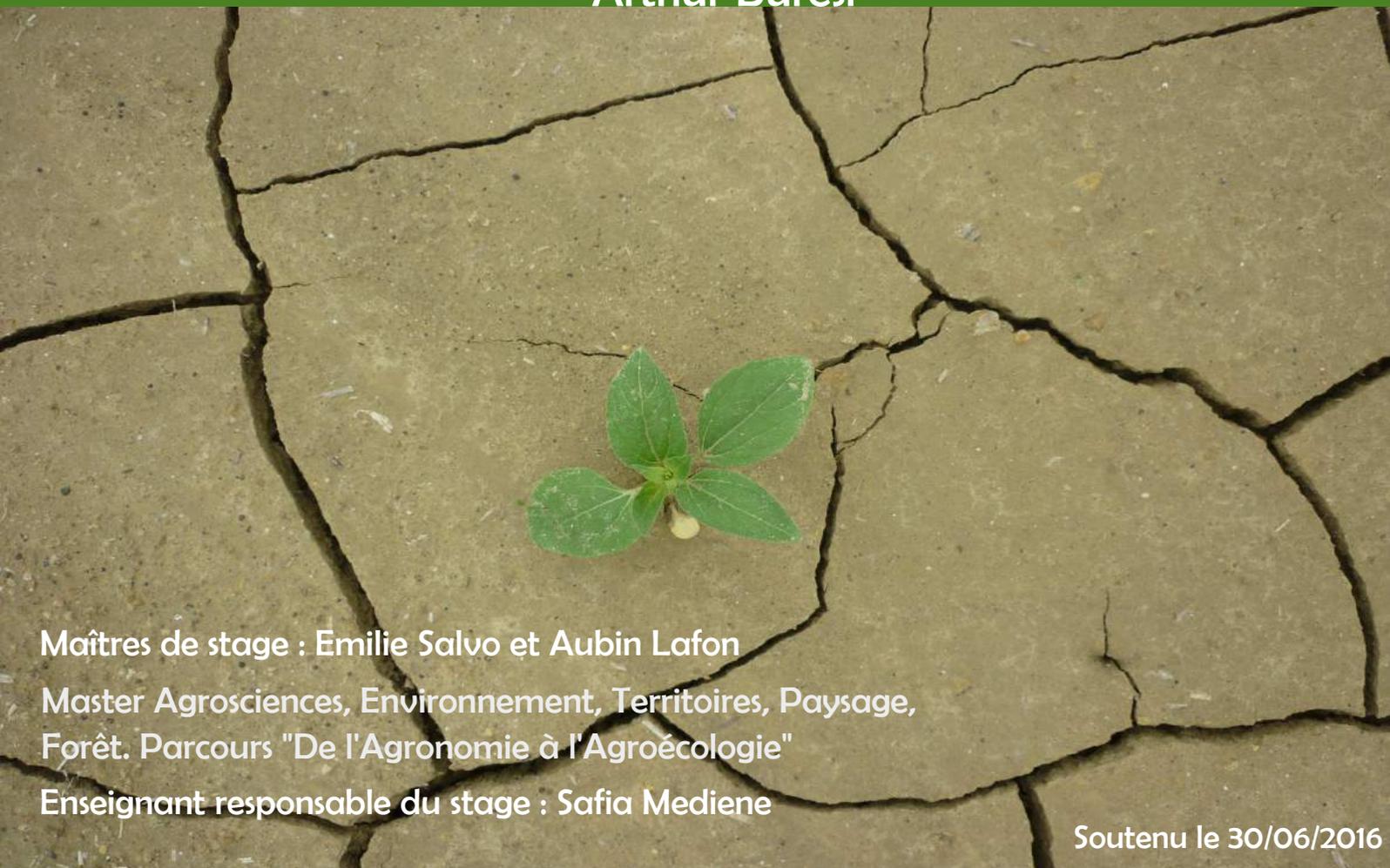




Couverture végétale et
réduction du travail du sol :
quel potentiel de durabilité
dans les fermes du réseau Agr'eau?

Arthur Buresi



Maîtres de stage : Emilie Salvo et Aubin Lafon

Master Agrosiences, Environnement, Territoires, Paysage,
Forêt. Parcours "De l'Agronomie à l'Agroécologie"

Enseignant responsable du stage : Safia Mediene

Soutenu le 30/06/2016

Engagement de non plagiat

① Principes

- Le plagiat se définit comme l'action d'un individu qui présente comme sien ce qu'il a pris à autrui.
- Le plagiat de tout ou parties de documents existants constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée
- Le plagiat concerne entre autres : des phrases, une partie d'un document, des données, des tableaux, des graphiques, des images et illustrations.
- Le plagiat se situe plus particulièrement à deux niveaux : Ne pas citer la provenance du texte que l'on utilise, ce qui revient à le faire passer pour sien de manière passive. Recopier quasi intégralement un texte ou une partie de texte, sans véritable contribution personnelle, même si la source est citée.

② Consignes

- Il est rappelé que la rédaction fait partie du travail de création d'un rapport ou d'un mémoire, en conséquence lorsque l'auteur s'appuie sur un document existant, il ne doit pas recopier les parties l'intéressant mais il doit les synthétiser, les rédiger à sa façon dans son propre texte.
- Vous devez systématiquement et correctement citer les sources des textes, parties de textes, images et autres informations reprises sur d'autres documents, trouvés sur quelque support que ce soit, papier ou numérique en particulier sur internet.
- Vous êtes autorisés à reprendre d'un autre document de très courts passages in extenso, mais à la stricte condition de les faire figurer entièrement entre guillemets et bien sur d'en citer la source.

③ Sanction : En cas de manquement à ces consignes, le département SIAFEE se réserve le droit d'exiger la réécriture du document, dans ce cas la validation de l'Unité d'Enseignement ou du diplôme de fin d'études sera suspendue.

④ Engagement :

Je soussigné (e) ARTHUR BURESI

Reconnaît avoir lu et m'engage à respecter les consignes de non plagiat

A AUCH le 25/05/2016

Signature :



Cet engagement de non plagiat doit être inséré en début de tous les rapports, dossiers, mémoires.

Table des matières

ACCRONYMES.....	1
REMERCIEMENTS.....	1
RESUME.....	1
ABSTRACT.....	1
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1. ELEMENTS DE CONTEXTE.....	1
1.1. Contexte théorique : le végétal et la fertilité des sols dans la boucle produire – consommer – recycler.....	1
Agriculture et intrants.....	1
Le trio sol-plante-microorganismes.....	2
Imiter le fonctionnement de la forêt.....	3
1.2. Services écosystémiques attendus de la couverture végétale et du non-travail du sol.....	4
1.1.1. Protéger les ressources en eau.....	4
1.1.2. Favoriser la biodiversité et les régulations biologiques.....	5
1.1.3. CV et NT : quels disservices ?.....	6
1.2. Le bassin Adour-Garonne et le projet Agr'eau.....	7
CHAPITRE 2. MATERIELS ET METHODES.....	8
2.1. Problématique de l'étude.....	8
2.2. Les IndiciADes et la méthode d'évaluation.....	9
2.3. Les fermes pilotes suivies.....	9
2.4. La base de donnée étudiée.....	9
2.2.1 Constituer la base de données.....	9
2.2.2 Hypothèses et démarche pour l'analyse des résultats.....	10
Tableau 1. Hypothèses de travail.....	10
2.2.3. Critères retenus pour faire ressortir les fermes les plus avancées dans la maîtrise des systèmes SCV.....	13
2.2.4. Construction du témoin.....	13
CHAPITRE 3. RESULTATS et INTERPRETATIONS.....	14
3.1. Structure des données, caractéristiques des groupes et transposabilité de la démarche.....	14
❖ Couverture végétale et réduction du travail du sol sont liés (hypothèse 1).....	14
❖ Des disparités de maîtrise parmi les fermes les plus avancées (hypothèse 2).....	14
❖ Influence du système de production (hypothèse 3).....	15

❖	Importance de la surface (hypothèse 4)	15
❖	Impact du mode de conduite (hypothèse 5).....	16
3.2.	Protéger et produire : quels impacts sur d'autres aspects de la durabilité ?	18
3.2.1.	Productivité des cultures (hypothèses 5 et 8)	18
3.2.2.	Energie consommée et bilan énergie (hypothèse 9)	19
3.3.2.	Stockage de carbone et gaz à effet de serre	21
3.3.3.	Risques agro-environnementaux.....	24
3.3.4.	Viabilité économique et temps de travail (hypothèse 14)	27
DISCUSSION ET CONCLUSION		29
BIBLIOGRAPHIE		31
	Construction du témoin	34
ANNEXES		34

ACCRONYMES

AB : Agriculture Biologique

AFAF : Association française d'Agroforesterie

N : Azote

NT : Non-Travail du sol

P&P : Protéger [le sol] et Produire [des ressources alimentaires]

Conv : Agriculture conventionnelle [non AB]

CV : Couverts Végétaux ou Couverture Végétale des sols

GC : Grandes cultures

GES : Gaz à Effet de Serre

Ha : hectare

IFT : Indice de Fréquence de Traitement

K : Potassium

MO : Matière Organique

P : Phosphore

SCV : Semis direct sous Couvert Végétal

SAU : Surface Agricole utile

SD : Semis Direct

TCS : Techniques Culturelles Simplifiées

UN : unité d'azote (1kg)

UTH : Unité de travail Humain

REMERCIEMENTS

Comment remercier tous les protagonistes de ce stage formidable ?
Je ne manquerai certainement pas d'en oublier, qu'ils m'en excusent.

Je remercie tout particulièrement :

Aubin Lafon, qui m'a formé,
accompagné et fait partager sa passion
Emilie Salvo, dont j'ai apprécié les avis éclairés et
qui a organisé le déroulement matériel de mon stage
Alain Canet, pour m'avoir impliqué dans la vie de l'association,
fait rencontrer des personnages passionnants et aiguisé mon esprit critique
Konrad Schreiber, pour son temps et son apport crucial autant de méthodes que de
connaissances agronomiques relatives aux couverts végétaux et au semis direct
Caroline Hébert, qui m'a accueilli dans de nombreuses formations réservées aux agriculteurs
et qui se sont révélées décisives pour la compréhension de mon sujet
Philippe Martin, qui m'a encadré depuis Paris pour ce stage, ainsi que **Safia Mediene**
et **Alexandra Julien**, les directrices de mon master
Delphine Mezière et **Marie Gosme** de l'UMR SYSTEM qui ont
accepté de suivre l'avancement de mon travail
Les techniciens d'AP32 qui m'ont initié
à la plantation de haies champêtres
et d'agroforesterie
**Tous les agriculteurs
du réseau Agr'eau**,
qui innovent,
prennent des
risques et ont
pris de leur
temps pour
répondre à
mes questions.
Ce sont eux qui
m'ont le plus appris.
**Tous les membres de l'équipe
de l'AFAF et d'AP32**, ainsi que les
autres stagiaires qui ont fait de mon stage un moment convivial
et m'ont montré que la rigueur n'était pas forcément solennelle : Fabien,
Nina, Charles, Bruno, Pierre, Emilie, Laetitia, Severin, Alex, Amine, Maeva, Anaëlle...

RESUME

L'agriculture française est confrontée à de nombreux enjeux, notamment environnementaux tels que la perte de biodiversité, l'érosion des sols et la pollution de l'eau, mais également à des questions socio-économiques comme la baisse des prix d'achat ou la désertification des campagnes. Pour faire face à ces questions, de nombreuses alternatives au modèle actuel sont proposées. Mais sont-elles vraiment économiquement viables et environnementalement pertinentes? Dans ce rapport, deux pratiques ont été évaluées : Les couverts végétaux (CV) et le non-travail du sol (NT). La littérature souligne que les CV et le NT s'avèrent être des pratiques respectueuses de l'environnement pour de nombreuses raisons : contrôle de l'érosion des sols, réduction de la pollution azotée / pesticides, stockage de carbone, protection de la biodiversité. Mais en dépit de ces effets bénéfiques, les CV et le NT sont encore peu développés. Cela pose donc la question de leur faisabilité pour les agriculteurs ainsi que la nécessité d'apporter de nouvelles références techniques et des exemples de réussite.

Une évaluation multicritères de la durabilité de 47 exploitations a donc été effectuée dans le bassin Adour-Garonne (Sud-ouest de la France), bassin dans lequel l'Agence de l'eau finance le programme Agr'eau sur la couverture permanente du sol à des fins de qualité de l'eau. Cette évaluation repose sur deux méthodes:

- **L'analyse statistique des évaluations de 47 fermes**, évaluation réalisée avec les indicateurs de la méthodologie IndiciADEs de l'Institut de l'Agriculture Durable. Ces indicateurs reprennent les trois piliers du développement durable : environnement (par exemple la perturbation des sols, les émissions de gaz à effet de serre), économie (par exemple, les rendements, l'excédent brut d'exploitation) et aspects sociaux (par exemple le temps de travail). Nous avons calculé ces indicateurs pour 5 fermes ; le reste a été pris en charge par les stagiaires précédents ou d'autres partenaires du projet.
- **Des enquêtes non-directives** auprès des agriculteurs afin de comprendre les systèmes étudiés et de recueillir leurs avantages et inconvénients majeurs.

Bien que l'analyse des résultats montre que ces techniques sont plus difficiles à gérer pour les producteurs en Agriculture biologique en raison de leur mode de gestion des adventices, le système CV-NT semble adaptable à tous les types de production et de contexte pédoclimatique.

Les fermes se sont avérées répondre à de nombreux enjeux du développement durable: tout en maintenant les rendements et en étant économiquement rentables, notamment grâce à des coûts de production réduits, elles utilisent moins de combustible fossile, stockent plus de carbone dans le sol, émettent moins de Gaz à effet de Serre et ont une balance azotée plus durable. L'utilisation de pesticides reste le principal enjeu à résoudre dans le but d'atteindre les objectifs du développement durable. Enfin, la principale restriction à la diffusion de ces techniques semble être le manque d'information et de formation des conseillers agricoles, des instituts techniques et des coopératives.

ABSTRACT

French agriculture is facing many challenges, for instance environmental issues such as biodiversity loss, soil erosion and water pollution, but also socio-economic issues such as lower purchase prices and rural depopulation. To address these issues, many alternatives to the current model are proposed. But are they really economically viable and environmentally relevant? In this report, two alternative practices were assessed: Cover crops (CC) and No-till (NT). Literature emphasizes that CC and NT may be environmentally sustainable practices for many reasons: control of soil erosion, limitation of nitrogen / pesticide pollution, soil carbon storage, biodiversity enhancement. But in spite of these environmentally beneficial effects, there are still quite a lot of difficulties to implement CC and NT. This raises thus the question of their feasibility for farmers and the need for further technical references and successful examples.

A multi-criteria sustainability assessment of 47 farms was therefore performed in the Adour-Garonne catchment (South-West of France) in which the Water Agency funds the Agr'eau program on permanent soil cover for water quality purposes. This assessment is established with two methods :

- **Statistical analysis of 47 farm assessments** with IndiciADEs' indicators methodology from the Institut de l'Agriculture Durable. These indicators address the 3 three pillars of sustainable development: environment (e.g. soil perturbation, green house gas emissions), economy (e.g. yields, gross operating profit) and social aspects (e.g. work time). We calculated these indicators for 5 farms and the remaining was supported by previous interns and other partners.
- **Non-directive survey of farmers** in order to understand the studied systems and collect their major advantages and disadvantages

Although results analysis showed up that these techniques are more difficult to manage for organic producers because of their weed management practices, the CC-NT system appeared available for all kind of production and pedoclimatic contexts. Farms were found to address many sustainable development issues : while maintaining yields and being still economically profitable, in particular thanks to reduced production costs, they would use less fossil fuel, store more Carbon in the soil, emit less Greenhouse Gases and have a more sustainable nitrogen balance. Use of pesticides is still the major issue to be solved in order to achieve sustainable development goals. At last, the major restriction to these techniques dissemination appeared to be the lack of proper information and training of agriculture advisers, technical institutes and cooperatives.



Photos : Arthur Buresi

INTRODUCTION

Les fermes du réseau Agr'eau sont engagées dans une démarche de couverture végétale et de réduction du travail du sol. Elles constituent en cela un petit groupe qui n'est pas représentatif des pratiques agricoles majoritaires. Ce réseau est en partie animé par l'Association française d'Agroforesterie (AFAF), l'arbre étant complémentaire de la démarche de couverture des sols pour traiter les enjeux de qualité de l'eau à l'échelle d'un bassin versant¹. Cependant, pour un organisme de développement et d'animation, la question se pose de savoir si ces pratiques représentent une alternative viable à tous points de vue et des leviers transposables au reste du monde agricole. Il est donc nécessaire d'évaluer ces systèmes et leur potentiel de durabilité, d'autant que de nombreux acteurs de la profession sont réticents à les adopter.

La première partie de ce rapport consiste en une bibliographie qui conclue à l'importance environnementale de la couverture végétale permanente et du non-travail des sols agricoles. Ce constat constitue le socle de réflexion à partir duquel ce mémoire est construit et que nous n'avons pas les moyens expérimentaux de vérifier. En revanche, il est possible de considérer d'autres aspects de la durabilité qui sont rarement étudiés simultanément sur un même groupe de fermes: viabilité économique, impact climatique, efficacité énergétique, risques agro-environnementaux...

L'objectif de ce rapport est donc d'évaluer tous ces aspects en même temps et de le faire sur des fermes réelles ayant mis en place ces pratiques depuis un certain temps. Le travail effectué ici est donc fait dans des conditions qui le rendent critiquable, car n'étant pas fait par un organisme de recherche, il ne dispose ni du temps ni des moyens nécessaires à son irréprochabilité scientifique. Mais la recherche ne s'est encore que peu occupée de cette question et s'est plutôt attaché à mesurer précisément tel ou tel facteur dans des conditions contrôlées et répétables. Rares sont donc les campagnes de mesure sur les couverts végétaux et le non-travail du sol (quasiment aucune sur le semis direct sous couverts végétaux vivants) qui soient faites *in situ* et dont l'analyse prennent en compte la plupart des aspects de la durabilité évoqués ci-dessus.

Notre objectif est donc avant tout d'ouvrir la discussion et le débat avec les acteurs du monde agricole en présentant les résultats récoltés depuis 2014 sur les fermes du réseau Agr'eau.

CHAPITRE 1. ELEMENTS DE CONTEXTE

1.1. Contexte théorique : le végétal et la fertilité des sols dans la boucle produire – consommer - recycler

Agriculture et intrants

Limons riches des crues du Nil, usage de cendre, de déjections animales et humaines évoqué dans la Bible, l'Odyssée et certains ouvrages Babyloniens du VIII^e siècle avant J.C. (Daujat et al. 2016), tourbe en Europe, guano importé du Pérou puis, à partir du XX^e siècle, engrais issus de l'industrie chimique : bien

¹ Dans ce rapport, nous n'avons pas traité d'agroforesterie, et ce malgré que certaines fermes enquêtées disposent de systèmes agroforestiers, par manque de méthodes adéquates efficaces pour évaluer l'effet d'arbres encore jeunes sur la durabilité des fermes.

souvent, la fertilité des sols agricoles n'a pas été endogène mais exogène, apportée d'ailleurs. La fertilité serait alors une ressource fossile, ou à régénérer périodiquement par un arrêt de la culture, comme en témoigne le concept de jachère, justifié par une baisse des rendements au bout de quelques années. Aujourd'hui plus que jamais, les engrais de synthèse prolongent cette agriculture de l'intrant qui compense la perte de fertilité par la fertilisation.

Pourtant, en France, 70% des terres arables sont déficitaires en matière organique (MO) (Angers 2011). La chimie n'est donc pas suffisante pour enrayer l'effet négatif de nos modes de culture sur la fertilité du sol et les stocks de matière organique. Inspirés par l'analyse du fonctionnement du sol et des écosystèmes naturels, certains acteurs de l'agriculture tentent de renverser la tendance. Mais, avant de présenter les techniques qu'ils ont développées, attardons-nous sur les principes qui les sous-tendent.

Le trio sol-plante-microorganismes

Les microorganismes du sol et les plantes ont co-évolué (Berendsen 2012), et se sont pour ainsi dire divisés les tâches : la plante produit de l'énergie primaire issue de la photosynthèse et le sol recycle la matière organique pour la réinjecter dans le système, afin de la rendre les éléments biogènes réutilisables par les plantes (Bouché 2014). Plante et sol sont donc complémentaires et, historiquement parlant, l'un n'existe pas sans l'autre (Delaux 2015). De plus, la plante sélectionne la microfaune qui lui est plus favorable (Ruddrappa 2008) et la nourrit sous formes d'hydrates de carbone via ses exsudats racinaires, qui peuvent représenter plus de 50% du carbone photosynthétisé (Hayat 2010). En échange, ces microorganismes rendent une série de services au végétal (tableau 1).

