



HAL
open science

Gestion durable de la fertilité des sols : étude des pratiques innovantes des maraîchers biologiques diversifiés du Grand Ouest

Vincent Le Cam

► **To cite this version:**

Vincent Le Cam. Gestion durable de la fertilité des sols : étude des pratiques innovantes des maraîchers biologiques diversifiés du Grand Ouest. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. dumas-02345474

HAL Id: dumas-02345474

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02345474>

Submitted on 4 Nov 2019

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

AGROCAMPUS
OUEST

CFR Angers

CFR Rennes



<p>Année universitaire : 2018 - 2019</p> <p>Spécialité/Mention :</p> <p>Horticulture</p> <p>Spécialisation/Parcours :</p> <p>Ingénierie des Productions et Produits de l'Horticulture (I2PH)</p>	<p>Mémoire de fin d'études</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage</p> <p><input type="checkbox"/> de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage</p> <p><input type="checkbox"/> d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)</p>
---	---

Gestion durable de la fertilité des sols : étude des pratiques innovantes des maraîchers biologiques diversifiés du Grand Ouest

Par : Vincent LE CAM

Soutenu à Angers (49) le 06/09/2019

Devant le jury composé de :

Président : Emmanuel GEOFFRIAU

Patrice CANNAVO, Agrocampus Ouest

Maître de stage : Maëla PEDEN, GAB56

Philippe MOREL, INRA IRHS

Enseignant référent : René GUENON

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation
«Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France»
disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>



Remerciements

Ce mémoire marque l'arrivée au bout de la « dernière ligne droite » comme on me l'a souvent rappelé, une sorte de ticket de péage de plus de 80 pages en quelque sorte. Il est donc pour moi grand temps de remercier toutes les personnes croisées le long de cette belle et joyeuse route de 5 années d'études, ponctuée par une dernière étape bretonne de 6 mois dont ce mémoire est le résultat.

En premier lieu, je voudrais chaleureusement remercier ma maîtresse de stage, Maëla Peden, pour m'avoir permis d'effectuer ce stage de fin d'études, pour avoir été disponible tout au long de ces 6 mois, pour sa bonne humeur et pour m'avoir impliqué pleinement dans ses activités de conseillère technique maraîchage. Ce dernier stage aura été pour moi la « (tomate) cerise sur le gâteau » tant au niveau des connaissances techniques qu'il m'a apporté que de l'expérience humaine qu'il a constitué. Tout ce (et ceux) que j'ai pu rencontrer dans le cadre de ce stage m'ont conforté dans ma passion du maraîchage biologique, et je pense que dans mon cas, on ne pouvait rêver meilleure mission que de sillonner les routes bretonnes (oui le 44 c'est la Bretagne) à la rencontre des maraîchers et maraîchères avec leurs systèmes tous aussi différents et intéressants les uns que les autres.

Un grand merci également à Goulven Maréchal et Antonin Le Campion, les coordinateurs du projet PERSYST, pour leur disponibilité permanente, avec lesquels travailler a été un véritable plaisir et qui portent sur leurs épaules un beau projet aux résultats prometteurs. Merci également aux autres membres du comité technique du projet qui ont su être toujours de bon conseil et de bonne humeur !

Merci également à Coralie, qui a réalisée la partie des enquêtes dans le Finistère, pour la qualité de son travail et avec qui collaborer a également été un vrai plaisir.

Que serait cette étude sans les 27 maraîchers.ères qui m'ont accueilli dans mon tour d'horizon breton (et *gast* qu'il est beau) ? A leur rencontre je voudrais adresser des remerciements très appuyés pour le temps qu'ils m'ont accordé à la pire période de leur saison (seulement 1 refus, j'ai encore du mal à y croire), leur bonne humeur, les échanges passionnant que nous avons eu tantôt autour du tas de compost tantôt sur les semis de carotte, et surtout pour la foi dans les valeurs qu'ils et elles défendent au quotidien. Ces rencontres ont confirmé mon envie d'être un jour l'un des leurs. Attention particulière à la charlotte aux fraises d'Odette qui aurait méritée d'être l'objet d'un mémoire à part entière.

