) + ATLANTIS PRO 1 l/ha (Herbicide))
castype_3	blé dur	20/02/2018 : Fertilisation minérale (Engrais Minéral 20 - 5 - 8 (3) 250 kg/ha (Engrais Minéral))
castype_3	blé dur	20/04/2018 : Fertilisation minérale (Engrais Minéral 20 - 5 - 8 (3) 250 kg/ha (Engrais Minéral))
castype_3	blé dur	02/05/2018 : Fertilisation minérale (Ammonitrate 33.5% 250 kg/ha (Engrais Minéral))



castype_3	blé dur	06/05/2018 : Traitement phytosanitaire (RUBIS 0.80000001 l/ha (Fongicide))
castype_3	blé dur	21/05/2018 : Traitement phytosanitaire (KESTREL 0.89999998 l/ha (Fongicide))
castype_3	blé dur	01/07/2018 : Récolte (Blé Dur d'Hiver/Grain 6 t/ha)
castype_3	tournesol	01/07/2017 : Semis direct ( Sorgho (générique) 25 kg/ha (Sorgho))
castype_3	tournesol	15/09/2017 : Broyage des résidus
castype_3	tournesol	10/10/2017 : Semis direct ( Féverole (générique) 200 kg/ha (Féverole))
castype_3	tournesol	15/03/2018 : Broyage des résidus
castype_3	tournesol	16/03/2018 : Déchaumage
castype_3	tournesol	17/04/2018 : Semis de précision (Ammonitrate 33.5% 70 kg/ha (Engrais Minéral) + Tournesol (générique) 6 kg/ha (Tournesol))
castype_3	tournesol	18/04/2018 : Traitement phytosanitaire (MERCANTOR GOLD 1.2 l/ha (Herbicide) + RACER FL 2 l/ha (Herbicide))
castype_3	tournesol	25/04/2018 : Traitement phytosanitaire (SLUXX HP 4 kg/ha (Molluscicide / hélicide) + SLUXX HP 6 kg/ha (Molluscicide / hélicide))
castype_3	tournesol	18/05/2018 : Fertilisation minérale (UNIBORE 3 l/ha (Engrais Minéral))
castype_3	tournesol	05/10/2018 : Récolte (Tournesol/Grain 3 t/ha)



**Annexe 7** : Parc matériel appliqué aux cas types

Exploitation	Matériel
castype_1	1-Tracteur
castype_1	10-Semoir monograine
castype_1	13-Vibroculteur
castype_1	14-Vibroculteur
castype_1	2-Tracteur
castype_1	3-Moissonneuse bat.
castype_1	4-Charrue réversible
castype_1	5-Décompacteur clas.
castype_1	6-Covercrop
castype_1	7-Pulverisateur
castype_1	8-Epandeur d engrais
castype_1	9-Semoir classique
castype_1	Rouleaux
castype_3	1-Tracteur
castype_3	10-Semoir monograine
castype_3	11-Broyeur de résidu
castype_3	2-Tracteur
castype_3	3-Moissonneuse bat.
castype_3	5-Décompacteur clas.
castype_3	6-Covercrop
castype_3	7-Pulverisateur
castype_3	8-Epandeur d engrais
castype_3	S.semi direct clas.



## Annexe 8 : Présentation saisie SIMEOS – AMG

Saisie
Résultat
Informations

Calculer la biomasse
Enregistrer
Dupliquer

**Scénario:**

Exploitation:

Nom Parcelle:

Scénario:

**Commune:**

Département:

Commune:

**Rotation culturale:** ?

	Culture ?	Rendement ?	Fréquence Culture (%)	Fréquence de restitution des résidus	Type travail du sol	Prof Travail du sol (cm) ?	Irrig. moy. (mm /ha /an)
1	Colza hiver (q/ha) ▼	<input type="text" value="40"/>	<input type="text" value="25"/>	Toujours restitués ▼	Non Labour ▼	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
2	Tournesol (q/ha) ▼	<input type="text" value="27"/>	<input type="text" value="25"/>	Toujours restitués ▼	Non Labour ▼	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="0"/>
3	Blé dur (q/ha) ▼	<input type="text" value="60"/>	<input type="text" value="25"/>	Toujours restitués ▼	Non Labour ▼	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
4	Féverole (q/ha) ▼	<input type="text" value="27"/>	<input type="text" value="25"/>	Toujours restitués ▼	Non Labour ▼	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Total fréq. cultures : 100							

Saisie des fréquences de cultures (optionnel)

**Cultures intermédiaires:**

	Espèce	Biomasse ?	Fréquence
1	Sorgho fourrager ▼	Moy + (2 à 3 T N) ▼	1 an sur 2 ▼
2	Légumineuses ▼	Forte (>3 T MS) ▼	1 an sur 4 ▼
3	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**Cultures dérobées:** ?

	Espèce	Rendement ?	Fréquence
1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**Produits organiques:** ?

	Type	Dose	Fréquence
1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

*(Télécharger la table des pro)*

**Données sol:**

Type de sol:

Argile (g/kg):

CaCO3 (g/kg):

pH:

Azote Total (g/kg):

C sur N:

Cailloux (%):

Densité apparente:

C organique (g/kg):

Teneur MO (%):

**Climat:**

Poste climatique:

ETP Annuelle (mm):

Pluie Annuelle (mm):

Température moyenne annuelle (°C):

Profondeur de prélèvement pour l'analyse de terre (cm):