Tableau 1. Effets bénéfiques des microorganismes du sol sur les plantes

	Description	Références
Recyclage de la matière	Les microbes altèrent les minéraux et dégradent la MO. Ils stockent et déstockent les nutriments dans le sol (humus)	Finlay 2004 Gobat 2008 Frey 1999
Captage des ressources	Les Mycorhizes augmentent la zone de prospection racinaire (jusqu'à 80x) et aident les plantes à capter l'eau, l'azote et le phosphore. <i>Rhizobia</i> et <i>Frankia</i> aident à capter l'azote	Bais 2006 Van der Heijden 2008 Berendsen 2010
Protection vis-à-vis des pathogènes	Les PGPM ² induisent une forte compétition pour les (micro)nutriments, produisent des antibiotiques, de la lysozyme et inhibent certains composés stimulants des pathogènes	Doornbos 2012 Lugtenberg 2009 Hoitink 1999
Système immunitaire	De nombreux microbes peuvent stimuler les défenses immunitaires de la plante pour lutter contre les agents infectieux et certains insectes. Les mycorhizes permettent de transmettre des signaux d'alerte entre les plantes	Van der Ent 2009 Avis 2008 Van Wees 2008 Pineda 2010 Song 2010
Modelage du milieu physique	Les microorganismes modèlent les agrégats et une structure du sol favorable aux racines. Ils augmentent la réserve utile en eau. Enfin, les plantes façonnent un milieu favorable à leur croissance (pH entre 6.5 et 7, Eh entre 400 et 550 mV) en sélectionnant les micro-organismes appropriés à leur besoin (par exemple des bactéries oxydantes en milieu réduit)	Molope 1987 Bronick 2005 Helfrich 2015 Husson 2013

² Plant Growth Promoting Microorganisms

L'importance de ces interactions plantes/micro-organismes est telle que certains chercheurs en font le fondement même d'une agriculture durable (Tikhonovich 2011). Mais pour faire fonctionner le trio sol-plante-microorganismes, créer de l'humus et construire de façon continue un sol vivant, il faut nourrir en permanence ces microorganismes, et notamment leur apporter du carbone. Le paradigme de ce mode de fonctionnement, c'est l'écosystème forestier.

Imiter le fonctionnement de la forêt

La forêt crée en permanence de l'humus et de la fertilité. Son fonctionnement simplifié est le suivant :

- La quasi-totalité de ses intrants se limitent au carbone photosynthétisé, à l'azote de l'air fixé et aux minéraux issus de la dégradation de la roche-mère par les bactéries et les racines des arbres.
- La production de biomasse est cependant importante : en moyenne 10T de production primaire par ha /an (Lieth 1975)
- Le sol est constamment couvert : un système combinant une diversité de modalités d'occupations spatiales (strates et ports) et temporelles (vitesses de développement, durée de vie) permet de maximiser la captation des ressources (lumière, eau, nutriments), de limiter les fuites (érosion, lixiviation) et de nourrir constamment les micro-organismes (exsudats, dégradation des racelles, chute des feuilles, mort des plantes)
- Le sol forestier n'est jamais travaillé si ce n'est par bioturbation, et notamment par les vers de terre qui contribuent à la stabilité structurale et à la production d'humus
- Un système forestier n'est jamais mono-spécifique³ ; sa diversité spécifique et génétique permet une meilleure résistance aux maladies et rend possible son adaptation dans le temps (Fischer 2006)

L'objectif de la démarche de couverture végétale et de non-perturbation du sol est de s'inspirer de ces principes : produire une biomasse importante toute l'année et protéger le patrimoine sol via des pratiques les moins agressives possibles. Pour cette raison, nous parlerons dans ce rapport de « démarche « Protéger et produire » (ci-devant raccourcie en « démarche P&P », voire en « la démarche »). La spécificité de la démarche P&P repose alors sur le postulat suivant : produire durablement, c'est développer la vie du sol. Cela signifie offrir le gîte – un milieu propice à cette vie – et le couvert – une offre trophique abondante.

Bien que pouvant recourir aux outils de la chimie, la démarche de couverture végétale et de non-perturbation des sols se distingue alors de l'agriculture dite « conventionnelle » qui utilise le labour et d'autres méthodes de travail du sol (chisel, cultivateur, décompacteur, herse rotative) qui ont des effets négatifs sur la vie du sol : en plus d'oxyder la matière organique (Doran 1980), et donc de freiner le stockage de carbone, le travail du sol réduit fortement les populations fongiques (Frey 1999) par destruction mécanique des réseaux mycéliens. Les champignons, ainsi que certaines bactéries, étant strictement aérobies, leur habitat est très perturbé lorsque la couche superficielle est enfouie à 15 ou 30 cm de profondeur. De plus, il réduit la portance des sols et induit à terme un tassement qui limite les échanges de fluides entre le sol et l'atmosphère. Enfin, dans la plupart des cas, le sol reste nu une partie de l'année, ce qui signifie que la vie microbienne est davantage soumise au climat (chaud, froid, sec, vent, UV) et n'est pas alimentée par les sucres issus de la photosynthèse des plantes.

C'est face à ces constats que la démarche présentée maintenant trouve sa raison d'être. Détaillons un peu ses deux principes fondamentaux :

³ Les landes par exemple ne constituent pas un contre-exemple car il s'agit de peuplements directement plantés par l'homme

- **La perturbation minimale du sol**, parfois appelée non-travail du sol (NT), signifie que le sol n'est pas labouré, décompacté, qu'il n'y a pas non plus de passage de vibroculteur, de herse et que le moins possible de passages d'engins sur la parcelle sont effectués. Les solutions techniques sont le semis direct⁴, de préférence dans un couvert vivant (**SCV**, cf [Annexe 13](#)), ou le strip-till (labour uniquement sur la ligne de semis, ce qui permet un bon contact terre-graine sans trop perturber le sol).
- **La couverture maximale du sol**, ce qui implique notamment que les agriculteurs mettent en place des couverts végétaux (CV) en interculture – par exemple des légumineuses pour réduire également le besoin en intrants azotés –, ou laissent les résidus de récolte, voire les repousses de la culture précédente qui seront ensuite détruites mécaniquement (roulage) ou chimiquement⁵ (herbicides).

L'**agroforesterie** est une pratique qui s'intègre bien dans la démarche présentée ici. En effet, l'arbre est essentiel au bon fonctionnement du système sol-plante-microorganismes, notamment en raison du fait que ses branches de faible diamètre (bois raméal) sont un aliment très important pour la vie du sol. Bien que riches en glucides, protéines, acides aminés, elles sont surtout riches en lignine et autres polyphénols qui permettent de stabiliser les acides humiques ([Dodelin 2007](#)) et de nourrir les champignons. Les champignons décomposeurs produisent alors une protéine (la glomaline) qui agrège les particules de sol tandis que le mycélium des décomposeurs est consommé par les arthropodes, acariens, vers de terre et nématodes qui, une fois morts, sont consommés par les bactéries, ce qui libère de l'azote. La lignine est donc au départ d'une chaîne trophique importante pour l'écologie du sol et permet de remonter le ratio bactéries/champignons (cf photo 3, Annexe 10), souvent très faible dans les champs cultivés ([Bailey 2002](#)). Mais encore faut-il que cette écologie soit déjà remise en marche par des pratiques culturales adaptées

1.2. Services écosystémiques attendus de la couverture végétale et du non-travail du sol

1.1.1. Protéger les ressources en eau

❖ Retenir le sol, c'est protéger l'eau

Le sol draine, retient et purifie l'eau de pluie : il joue le rôle de tampon. Protéger les ressources en eau, c'est donc travailler sur l'hydromorphologie des bassins versants en réduisant les processus érosifs, l'appauvrissement en matières organiques et en favorisant l'infiltration de l'eau et la cohésion des agrégats ([Bissett 1996](#)). Pour ce faire, le premier levier à utiliser est sûrement la couverture du sol (cf photo 2, Annexe 13) car l'érosion en nappe et en rigole décroissent de façon exponentielle avec l'augmentation du couvert et de la densité de racines ([Gyssels 2005](#)).

Ce phénomène s'explique par :

- une diminution de « l'effet splash », c'est-à-dire de la force cinétique des gouttes d'eau arrivant sur le sol et pouvant entraîner une destruction des agrégats ([Hobbs 2008](#)) puis leur imperméabilisation ([Morris 2010](#))
- une meilleure cohésion des particules de sol grâce à la force de maintien des racines et la qualité structurale des MO complexées aux argiles ([Le Bissonnais 1997](#), [Dexter 2008](#)). L'apport de

⁴ « La notion de semis direct désigne à la base une technique culturale simplifiée utilisée en agriculture ou en sylviculture basée sur l'introduction directe de la graine dans le sol, sans passer par le labour dans le cas de l'agriculture, ni par la mise en culture en pépinière dans le cas de la sylviculture », [www.agroecologie.cirad.fr/media/glossaire/semis_direct]

⁵ Certains agriculteurs choisissent aussi des variétés gélives pour que la plante meure d'elle-même en hiver

nourriture par les CV contribue au maintien des communautés microbiennes (Alvarez 2000) qui participent également à la structuration des particules de sol – glue bactérienne, glomaline et mycéliums fongiques – alors moins sensibles à l'érosion (Molope 1987, Rillig 2004)

- la formation de drains naturels par les racines qui permettent une évacuation de l'eau de surface (Young 1997)

❖ Limiter les pollutions

Dans le Bassin Adour-Garonne, une station sur quatre présente une qualité de l'eau mauvaise à très mauvaise relativement aux teneurs en nitrates. Les sous-bassins abritant des zones d'agriculture intensive sont les plus touchés : une station sur trois du bassin de la Garonne, 27 % des stations du bassin de l'Adour (Insee 2007). D'autres problèmes de pollution de l'eau concernent également le phosphore, les pesticides ou plus rarement les métaux lourds. Les pesticides sont présents dans les nappes de façon très diffuse mais avec une plus grande toxicité.

Plusieurs solutions sont alors envisageables pour résoudre ces problèmes à leur source, c'est-à-dire pour éviter que le N et les pesticides ne sortent des parcelles agricoles d'où ils ont été émis :

- **Fractionner les doses d'azote** pour mieux ajuster les apports aux besoins de la culture et donc éviter les pertes (Gardner 2009)
- Mettre en place des **haies et des bandes arborées** : cela permet de freiner l'eau et donc de sédimenter les particules en suspension qui auraient pu être transportées jusque dans les cours d'eau (Duchemin 2007, Tully 2012). Cependant, cela ne résout pas la question de la lixiviation des nitrates qui migrent essentiellement sur un profil vertical et très peu dans les eaux de ruissellement (Amalric 2003)
- **Couvrir le sol** pendant la période d'interculture : l'azote présent dans le sol est en partie réutilisé par la culture intermédiaire⁶ et pourra être restitué dans la biomasse produite (Justes 2012). Les arbres en intra-parcelle peuvent également jouer ce rôle de par leurs racines profondes susceptibles d'intercepter l'azote déjà trop profond pour les racines des cultures annuelles (Hoqui 2013)
- **Augmenter les apports de carbone** : les micro-organismes, en le dégradant, mobiliseront l'azote du sol qui sera moins susceptible d'être lixivié
- **Supprimer le labour**, qui favorise la nitrification du N et la mobilité verticale des phosphates (Trewavas 2004)
- **Réduire les apports** de produits phytosanitaires reste sûrement la voie la plus sûre pour réduire la plupart des pollutions diffuses évoquées, mais elle suppose une modification importante des itinéraires techniques (Lacroix 1995)

Ainsi, CV et NT, en proposant des bouquets de services écosystémiques relatifs au maintien et à la régulation des cycles biogéochimiques (Bergeron 2001) semblent être des solutions techniques intéressantes pour réduire les problèmes d'érosion et de pollutions d'origine agricoles

1.1.2. Favoriser la biodiversité et les régulations biologiques

Depuis quelques décennies, on observe à l'échelle mondiale une importante perte de biodiversité dont l'intensification des pratiques agricoles est en grande partie responsable (Tilman 2001). La mécanisation et la spécialisation des exploitations ont favorisé une fragmentation de plus en plus importante des

⁶ Culture plantée pendant l'interculture, entre deux cultures d'intérêt économique.

espaces naturels, ce qui rend difficile les brassages de population (Lindenmayer 2013). De plus, la simplification des rotations entraîne une réduction du nombre de plantes cultivées sur un même territoire, mettant en péril la diversité d'habitats et de sources trophiques dont ont besoin un grand nombre d'animaux. Une agriculture qui favorise la biodiversité doit donc alimenter les chaînes trophiques, chaînes qui ont le plus souvent leur origine dans la microflore du sol qui recycle les produits de la photosynthèse (Bouché 2014). Protéger la biodiversité, c'est donc avant tout nourrir le sol (Bouché 2014).

A cet égard, les résultats trouvés dans la littérature semblent attester de la pertinence des CV et du NT :

- Nids d'oiseaux de 3 à 100 fois plus nombreux en non-labour (Basore 1986)
- Petits mammifères plus abondants (Warburton 1984)
- Plus de vers de terre lorsque des couverts végétaux sont mis en place et que les résidus de culture sont laissés au sol (Birkas 2004)
- Une abondance de carabes et staphylins multipliée par 6 en non-labour (House 1985)
- Une meilleure connexion des populations forestières en présence de haies (Wöllecke 2008)
- Plus de biodiversité de manière générale dans les systèmes non-labourés (Clapperton 2003)

Une biodiversité plus importante permet en retour un meilleur contrôle des ravageurs (Guillou 2013), une résilience accrue face aux événements climatiques extrêmes et un recyclage plus efficace des ressources dans l'écosystème. Ainsi, la démarche P&P apparaît fournir une série de services écosystémiques qui renforcent la durabilité de l'agriculture. Cependant, n'y a-t-il pas également des effets négatifs sur la production agricole ?

1.1.3. CV et NT : quels disservices ?

Un disservice est un processus écosystémique perçu comme négatif pour les activités humaines (Zhang 2007). Dans le cas du non-labour, le principal disservice évoqué est l'augmentation de la pression des adventices, qui ne sont plus détruites et dont les graines ne sont plus enfouies par le labour (Colbach 2000). De plus, le non-labour ne permet plus la destruction de certains bioagresseurs comme les limaces, auparavant détruites par le passage mécanique et l'exposition au gel et à la dessiccation (Glen 2003) et désormais protégés par l'humidité des résidus (Kreye 2004). Le processus est identique pour certaines maladies fongiques favorisées par le microclimat ou pour les rongeurs dont les terriers ne sont plus détruits (Witmer 2007). Dès lors, NT et CV sont très souvent associés à une utilisation accrue de pesticides, notamment des herbicides (TCS n°62) – surtout le round-up (TCS n°68) – et des molluscicides (Hommay 2002). Pourtant, ces problèmes peuvent diminuer avec le temps, notamment pour les limaces dont les dégâts se font de moins en moins sentir (Sarhou, J.P. comm. pers.)

On voit donc apparaître ici la notion de transition. Le passage de modèles agricoles conventionnels à des systèmes innovants et plus complexes prend du temps, suppose des compromis et doit passer par des phases d'adaptation – notamment pour l'état structural du sol (Roger-Estrade 2011). Or cette transition vers un nouvel équilibre peut se joindre de moments difficiles à gérer pour l'agriculteur (invasion de limaces ou d'adventices par exemple), d'où la nécessité de travailler à identifier ces difficultés et d'accompagner les fermes dans leur démarche de changement, ce que tente de mettre en place le projet Agr'eau.

Postulat de travail

L'analyse bibliographique que nous venons de mener nous conduit à postuler que couvrir et protéger le sol sont deux fondements essentiels de la durabilité en agriculture.

Nos matériels et méthodes ne permettent pas de vérifier ou contredire ce postulat ni d'observer les effets de ces pratiques sur le sol, le stockage de carbone, l'érosion, la biodiversité.

En revanche, nous allons nous appuyer sur les résultats d'une méthode d'évaluation multicritère et les témoignages des agriculteurs pour discuter de l'impact de ces pratiques sur d'autres dimensions de la durabilité des fermes – économie, bilan énergie, GES...

1.2. Le bassin Adour-Garonne et le projet Agr'eau

Le bassin Adour-Garonne (AG), qui regroupe les bassins versants de la Garonne, de l'Adour, de la Dordogne, de la Charente et de certains cours d'eau côtiers, couvre 1/5 du territoire national, mais seulement 1/10 de la population nationale (AEAG 2010). L'agriculture y est très présente et exerce une pression importante sur les ressources en eau via l'irrigation. Elle est également source de pollution (azote et pesticides essentiellement), surtout dans les zones de monoculture de maïs (Adour), les zones de grandes cultures associant céréales à paille et cultures industrielles (Gascogne, Charente) et les zones de viticulture/ arboriculture (AEAG 2010). Enfin, le bassin AG est particulièrement sensible au risque d'érosion.

L'Agence de l'Eau Adour-Garonne, consciente de ces enjeux liés à la qualité de l'eau, a décidé de cofinancer avec les régions Midi-Pyrénées et Aquitaine le programme Agr'eau, porté par l'Association Française d'Agroforesterie en partenariat avec d'autres institutions comme l'INRA, l'Institut de l'Agriculture Durable, le GABB 32, l'AOC Sols, etc. Ce programme de développement repose sur le constat que l'amélioration de la qualité de l'eau dans le bassin doit passer par une couverture et une protection des sols aussi importante que possible, ce qui implique d'accompagner les agriculteurs dans cette démarche et de diffuser les innovations.

Certaines caractéristiques du programme Agr'eau sont importantes à mentionner :

- Il repose sur un réseau d'agriculteurs qui portent déjà une démarche de changement. L'objectif est de maximiser les échanges de connaissances entre les acteurs du réseau et de diffuser un cadre théorique, non d'apporter à proprement parler du conseil agricole. Une fois la démarche intégrée, un agriculteur intéressé pour appliquer concrètement les principes discutés – avec toutes les difficultés techniques que cela comporte – sera renvoyé vers une formation plus spécifique faite par les agriculteurs du réseau les plus avancés.
- Les échanges en amont reposent en grande partie sur des supports proposés par l'AFAF (en cela la démarche n'est pas « participative »), bien que directement inspirés de l'expérience des fermes du réseau : journées techniques, brochures, grilles d'évaluation, vidéos, liens internet.
- L'un de ces supports de diffusion des connaissances est l'évaluation multicritère (cf. section 2.3). Elle peut en partie être faite par les agriculteurs via une plateforme internet, mais sa réalisation complète suppose l'intervention d'acteurs extérieurs comme des membres de l'AFAF ou de Chambre d'Agriculture. L'objectif de cette évaluation est d'objectiver et de diffuser les résultats observés dans les fermes du réseau afin de mesurer les progrès et les marges de manœuvre.

CHAPITRE 2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Problématique de l'étude

Pour diffuser la démarche P&P, il est nécessaire d'analyser les effets de sa mise en œuvre. Il faut également se demander si un effet observé ici pourrait marcher ailleurs, ce qui suppose de questionner les mécanismes qui sous-tendent les tendances remarquées et ce qui les rend ou non applicables à d'autres situations. L'échelle qui nous intéresse ici étant celle de la ferme prise comme un système complexe, la problématique retenue est donc la suivante :

Problématique

La couverture végétale et le non-travail du sol sont-ils des leviers transposables susceptibles d'amener les fermes vers plus de durabilité, et quels sont les freins et leviers à leur diffusion ?

Cela implique d'étudier plusieurs points :

- 1) Les fermes les plus avancées dans la démarche arrivent-elles à maintenir ou améliorer d'autres performances (énergétiques, environnementales, économiques) ? Quels sont les déterminants agronomiques et sociotechniques qui permettent d'expliquer ces résultats et les exceptions remarquées ?
- 2) Certains types de fermes ont-elles plus de difficultés que d'autres à mettre en place ces techniques ? Si oui, pourquoi et peut-on proposer des pistes de réflexion pour y remédier ?

Remarque : *notre approche, bien que reposant en grande partie sur l'analyse statistique d'une base de données, est – pour des raisons de taille et de nature de l'échantillon – avant tout qualitative. L'objectif est d'utiliser les premiers résultats des évaluations multicritères pour émettre des hypothèses et discuter de l'impact de la couverture végétale et de la non-perturbation du sol sur le potentiel de durabilité des fermes du réseau Agr'eau. C'est également pour cette raison que nous parlerons ici de « potentiel de durabilité » et non de durabilité effective.*

L'analyse des performances et du potentiel de durabilité des fermes du réseau Agr'eau s'est fait selon 3 moyens :

- **Enquête qualitative** sur les avantages, désavantages et freins liés aux couverts végétaux et au non-travail du sol, via des recueils de témoignages à l'occasion de journées techniques, de visites bout de champs, de rencontres sur le terrain avec les agriculteurs (cf [Annexe 4](#) pour types de témoignages et [Annexe 11](#) pour exemple). 19 témoignages ont été recueillis.
- **Réalisation d'une l'évaluation multicritères (méthode Indiciades) pour 6 fermes** ([section 2.1](#)). Ces enquêtes ont permis de se familiariser avec la construction des indicateurs, la manière dont ils sont calculés et d'avoir une vision précise du fonctionnement de certaines fermes (exemple de résultat individuel en [Annexe 12](#)). Cela a rendu possible la formulation d'hypothèses de travail et met à disposition des exemples qui servent de support à la l'argumentation.

- **Analyse des performances de 47 fermes** du réseau Agr'eau pour lesquelles seuls certains indicateurs, jugés les plus pertinents, ont été gardés. Une approche statistique a servi de support au questionnement sur la place des couverts végétaux et du non-travail du sol dans la durabilité des fermes étudiées.

2.2. Les IndiciADEs et la méthode d'évaluation

L'évaluation multicritère est réalisée à l'aide d'une méthode développée par l'Institut de l'Agriculture Durable (IAD). Elle repose sur 28 indicateurs regroupés en 7 thématiques : viabilité économique, sociale, efficacité des intrants, gaz à effet de serre, qualité du sol, biodiversité et qualité de l'eau. La comparaison de cette méthode avec d'autres méthodes d'évaluation de la durabilité des fermes est présentée en [Annexe 1](#). Rapide à renseigner (2h) de par son interface en ligne et le nombre limité d'indicateurs qu'elle développe, elle permet d'avoir une vision synthétique des entrées / sorties sur la ferme (énergie, carbone, argent). De plus, contrairement aux autres méthodes, elle est bien indiquée pour l'évaluation de la démarche de couverture et non-perturbation de par son focus sur le compartiment sol via des indicateurs comme la perturbation du sol, la couverture, le bilan carbone ou azote. Le détail du calcul des indicateurs est présenté dans l'[Annexe 2](#).