A titre professionnel ou personnel on sait plus trop, il me paraît incontournable de faire une « spéciale dédicace » à toute l'équipe du GAB56 qui m'a réservé le meilleur des accueils imaginable et qui a même réussi à supporter mes blagues (je ne veux pas balancer mais certains en font des pires). La bonne humeur qui régnait dans les locaux de Locqueltas était l'une des raisons pour lesquelles venir au boulot était toujours un plaisir ! Et devrait le rester pour un mois de plus...

A titre personnel et plus du tout professionnel là pas de doute, je voudrais simplement remercier les « potes », toutes ces personnes incroyables rencontrées pendant ces années INHpiennes, elles aussi incroyables avec un gros « big up » à la bande de la Colocafion bien évidemment. L'âme de cette école est portée par ce type de personnes et j'espère qu'elle le restera malgré les regroupements, fusions ou liquidations, bref on n'arrive plus trop à suivre...

Ce mémoire est aussi forcément l'occasion pour moi de remercier mes parents qui ont toujours tout fait pour que je puisse suivre mes passions, merci à tous les deux !

Enfin, un merci final à la Thibauderie pour son hospitalité dans les derniers temps de la rédaction de ce mémoire, et surtout à son unique habitante pour son soutien de tous les instants.

Ah oui si ! Merci à François, parce que merci à François.

Table des matières

Glossaire	
Liste des abréviations	
Table des annexes	
Table des illustrations	
Introduction	1
I. Contexte et enjeux de l'étude : les maraîchers diversifiés bio bretons face au défi d'une gestion durable de la fertilité des sols	2
I.1. La fertilité des sols : délimitation du concept et enjeux principaux	2
I.1.a. Délimitation du concept et de ses principales composantes	2
I.1.b. Les enjeux actuels et futurs	3
I.2. Le maraîchage biologique diversifié et ses enjeux	4
I.2.a. Le système maraîcher biologique diversifié « dominant » et ses problématiques	4
I.2.b. Les systèmes maraîchers biologiques diversifiés face aux enjeux d'une gestion durable de la fertilité des sols	5
I.3. Le projet PERSYST-maraîchage : une réponse nécessaire et adaptée aux problématiques des maraîchers biologiques diversifiés	8
I.3.a. Les enjeux du projet et ses différentes phases	9
I.3.b. Les agriculteurs au centre du projet	9
I.3.c. Les attentes vis-à-vis de l'étude	10
II. Matériel et méthodes	11
II.1. La démarche de la « traque à l'innovation » adaptée au projet	11
II.1.a. Les pratiques innovantes recherchées et leur phase de repérage	11
II.1.b. Phase d'enquête sur les fermes	12
II.2. Méthodes de traitement des données récoltées	14
II.2.a. Construction d'une typologie de pratiques	14
II.2.b. Analyse de données collectées par type de pratiques	15
II.3. Formulation des hypothèses	16
III. Résultats	17
III.1. Typologie des pratiques innovantes rencontrées	17
III.2. Des motivations pour innover qui divergent selon les pratiques	23
III.3. Temps de recul sur les pratiques et ancienneté des maraîchers	24
III.4. Retours critiques des producteurs selon les types de pratiques	25
III.4.a. Satisfaction vis-à-vis du rendement	26
III.4.b. Satisfaction vis-à-vis du temps de travail	26
III.4.c. Satisfaction vis-à-vis de la pénibilité physique	28
III.4.d. Satisfaction vis-à-vis de la pénibilité morale	29
III.4.e. Impacts des pratiques sur les achats de matières fertilisantes	30

III.4.f. Impacts des pratiques sur les achats de produits phytosanitaires	31
III.4.g. Satisfaction vis-à-vis de la rentabilité économique	32
III.4.h. Impacts constatés des pratiques sur la qualité du sol	34
III.4.i. Satisfaction générale sur les pratiques innovantes repérées	35
IV. Discussion	36
IV.1. Des manières d'innover diversifiées qui reposent sur différents objectifs.....	36
IV.2. Réponse des pratiques repérées aux enjeux priorités dans le projet PERSYST-Maraîchage	37
IV.3. Limites de l'étude	37
IV.4. Optimisation et diffusion des pratiques innovantes rencontrées	38
Conclusion	39
Bibliographie	41
Sitographie	45
Annexes	46