Il faut souligner que les Indiciades sont avant tout un outil pour que l'agriculteur appréhende mieux son système. Il peut rapidement voir où sont ses postes de dépense, savoir s'il stocke ou déstocke du carbone, comment il se positionne vis-à-vis des gaz à effet de serre, combien de temps dans l'année son sol est nu... autant de supports qui visent avant tout à aiguïser la réflexion et le questionnement. Travaillant à l'échelle de la ferme sur des moyennes qui agrègent des disparités entre les parcelles (c'est par exemple un rendement moyen qui est calculé), le degré de précision n'est pas adapté à un travail de recherche fondamental. Il est en revanche suffisant pour offrir un panorama général des performances de la ferme et matière à réflexion.

2.3. Les fermes pilotes suivies

Les caractéristiques des fermes pour lesquelles nous avons réalisé l'évaluation multicritère sont présentées dans l'[Annexe 3](#). En plus de ces 5 fermes, j'ai eu l'occasion de visiter directement l'exploitation de plusieurs des agriculteurs présents dans la base de données et d'ainsi procéder à une partie des enquêtes non-directives : JCB, JDL, MNE, TCA, NPE, JHA, PPU, CAB. La réalisation de ces évaluations, ces visites de fermes et ces rencontres avec les agriculteurs du réseau ont été décisifs pour la compréhension des enjeux liés aux couverts végétaux et au non-travail du sol. Elles m'ont alors permis de formuler mes hypothèses de travail ([2.2.3](#)) et de ne pas manipuler que des individus statistiques anonymes. Nous utiliserons certaines de ces fermes et des discours recueillis comme exemples concrets lors de l'analyse des résultats.

2.4. La base de donnée étudiée

2.2.1 Constituer la base de données

- Le premier travail de mon stage a été de **mettre à jour la base de données** en vérifiant les erreurs de saisie et les oublis pour chaque ferme du réseau. Cela m'a conduit à supprimer 10 fermes de mon échantillon (saisie non finie et impossible à finir) et à compléter l'enquête pour 10 autres, soit par mail, soit à l'occasion d'une nouvelle évaluation pour une nouvelle année.

- 5 Chambres d'Agriculture (Tarn, Aveyron, Gironde, Dordogne et Lot) participant au projet Agr'eau ont réalisé l'enquête Indiciades sur les 4 à 8 fermes qu'ils suivent respectivement. Nous nous sommes occupés de les former à la méthode et de répondre à leurs questions, en échange de quoi leurs enquêtes viennent alimenter la base de données Agr'eau. Dans le cadre de ce stage a par ailleurs été mis au point un **outil de calcul des jours d'interculture et du taux de couverture du sol** (sous forme d'une feuille Excel présenté en [Annexe 7](#)), section particulièrement délicate à calculer dans la méthode Indiciades lorsqu'on n'est pas habitué à la manipuler. L'objectif était de faciliter le travail des stagiaires des Chambres d'Agriculture tout en m'assurant un calcul exact pour cette donnée importante.
- Certaines fermes ont réalisé plusieurs évaluations correspondant à des années différentes. Pour ne pas tirer les moyennes de la BDD vers ces fermes là en considérant chaque évaluation comme un point statistique à part entière, nous avons choisi d'agréger les années. Une ferme ayant par exemple réalisé 3 évaluations (2013, 2014, 2015) se voit attribuer une année moyenne 2013-2015 qui gomme la variabilité interannuelle de leurs résultats et constitue une valeur plus solide (13 fermes ont réalisé plusieurs évaluations)
- L'ensemble constitué arrive alors à **47 fermes évaluées**, soit un total de 67 enquêtes annuelles. L'échantillon est cartographié en [Annexe 6](#)
- Un tableau récapitulatif de la structure de l'échantillon est présenté en [Annexe 5](#)

2.2.2 Hypothèses et démarche pour l'analyse des résultats

Le recueil des témoignages et la bibliographie nous ont permis de formuler des hypothèses de travail que nous allons tenter de confronter aux données. Ces hypothèses se déroulent en 2 temps qui structurent les 2 parties du chapitre [Résultats](#) :

- **Hypothèses de structure et de diffusabilité (3.1) :**
 - les couverts végétaux et le non travail du sol vont presque toujours de paire et tous les agriculteurs n'ont pas le même recul et maîtrise de la technique
 - le type de système de production n'est pas un frein ou un levier à l'adoption des CV et du NT. En revanche, le mode de conduite et la taille des exploitations peuvent jouer un rôle.
- **Hypothèses de durabilité (3.2) :** L'avancée dans la démarche permet de maintenir ou d'améliorer certains aspects de la durabilité.

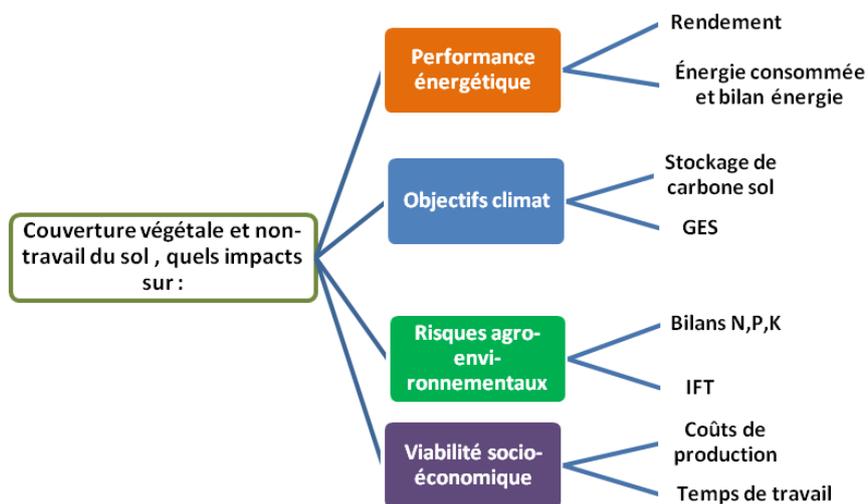
Tableau 1. Hypothèses de travail

Objet	Idée générale à tester	Explication / observations	Hypothèse finale
Diffusabilité de la démarche P&P (3.1)	Pratiques Le passage au non-travail du sol s'accompagne presque toujours de couverts végétaux en interculture	NT et CV partent souvent d'une réflexion autour de l'érosion et de la vie du sol. Or, ils sont à cet égard bien complémentaires. De plus, les CV permettent de gérer le salissement et la reprise ne masse souvent observée en NT.	1. Les variables « % de couverture du sol » et « Indice de perturbation » sont fortement corrélées, ce qui rend possible une classification des fermes sur un axe « couvrir - protéger », diptyque dont nous avons vu en introduction qu'il était un indicateur pertinent de la durabilité des agrosystèmes

	<u>Maîtrise de la technique</u>	Les agriculteurs les mieux placés sur l'axe couvrir-protéger ne maîtrisent pas pour autant parfaitement la technique	Il est possible de couvrir le sol et de ne plus le travailler sans pour autant arriver à produire de façon satisfaisante. Il faut donc ajouter d'autres critères pour juger de la maîtrise d'un système de culture	2. Il y a des inégalités de maîtrise dans notre échantillon qui rend possible une ségrégation des fermes les plus en avance. Ces fermes deviennent alors l'étalon de ce que l'on vise aujourd'hui avec la démarche P&P
	<u>Elevage</u>	Il est plus facile de se lancer en SCV en polyculture-élevage	Contrairement aux systèmes en GC uniquement, les cultures salies ou les échecs peuvent devenir de l'aliment du bétail, ce qui rend la prise de risque plus acceptable	3. Les fermes en élevage couvrent en moyenne plus et travaillent moins leurs sols que celles sans élevage
	<u>Surface</u>	Les grandes fermes ne couvrent pas toutes leurs parcelles	Les couverts végétaux nécessitent un certain temps d'observation des parcelles et les itinéraires techniques sont moins planifiés, ce qui peut s'avérer compliqué pour les fermes très étendues	4. Les fermes bien avancées dans la couverture des sols sont en moyenne de petite taille
	<u>Agriculture biologique</u>	Les fermes en AB ont plus de mal à avancer dans les SCV	Alors que toutes les fermes de l'échantillon sont dans la même démarche, il est plus dur de ne pas travailler le sol en AB car la gestion des adventices ne se fait que de façon mécanique. Le rendement étant plus faible, il y a peu de résidus au sol et le bilan carbone du sol est donc moins bon. Produisant peu, le bilan énergie est en général moins bon malgré la réduction des intrants phytosanitaires et des engrais	5. En moyenne, les fermes du réseau en AB travaillent plus le sol 6. Il y a moins de tep alimentaires produites / ha en AB mais celles-ci sont mieux valorisées économiquement 7. Le bilan carbone et GES des fermes en AB est le bilan énergie des fermes en AB est plus faible qu'en conventionnel
<u>Aspect de la durabilité (3.2)</u>	<u>Productivité des cultures</u>	Le rendement n'est pas significativement affecté par les SCV	Le témoignage des agriculteurs nous fait penser qu'au bout de quelques années les rendements en non-labour rattrapent ou dépassent ceux d'avant le changement de pratiques	8. Le rendement / ha n'est pas corrélé à l'avancée dans la démarche ; en moyenne les fermes du réseau sont aussi productives à l'hectare que le témoin régional
	<u>Energie</u>	Les fermes bien avancées dans les SCV sont plus économes en énergie	Le rendement (Tep sortantes) ne change pas mais les intrants (Tep entrantes) diminuent : en grande cultures, le NT permet d'économiser du fioul.	9. Le bilan énergie des fermes s'améliore avec l'avancée dans la démarche
	<u>Stockage de C et GES</u>	CV et NT entraîne un stockage de C plus important, mais ne changent pas beaucoup l'émission de GES	Les CV apportent du C au sol et le NT diminue la minéralisation. En revanche, la pollution à la production reste équivalente	10. Les SCV s'accompagne d'un stockage de C plus important 11. Les GES sont inchangés en SCV

<u>Phytosanitaires</u>	Contrairement au discours sur l'utilisation des herbicides en AC, l'IFT des fermes en agriculture conventionnelle ne change pas voire diminue avec l'avancée dans la démarche	Les CV permettent de gérer le salissement des parcelles pendant l'interculture.	12. L'IFT des fermes n'augmente pas en SCV
<u>Fertilisation</u>	Les fermes du réseau sont dans une démarche de réduction des intrants	Les CV permettent un meilleur recyclage des éléments nutritifs, ce qui rend moins indispensable la fertilisation P et K. En revanche, la fertilisation azotée est toujours élevée pour compenser l'immobilisation de l'azote due à un apport de carbone important	13. Les bilans P, K diminuent tandis que le bilan N est maintenu à un niveau élevé
<u>Economie</u>	La démarche couvrir et protéger ne remet pas en cause la viabilité économique de la ferme	Le surcoût occasionné par l'achat des semences pour les couverts est compensé par des économies de fioul et de traitements phytosanitaires tandis que le rendement n'est pas modifié (cf. hyp. 9)	14. Les coûts de production diminuent avec l'avancée dans la démarche P&P

Les principaux indicateurs retenus, détaillés dans l'[Annexe 5](#), sont donc les suivants :



2.2.3. Critères retenus pour faire ressortir les fermes les plus avancées dans la maîtrise des systèmes SCV

Si l'hypothèse 2 est remplie, il devient donc de compléter le couple couverture/non-perturbation par des indicateurs plus spécifiques à la maîtrise de ces systèmes innovants. 4 indicateurs ont donc été conservés pour faire ressortir les fermes les plus avancées dans les SCV :

1. **Couverture du sol > 90% de l'année** : engagement dans la démarche de protection du capital sol
2. **Perturbation mécanique du sol < 0.1** : avancée dans la technique des SCV et la maîtrise du non-travail du sol
3. **Diversité des cultures >4** : démarche adaptée à plusieurs cultures, rotation longue permettant un meilleur contrôle des ravageurs et une diversité à l'échelle du paysage
4. **Rendement en Tep/ha de culture >2** : Technique effectivement maîtrisée permettant une agriculture apte à répondre aux enjeux de sécurité alimentaire. Cette valeur seuil, tout comme celle de la diversité des cultures, correspond au mode statistique, c'est-à-dire la valeur la plus fréquemment observée (cf [Annexe 8](#)).

Ainsi sélectionnées, ces fermes constituent l'étalon des performances atteignables par le reste du réseau et leur horizon de progression dans la technique. Cela ne signifie pas que les fermes les plus avancées n'aient pas encore des marges de progrès, mais qu'elles constituent aujourd'hui ce que l'on peut proposer de plus abouti dans cette démarche au reste des agriculteurs. Si ce groupe de fermes possède par ailleurs des performances améliorées et que les leviers mis en places sont transposables, il met alors en évidence le potentiel de durabilité des fermes du réseau.

2.2.4. Construction du témoin

Une ferme statistique a été constituée afin de pouvoir comparer les fermes dans la démarche P&P avec une moyenne régionale. Cette construction est critiquable en cela qu'elle ne correspond pas à une ferme réelle mais à une situation moyenne en Midi-Pyrénées pour les fermes en Grandes cultures; cependant, elle permet d'avoir des ordres de grandeur de ce qui se fait dans la région.

Les valeurs obtenues pour le témoin ont été calculées avec les IndiciADes, comme le reste des fermes dont les performances sont présentées ici. Les données proviennent des enquêtes Agreste sur les pratiques culturales en Midi-Pyrénées pour l'année 2011 (cf [Bibliographie témoin](#)), valeurs confirmées par les enquêtes de 2009 et 2011 réalisées par la Chambre Régionale d'Agriculture sur 276 puis 1812 parcelles en Grandes cultures. L'ensemble des informations utilisées pour cette construction est présenté en [Annexe 9](#). Pour faciliter les calculs, la surface de cette ferme statistique est de 100 ha. La distribution de sa sole reprend de façon simplifiée les recensements agricoles en Midi-Pyrénées pour la période 2010 – 2014, de sorte que nous n'avons conservé que 3 cultures principales : blé, maïs et tournesol qui représentent dans la réalité plus de 70% des surfaces cultivées.

Il n'a malheureusement pas été possible de faire un témoin pour les autres types de production (polyculture élevage bovin, ovins, volailles...) ni pour l'Agriculture biologique (AB) en raison d'un manque de données disponibles.

CHAPITRE 3. RESULTATS et INTERPRETATIONS

3.1. Structure des données, caractéristiques des groupes et transposabilité de la démarche

❖ Couverture végétale et réduction du travail du sol sont liés ([hypothèse 1](#))

Pour estimer la corrélation entre ces deux paramètres que nous avons supposés allant de paire, nous avons construit un modèle de régression linéaire⁷. Le R² de ce modèle linéaire est de 0.6, ce qui signifie que la couverture du sol et la réduction du travail mécanique sont positivement corrélées. Elles participent bien d'une même démarche, ce qui veut dire qu'en général, un agriculteur avec de forts taux de couverture est également engagé dans la réduction de la perturbation mécanique du sol. Il est donc possible de parler d'une démarche à deux axes (hypothèse 1 vérifiée), ce qui va nous permettre de faire ressortir les fermes les plus avancées dans ce couple couverture/non-perturbation. Nous verrons par ailleurs qu'une part de la variabilité des résidus au modèle est due au mode de conduite (cf section 3.1.3).

❖ Des disparités de maîtrise parmi les fermes les plus avancées ([hypothèse 2](#))

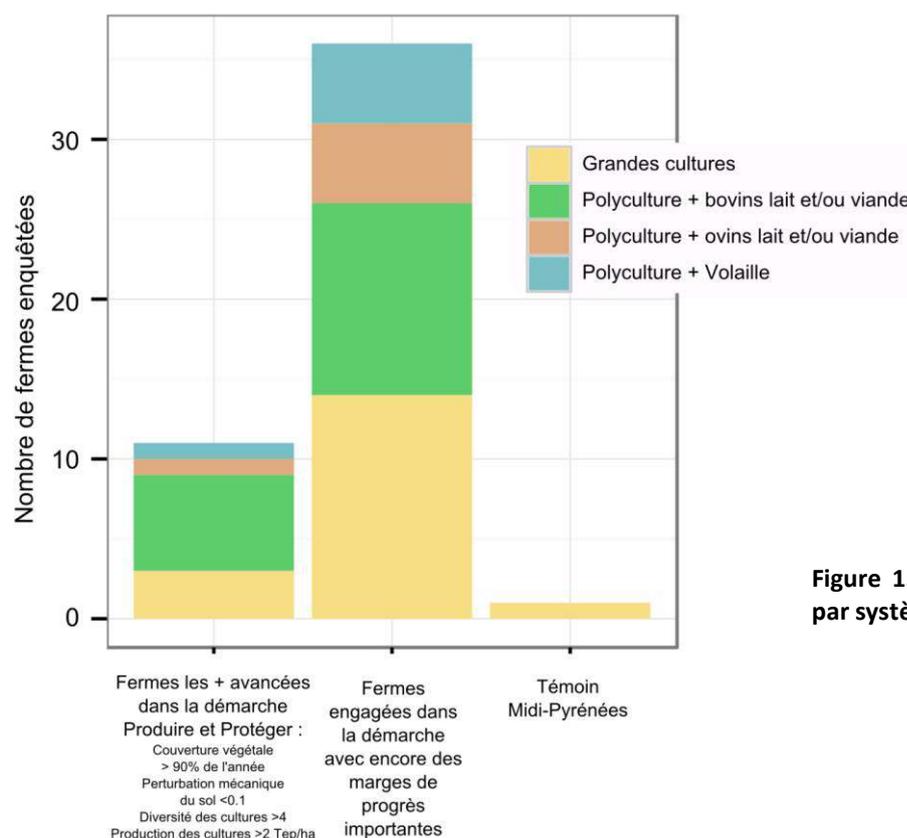


Figure 1. Composition des groupes par système de production

⁷ Modèle : [Taux de couverture du sol = (Indice perturbation * coefficient de régression) + ordonnée à l'origine + erreur standard]. L'homoscédasticité, la normalité des résidus et la présence de points aberrants ont été vérifiés

Cependant, un taux de couverture important et un indice de perturbation réduit ne suffisent peut-être pas à estimer la maîtrise des Semis sous couverts végétaux (SCV). En effet, j'ai eu l'occasion de visiter des parcelles en SCV mais sur lesquelles on ne récoltera sûrement pas grand chose, notamment en raison d'une très forte pression adventice qui concurrence la culture (folle-avoine et ray-grass sur du blé par exemple).

En effet, on observe que parmi les fermes avec un taux de couverture > à 90% de l'année et un indice de perturbation < à 0.1, le rendement par hectare en culture en conventionnel va de 0.5 Tep/ha à 3.6 Tep/ha, avec un écart-type moyen de 0.7. De même, les témoignages nous apprennent que certaines fermes, malgré des exemples de réussite, ont du mal à pérenniser leur système sur plusieurs années avec une rotation diversifiée. L'hypothèse 2 est donc à la fois vérifiée par les données et les enquêtes, ce qui justifie la mise en place de la méthode de sélection des fermes qui maîtrisent le mieux les SCV et la démarche P&P. Les résultats de cette classification font ressortir 11 fermes particulièrement avancées dans ces techniques (cf figure 1.).

❖ Influence du système de production ([hypothèse 3](#))

Les fermes les plus avancées (groupe 1) incluent tous les types de production de notre échantillon, mais avec une forte représentation des systèmes en polyculture-élevage, notamment bovins, et avec seulement 3 fermes en Grandes cultures.

Cela semble conforter l'hypothèse 3 selon laquelle il est moins risqué de se lancer dans les couverts végétaux et le non-travail du sol en tant qu'éleveur, notamment bovin, car les échecs – culture peu homogène, forte présence d'adventices, grain peu développé, etc. – peuvent être valorisés en alimentation animale. Il y a alors gain d'autonomie fourragère et/ou protéine. Ajouté à la possibilité de faire des méteils, dont la conduite est moins risquée, cela expliquerait une plus grande sensibilité des éleveurs à la thématique des couverts végétaux qui rendent possible une plus grande souplesse sur la conduite des cultures :

JDL : « Il faut être opportuniste et c'est plus facile avec les animaux. Si le couvert est beau, il part en alimentation animale, et si la culture est ratée, ce sera un couvert pas trop mal. Au pire, on peut acheter du foin au voisin et on n'a pas perdu trop d'argent ».

❖ Importance de la surface ([hypothèse 4](#))

Il n'y a pas de différence statistiquement observable entre la surface des fermes les plus avancées dans les SCV (groupe 1) et les autres (groupe 2). Cependant, on remarque qu'il y a assez peu de fermes du groupe 1 en dessous de 100ha :

- contrairement à ce que l'on pourrait croire, la couverture végétale des sols n'est pas dissuasive sur de grandes surfaces et ce malgré le coût des semences, de l'implantation et du matériel. Cela contredit l'hypothèse 4.
- Il est peut-être plus facile de passer en SCV sur des surfaces conséquentes en raison du coût d'investissement du matériel.

Il n'y a donc pas de problème majeur de transposabilité liée à la surface, à condition qu'il y ait une CUMA à proximité avec du matériel de semis direct pour les petites exploitations qui n'ont pas les moyens de financer le matériel adapté. Pour l'achat des semences, il est aujourd'hui possible d'en trouver dans les coopératives, mais celles-ci restent relativement chères, ce qui entraîne la création de réseaux informels d'agriculteurs pour l'échange de semences de couverts.

❖ Impact du mode de conduite ([hypothèse 5](#))

La structure des données nous montre qu'il est plus dur de se rapprocher de la couverture végétale permanente et du non-travail du sol en Agriculture Biologique (cf figure 2). C'est une des raisons principales pour lesquelles il n'y a pas de ferme en AB dans le groupe 1.