Glossaire

Amendement organique : « Apport d'origine organique (animale et/ou végétale) dont le but est d'améliorer les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol » (Faure *et al.*, 2018)

Engrais organique : « Les engrais organiques ont clairement un objectif de fertilisation directe des cultures. L'intérêt des engrais organiques réside, outre dans leur richesse en N, P et/ou K, dans la disponibilité de ces éléments » (Rey *et al.*, 2015)

Humus : « Fraction de la matière organique du sol transformée par voie biologique et chimique, de couleur foncée et plus ou moins stable. L'humus *sensus-stricto* résiste plus ou moins à la biodégradation et est lié aux argiles. » (Mathieu et Lozet, 2011).

Matière organique : « Dans le sol, matériaux principalement d'origine végétale, provenant de la flore naturelle ou apportée par l'homme et s'infiltrant dans les horizons superficiels du sol. Ces matériaux en s'altérant donnent naissance à l'humus » (Mathieu et Lozet, 2011).

Pratique culturale : Regroupe les actions réalisées dans le cadre de la conduite de culture sur une exploitation agricole

Pratiques innovantes : « Elles peuvent être des combinaisons nouvelles de techniques et de cultures existantes ou consistées en l'introduction de nouvelles techniques et cultures dans les systèmes de culture de l'exploitation » [1]

Structure du sol : « Façon selon laquelle sont agencées naturellement et durablement les particules élémentaires (sables, limons, argiles, matières organiques ou débris végétaux), en formant ou non des volumes élémentaires macroscopiques appelés agrégats. C'est donc la façon selon laquelle cet horizon se subdivise ou s'organise en agrégats » (Baize et Jabiol, 2012).

Système de culture : « C'est un ensemble de modalités techniques mises en œuvre sur des parcelles traitées de manière identique. Chaque système de culture se définit par la nature des cultures, leur ordre de succession (rotation) et les itinéraires techniques appliqués à ces différentes cultures » (Sébillotte, 1990).

Liste des abréviations

Bio : définit que l'objet auquel il renvoie (produit ou entité) respecte le cahier des charges de l'Agriculture Biologique tel que définit par le guide de lecture français du règlement européen en la matière (2018/848)

FRAB : Fédération Régionale des Agriculteurs Biologiques de Bretagne

GAB : Groupement des agriculteurs biologiques (un par département du territoire de l'étude 22, 29, 35, 44 et 56)

GIEC : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (IPCC en anglais)

MO : Matière Organique

Tables des Annexes

Annexe I : Exemple de typologie des systèmes maraîchers à partir de Argouarc'h (2008)	46
Annexe II.a: Usage des différentes natures de matières fertilisantes utilisées par les 176 maraîchers interrogés dans le cadre du travail de thèse d'Antonin Pépin, INRA, 2019	47
Annexe II.b : Types de travail de sol utilisé par les 176 maraîchers interrogés dans le cadre du travail de thèse d'Antonin Pépin, INRA, 2019	47
Annexe III : Exemple de fiche technique récapitulative synthétique par type de pratique réalisée dans le cadre du stage.....	48
Annexe IV: Exemple de fiche technique récapitulative réalisée pour chaque ferme enquêtée dans le cadre du stage.....	50
Annexe V : Pré-questionnaire utilisé lors du premier contact téléphonique avec les producteurs repérés	53
Annexe VII : Postulats formulés dans le cadre de la sélection des variables discriminantes pour la typologie de pratiques réalisée	71
Annexe VIII : Liste des variables discriminantes retenues et définition de leurs différentes modalités	72
Annexe IX.a : Représentation graphique des variables selon les deux dimensions principales de l'ACM réalisée pour la typologie de pratiques rencontrées	73
Annexe IX.b : Représentation graphique des modalités selon les deux dimensions principales de l'ACM réalisée pour la typologie de pratiques rencontrées	73
Annexe X : Thématiques principales à traiter dans la suite du projet PERSYST-Maraîchage selon les producteurs interrogés.....	74