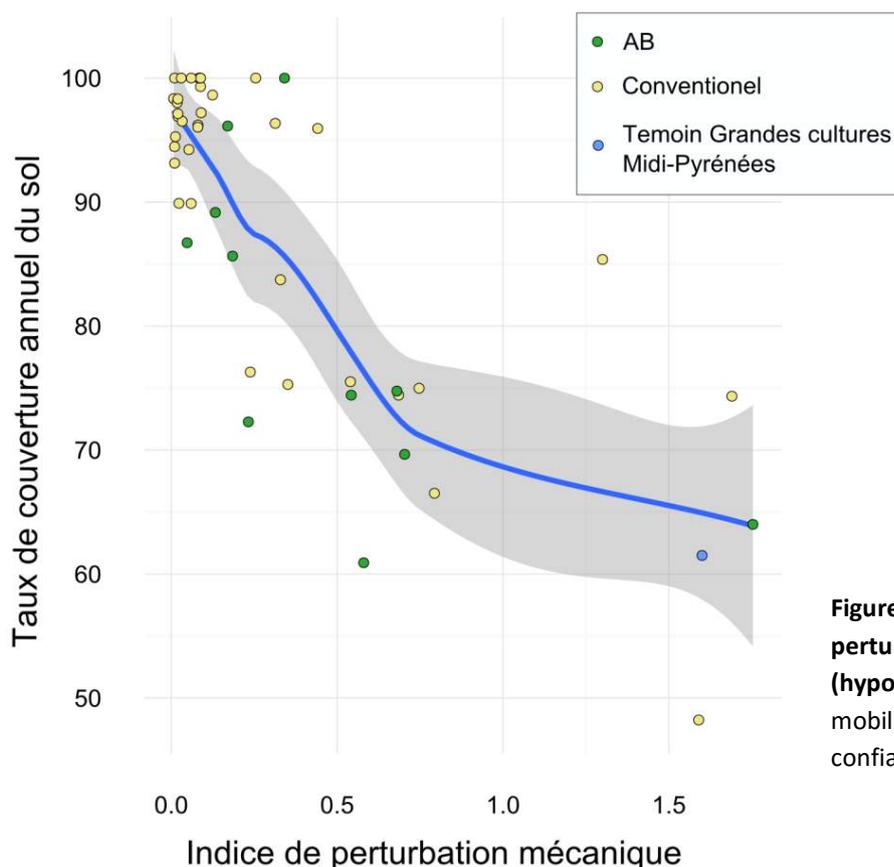


Figure 2. Couverture du sol et Indice de perturbation selon le type de conduite (hypothèse 5). Trait bleu = moyenne mobile, encadré gris = intervalle de confiance (95%) de la moyenne mobile.

D'après les rencontres faites sur le terrain, 3 explications à ce constat semblent se dégager :

- Il est beaucoup plus délicat de ne pas travailler le sol en AB pour la simple raison que la **gestion des adventices** et la destruction du couvert ne peut se faire que de façon mécanique. L'Indice de perturbation en AB est en moyenne de 0.62 contre 0.46 en Conventionnel.

PPU : « *En bio on est au minimum obligé de gratouiller. Pas beaucoup, juste 4-5cm, mais c'est déjà 4-5cm de trop* »

- Par manque d'azote sûrement (cf. [section 3.3.3](#)), les couverts en AB sont souvent moins concurrentiels et étouffants, ce qui peut obliger à une destruction précoce afin d'éviter la montée à graine des adventices qui ont pu se développer dans le couvert. Certaines opérations comme le faux semis impliquent également une destruction du couvert plusieurs semaines avant le semis de la culture principale. Cela explique peut-être une couverture moindre en AB :

- Couverture végétale du sol en Conventionnel = 89% en moyenne
- Couverture végétale du sol en AB = 76% en moyenne

Cette différence dans le taux de couverture est statistiquement observable⁸. Par ailleurs, on peut calculer qu'à indice de perturbation égal, les fermes en AB couvrent moins leurs sols. En effet, la moyenne des **écarts au modèle 1** (cf section 3.1.1) sont les suivants :

- Conventionnel : +1.155
- AB : -5.115

- D'une manière générale, les fermes en AB produisent moins de biomasse (cf section 3.2.1), ce qui rend difficile d'enclencher la dynamique des SCV où c'est une restitution importante de résidus et des couverts à forte biomasse en interculture qui sont gages de réussite de la technique.

JHA : « *Plus le couvert est important et moins on est embêté. Un couvert homogène et bien mené nous économise le décompacteur, la sous-soleuse, la herse et l'écrouteuse* »

Toutes ces raisons expliquent en partie pourquoi il n'y a pas de fermes en AB dans la classe 1. On se heurte ici à un des principaux problèmes de transposabilité de la technique. Afin de pouvoir faire tout de même avancer la démarche tout en conservant le cahier des charges AB, les agriculteurs rencontrés évoquent plusieurs leviers à mobiliser, et tout particulièrement celui de la sélection végétale :

- Il n'existe pas au catalogue des variétés adaptées à des bas niveaux d'intrants, en particulier azotés et avec de fortes capacités à la mycorhization
- Il devient nécessaire de développer des plantes à forte production de biomasse, par exemple des blés avec des pailles hautes permettant un effet mulch qui réduit le développement des adventices
- Il faudrait travailler sur les cultures et les plantes compagnes adaptées au non-travail du sol et au semis direct, critère qui n'est pas aujourd'hui pris en compte par les sélectionneurs de semences AB

JCB : « *On est resté dans le bio NPK, et on compense trop souvent l'engrais chimique par des quantités énormes de compost. Il n'y a personne pour nous proposer des semences adaptées au semis direct en bio, personne pour nous accompagner dans ces nouvelles techniques* »

La transposabilité des SCV en AB passerait donc par un effort de redirection des recherches, de la sélection variétale ainsi que par une meilleure formation de la sphère d'accompagnement à ces techniques encore peu développées.

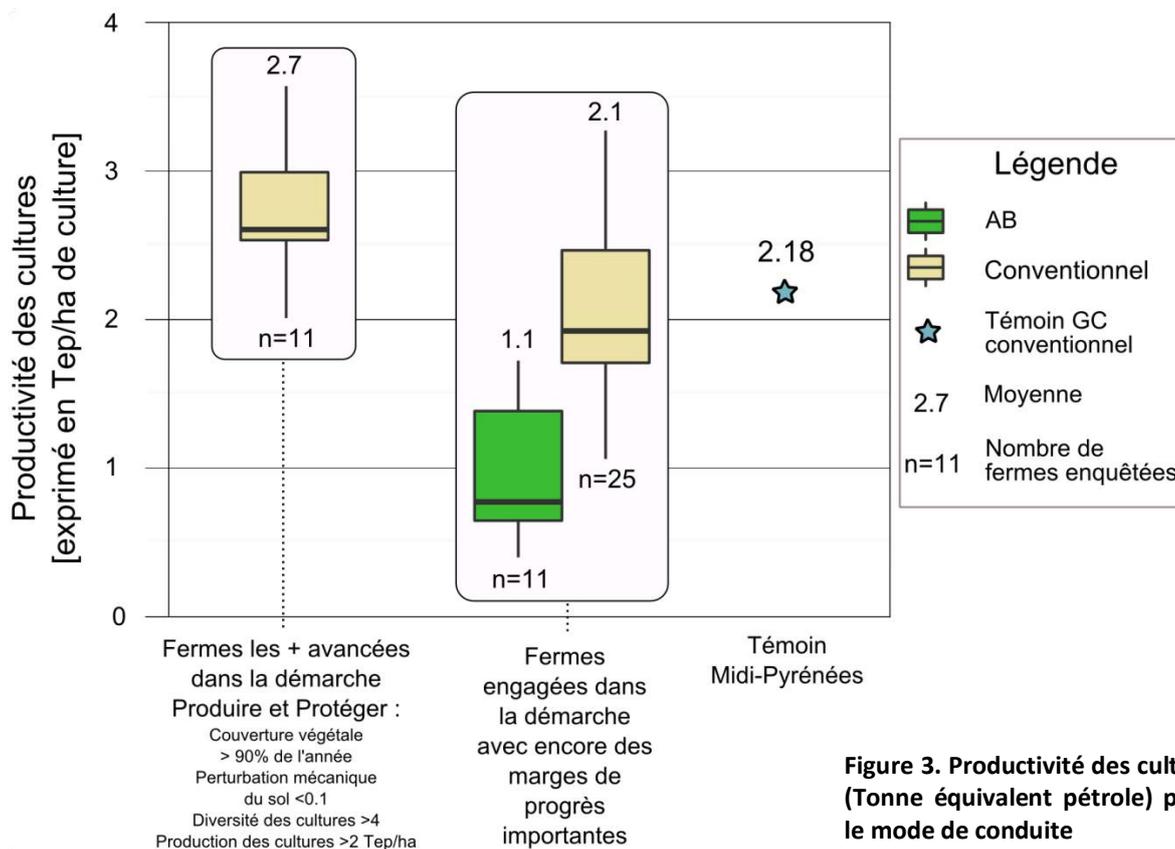
⁸ Egalité des variances vérifiée, puis test d'égalité des moyennes avec P-value > à 0.01

3.2. Protéger et produire : quels impacts sur d'autres aspects de la durabilité ?

3.2.1. Productivité des cultures ([hypothèses 5 et 8](#))

Pourquoi s'intéresser au rendement lorsque l'on évalue la durabilité d'un système ?

- C'est souvent ce que l'agriculteur regarde en premier. Or, si les agriculteurs ne sont pas convaincus par la démarche, la réglementation ne sera pas suffisante pour les y amener
- Il est important que les systèmes innovants soient en mesure de produire de la nourriture pour la population grandissante. Au regard des enjeux planétaires, l'agriculture de demain doit maintenir de hauts niveaux de production
- Le retour de biomasse racinaire et potentiellement de paille – qui indexe la capacité à nourrir les organismes du sol et à stocker du carbone sous forme de matière organique – est proportionnel au rendement de la culture



Le groupe 1 a été en partie sélectionné sur la productivité. Rien d'étonnant donc à ce que ses résultats soient bons vis-à-vis du reste de l'échantillon. Cependant, il est notable qu'il soit plus productif que le témoin Grandes cultures Midi-Pyrénées. Les agriculteurs qui maîtrisent le système en SCV produisent

donc autant voir d'avantage que la moyenne des exploitations en Midi-Pyrénées⁹, ce qui infirme l'hypothèse 8. En revanche, les autres agriculteurs du réseau ont des marges de progrès plus importantes sur cet indicateur¹⁰.

L'analyse plus fine des résultats montrent que par hectare de culture, les éleveurs sont souvent plus productifs. Cela est dû aux méteils, aux fourrages à coupe multiple et aux cultures associées plus fréquentes et plus productives que les cultures pures des céréaliers.

Les fermes en AB, quant-à elles, sont presque deux fois moins productives pour une même surface (hypothèse 5 confirmée). Une des raisons souvent évoquée est la carence en azote (cf section 3.2.3. sur le bilan azote), et notamment l'azote starter pour bien implanter les cultures et avoir un peuplement homogène qui couvre vite le sol et passe les premiers stades critiques (limaces jusqu'au stade 3 feuilles par exemple). Là où les AB s'en sortent le mieux et se rapprochent le plus des rendements en Conventionnel, c'est sur les prairies et les cultures comme la luzerne, implantées plusieurs années et fauchées. Dès lors, ce sont les systèmes d'élevage de plein air sont ici les plus intéressants en AB car les rendements fourrages sont peu diminués.

3.2.2. Energie consommée et bilan énergie ([hypothèse 9](#))

L'énergie consommée sur la ferme dépend beaucoup du système de production. Il est par exemple accru en élevage où les animaux requièrent des bâtiments et l'importation d'aliments ou de la litière, ce qui est très coûteux énergétiquement.

De même, pour le bilan énergie (ratio énergie produite par la ferme / énergie consommée), il n'est pas possible de comparer les fermes en Grandes cultures et en élevage car produire une Tep animale coûte environ 10X plus cher que de produire une Tep végétale (il faut 13kg de grains pour produire 1kg de viande bovine ([Pimentel 2016](#)), la plupart de l'énergie étant perdue sous forme de chaleur pour faire fonctionner le métabolisme de l'animal).

Pourtant, il n'est pas non plus pertinent de séparer tel quel les fermes en élevage et les fermes en Grandes cultures car de nombreuses fermes avec de l'élevage exportent des cultures à destination de l'alimentation humaine.

Nous avons donc choisi de classer les fermes selon la part que l'élevage représente dans l'énergie alimentaire produite par l'exploitation :

- Pas d'élevage
- Elevage = 1 à 30% des Tep (Tonne équivalent pétrole) totales produites sur la ferme
- Elevage = 31 à 100% des Tep totales produites sur la ferme

⁹ Les enquêtes nous apprennent par ailleurs que certaines des fermes parmi les plus performantes sont parfois sur des sols peu profonds et classés comme difficiles (par exemple boubènes superficiels chez CAB). Les bons résultats ne sont donc pas dus au contexte pédoclimatique mais bien à la maîtrise de la technique

¹⁰ Cela ne signifie bien sûr pas que les fermes du groupe 1 n'aient pas eux aussi la possibilité de déplaçonner les rendements, mais cette marge de progrès reste encore inconnue puisque non observée. Elle est donc difficilement appréciable.

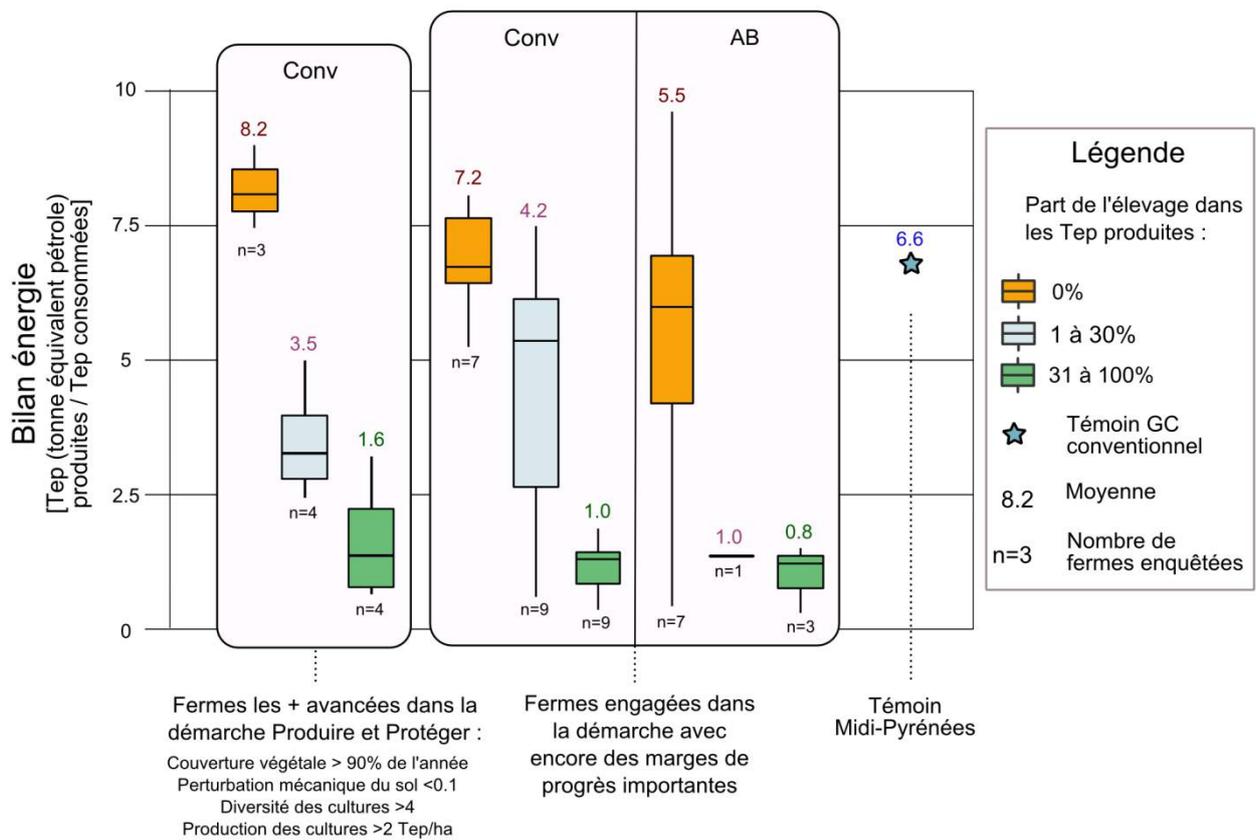


Figure 4. Bilan énergie des fermes selon la part de l'élevage dans les Tep produites et selon le mode de conduite

Pour les raisons évoquées ci-dessus, les résultats montrent que les fermes sans élevage dépensent moins d'énergie que les fermes avec élevage. Dans les fermes sans élevage, les fermes du groupe 1 consomment par ailleurs moins que les autres (0.22 Tep/ha contre 0.33) et que le témoin Grandes cultures Midi-Pyrénées (0.33 Tep/ha également).

PPA : « Avec deux semis et deux récoltes par an on est passé à 20L de fioul hectare, là où avant, entre le labour, la reprise et le lit de semence on était plutôt à 80 »

D'après les témoignages des agriculteurs, on peut faire l'hypothèse que la réduction du poste carburant contribue pour beaucoup à l'amélioration du bilan énergie des fermes du groupe 1 par rapport au témoin GC (cf figure 4). Quant-aux fermes en AB, qui consomment moins de Tep/ha que les Conventionnels, c'est sûrement l'économie du poste fertilisation, très coûteux en énergie qui permet d'expliquer cette différence. En effet, il faut en moyenne 0.8 Tep pour produire 1T d'azote minéral¹¹, ce qui signifie qu'avec 150 unité d'azote/ha on consomme déjà 0.12 Tep/ha, soit la moitié des Tep consommées par les fermes du groupe 1.

Cependant, malgré une consommation d'énergie à l'hectare moins importante, le bilan énergie des fermes en AB reste pénalisé par une faible production (figure 4).

En Grandes cultures AB, deux valeurs extrêmes étirent la variabilité de l'échantillon vis-à-vis du bilan énergie et nous permettent de mieux comprendre ce qui détermine la performance énergétique des fermes :

- **PPU :** Bilan énergie de 9.6 avec très peu d'énergie consommées par hectare grâce à un travail du sol réduit mais pas complètement abandonné (léger scalpage avant le semis), notamment pour détruire le couvert (taux de couverture = 86%). PPU est plus performant en terme de rendement que certaines fermes en AB qui travaillent encore moins le sol que lui (par exemple JCB) mais qui du coup perdent du rendement à cause d'une prolifération d'adventices

¹¹ Source : <http://www.azote.info.fr>

- **HLO** : Bilan énergie de 0.4 (consomme 2.5X plus d'énergie qu'il n'en produit) dû à de fortes charges de mécanisation (labour, déchaumage, puis désherbage mécanique) et l'apport de compost qui augmente les Tep consommées. Cet agriculteur couvre peu les sols (64%) ce qui augmente sûrement les postes désherbage mécanique et structuration du sol.

On voit donc qu'en AB, les fermes les plus performantes énergétiquement sont celles qui couvrent beaucoup les sols et réduisent fortement le travail mécanique mais sans s'interdire non plus de travailler légèrement le lit de semence pour assurer une levée homogène et réduire la pression adventices.

3.3.2. Stockage de carbone et gaz à effet de serre

❖ Stockage de Carbone dans les sols (hypothèses 6 et 10)

Le stockage de Carbone dans les sols est fonction des conditions pédoclimatiques, des pratiques de travail du sol, de la quantité et de la nature de la biomasse restituée (Dupuis-Henin 1945, Reicosky 1995) (cf. [Annexe 2](#)).

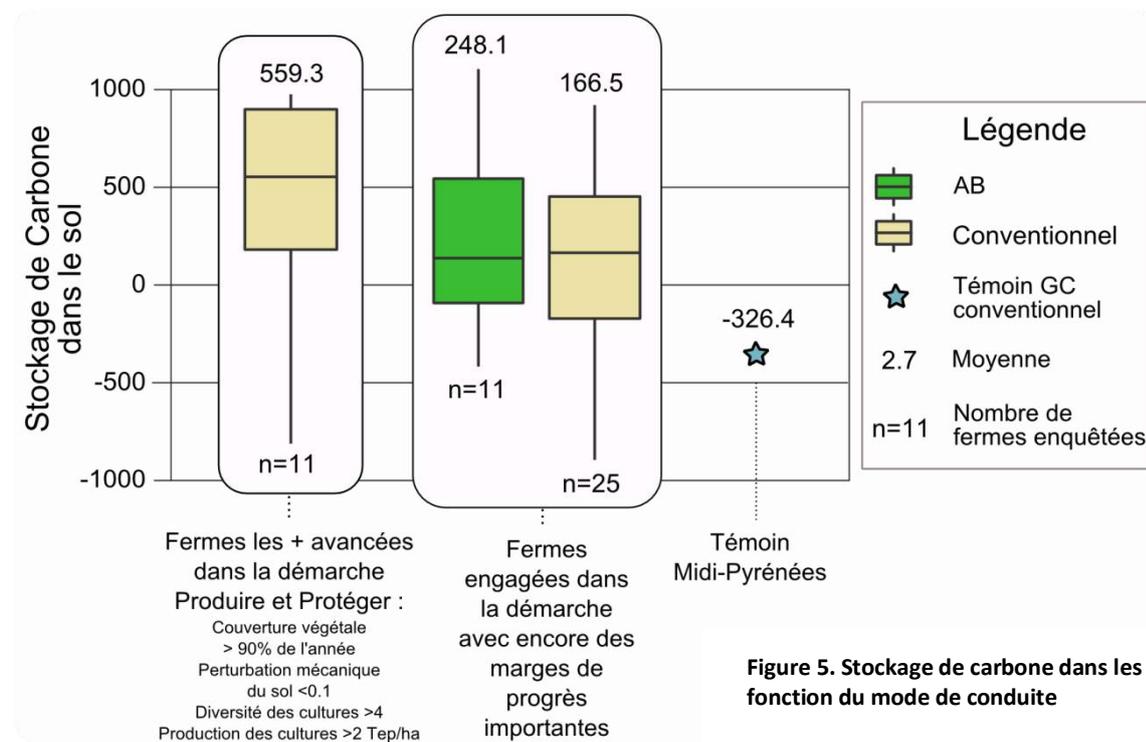


Figure 5. Stockage de carbone dans les sols en fonction du mode de conduite

En Grandes cultures, les fermes du réseau Agr'eau stockent nettement plus de carbone que le témoin, qui ne ramène pas assez de biomasse au sol pour augmenter ses taux de matière organique et minéralise beaucoup par le travail du sol. A moyen terme, cette agriculture est donc destructrice du capital sol, contrairement aux fermes Agr'eau et en particulier celles qui sont le plus avancées dans les SCV (confirme l'hypothèse 10). Les fermes en AB stockent en moyenne plus que les autres fermes du groupe 2, notamment grâce à la présence de systèmes herbagers. En grandes cultures AB, les fermes stockent cependant un peu moins que les conventionnels (cf tableau 2). L'hypothèse 6 est donc à nuancer selon le type de système considéré.

Tableau 2. Stockage de Carbone dans le sol selon le mode de conduite et le type de production

	Stockage de C Groupe 1 (Conv)	Stockage de C Groupe 2 (Conv)	Stockage de C Groupe 2 (AB)	Témoins GC
Grandes cultures	446.3	244.6	192.8	-326.4
Polyculture + Bovins	738.8	408.2	352.3	
Polyculture + Ovins	-593.7	122.8	NA	
Polyculture + Volaille	973.9	-459.3	322.1	

Les fermes en élevage ont globalement de bons résultats pour deux raisons :

- Stockage de carbone dans les prairies permanentes et temporaires
- Culture de méteils à forte biomasse qui, même lorsqu'ils sont exportés, sont en partie restitués au sol sous forme de fumier.

Le mauvais résultat de la catégorie Polyculture + Ovins dans le groupe 1 (1 seul individu) est dû à un fort taux de matière organique en contexte aveyronnais. Avec 5.5% de matière organique, cet éleveur ne ramène pas assez de carbone au sol pour compenser la minéralisation annuelle, d'autant qu'il exporte les pailles de ses cultures pour faire de la litière.

D'une manière générale, il est possible de corrélérer le stockage de Carbone aux pratiques des agriculteurs et de conclure que la couverture végétale des sols et le non-travail du sol impactent favorablement cet indicateur :

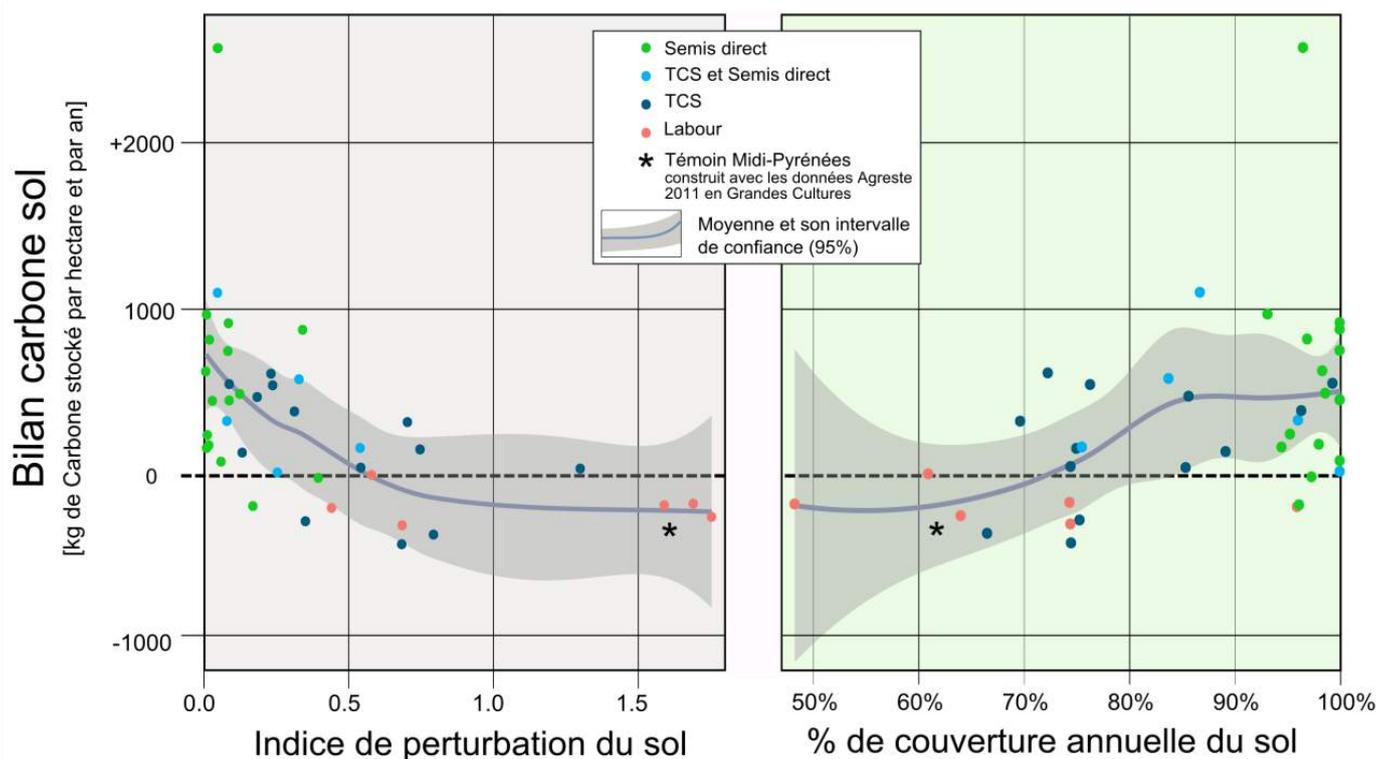


Figure 5. Stockage de Carbone dans le sol selon les pratiques et en fonction de la perturbation mécanique et du taux de couverture du sol

❖ Emissions de Gaz à effet de serre ([hypothèse 11](#))

Les émissions de Gaz à effet de serre sont une pollution à la production. Elles dépendent surtout des intrants nécessaires pour produire une valeur alimentaire. Pour la même raison que pour le bilan énergie (faible production de Tep), mais également en raison des phénomènes de fermentation entérique, les fermes avec une prépondérance de l'élevage sont pénalisées (cf. figure 6).

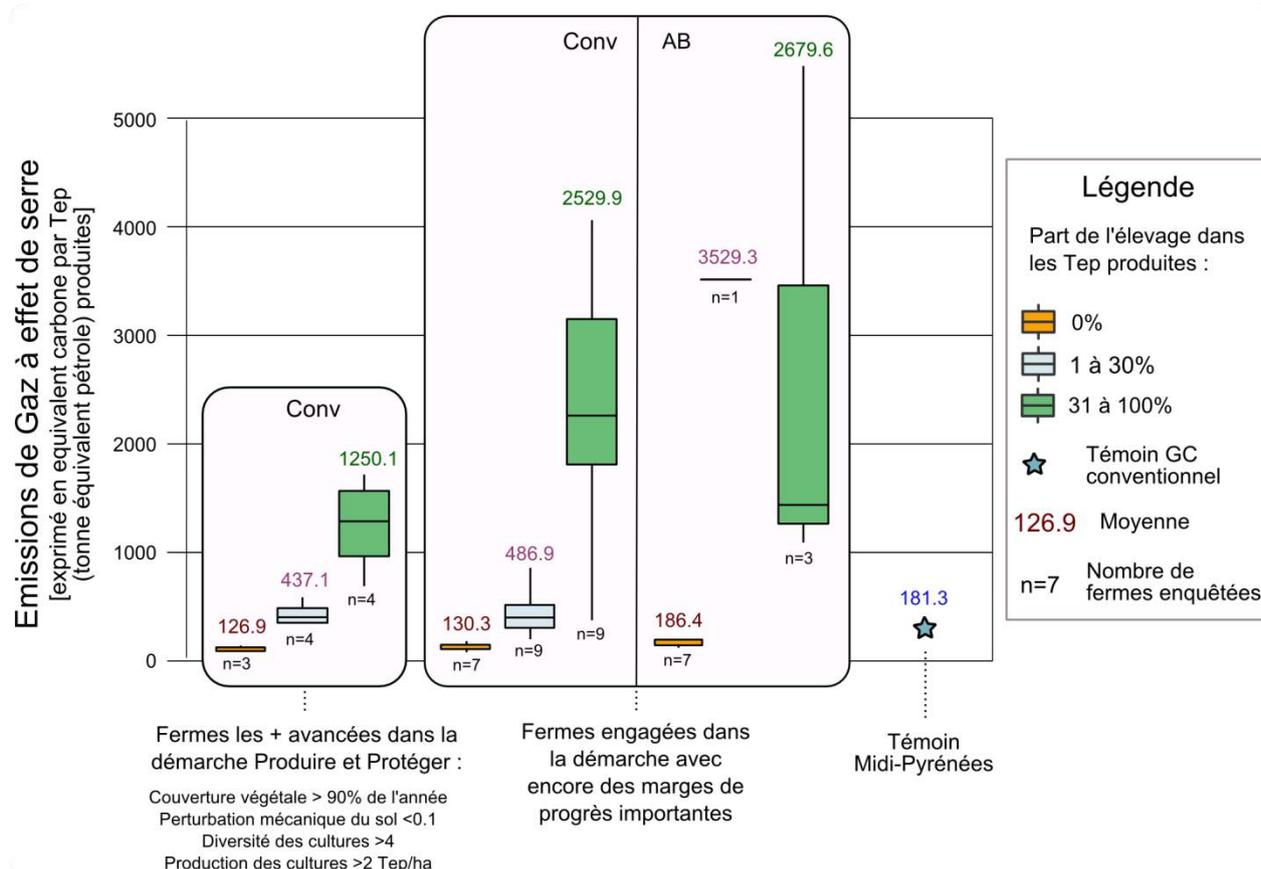


Figure 6. Emissions de Gaz à effet de serre en fonction de la part de l'élevage dans la ferme

Ici encore, les fermes engagées dans la démarche P&P sont plus performantes que le témoin (cf. figure 6), en particulier celles les plus avancées dans les SCV. Cela est dû à une production à l'hectare supérieure pour une quantité d'intrants identique ou réduite.

Dans le groupe 2, une ferme avec 100% d'élevage dans les Tep alimentaires vendues est particulièrement performante en termes de GES : il s'agit d'une ferme avec des poulets de plein air (pas de fermentation entérique et peu de frais de bâtiments), 100% autonome en alimentation et avec un fort chargement/ha. A l'opposé, un éleveur en Bovins lait AB émet 5500 kg d'eq. C par Tep produite : il est peu autonome en aliments et importe également 210 tonnes de paille. On voit donc bien qu'en système élevage, c'est l'autonomie en aliments et en paille, couplé à une production conséquente, qui pourrait permettre de réduire la production de Gaz à effet de serre. On retrouve partiellement ce constat dans le modèle de régression multiple suivant que nous avons tenté de mettre en place pour expliquer les déterminants des émissions de GES :

*[Emission de GES = moyenne + a*fonction de la part de l'élevage dans les Tep produites + b*bilan énergie de la ferme + c*balance azotée¹² + erreur standard (a, b et c = paramètres du modèle associés aux variables)]*

¹² L'homoscédasticité, la normalité des résidus et la présence de points aberrants ont été vérifiés.

Avec un R² de 0.92, le modèle montre bien que les émissions de GES augmentent avec la présence de bétail et lorsque le bilan énergie diminue (inclus indirectement l'achat de paille et d'aliment). De façon plus surprenante, la balance azotée est anti-corrélée aux émissions de GES. On aurait pu en effet s'attendre à ce que les fermes apportant beaucoup d'azote produisent également plus de GES. L'explication être peut-être la suivante : les fermes avec un bilan azote négatif sont le plus souvent en AB (cf section 3.2.2) et produisent moins à l'hectare (cf section 3.2.1). Dès lors, et malgré une consommation d'énergie/ha moindre, elles produisent plus de GES par Tep produite (cf figure 6).

Réduire les GES du secteur agricole reviendrait donc en grande partie à améliorer les bilans énergie. Cela signifie réduire l'utilisation des intrants tout en maintenant une forte productivité, d'où les émissions importantes des fermes en élevage et en AB. On peut alors dégager 2 stratégies pour réduire l'impact des fermes sur le réchauffement climatique :

- La **dilution** : produire plus avec moins afin de réduire les GES par Tep produite
- La **compensation** : stocker du carbone dans le sol pour compenser le carbone émis

Dès lors, on peut calculer le bilan Carbone des fermes selon la méthode suivante :

$$\text{Bilan C ferme [exprimé en kg /C/ha]} = \text{C stocké dans le sol/ha} - \text{GES en eq. C émis/ha}$$

Tableau 3. Bilan Carbone ferme selon le mode de conduite et la part de l'élevage dans les Tep produites

	Bilan C en Conventionnel Groupe 1	Bilan C en Conventionnel Groupe 2	Bilan C en AB Groupe 2	Témoin GC
Pas d'élevage	195.5	22.1	78.3	-726.3
1 à 30% d'élevage dans les Tep produites	81.9	-477.3	-211.7	
31 à 100% d'élevage dans les Tep produites	-1046.6	-527.5	-224.7	

Une ferme avec un bon bilan Carbone est une ferme qui stocke du carbone dans les sols et qui émet peu de GES en produisant. A cet égard, les fermes à dominante élevage sont moins performantes. Une partie non négligeable des fermes Agr'eau arrive tout de même à compenser la pollution à la production par un stockage de C, contrairement au témoin Grandes cultures.

3.3.3. Risques agro-environnementaux

❖ IFT ([hypothèse 12](#))

La réduction des IFT (Indice de fréquence de traitement) est un sujet de plus en plus d'actualité en raison de questions de pollution des eaux et de risques pour la santé. Les SCV sont à cet égard souvent montrés du doigt pour leur dépendance aux herbicides vis-à-vis de la destruction des couverts végétaux.

Le poste herbicide est un des principaux aspects sur lequel les agriculteurs du réseau Agr'eau sont moins performants que le témoin Grandes cultures (hypothèse 12 non validée, cf figure 7). On remarque cependant que les fermes les plus avancées n'ont pas un IFT plus fort que les autres qui pourtant couvrent souvent moins et/ou travaillent plus les sols. Les IFT les plus faibles sont observés sur des cultures fourragères type fauche, ici bien représentées par l'élevage ovins de Dordogne et d'Aveyron.

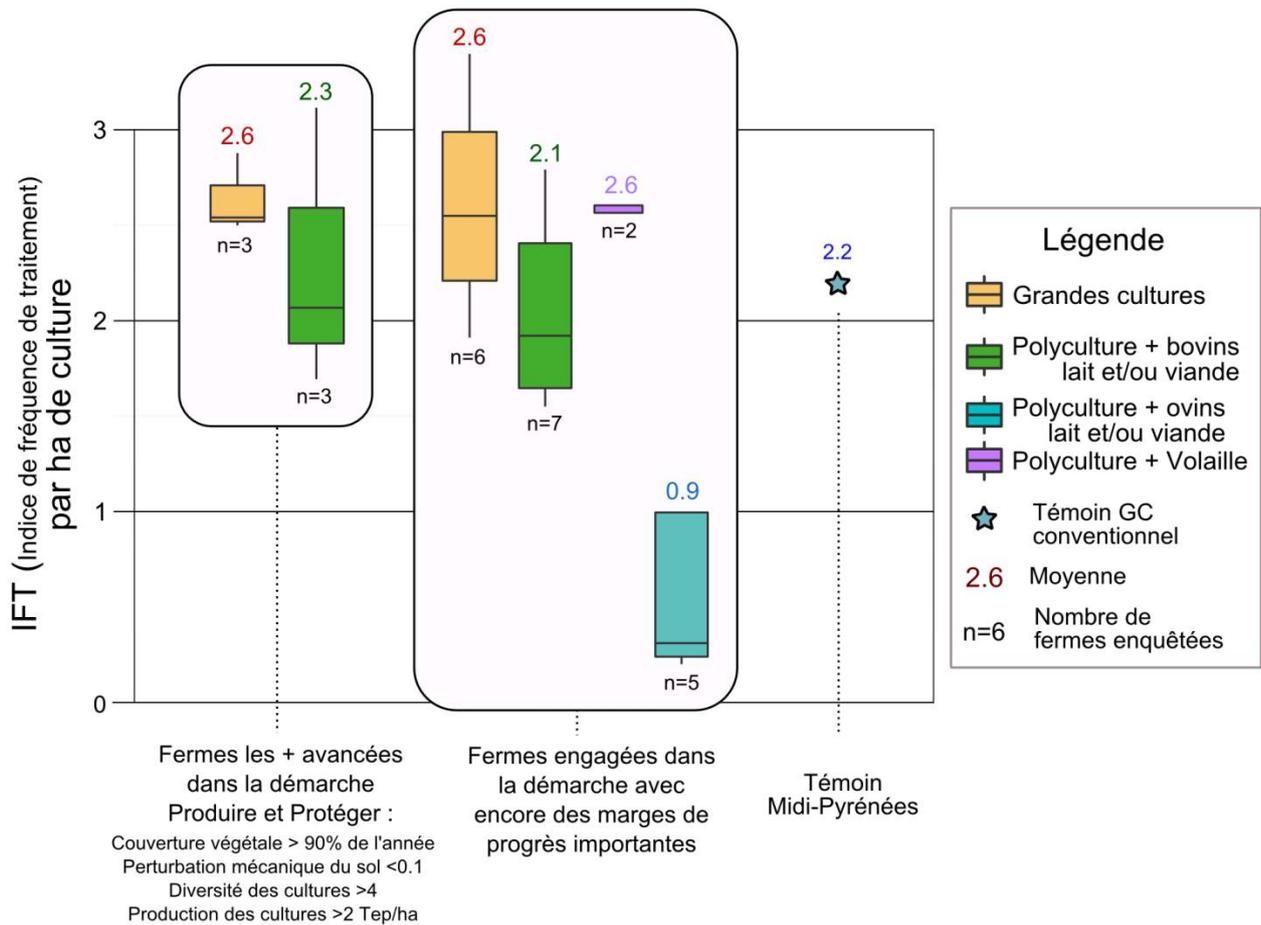


Figure 7. IFT selon le système de production

Dès lors, comment réduire les IFT des cultures non-fourragères sans renoncer au non-travail du sol qui, nous l'avons vu, présente de nombreux avantages environnementaux ?

CAB : « J'ai progressivement arrêté les fongicides et insecticides, mais j'utilise encore des herbicides si des mauvaises herbes sont passées à travers le couvert. Parfois, 1/8 de dose suffit si le couvert était bien développé tandis que mon voisin, après un labour, passe systématiquement du glyphosate. Moi c'est vraiment si la parcelle est sale et on commence à le gérer de mieux en mieux avec des plantes comme le seigle ou le sorgho ».

D'après les témoignages des agriculteurs, on voit que les situations dans lesquelles ils ont pu se passer de désherbants correspondent à des couverts très concurrentiels produisant un mulch important non broyé et non enfoui. Il serait alors intéressant de mettre au point avec les Instituts techniques et la recherche des itinéraires culturaux mettant au centre du dispositif la volonté de réduction des désherbants sans travail du sol en utilisant des plantes à forte couverture (Kulagowsky 2016) et effet allélopathique (p.ex *Salvia hispanica*, *Artemisia vulgaris*, *Eleusine coracana*, *Secale cereale* L.). Enfin, l'arrivée sur le marché de bioproduits en application préventive, comme utilisés chez CAB, permet d'espérer à terme une réduction généralisée des fongicides et insecticides.

❖ Bilans N, P, K ([Hypothèse 13](#))

Un bilan nutriment est un calcul théorique qui correspond à ce qui est apporté moins ce qui est exporté par la culture. Un bilan trop positif peut dans certains cas entraîner des pollutions des eaux, et un bilan trop faible peut pénaliser le développement de la culture.

Tableau 4. Bilans nutriments selon le mode de conduite

	Conventionnel Groupe 1	Conventionnel Groupe 2	AB Groupe 2	Témoin GC
Bilan N	51.2	20.8	-21.3	62.6
Bilan P	15.9	10.3	-7.3	48.1
Bilan K	-20.3	0.8	-40.5	35.1

JHA : « Les premières années on a tendance à sur-fertiliser, pour compenser le phénomène de faim d'azote du aux apports de carbone importants. Les fois où je ne l'ai pas fait je m'en suis mordu les doigts. C'est vrai qu'on nous critique parce qu'on met parfois 200 unités d'azote d'un coup, mais je suis persuadé qu'il n'y en a presque pas qui fini dans la rivière comparé à celui qui fractionne ses 150 unités en 4 fois sur sol labouré »

Pour la raison évoquée ci-dessus, les fermes du groupe 1 ont un bilan N assez important (hypothèse 13 validée), bien qu'inférieur à celui du témoin GC. Mais il faut prendre en compte l'apport de carbone qui, en étant dégradé par les organismes du sol, utilise l'azote présent dans le milieu ([Aulakh 1991](#)). Le ratio C/N de humus étant approximativement égal à 10 ([Unifa 2005](#)), cela signifie que pour chaque tonne de carbone rapporté au sol, 100kg d'azote sont immobilisés et temporairement inutilisables pour la plante. A l'inverse, le déstockage de carbone suppose une minéralisation accrue de la matière organique et donc une libération d'azote.