Tables des Illustrations

Figures

Figure 1: Résultats d'enquête sur l'utilisation des amendements et engrais organiques en maraîchage Bio dans le 44(GAB44, 2018)	5
Figure 2: Schéma conceptuel des effets du travail du sol sur les organismes vivants du sol, les fonctions et services écosystémiques (Bouthier et al., 2014).....	6
Figure 3: Influence des différentes intensités de travail de sol sur les vers de terre (Berner <i>et al.</i> , 2013).....	7
Figure 4: Les 4 phases du projet PERSYST-Maraîchage (Auteur à partir de Maréchal, 2019)	9
Figure 5: Démarche de la traque à l'innovation (Meynard <i>et al.</i> , 2016).....	11
Figure 6: Carte de répartition des fermes enquêtées sur le territoire d'étude (auteur)	12
Figure 7: Schéma de synthèse de l'adaptation du concept de « traque à l'innovation » au projet PERSYST-Maraîchage et ses objectifs (auteur à partir de Lamé, 2015).....	14
Figure 8: Schémas des différentes étapes de la méthodologie retenue dans le traitement et l'interprétation des données (auteur)	17
Figure 9: Arbre hiérarchique obtenu par HCPC à partir des résultats de l'ACM (auteur).	18
Figure 10 : Distribution de l'ancienneté des exploitants par type de pratique (auteur)	25
Figure 11 : Distribution du temps de recul par type de pratique (auteur)	25
Figure 12: Synthèse de la satisfaction vis-à-vis des rendements (auteur).....	26
Figure 13: Synthèse de la satisfaction vis-à-vis du temps de travail (auteur)	27
Figure 14: Synthèse de la satisfaction vis-à-vis de la pénibilité physique (auteur)	28
Figure 15: Synthèse de la satisfaction vis-à-vis de la pénibilité morale (auteur)	29
Figure 16: Synthèse de l'impact des pratiques innovantes sur les quantités de matières fertilisantes achetées (auteur)	30
Figure 17: Synthèse de l'impact des pratiques innovantes sur les quantités de produits phytosanitaires achetées (auteur).....	32
Figure 18: Synthèse de la satisfaction vis-à-vis de la rentabilité économique (auteur)	33
Figure 19 : Synthèse de la satisfaction générale vis-à-vis des pratiques innovantes (auteur)	35

Tableaux

Tableau 1: Liste des types de leviers mobilisables dans les pratiques innovantes recherchées (auteur à partir de Maréchal, 2019).....	12
Tableau 2: Hypothèses formulées à propos des résultats attendus (auteur).....	16
Tableau 3: Lien entre la variable "classe" et les autres variables qui composent le jeu de données dans la classification HCPC (auteur)	18
Tableau 4 : Représentativité des modalités au sein de chaque classe de fermes qui ont défini les types de pratiques innovantes (auteur).....	22
Tableau 5: Synthèse des objectifs des producteurs dans la mise en place de pratiques innovantes (auteur)	23
Tableau 6: Synthèse des impacts constatés sur la qualité du sol (auteur)	34

Introduction

Le sol a parfois été décrit comme « l'allié silencieux de l'humanité » dans le sens où il est considéré comme une ressource vitale qui contribue, entre autres, à produire des cultures nutritives et filtrer des dizaines de milliers de km³ d'eau chaque jour (FAO, 2015). Naturellement, ce sol n'est pas dans un équilibre stable et il est le siège de l'évolution de certains de ses paramètres physiques, chimiques et biologiques. L'agriculture, activité dont il est le support, peut inverser des évolutions, les accélérer ou encore les provoquer de telle sorte que certaines de ces évolutions peuvent remettre en cause le potentiel agricole du sol ou autrement dit sa fertilité (Doré *et al.*, 2008).