Il faut donc revoir les bilans azote selon l'apport ou l'export de carbone dans le système. Nous proposons le calcul simplifié suivant : $[Bilan\ N\ réel = - Stockage\ C / 10 + Bilan\ N]$

Tableau 5. Bilan azote corrigé selon le mode de conduite

	Conventionnel Groupe 1	Conventionnel Groupe 2	AB Groupe 2	Témoin GC
Bilan N moyen révisé en fonction du stockage de C	-4.7	19.1	-46.1	95.2

Lorsque l'on intègre l'effet de résidus rapportés au sol en SCV, on se rend compte que le bilan N du groupe 1 est quasiment à l'équilibre, ce qui justifie bien les apports importants évoqués plus haut. L'efficacité des intrants est donc augmentée et il y a beaucoup moins de risque de pollution des eaux. Les agriculteurs conventionnels du groupe 2 sont un peu au dessus de l'équilibre et pourraient ou bien réduire les apports ou bien favoriser le retour de résidus au sol pour s'assurer que l'azote « en trop » ne s'en aille pas vers les nappes. Le témoin GC, quant-à lui, concentre de forts risques de pollution avec 95UN qui ne sont ni utilisés par la culture, ni par le système sol.

Les bilans P et K non révisés sont également plus équilibrés dans les fermes Agr'eau que pour le témoin GC, avec des agriculteurs qui ont complètement arrêté la fertilisation phospho-potassique. Les fermes en AB, quant-à elles, sont toujours déficitaires en nutriments, ce qui explique peut-être des niveaux de

productivité plus faibles. Il serait alors intéressant de travailler sur des plantes à fort potentiel de mycorhization et trouver des moyens d'enclencher la minéralisation des éléments biogènes au démarrage des cultures, par exemple via l'application de souches de bactéries sélectionnées à cet usage.

3.3.4. Viabilité économique et temps de travail [\(hypothèse 14\)](#)

Au cours de nos enquêtes, il est apparu que l'EBE (excédent brut d'exploitation) était un indicateur trop variable pour s'y fier. SGA, par exemple, a un EBE artificiellement bas du fait qu'il loue des terres très cher, à des prix qui ne sont pas représentatifs de la situation dans le Bassin Adour-Garonne. En revanche, les coûts de production sont relativement semblables quels que soient les contextes économiques et fonciers. De plus, c'est en fin de compte un des rares paramètres sur lesquels l'agriculteur a une marge de manœuvre importante, en dehors du choix – souvent restreint – des filières de valorisation.

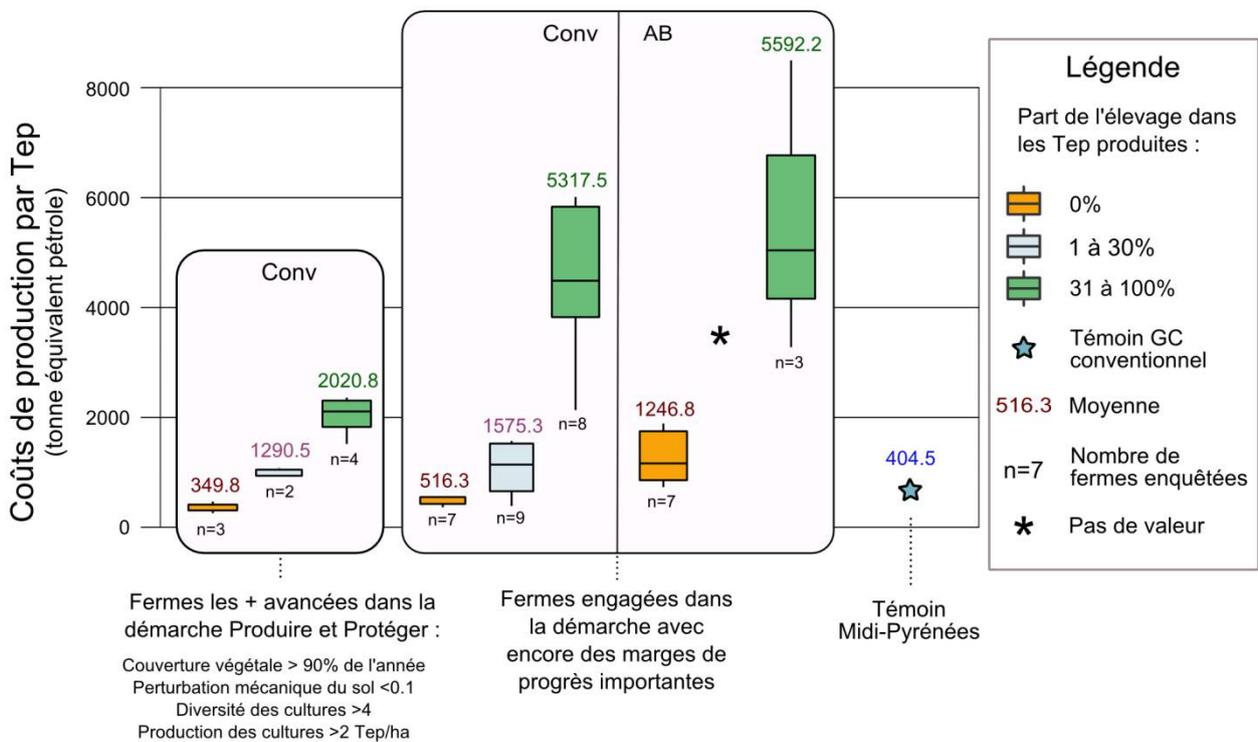


Figure 8. Coûts de production par Tep en fonction du mode de conduite et de la part de l'élevage dans les Tep produites

Selon tous les témoignages recueillis, la réduction des charges de mécanisation (fioul, entretien, investissement) est le premier facteur sur lequel les agriculteurs font des économies lorsqu'ils passent aux techniques culturales simplifiées et au semis direct (cf figure 8). Un tableau récapitulatif des coûts de différents itinéraires techniques se trouve en [Annexe 10](#).

Les données sur les coûts de production confirment cette hypothèse (n°14) puisque l'on remarque que ces coûts sont systématiquement plus faibles pour les fermes les plus engagées dans les SCV. La production d'une Tep en AB coûte 3 fois plus cher car, bien qu'ayant de faibles coûts de production à l'hectare, ces fermes produisent peu. En revanche, les EBE par UTH (unité de travail humain) sont souvent plus élevés en AB, car les productions sont mieux valorisées, notamment *via* des circuits courts. C'est par exemple le cas de **JCB** : « je suis rentable à partir de 3 quintaux par hectare ».

D'une manière générale, on s'aperçoit que la plupart des agriculteurs du réseau ont entamé une réflexion autour de la réduction des intrants, des charges et du travail en général :

MNE : « *on est passé à la mono-traité avec des vaches rustiques [Jersiaises] qui produisent moins et avec un arrêt de lactation 2 mois par an. Elles sont à l'herbe et quasiment toujours dehors en pâturage tournant intensif. Du coup on économise sur les bâtiments et l'aliment et au final on est largement gagnants* »

Les données sur le temps de travail confirment en partie ce discours. Bien que les éleveurs aient toujours des temps de travail très importants, jusqu'à 200% d'un temps plein, on remarque que les céréaliers travaillent en moyenne 70% d'un temps plein. Malheureusement, faute de références régionales sur cet indicateur, nous avons dû nous contenter du témoignage des agriculteurs, qui la plupart estiment avoir réduit leur temps de travail.

PPU : « On travaille autant, voire plus qu'avant, mais notre travail a profondément changé. On est beaucoup moins sur le tracteur et beaucoup plus dans les champs à observer, dans les journées à se former et informer. »

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les résultats de cette étude sont assez proches des analyses de groupe qui ont pu être menées sur des itinéraires comparés (classique et SD). Deux exemples de synthèses (CA Poitou-Charentes 2014 ; TCS 2006, ci-devant (a) et (b)) arrivent aux mêmes conclusions et semblent confirmer nos résultats :

- Rendements identiques à supérieurs (a,b)
- Bilan azote mieux équilibré (a)
- Moins d'apport de P et K (a,b)
- Des IFT inférieurs à la moyenne départementale (-25%) (a)
- Diminution des charges de mécanisation et de consommation de fioul (a,b). Un exemple de comparaison d'itinéraires technique est proposé en [Annexe 9](#)
- Temps de travail allégé (a, b)

Ainsi, confirmées par d'autres études, l'analyse de nos résultats et des enquêtes auprès des agriculteurs ont souligné l'intérêt que pouvaient revêtir les couverts végétaux et le non-travail du sol pour mettre en œuvre certains leviers de la durabilité (figure 9).

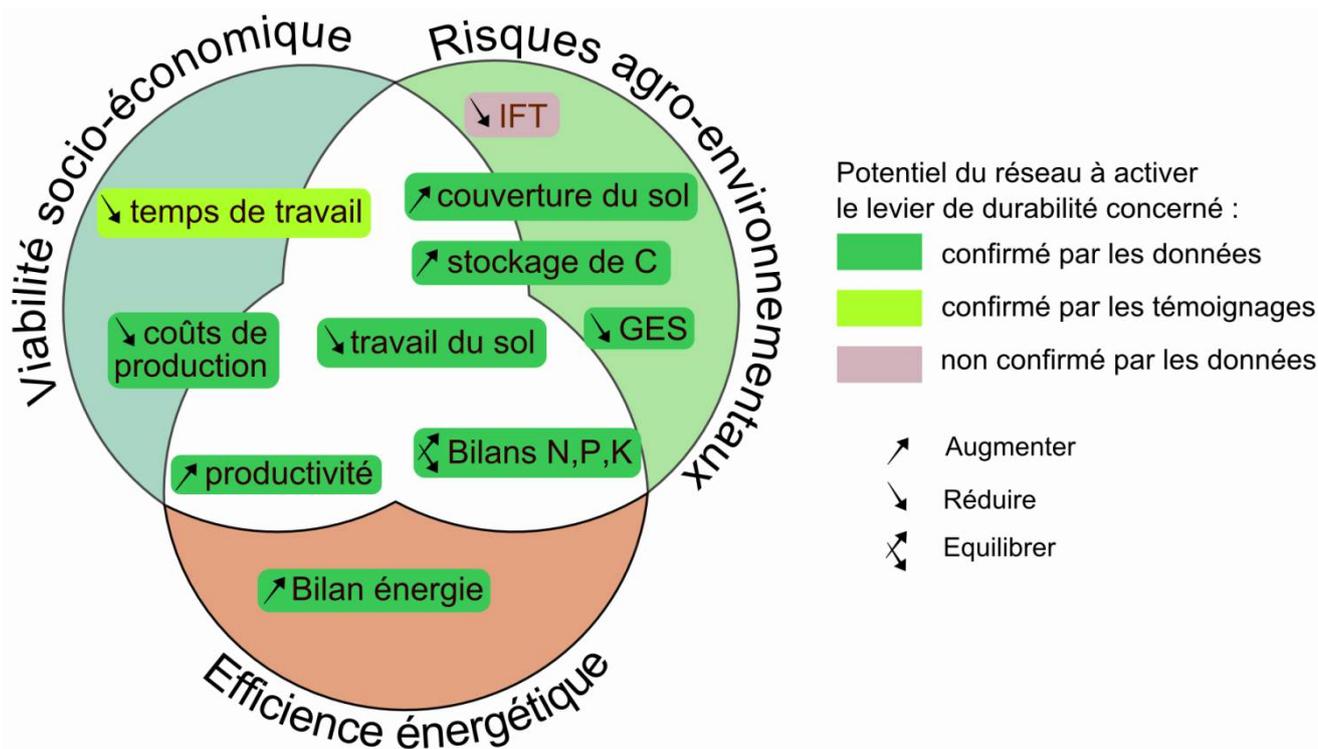


Figure 9. Synthèse des leviers de durabilité mobilisables dans le cadre de la démarche Protéger et Produire

Notre étude a cependant la particularité d'intégrer des bilans carbone et de montrer qu'ils sont positivement impactés par les pratiques de couverture/non-perturbation. Enfin, les enquêtes menées permettent de dégager les principaux freins et difficultés rencontrés, analyse rarement menée dans les études multicritères :

- La technicité de la démarche suppose une formation adéquate qui n'est pas toujours en place. L'accompagnement des structures traditionnelles du conseil est ici quasi-inexistant et les agriculteurs se lancent souvent seuls
- La démarche est particulièrement délicate en Agriculture Biologique pour des raisons de gestion mécanique des adventices et de manque de vigueur du couvert d'interculture. La recherche et les instituts techniques en AB ne sont pas toujours engagés dans cette volonté de réduire le travail du sol, ce qui rend lacunaire le conseil et la mise à disposition d'outils adaptés aux semis directs sous couverts en AB
- Il manque encore largement de variétés adaptées au SCV, autant pour la culture que pour le couvert, et rares sont les coopératives proposant un large choix d'espèces de couvert. La réduction des herbicides n'est en moyenne pas diminuée en SCV. Il est donc nécessaire que les Instituts techniques et les organes de conseil ou de développement travaillent à mettre au point des itinéraires techniques, le machinisme adapté et la sélection variétale allant dans ce sens.

Ces résultats ne sont cependant pas complets pour estimer le potentiel de durabilité des fermes engagées dans le démarche Protéger et Produire. En effet, la méthode Indiciades, de par son format, ne met pas en œuvre deux types d'indicateurs qui me semblent pourtant nécessaires à développer pour avoir une vue encore plus complète de l'impact des systèmes en SCV sur le potentiel de durabilité des fermes :

- Evaluation du risque lié aux pesticides selon les pratiques culturales. Cela est dû à un manque de données de terrain sur ce sujet, ce qui rend impossible la construction de modèles et d'indicateurs. Il faudrait pour cela mener des mesures au champ pour estimer le devenir des pesticides et nitrates dans un contexte de forte couverture et d'activité biologique intense. Il n'est en effet pas certain que le comportement de molécules polluantes soient le même selon les pratiques de l'agriculteur et la biologie présente sur place mais, en l'absence de données, il reste impossible de conclure.
- Une intégration du bien-être animal et de la qualité des aliments dans les évaluations.

D'une manière générale, les Indiciades ont une approche énergétique qui ne permet pas de rendre compte de la notion de qualité : qualité de vie, qualité des aliments. Ces indicateurs sont compliqués à mettre en place et posent des questions méthodologiques majeurs, mais il est important de les garder à l'esprit afin de ne pas conclure à la vertu de tel ou tel type de système sous le seul éclairage de ses performances économiques, énergétiques et environnementales.

En effet, c'est peut-être l'un des points majeurs sur lesquels les fermes en SCV restent assez peu avancées : tandis que les agriculteurs en Agriculture biologique réfléchissent depuis longtemps sur les circuits de commercialisation, les filières, la qualité des aliments et la reconnaissance par le consommateur de ses intérêts environnementaux, les fermes non AB en SCV ne sont souvent pas intégrées dans ces circuits et leurs produits ne bénéficient d'aucune reconnaissance spécifique sur le marché des matières premières. A cet égard, il me semble que les fermes non AB en SCV devraient s'inspirer de la gestion innovante des filières proposée par les acteurs de l'AB et tenter de développer des labels spécifiques de qualité.

BIBLIOGRAPHIE

- Agence de l'Eau Adour-Garonne. 2010. "Dessignons l'avenir de l'eau dans notre bassin". Document d'accompagnement 1
- Alvarez, C.R. and Alvarez, R. 2000. "Short term effects of tillage systems on active soil microbial biomass". *Biological Fertility Soils* 31 : 157–161
- Amalric L., Baran, N., Jeannot, R., Marti, J.C. and Mouvet, C. 2003. "Les mécanismes de transfert des produits phytosanitaires du sol vers les nappes et les méthodes d'analyse des produits phytosanitaires dans les eaux". *BRGM/RP-51590-FR* 116
- Angers, D. A., D. Arrouays, N. P. A. Saby, and C. Walter. 2011. "Estimating and Mapping the Carbon Saturation Deficit of French Agricultural Topsoils: Carbon Saturation of French Soils." *Soil Use and Management* 27 (4): 448–52.
- Assemblée permanente des Chambres d'Agriculture (APCA). 2015. "Matériels agricoles, les coûts 2015"
- Aulakh, M.S., Walters, D.T., Doran, J.W., Francis, D.D. and Mosier, A.R. 1991. "Crop Residue Type and Placement Effects on Denitrification and Mineralization." *Soil Science Society of America Journal* 55 (4): 1020.
- Avis, T.J., Gravel, V. Antoun, H. and Tweddell, R.J. 2008. "Multifaceted Beneficial Effects of Rhizosphere Microorganisms on Plant Health and Productivity." *Soil Biology and Biochemistry* 40 (7): 1733–40.
- Basore, N.S., Best, L.B. and Wooley, J.B. 1986. "Bird nesting in Iowa no tillage and tilled cropland." *Journal of Wildlife Management* 50 : 19–28
- Bailey, V.L, Smith, J.L. and Bolton Jr., H. 2002. "Fungal-to-bacterial ratios in soils investigated for enhanced C sequestration." *Soil Biology and Biochemistry* 34 : 997-1007
- Berendsen, R.L., Corné, M. J., Pieterse and Bakker, P. 2012. "The Rhizosphere Microbiome and Plant Health." *Trends in Plant Science* 17 (8): 478–86
- Bergeron, M., Lacombe, S., Bradley, R.L., Whalen, J., Cogliastro, A. Jutras, M.-F. and Arp, P. 2011. "Reduced soil nutrient leaching following the establishment of tree-based intercropping systems in eastern Canada". *Agroforestry Systems* 83 : 321–330.
- Bais, H.P. et al. 2006. "The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms". *Annual Review of Plant Biology* 57 : 233–266
- Birkas, M., Jolankai, M., Gyuricza, C. and Percze, A. 2004. "Tillage effects on compaction, earthworms and other soil quality indicators in Hungary". *Soil Tillage Research* 78 : 185–196.
- Bissett, MJ, and Oleary, G.J. 1996. "Effects of Conservation Tillage and Rotation on Water Infiltration in Two Soils in South-Eastern Australia." *Soil Research* 34 (2): 299–308.
- Bouché, M. 2014. *Des Vers de Terre et Des Hommes*. Actes Sud
- Bronick, C. J., and Lal, R. 2005. "Soil Structure and Management: A Review." *Geoderma* 124 (1–2): 3–22.
- Chambre d'Agriculture de Poitou-Charente. 2014. "Semis Direct en Poitou-Charentes"
- Chambre d'Agriculture de la Manche. 2008. "Machinisme - Consommation de carburant : travaux de printemps." in *l'Agriculteur normand*
- Clapperton, M. J. 2003. "Increasing soil biodiversity through conservation agriculture: managing the soil as a habitat." *In Proc. Second World Congress on Conservation Agriculture: producing in harmony with nature, Iguassu Falls, Parana-Brazil, 11–15 August 2003. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization*
- Colbach N. and Debaecke, P. 2000. "Integrating crop management and crop rotation effects into models of weed population dynamics : a review". *Weed Science* 46 : 717-28
- Daujat, A., Eveillard, P., Hebert J. and Ignazi, J.-C., "Engrais", *Encyclopædia Universalis* [en ligne] : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/engrais/>
- Delaux, P.M., Radhakrishnan, G.V., Jayaraman, D., Cheema, J., Malbreil, M., Volkening, J.D., Sekimoto, H. et al. 2015. "Algal Ancestor of Land Plants Was Preadapted for Symbiosis." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112 (43): 13390–95.
- Dodelin, B. et al. 2007. "Les rémanents en foresterie et agriculture : les branches, matériaux d'avenir". ed. Lavoisier
- Doornbos, R. et al. 2012. "Impact of root exudates and plant defense signaling on bacterial communities in the rhizosphere. A review". *Agronomy Sustainable Development* 32 : 227–243.