Des enquêtes menées entre 2005 et 2006 auprès de divers experts du sol, ont mis en lumière un état des lieux plutôt négatif de la fertilité des sols en France et des inquiétudes quant à son évolution (Chitrit *et al.*, 2011). Cette étude insiste également sur l'importance de l'adaptation des pratiques agricoles pour les rendre plus adéquates à son maintien et à son amélioration. Dans leur livre « *Les clés des champs: l'agriculture en questions* » Doré, Réchauchère et Shmidely (2008) insistent sur le fait « qu'il est impératif de mettre au point des modes de production agricole qui permettent de préserver ce capital qu'est le sol ».

Les pratiques actuellement majoritaires sont encore celles du modèle agricole conventionnel intensif, qui s'est fortement développé au cours des décennies passées. Cette agriculture où les apports d'origine organique ont été peu à peu remplacés par les engrais synthétiques, a entraîné de nombreux problèmes sur la fertilité des terres agricoles, notamment en termes de chute du taux de matière organique occasionnant une grande sensibilité au phénomène d'érosion due à une perte de stabilité structurale (Robert et Stengel., 1999). A l'heure actuelle, 18% des sols français de métropole (dont une partie sont des terres agricoles), présentent déjà un aléa d'érosion de moyen à très fort [2]. Ces dernières années en France, peu de pratiques culturelles engendrant une meilleure gestion de la fertilité des sols se sont développées, à l'exception notamment de l'Agriculture Biologique (AB) (Chitrit *et al.*, 2011).

En rupture avec les objectifs de l'agriculture conventionnelle intensive, le cahier des charges de l'AB prévoit que la conduite des productions végétales soit basée sur « l'amélioration constante de la fertilité et de l'activité biologique des sols et privilégie l'apport d'amendements organiques, il s'agit de nourrir le sol pour nourrir la plante » (Rey *et al.*, 2015). Selon l'Agence Bio (2019a), entre 2003 et 2018, le nombre d'exploitation en mode de production biologique a quasiment quadruplé en passant de 11 359 à 41 623 fermes ce qui représente aujourd'hui 9,5% du total français. Rien que sur une région très agricole comme la Bretagne, le nombre d'exploitation a augmenté de plus de 50% entre 2008 et 2018 (Agence Bio, 2019b). C'est d'ailleurs une évolution encourageante dans un contexte où la France voit son nombre d'agriculteurs diminuer progressivement (Galais, 2018).

Dans cette évolution consécutive de la filière AB, la part représentée par les exploitations produisant du légume frais est non négligeable puisque qu'elles représentaient 24% des 28 884 fermes agrobiologiques en 2015 [3]. Au sein de cette filière, on retrouve le maraîchage diversifié qui a été marqué ces dernières années par un nombre important d'installations du fait de son faible besoin en surface de terres et d'investissements initiaux ainsi que de la possibilité de développer des circuits courts (Marquet et Gomez, 2015).

Du fait de la grande diversité de cultures et de l'intensification de la production sur une surface restreinte, le maraîchage Bio diversifié rime souvent avec une utilisation intensive du sol par des interventions répétées de travail du sol et des apports de fertilisants organiques rapidement dégradés (Projet SEFerSol, 2015). Avec l'explosion du marché de la Bio dont la production a doublé sur les 5 dernières années (Agence Bio, 2019a), ces pratiques ont été souvent justifiées par des bienfaits attendus sur la quantité et la qualité des produits mais à court et moyen terme, des risques de diminution de la fertilité du sol sont envisageables (Thibault et Lecompte, 2018). Ce constat amène à se poser des questions : existe-t-il des pratiques agricoles alternatives à celles évoquées et quelles

sont-elles ? Permettent-elles à la fois de répondre aux exigences des producteurs tout en ayant un effet positif sur le maintien ou l'augmentation de la fertilité des sols ?

C'est dans ce contexte que la Fédération Régionale des Agrobiologistes de Bretagne (FRAB) a décidé de mettre en œuvre le projet PERSYST-Maraîchage. Celui-ci a pour objectif principal d'apporter des éléments de réponse crédibles aux problématiques citées précédemment en construisant et expérimentant de nouveaux systèmes de cultures regroupant des pratiques considérées innovantes. Cette étude concerne la première phase de ce projet et consiste à repérer ces pratiques innovantes sur les fermes maraîchères Bio du Grand Ouest de la France et à en faire une première caractérisation. On tentera d'apporter des éléments de réponse aux questions suivantes : **De quelles manières et selon quels objectifs les maraîchers bio du Grand-Ouest innovent-ils dans la gestion de la fertilité de leur sol ? Comment ces pratiques répondent-elles à leurs attentes ?**

Pour répondre à ces questions, dans un premier temps seront détaillés les éléments de contexte ainsi que les enjeux de l'étude. Dans une seconde partie, une présentation de la démarche retenue pour l'enquête auprès des maraîchers sera faite ainsi que pour l'analyse des données récoltées. Enfin, dans une troisième partie, on caractérisera les types de pratiques rencontrées et les différents degrés de satisfaction qu'elles procurent aux producteurs qui les mettent en place.

I. Contexte et enjeux de l'étude : les maraîchers diversifiés bio bretons face au défi d'une gestion durable de la fertilité des sols

I.1. La fertilité des sols : délimitation du concept et enjeux principaux

I.1.a. Délimitation du concept et de ses principales composantes

Dans les années 60, le scientifique Ernst Klapp avait défini la fertilité du sol comme « sa capacité naturelle et durable à assurer la production végétale », ce qui sous-entend que le sol doit pouvoir fournir à la plante ce dont elle a besoin pour croître sans avoir recours à des intrants et en fournissant des rendements stables (Berner et al., 2013). D'ailleurs, les principes de l'AB vont théoriquement dans ce sens, l'objectif est de « nourrir le sol pour nourrir la plante » en évitant de « court-circuiter » le compartiment sol en apportant directement des engrais solubles directement assimilables par les cultures (Rey et al., 2015). Yves Hérody (2014), dans l'approche de la gestion de la fertilité des sols qu'il a développé, qualifie cette démarche d' « optimisation » dans laquelle on cherche à produire en « optimisant les fonctions naturelles du sol » c'est-à-dire surtout en gérant de manière adaptée l'activité microbienne qui rend disponible les éléments du sol à la plante. En opposition, on trouve l'agriculture de « substitution » qui cherche à remplacer dans le sol ce qui manque pour la plante. Selon cette même approche, c'est bien l'agriculture d'optimisation qui est la plus durable et la plus rentable car plus autonome, tout en étant moins dépendante aux achats extérieurs (Hérody, 2014).

Depuis environ deux siècles, l'assimilation de la fertilité à une simple notion de richesse chimique du sol en différents nutriments était cependant la plus répandue (Sébillote, 1992). Mais à l'heure actuelle c'est plutôt l'efficacité des métamorphoses des éléments nutritifs qui revient au premier plan comme mesure de la fertilité des sols (Berner et al., 2013), car on s'aperçoit que cette fertilité est le résultat de l'expression des composantes biologiques, physiques et chimiques des sols et de leurs interactions qui influencent notamment ce cycle des nutriments (Recous et al., 2015). Selon certaines sources, on peut même faire une distinction entre :

- la fertilité biologique des sols : « Aptitude des sols à apporter les éléments essentiels à la croissance des végétaux par l'action des organismes vivants (animaux, insectes, champignons, parasites) ayant des inter-relations complexes et qui se nourrissent de débris végétaux ou animaux »[4]
- la fertilité physico-chimique des sols : « capacité d'un sol à fournir aux plantes tous les éléments nécessaires à leur croissance : l'eau et les différents éléments minéraux »[5]. On y regroupe des

caractéristiques du sol comme sa texture, sa structure, son pH, son taux de MO, sa teneur en nutriments, etc. (Chaussod, 1996).