- Doran, J.W. 1980. "Soil Microbial and Biochemical Changes Associated with Reduced Tillage." *Soil Science Society of America Journal* 44 (4): 765–71.
- Duchemin, M., 2007. "Réduction de la pollution diffuse d'origine agricole à l'aide de bande enherbées et arborées." In A. Olivier & S. Campeau, eds. *When Trees and Crops Get Together. Proceedings of the 10th North American Agroforestry Conference*, Québec City.
- Dexter, A.R., Richard, G., Arrouays, D., Czyz, E.A., Jolivet, C. and Duval, O. 2008. "Complexed organic matter controls physical soil properties." *Geoderma* 144 : 620-7
- Finaly, R.D. 2004. "Mycorrhizal Fungi and Their Multifunctional Roles." *Mycologist* 18 (2): 91–96.
- Fischer, J., Lindenmayer, D.B. and Manning, A.D. 2006. "Biodiversity, Ecosystem Function, and Resilience: Ten Guiding Principles for Commodity Production Landscapes." *Frontiers in Ecology and the Environment* 4 (2): 80–86.
- Frey, S. D, Elliott, E.T. and Paustian, K. 1999. "Bacterial and Fungal Abundance and Biomass in Conventional and No-Tillage Agroecosystems along Two Climatic Gradients." *Soil Biology and Biochemistry* 31 (4): 573–85.
- Gardner, J.B. and Drinkwater, L.E. 2009. "The fate of nitrogen in grain cropping systems: a meta-analysis of 15N field experiments". *Ecological Application*
- Glen, D.M. and Symondson, W.O.C. 2003. "Influence of soil tillage on slugs and their natural enemies." *Soil Tillage in Agroecosystems* (ed. El Titi A.), CRC Press LLC Boca Raton, pp 207-227.
- Guillou M., Guyomard, H., Huyghe, C. and Peyraud, J.L. 2013. "Le projet agro-écologique: Vers des agricultures doublement performantes pour concilier compétitivité et respect de l'environnement". Propositions pour le Ministre. 163 p.
- Gyssels, G., Poesen, J. Bochet, E. and Li, Y. 2005. "Impact of Plant Roots on the Resistance of Soils to Erosion by Water: A Review." *Progress in Physical Geography* 29 (2): 189–217.
- Hayat, R., Safdar, A., Amara, U., Khalid, R. and Ahmed, I. 2010. "Soil Beneficial Bacteria and Their Role in Plant Growth Promotion: A Review." *Annals of Microbiology* 60 (4): 579–98.
- Helfrich, M., Ludwig, B., Thoms, C., Gleixner, G. and Flessa, H.. 2015. "The Role of Soil Fungi and Bacteria in Plant Litter Decomposition and Macroaggregate Formation Determined Using Phospholipid Fatty Acids." *Applied Soil Ecology* 96 (November): 261–64.
- Hénin, S., Dupuis, M., 1945. Essai de bilan de la matière organique du sol. *Annales Agronomiques* 11 : 17-29
- Hobbs, P.R., Sayre, K. and Gupta R. 2008. "The Role of Conservation Agriculture in Sustainable Agriculture." *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 363 (1491): 543–55.
- Hommay, G. 2002. "Agriolimacidae, Arionidae and Milacidae as pests in West European Sunflower and Maize". *CABI publishing*
- Hoqui, J. 2013. "La couverture permanente des sols : réponse efficace contre la pollution des eaux". *El Purpan*.
- House, G.J., Parmalee, R.W. 1985. "Comparison of soil arthropods and earthworms from conventional and no-tillage agro-ecosystems;" *Soil Tillage Research* 5 : 351–360.
- Hoitink, H. and Boehm, M. 1999. "Biocontrol within the context of soil microbial communities: a substrate-dependent phenomenon". *Annu. Rev. Phytopathol.* 37 : 427–446
- Husson, O. 2013. "Redox Potential (Eh) and pH as Drivers of Soil/plant/microorganism Systems: A Transdisciplinary Overview Pointing to Integrative Opportunities for Agronomy." *Plant and Soil* 362 (1-2): 389–417.
- INSEE. 2007. "La qualité des eaux", Le développement durable en Midi-Pyrénées : 46 indicateurs, p70-73
- Justes, E. et al. 2012. "Réduire les fuites de nitrate au moyen de cultures intermédiaires : conséquences sur les bilans d'eau et d'azote, autres services écosystémiques." INRA (France), 418p.
- Kreye, H. 2004. "Effects of conservation tillage on harmful organisms and yield of oilseed rape." *Proceedings of the IOBC/WPRS Working Group "Integrated Control in Oilseed Crops"*, Rothamsted, UK, 30-31 March, 2004. Bulletin OILB/SROP 27 : 25-9.
- Kulagowski, R., Joubert, G. and Carlet, F. 2016. "Services écosystémiques et couverts végétaux : profiter de l'interculture pour gérer la flore adventice". *Techniques Culturelles Simplifiées*, 87
- Lacroix, A. 1995. "Des solutions agronomiques à la pollution azotée." *Cahiers de l'agriculture*, Vol 4. N°5
- Le Bissonnais, Y., Arrouays, D. 1997. "Aggregates stability and assessment of soil crustability and erodibility : II Application to humic soils with various organic carbon contents". *European Journal of Soil Sciences* 48 : 39-48.
- Lieth, H. 1975. "Primary Production of the Major Vegetation Units of the World". *Ecological Studies* 14 : 203-215.
- Lindenmayer, D.B. and Fischer, J. 2013. "Habitat Fragmentation and Landscape Change: An Ecological and Conservation Synthesis". *Island Press*.

- Lugtenberg, B. and Kamilova, F. 2009. "Plant-growth-promoting Rhizobacteria". *Annual Review of Microbiology* 63 : 541–556
- Maresse, J. 2015. "Impacts des pratiques culturales avec couverts végétaux et/ou agroforesterie sur la durabilité des fermes et la gestion de l'azote. Cas de cinq fermes du bassin Adour-Garonne", *Mémoire de fin d'étude Agroparistech*
- Mclvor, I., Youjun, H., Daoping, L., Eyles, G. and Pu, Z. 2014. "Agroforestry: Conservation Trees and Erosion Prevention." In *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*, edited by Neal K. Van Alfen, 208–21. Oxford: Academic Press.
- Molope, M.B., Grieve, I.C. and Page, E.R. 1987. "Contributions by Fungi and Bacteria to Aggregate Stability of Cultivated Soils." *Journal of Soil Science* 38 (1): 71–77.
- Morris, N.L., Miller, P.C.H., Orson, J.H. and Froud-Williams, R.J. 2010. "The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops, and the environment—a review." *Soil Tillage Research*.
- Pineda, A. et al. 2010. "Helping plants to deal with insects: the role of beneficial soil-borne microbes". *Trends Plant Sciences*. 15 : 507–514.
- Pimentel, D. and Pimentel, M. 2016. "Sustainability of Meat-Based and Plant-Based Diets and the Environment." *ajcn.nutrition.org*
- Reicosky, D.C., Kemper, W.D., Langdale, G.W., Douglas, C.L. and Rasmussen, P. E.. 1995. "Soil Organic Matter Changes Resulting from Tillage and Biomass Production." *Journal of Soil and Water Conservation* 50 (3): 253–61.
- Rillig, M.C. 2004. "Arbuscular Mycorrhizae, Glomalin, and Soil Aggregation." *Canadian Journal of Soil Science* 84 (4): 355–63.
- Roger-Estrade, J. , Labreuche, J., Richard, G. 2011. "Effets de L'adoption Des Techniques Culturales sans Labour (TCSL) Sur L'état Physique Des Sols: Conséquences Sur La Protection Contre L'érosion Hydrique En Milieu Tempéré." *Cahiers Agricultures* 20 (3): 186–93.
- Rudrappa, T. et al. 2008. "Root-secreted malic acid recruits beneficial soil bacteria". *Plant Physiol.* 148 : 1547–1556
- Song, Y.Y. et al. 2010. "Interplant communication of tomato plants through underground common mycorrhizal networks". *PLoS ONE*. 5 : 1–11
- Techniques culturales simplifiées. 2006. "TCS et semis direct : quelles sont les marges d'économie?." N°36, Janvier/février
- Techniques culturales simplifiées. 2011. "Le glyphosate est-il le 4e pilier de l'AC ?". N°62, mars/avril/mai
- Techniques culturales simplifiées. 2012. "Apprendre à limiter l'utilisation du glyphosate, un enjeu majeur à relever par les réseaux AC." N°68, juin/juillet/août
- Tikhonovich, I. A., and N. A. Provorov. 2011. "Microbiology Is the Basis of Sustainable Agriculture: An Opinion." *Annals of Applied Biology* 159 (2): 155–68.
- Tilman, D., Fargione, J., Wolff, B., D'Antonio, C., Dobson, A., Howarth, R. et al. 2001. "Forecasting agriculturally driven global environmental change." *Science* 292 : 281–284.
- Trewavas, A. 2004. "A Critical Assessment of Organic Farming-and-Food Assertions with Particular Respect to the UK and the Potential Environmental Benefits of No-till Agriculture." *Crop Protection* 23 (9): 757–81.
- Tully, K.L., Lawrence, D. and Scanlon, T.M. 2012. "More trees less loss: nitrogen leaching losses decrease with increasing biomass in coffee agroforests." *Agriculture Ecosystems Environment* 161 : 137–144.
- Unifa. 2005. "Le sol et ses constituants" [en ligne], http://www.unifa.fr/fichiers/cd_ferti/dossiers/pdf/PI/2_SolConstituants.pdf
- Van der Ent, S. et al. 2009. "Priming of plant innate immunity by rhizobacteria and b-aminobutyric acid: differences and similarities in regulation". *New Phytol.* 183 : 419–431
- Van Der Heijden, M.G.A. et al. 2008. "The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems". *Ecological Letters*. 11 : 296–310
- Van Wees, S.C.M. et al. 2008 "Plant immune responses triggered by beneficial microbes". *Current Opinion in Plant Biology* 11 : 443–448
- Vinatier, J-M. et al. 2007. "Synthèse des travaux : des indicateurs pour caractériser la participation des exploitations agricoles d'un territoire au développement durable". *Observatoire Territorial des Pratiques Agricoles (OTPA AAP-CASDAR)*
- Warburton, D.B. and Klimstra, W.D. 1984. "Wildlife use of no-till and conventionally tilled corn fields." *Journal of Soil Water Conservation* 39 : 327–330.

- Witmer, G, Saylor, R. and Huggins, D. 2007. Ecology and management of rodents in no-till agriculture in Washington." *USA Integrative Zoology* 2 : 154-64.
- Wöllecke, J. and Elmer, M. 2008. "Entwicklung biologischer Vielfalt in einer sich verändernden Agrarlandschaft". *Treffpunkt Biologische Vielfalt* 8 : 35–40.
- Young, A. 1997. "Agroforestry for Soil Management". Second ed. CAB International, Wallingford, UK.
- Zhang, W., Taylor, H., Ricketts, J., Kremen, C., Carney, K. and Swinton, S.M. 2007. "Ecosystem services and dis-services to agriculture." *Ecological Economics* 64 : 253-260.

Construction du témoin

- Agreste. 2007. "Prix et coûts de production de six grandes cultures : blé, maïs, colza, tournesol, betterave et pomme de terre". Cahiers 2.
- Agreste n° 75. 2013 "Résultats RICA 2011 Midi-Pyrénées, Analyse Financière."
- Agreste n° 79. 2015 "Résultats RICA 2013 Midi-Pyrénées, Analyse Financière."
- Agreste Midi Pyrénées. 2014 (a). "Les pratiques culturales du blé en 2011." *Agroscope* 4 (Octobre)
- Agreste Midi Pyrénées. 2014 (b). "Les pratiques culturales du Tournesol en 2011." *Agroscope* 6 (Décembre)
- Agreste Midi Pyrénées. 2015 (a). "Les pratiques culturales du Maïs en 2011." *Agroscope*, 9 (Mars)
- Agreste Midi Pyrénées. 2015 (b). "L'énergie dans les exploitations agricoles en 2011 et les CUMA en 2009." *Agroscope*, 8 (Février)
- Chambre Régionale d'Agriculture Midi-Pyrénées. 2013. "Références technico-économiques en système de Grandes cultures (résultats 2011) ."
- Chambre Régionale d'Agriculture Midi-Pyrénées. 2011. "Références technico-économiques en système de Grandes cultures (résultats 2009) "
- DISAR, données en ligne : Surface et rendement en Grandes cultures en Midi-Pyrénées (2010-2014)
- DRAAF Midi-Pyrénées, "Agreste : Mémento édition 2014".

ANNEXES

Annexe 1. : Présentation des principaux outils d'évaluation multicritère des fermes	35
Annexe 2 : Construction des indicateurs	36
Annexe 3. Caractéristiques des fermes suivies personnellement	37
Annexe 4. Occasions prises pour la réalisation des enquêtes non-directives	37
Annexe 5. Structure de la base de données par type de production et mode de conduite	38
Annexe 6. Carte des fermes enquêtées par type de production	38
Annexe 7. Outil de calcul créé pour calculer plus facilement les jours d'interculture	39
Annexe 8. Distribution du rendement dans les fermes Agr'eau	40
Annexe 9. Valeurs retenus pour l'évaluation du témoin Grandes Cultures Midi-Pyrénées	40
Annexe 10. Exemple de coûts d'itinéraires techniques comparés	42
Annexe 11. Exemple de fiche ferme, donnant lieu au recueil d'un témoignage (voir page 2)	43
Annexe 12. Exemple de radar issu d'une évaluation chez un agriculteur du Gers (32)	45
Annexe 13. Illustrations photographiques	45

Annexe 1. : Présentation des principaux outils d'évaluation multicritère des fermes

[Retour au texte](#)

Nom de l'outil	Accès à l'outil	Points forts	Limites
DAESE	Licence et formations payantes	Données simples d'accès. Facile d'utilisation et valorisation modulable en fonction du public	Requiert beaucoup de temps. 128 indicateurs : pas assez synthétique
DIALECTE	Gratuit en ligne mais 1 semaine d'attente pour obtenir ses identifiants	Vision systémique des enjeux environnementaux sur la ferme avec des schémas de flux. Possible de comparer ses résultats avec d'autres enquêtes.	1 journée pour la remplir ; pas d'indicateur économiques, de perturbation du sol, de bilan C et de bilan GES
GRILLE RAD	Gratuit en ligne	Calculs transparents dans une feuille Excel, graphes pré-construits. Prise en main facile.	Manque de spécificité des indicateurs. Pas d'indicateur perturbation du sol ni couverture végétale. Les bilans énergie/GES ne sont pas relatifs au rendement des cultures.
IDEA	Gratuit en ligne Formation gratuite en ligne Nécessité de se procurer l'ouvrage "La méthode IDEA" version 3	Données simples d'accès. Méthode de calcul transparente. Approche systémique de l'exploitation. Outil pédagogique et lisible. Beaucoup de bibliographie sur l'outil.	Indicateurs agrégés qui donnent un score, ce qui est peu parlant et juge l'agriculteur (par exemple « démarche qualité », qui agrègent des notes selon si en AB, Label Rouge, AOC... mais on peut faire des aliments de grande qualité sans ces labels et inversement). L'exploitation se voit donc attribuée une note finale qui est questionable
INDICIADES	Gratuit en ligne Formation par didacticiel gratuite en ligne	Facile d'utilisation. Rapide et synthétique. Indicateurs non agrégés et parlants. Bien adapté à l'agriculture de conservation. Possibilité de se comparer aux autres enquêtes.	Pas de transparence des calculs. Evaluation impossible sur certains systèmes de production (maraichage, viticulture, arboriculture). Seuils identiques pour tous les systèmes de production. Certains indicateurs mériteraient de qualifier des évolutions plutôt que des états (par exemple taux de MO)
INDIGO	Outil destiné aux agronomes, pas accessible aux agriculteurs	Transparence des calculs et méthodes de construction. Exhaustivité. Conditions pédoclimatiques bien prises en compte.	Agrégation des scores en thématiques = perte de transparence. Pas d'économie. Pas d'indicateur de perturbation du sol, de stockage du C et GES. Consommation d'énergie pas ramenée au rendement.
SYSTERRE	Mise à disposition gratuite Formation 1 jour payante	L'outil permet une analyse exhaustive de la durabilité. Temps requis réduit.	Diagnostic limité à une évaluation sortie champ. Pas d'indicateur couverture et perturbation du sol, stockage de C.

Annexe 2 : Construction des indicateurs

[Retour au texte](#) (2.1)

[Retour au texte](#) (3.3.2)

Nom abrégé	Indicateur	Description	Formule	Sources
Couv	% de couverture du sol	Nombre de jours par an où le sol est couvert par une culture ou par les résidus de cultures (=mulch). Exprimée en % de couverture annuelle	$(\Sigma \text{ nombre de jours de sol couvert de la culture} + \text{interculture}) - (\Sigma \text{ nombre de jours de sol nu de la culture}) / 365$	<ul style="list-style-type: none"> - Couvert végétal (OCDE, 2001) - Agricultural and Agri-food, (2005) - Couverture du sol (IRENA, 2002) - Part SAU ayant un couvert 11 mois sur 12 (IDEA, 2003)
Perturb	Indice de perturbation du sol	Indice de travail du sol calculé en fonction de la profondeur de travail et du nombre de passages d'outils agricoles.	$(\Sigma(\text{surface travaillée} \times \text{coefficient d'agressivité} \times \text{Profondeur})) / \text{SAU}$	<ul style="list-style-type: none"> - Tableau de coefficients d'agressivité des outils (ADEME-ARVALIS) - Evaluation des impacts environnementaux des Techniques Culturales Sans Labour (TCSL) en France (ADEME, 2007)
Bilan ener	Bilan Energie	Quantité d'énergie produite sous forme de végétaux, animaux, convertie en Tonne Equivalent Pétrole (TEP) pour l'utilisation d'UNE Tonne Equivalent Pétrole consommée.	$\frac{\text{Tep produites}}{\text{Tep consommées}}$	<ul style="list-style-type: none"> - Eco-productivité secteur agricole (IFEN, 2003) - Bilan énergétique (PLANETE, 1990) - Dépendance énergétique (IDEA, 2003) - Σ consommation d'énergie (IRENA, 2002)
GES	Gaz à effet de serre en Kg eq. Carbone / Tep produite	Quantité de kilogrammes équivalent Carbone (kg eq. C) émises pour chaque Tonne Equivalent Pétrole (TEP) produite (reconversion du rendement tonne en TEP)	$\frac{\text{T eq. C}}{\text{Tep produites}}$	<ul style="list-style-type: none"> - Bilan Carbone des exploitations agricoles (PLANETE, 1990) - Part de l'agriculture dans les émissions de GES (IRENA, 2002) - Emissions brutes GES d'origine agricole (OCDE, 2001) - Production GES (IFEN, 2003)
Stockage C	Stockage de Carbone kg.ha/an	Quantité en Kg de Carbone stocké dans les sols agricoles sous forme de matière organique. K1 dépend de la nature des résidus et K2 des pratiques et du contexte pédoclimatique (type de sol, pluviométrie, températures, taux de MO)	$\text{Biomasse restituée au sol} * K1 * K2$	Modèle de Dupuis- Henin, 1945

Bilan N	Bilan Azote	Quantité d'azote minéral et organique (y compris les engrais verts) restante par hectare après exportation des cultures. Exprimé en kg de N/ha.	Cf. méthode CORPEN	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Bilan minéraux</i> (CORPEN, 1984) - <i>Bilan des minéraux NPK</i> (IDEA, 2003) - <i>Bilan d'azote de l'exploitation</i> (OCDE, 2001) - <i>Bilan azote</i> (IRENA, 2002)
IFT	Indice de Fréquence de Traitement	Indice exprimant la fréquence d'utilisation des produits phytosanitaires (hors adjuvant) par ha de SAU.	(Σ dose appliquée / Dose homologuée) / ha SAU	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Ministère de l'Agriculture</i> www.calcullette-ift.fr - <i>Nombre de traitements à dose pleine par ha</i> (IDEA, 2003) - IFT (Ecophyto 2018) - <i>Consommation de pesticide</i> (IRENA, 2002)
Auto alim	Autonomie alimentaire du troupeau	Quantité totale d'aliments produits sur la ferme (reconvertie en TEP) par rapport à la totalité des aliments consommés par l'élevage (en TEP)	TEP alim. Anim. Prod./TEP conso. Elevage	<ul style="list-style-type: none"> - IDEA - INRA de Theix - Conversion kcal PLANETE ADEME

Annexe 3. Caractéristiques des fermes suivies personnellement

[Retour au texte](#)

Agriculteur	Type de production	Mode de conduite	Pratiques
GJO	Grandes cultures	AB	TCS
FLE	Grandes cultures + bovins lait	Conv	TCS + SD
VBL	Grandes cultures + poulet LR	Conv	TCS +SD
PLA	Grandes cultures et cailles	Conv	SD
SGL	Grandes cultures	Conv	Labour + TCS

Annexe 4. Occasions prises pour le recueil des témoignages

[Retour au texte](#)

Lieu	Type d'acteur
Directement chez les agriculteurs à l'occasion de la réalisation de la méthode Indiciades (5 fermes)	Agriculteurs
Lors de journées bout de champ et de visites en comité restreint (14 visites)	Agriculteurs, agronomes, conseillers de coopérative
Lors de journées techniques et conférences / témoignages (13 journées)	Agriculteurs, agronomes, techniciens Chambre d'agriculture
A l'occasion de journées de formations professionnelles (5 formations)	Agriculteurs

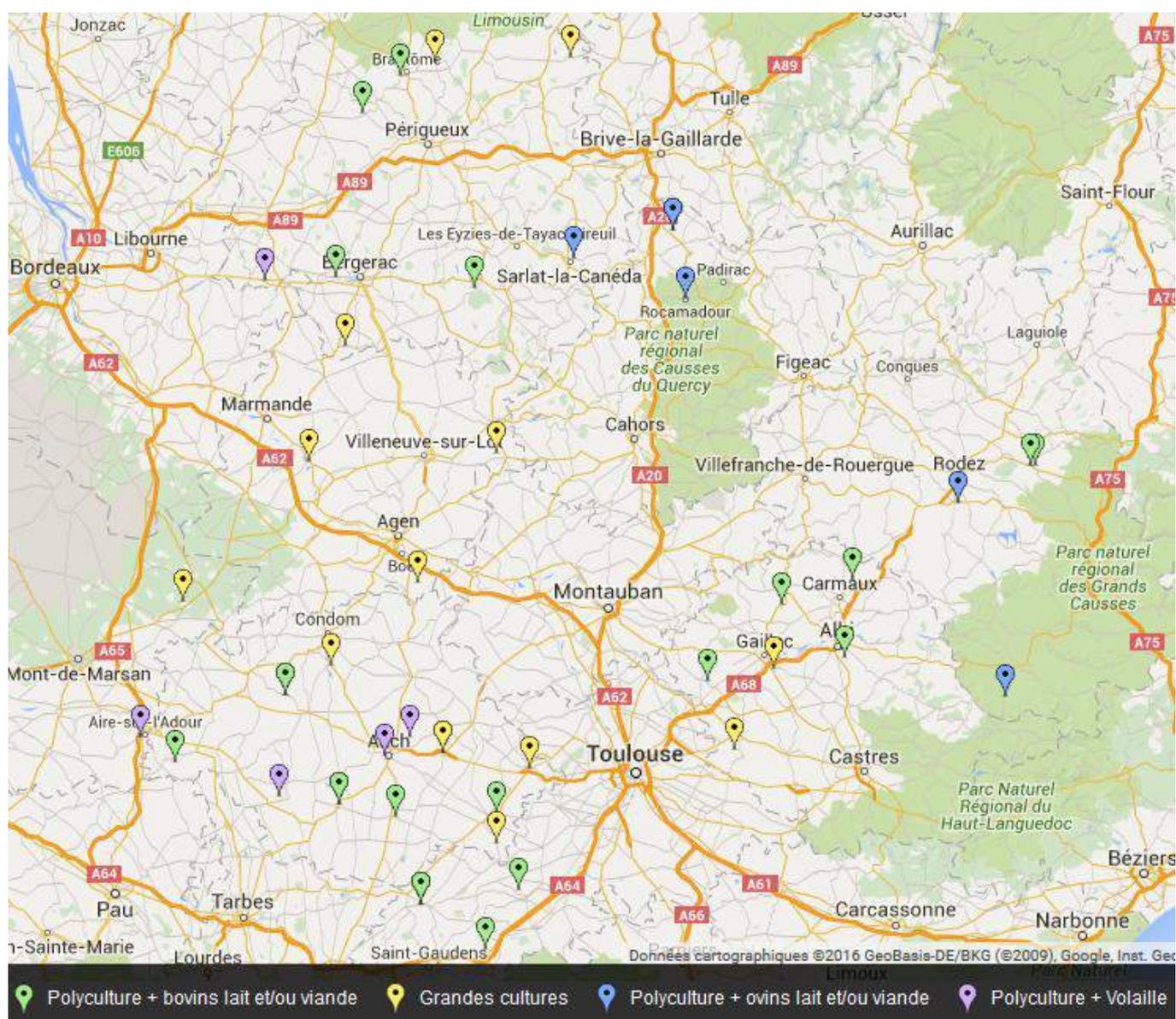
Annexe 5. Structure de la base de données par type de production et mode de conduite

[Retour au texte](#)

Type de production	Mode de conduite		Total
	Conventionnel	AB	
Grandes cultures (GC)	10	7	17
Polyculture + Bovins lait et/ou viande (GC+B)	15	3	18
Polyculture + ovins lait et/ou viande (GC+O)	6	0	6
Polyculture + volailles (GC+V)	5	1	6
Total	36	11	47

Annexe 6. Carte des fermes enquêtées par type de production

[Retour au texte](#)



Récolte année n-1 (récolte précédant la culture sur laquelle on travaille)		Couverts végétaux avant la culture principale de l'année n (attention : comptez les méteils et autres cultures en dérobé à destination de l'alimentation animale comme des cultures à part entière et non comme des CV)							Semis automne - printemps année n (culture récoltée correspondant au bilan comptable sur lequel on travaille)		Infos interculture			
Culture année n-1	Date récolte	Nombre d'ha	Couvert végétal (CV) avant culture suivante année n	Description du couvert	nb d'ha semés avec 1 couvert végétal ou non couverts	date semis couvert	date destruction couvert	Mode de destruction du couvert	Restitution des pailles culture précédente (%)	Nom de la culture suivante (celle sur laquelle on travaille)	Date de semis de la culture suivante	Nb de jours interculture	Type d'interculture	
Maïs	05/10/2014	20	CV suivant 1		10	08/11/2014	10/04/2015		85	soja	12/04/2015	189	Longue	
			Couvert suivant 2										NA	NA
			Couvert suivant 3											NA
			non couvert		10				85	tournesol	15/04/2015	192	Longue	
Blé	15/07/2014	40	Couvert 1		20	12/08/2014	23/03/2015		100	maïs	20/04/2015	279	Longue	
			Couvert 2		10	16/07/2014	07/09/2014		50	colza	10/09/2014	57	Courte	
			Couvert 3										NA	NA
			non couvert		10					80	colza	01/09/2014	48	Courte
Colza	01/09/2014	3	Couvert 1									NA	NA	
			Couvert 2										NA	NA
			Couvert 3										NA	NA
			non couvert		3				100		20/10/2014	49	Courte	

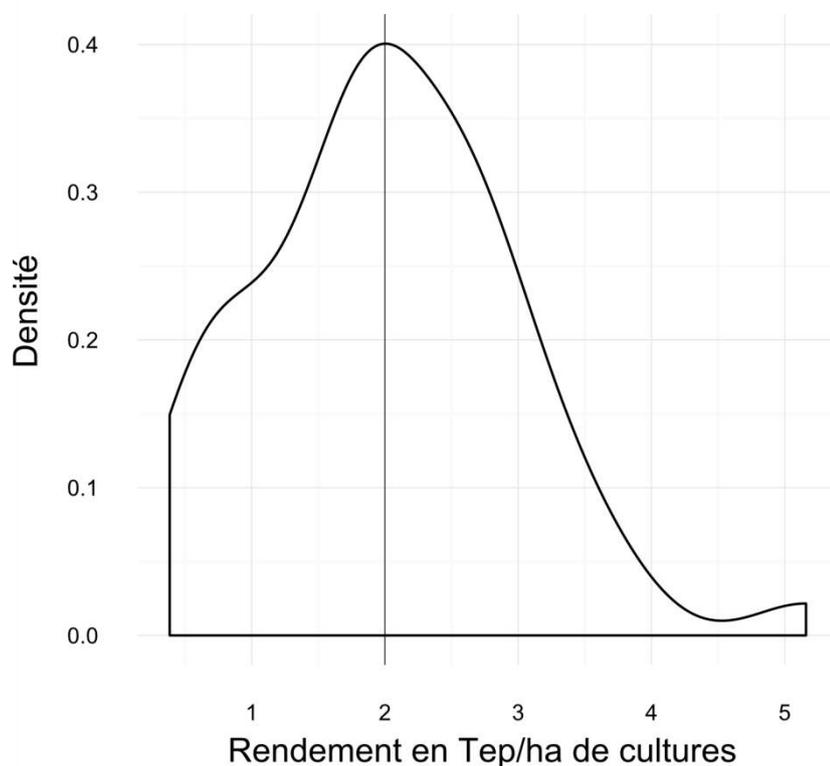
Annexe 7. Outil de calcul crée pour calculer plus facilement les jours d'interculture

[Retour au texte](#)

Intercultures longues (3 mois et +)	
8.12.3 // Surface semée d'un couvert végétal, y compris repousses de colza (en ha)	30
8.12.5 // Restitution au sol des pailles de la culture principale, identifier la surface (en ha)	37
8.12.4 // Si pas de couvert, délai entre la récolte de la première culture et le semis de la suivante (en jours)	192
8.12.11 // Délai entre la récolte de la culture principale et le semis du couvert végétal (en jours)	30
8.12.12 // Délai entre la destruction du couvert végétal et le semis de la culture principale suivante (en jours)	19,33333333
Intercultures courtes (moins de 3 mois)	
8.12.3 // Surface semée d'un couvert végétal, y compris repousses de colza (en ha)	10
8.12.5 // Restitution au sol des pailles de la culture principale, identifier la surface (en ha)	16
8.12.4 // Si pas de couvert, délai entre la récolte de la première culture et le semis de la suivante (en jours)	48,23076923
8.12.11 // Délai entre la récolte de la culture principale et le semis du couvert végétal (en jours)	1
8.12.12 // Délai entre la destruction du couvert végétal et le semis de la culture principale suivante (en jours)	3

Annexe 8. Distribution du rendement dans les fermes Agr'eau

[Retour au texte](#)



Annexe 9. Valeurs retenus pour l'évaluation du témoin Grandes Cultures Midi-Pyrénées

[Retour au texte](#)

		Blé	Maïs	Tournesol
Surfaces	% sole régionale Midi-Pyrénées	30% + 20% autres céréales a paille (blé dur, orge...) (a)	20% (a)	20% (a)
	% sole retenue pour construire le témoin Grandes cultures Midi-Pyrénées	50%	25%	25%
Couverture du sol et intercultures	Date de semis la plus courante	20 octobre (i,e)	15 avril (i,e)	20 avril (j,e)
	Date de récolte la plus courante	15 juillet (i,h)	10 octobre (i,h)	10 octobre (j,h)
	Précédents culturaux en Midi-Pyrénées	50% tournesol, 20% cultures d'hiver (b)	70% de culture d'été dont 62% de maïs ; 30% de cultures d'hiver (c)	89% CAP ; 11% culture d'été (d)
	Durée moyenne pondérée retenue pour la construction des intercultures du témoin	32,4 jours	218 jours	279 jours
Rendement et travail du sol	Rendement (qt/ha)	53 (a)	90 (a)	22 (a)
	Rendement paille et résidus (qt/ha)	40 (h)	100 (h)	40 (h)
	Restitution des pailles au suivant	90% (b)	89% (c)	70% (d)

	Implantation de couverts végétaux / repousses	3%, 16% couvert par des repousses (b)	3% (c)	2% de CV, 12% de repousses du précédent (d)
	% de labour	9% (b)	75% (c)	74% (d)
	% TCS	89% (b)	24% (c)	25% (d)
	%SD	10% (b)	1% (c)	1% (d)
	Nombre de passages de travail du sol + semis	4 (b)	6 (c)	5 (d)
Intrants et énergie	Dose de semis	150 kg/ha (e,f)	80 000 grains soit 27,2 kg (e,f)	65 000 grains soit 4,8 kg/ha (e,f)
	Origine semences	90% certifiée, 10% de ferme (b)	100% certifiées (c)	99% certifiées (d)
	Traitement semences	88% traitées (b)	100% traitées (c)	94% traitées (d)
	IFT tot	2,4 (b,g)	2 (c,g)	1,9 (d,g)
	Fertilisation N U/ha	170 (b)	184 (c)	72 (d)
	Fertilisation P U/ha	66 (b)	69 (c)	65 (d)
	Fertilisation K U/ha	47 (b)	64 (c)	63 (d)
	Irrigation	2% (b)	1555 M3.ha sur 82% des surfaces (c)	2% (d)
	Consommation d'énergie	100 litre de fioul/ha en moyenne (k)		
Econo- mie	Coûts de production euros / ha	1079 (l,m,o)	1207 (l,m,o)	875 (l,m,o)
	Produit brut rdt * prix de vente	882 (l,m,o)	755 (l,m,o)	708 (l,m,o)
	Subventions euros /ha	475 (l,m,o)	419 (l,m,o)	875 (l,m,o)

(a)	DISAR (2014)
(b)	Agroscope (2014)
(c)	Agroscope (2015 a)
(d)	Agroscope (2014)
(e)	Chambre Régionale d'Agriculture Midi-Pyrénées (2014)
(f)	Chambre Régionale d'Agriculture Midi-Pyrénées (2009)
(g)	Agreste (2011)
(h)	à dire d'expert
(i)	Arvalis.info.fr
(j)	Terresinovia.fr
(k)	Agroscope (2015 b)
(l)	RICA (2011)
(m)	RICA (2013)
(o)	Agreste (2007)

Pour les résultats économiques généraux, il y a eu un renversement de situation en 2013 avec une chute du cours de céréales (Agreste n°79, 2015). Nous avons donc fait le choix, étant donné que les fermes enquêtés dans le réseau Agr'eau ont fait l'évaluation entre 2012 et 2016, de faire une moyenne 2011-2013 pour la construction du témoin.

	RICA 2011 Céréales et Oléo-protéagineux Midi- Pyrénées	RICA 2013 Céréales et Oléo-protéagineux Midi- Pyrénées	Moyenne Céréales et Oléo-protéagineux
EBE	60800	28200	44500
EBE/ha	623	292.2	457.6
EBE/UTA	43428.6	18800	31114.4
DPU	32000	30700	31350
%DPU sur l'EBE	53%	109%	81%
Charges hors fermage et investissements	76800	99600	88200
Charges / ha	787	1032	909
Chiffre d'affaire	120000	104800	112400

Annexe 10. Exemple de coûts d'itinéraires techniques comparés

[Retour au texte](#)

Opération	Coûts / ha du matériel (amortissement sur 30 ans, entretien et autres frais financiers)	Consommation de carburant fioul en litre/ha	Exemple d'ITK conventionnel	Exemple d'ITK SCV
Déchaumeur à disque 4m	27	8	X	
Charrue 3 corps	27.6	18	X	
Vibroculteur léger 4m	21.9	10	X	
Herse rotative 3 m	22	10	X	
Rouleau frontal 3m	5.2	5		X
Semoir mécanique monograine 4 rangs	9.4	7.3	X	
Semoir SD pneumatique monograine 8 rangs avec fertilisation micro localisée	14.2	4.3		X
Tracteur 200 chevaux	24		x	
Implantation du couvert	70			x
Coût total d'implantation de la culture de printemps			185 euros/ha	108.7 euros/ha

Source : CAFrance (2015), CA Manche (2008)

FICHE FERME

DE COMMUNICATION ET
D'ACQUISITION DE RÉFÉRENCES TECHNIQUES

agreau
Programme de développement de la couverture
végétale des sols en Adour-Garonne

GRANDES CULTURES ET BOVINS LAIT

Des couverts végétaux pour nourrir le sol et le troupeau

EARL LEGUAY

Sepx (31 360)

LA FERME

Statut juridique : EARL

SAU = 118 ha dont 52 ha en Surfaces Fourragères Principales

Semis Direct et Techniques Culturales Simplifiées

Cultures : blé, maïs ensilage, maïs grains, colza, luzerne, féverole, tournesol, raygrass, prairies permanentes et temporaires

Couverts végétaux : tournesol, sorgho, soja, féverole, pois, vesce, méteil

Elevage : bovin lait (70 vaches Prim'Holstein, production lait = 600 tonnes, stabulation libre sans logette, salle de traite 2 x 5)

Moyen humain : 2 UTH (dont 1 salarié)

Parc matériel :

- semoir direct easydrill
- déchaumeur à dents rigides
- décompacteur
- semoir combiné et herse rotative
- semoir monograine modifié



© Association Française d'Agroforesterie

L'ÉVOLUTION DES PRATIQUES

Le passage au semis direct et aux couverts végétaux s'est fait assez rapidement suite à l'achat d'un semoir direct et à la revente de la charrue. Aujourd'hui, l'objectif serait de pouvoir semer toutes les cultures en direct dans un couvert végétal, y compris le maïs. Cependant, l'agriculteur préfère s'avancer dans ces nouvelles techniques de façon progressive et ne s'interdit pas un recours ponctuel au travail du sol en cas de difficultés (salissement, compaction, nivellement).

LA DÉMARCHÉ

L'objectif des couverts végétaux est multiple, puisqu'il s'agit pour l'agriculteur de gérer l'érosion de ses brousses battants et le salissement des parcelles tout en recherchant un maximum d'autonomie alimentaire de son troupeau. Le semis direct est complémentaire car il permet d'économiser du temps, de réduire les charges de mécanisation et le tassement des sols.

L'HISTORIQUE

Avant 2011 :

2011 : Installation sur la ferme, hors cadre familial, avec 2 associés et 1 salarié

2013 : Début du semis direct et des couverts végétaux

2014 : à la retraite d'un des deux associés

Avenir : Peut-être un atelier canards prêts à gaver pour se diversifier avec des parcours agroforestiers.



LE CONTEXTE PÉDOCLIMATIQUE

Sol : brousses battantes et terresforts

Taux de Matières Organiques : 2,1%

Climat : océanique

Pluviométrie : 900mm

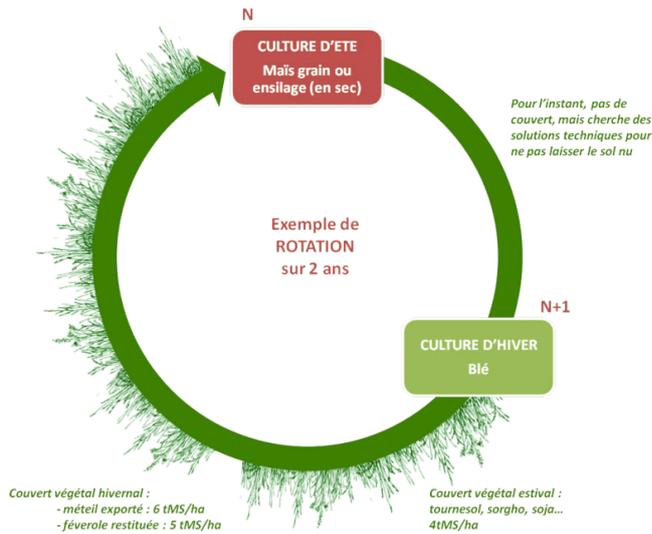
Sécheresse : 30 jours/an

LA RESSOURCE EN EAU

La ferme n'est ni située sur une Zone Vulnérable Nitrates ni sur une Zone de vigilance vis-à-vis des pesticides et des aléas érosifs.

LES COUVERTS VÉGÉTAUX

Les couverts ont pour fonction de nourrir - protéger le sol et de compléter la ration animale. C'est pour cette raison que l'agriculteur cherche à faire deux couverts pendant les intercultures longues : le premier (tournesol, sorgho soja) est entièrement restitué au sol et le second (méteil) est exporté vers l'atelier animal. La question qui se pose aujourd'hui est de savoir comment valoriser l'interculture courte entre un maïs et un blé : une des piste de réflexion serait d'implanter pendant le développement du maïs un trèfle qui couvrirait déjà le sol au moment de la récolte.



ITINÉRAIRE TECHNIQUE

La rotation est à base de blé - maïs non irrigué, avec deux couverts en interculture longue. Le premier est un mélange de soja, sorgho et tournesol, semé en direct dans les chaumes de blé et le second, implanté fin octobre, est soit un méteil pour ensilage, soit une féverole. Le couvert est fauché ou roulé au printemps. L'ensilage du méteil pouvant occasionner des ornières si les conditions au champ ne sont pas bonnes, un décompactage avant le maïs est parfois nécessaire. Pour cette raison, l'agriculteur préférerait généraliser la féverole avant les cultures de printemps et conduire ses méteils dans de la luzerne.

AGROFORESTERIE

L'agriculteur a conservé la grande majorité des ses haies sur la ferme et de nouvelles seront planté à l'automne 2016. Il n'y a pas d'agroforesterie intraparcellaire dans ses champs, mais la question n'est pas exclue notamment sur des terres hydromorphes ou l'arbre pourrait drainer et assainir. Si l'atelier gavage voit le jour, des parcours arborés seront sûrement plantés, avec des noyer à fruits comestibles.

TÉMOIGNAGE DE L'AGRICULTEUR

"La situation de l'agriculture, son ouverture sur les cours mondiaux et l'attente qu'en ont les consommateurs en terme d'environnement et de qualité des produits nous poussent tous les jours à faire plus avec moins, afin de rester compétitif tout en produisant des aliments de qualité. Si l'on ajoute à ce constat la dégradation des sols, on arrive vite à la



conclusion que le semis direct sous couverts végétaux est une réponse à tous ces enjeux. J'ai alors cherché à implanter des couverts et des cultures à moindre coûts, d'où l'investissement dans un semoir spécifique, certes cher à l'achat mais rentable au vu des économies en carburant, en temps et en entretien. Aujourd'hui, le système n'est pas encore parfait mais notre travail reprend son sens, c'est plus technique et il faut constamment se remettre en question. C'est tellement plus passionnant d'être en phase avec notre sol, avec notre terre !"

BLOCAGES DE DÉPART

Il n'y a eu aucun blocage mental pour se lancer, mais il a fallu oser investir dans du nouveau matériel

LEVIERS

Beaucoup de formation avec des agriculteurs et autres partenaires

CONSEILS

Se former, beaucoup et de façon continue. "Aller voir ailleurs ce qui se fait et oser faire le pas."

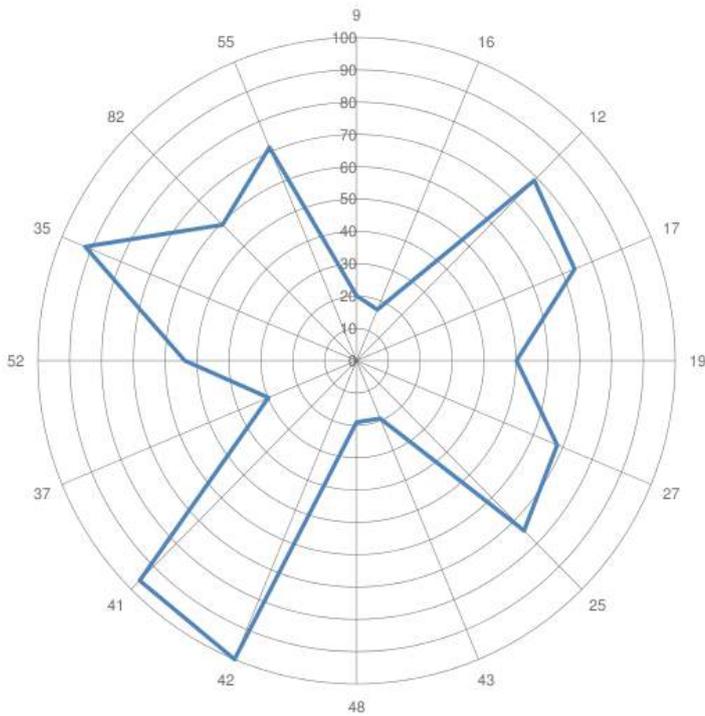
DIFFICULTÉS

Impossible de travailler en CUMA car aucun voisin ne pratique le semis direct

Annexe 12. Exemple de radar issu d'une évaluation chez un agriculteur du Gers (32)

[Retour au texte](#)

Résultat



		Min	Max
9	EBE/ha	402,30	0,01 2000
16	EBE/UTH	28161	0,01 165000
12	Coûts de production €/ha	844,01	2500 400
17	Temps de travail %ETP	88,89	200 50
19	Bilan énergie	10,04	0,01 20
27	Bilan N (kg/ha)	17,77	120 -30
25	IFT par ha de SAU	2,57	10 0,01
43	Rdt TEP/ha de SAU	1,94	0,01 10
48	Rdt TEP/ha de cultures	1,92	0,01 10
42	Couverture du sol %	100	0,01 100
41	Perturbation du sol	0,09	2 0,01
37	MO %	2,70	0,01 9
52	Utilisation du sol ha/TEP	0,52	1 0,10
35	GES (Kg CO2/TEP)	313,90	4000 0,01
82	Bilan Carbone	755,63	-4000 4000
55	Diversité des cultures	5	0,01 7

 Les indicateurs

Annexe 13. Illustrations photographiques

Semis direct sous couvert vivant de féverole et avoine dans une des fermes pilote. Crédit : CAB



Erosion et croute de battance sur semis de printemps / protection du sol par un mulch



Modification des équilibres champignons / bactéries dans les parcelles en SCV