Cette approche analytique est tout de même assez simplifiée car, on le rappelle, ces composantes physiques, chimiques et biologiques ne sont pas additives mais bien interactives (Chaussod, 1996). De bonnes conditions physico-chimiques (circulation de l'air et de l'eau, température et pH) vont favoriser une bonne activité biologique qui en retour va engendrer de bonnes conditions physico-chimiques (formation pores et agrégats dans le sol, humification de la MO, minéralisation de la MO et donc libération de nutriments pour les plantes, etc.). On peut alors parler de « cercle vertueux du fonctionnement du sol » essentiel au bon développement des cultures (GAB44, 2018). Il est donc difficile d'aborder la notion de fertilité biologique indépendamment des autres facteurs et vice versa (Chaussod, 1996) même si dans l'approche de l'agriculture biologique ce sont bien ces processus biologiques qui sont principalement garants de cette fertilité des sols (Projet SEFerSol, 2014).

1.1.b. Les enjeux actuels et futurs

En s'écartant d'une vision purement agronomique de la fertilité des sols et en prenant en compte sa complexité, on se rend bien compte des fonctions que le sol remplit : production alimentaire, production de biomasse, stockage de carbone, réservoir d'eau et de biodiversité, etc. (Chitrit et Gautronneau, 2011). D'ailleurs, la gestion durable des sols cultivés, est l'un des leviers principaux mis en avant par le récent rapport du GIEC pour lutter contre le réchauffement climatique via le stockage de carbone dans le sol, tout comme l'initiative « 4 pour 1000 » lancée par la France lors de la COP21. L'objectif est aussi de prévenir et réduire la dégradation des terres (qui libère certains gaz à effet de serre) tout en maintenant leur productivité et même dans certains cas en inversant localement les impacts négatifs du réchauffement climatique sur la dégradation des sols (IPCC, 2019). Si l'exploitation des terres agricoles continue de s'intensifier comme c'est le cas depuis 1950, cette dégradation des sols devraient s'intensifier et surtout engendrer des problèmes d'érosion, de baisse des teneurs en MO et de perte de biodiversité du sol (Girard et al., 2011). D'ailleurs, Lydia et Claude Bourguignon font remarquer dans « Manifeste pour une agriculture durable » (2017) que la perte de fertilité des sols suit toujours les mêmes étapes : la dégradation d'abord biologique (perte de biodiversité), puis chimique (baisse du taux de MO, perte des éléments nutritifs et acidification) et enfin la dégradation physique du sol (érosion).

Parmi ces trois phénomènes néfastes pour le maintien de la fertilité des sols, l'érosion et la perte de biodiversité sont intimement liés au maintien de la qualité de la structure des sols. En effet, elle établit les conditions qui impactent la biodiversité qui s'y trouve (circulation de l'eau, de l'air et des nutriments). En retour, l'activité biologique peut améliorer la qualité structurale du sol en fonction de la quantité de matière organique (MO) dans le sol (sa source de nourriture), de sa texture et de ses conditions d'humidité. (Girard et al., 2011). Dans les sols travaillés, cette structuration à l'origine naturelle est constamment modifiée, voire fabriquée par le travail des outils qui casse et émiettent et par d'autres qui compactent (Mathieu et Lozet, 2011) et l'action bénéfique des organismes du sol est alors quasi nulle car leur activité est fortement perturbée (Bouthier et al., 2014). Enfin, la teneur en MO du sol est aussi un enjeu majeur car elle peut amener une meilleure stabilité structurale dans des sols pauvres en argile, alors que dans le cadre d'un sol riche en argile et très susceptible à la compaction naturelle, elle permet de diluer ces argiles et d'avoir une meilleure aération du sol (Girard et al., 2011). La MO stable ou humus joue également un rôle important en protégeant les agrégats du sol de la délitation et limite donc les phénomènes d'érosion et de battance (Berner et al., 2013). Aujourd'hui le constat est que les sols cultivés en Europe ont en moyenne vu leur taux de MO divisé par 2 depuis 1950, et lorsque la teneur en MO chute, la faune qui s'en nourrit disparaît (Bourguignon, 2017).

Dans un contexte où l'utilisation des produits phytosanitaires, même ceux utilisables en AB, est de plus en plus critiquée pour son impact très néfaste sur l'environnement et la santé humaine (Doré et al., 2008 ; Giraud et Raheer, 2014), la fertilité du sol, par sa composante biologique, a un rôle important

à jouer. En effet, certaines populations de microorganismes permettent une réduction des fréquences d'infections racinaires, soit en exerçant une action antagoniste sur les populations phytopathogènes d'origine telluriques, soit en stimulant les défenses des plantes (Girard et al., 2011). De même, un sol offrant une fertilisation optimale à une culture permet d'éviter des problèmes sanitaires (Berner et al., 2013 ; Rey et al., 2015 ; Chaboussou, 1985).

On comprend donc que les enjeux autour de la fertilité des sols sont multiples et surtout interdépendants, la vie du sol semblant apparaître comme au centre de ces interactions car, « dans un sol sain, les êtres vivants qui l'habitent transforment efficacement les engrais en rendements impressionnants, fabriquent de l'humus, protègent les plantes contre les maladies et rendent le sol grumeleux » (Berner et al., 2013).

On retiendra donc ici que la définition de la fertilité des sols est basée sur l'interaction de multiples paramètres. Cette fertilité et sa gestion représentent un enjeu majeur pour limiter les changements climatiques, ainsi que pour le maintien d'une production agricole durable, même si les pratiques agricoles actuelles et majoritaires ne prennent pour l'instant pas en compte tous les moyens pour assurer cette fertilité dans le futur. La dégradation de la composante biologique du sol étant la première étape de sa dégradation générale, les pistes à suivre pour la préserver sont à prioriser.

1.2. Le maraîchage biologique diversifié et ses enjeux

Les systèmes maraîchers Bio diversifiés sont l'objet de cette étude. Après cette revue des enjeux autour de la gestion de la fertilité des sols à plus large échelle, nous allons maintenant voir leur traduction à l'échelle de ce type de systèmes après avoir délimité le système maraîcher Bio diversifié le plus répandu, que nous appelleront « dominant » (Salembier et Meynard, 2013).

1.2.a. Le système maraîcher biologique diversifié « dominant » et ses problématiques

Concernant les caractéristiques structurelles, on peut définir une exploitation maraîchère Bio diversifiée du Grand Ouest de la France comme étant une ferme avec une surface assez réduite de 0,5 à 2ha de cultures légumières selon Argouarc'h (2008) (annexe I), même si dans les faits il est fréquent de trouver des exploitations de ce type allant jusqu'à 6ha. Toujours selon Argouarc'h (2008), 5 à 20% de cette surface cultivée est sous abris et la diversité cultivée varie de 10 à 50 espèces de légumes principalement vendus en vente directe et/ou demi-gros. Les moyens humains varient eux selon les sources de 0,5 Equivalent Temps Plein (ETP) pour un hectare cultivé, jusqu'à 1 ETP/ha. Ces caractéristiques sont celle du système « dominant » actuellement et il ne faut pas perdre de vue qu'il existe de nombreux cas particuliers.

Au niveau des pratiques culturales, il est plus complexe de délimiter un système type tant les pratiques sont variées mais quelques traits communs peuvent être esquissés. Par exemple, les rotations de cultures sont construites avec des intervalles faibles entre cultures (Argouarc'h, 2008) dans le but de maximiser la productivité de l'exploitation. De manière générale, en maraîchage, « le sol est utilisé de manière intensive et il subit de nombreuses interventions directes qu'elles soient liées à son travail mécanique, à des apports d'eau, d'amendements, ou de fertilisants, à la mise en place de mulchs et paillage biologiques ou synthétiques » (Thibaut et Lecompte, 2018). Cela est d'autant plus vrai en maraîchage biologique diversifié où la gestion des adventices se fait très majoritairement via des binages mécaniques et où le nombre de cultures est très important sur une surface et une période données. Des données issues du travail de thèse d'Antonin Pépin (INRA) sur les performances environnementales des fermes maraîchères Bio, mené en 2019 auprès de 176 maraîchers en France, permettent de voir que les 3/4 des fermes de l'échantillon utilisent un travail de sol avec des outils à griffes sur plus de 25% de leur surface (Annexe II.a). Les opérations de décompactage profond sans retournement concernent eux la moitié des 176 fermes, ces deux types de travaux peuvent d'ailleurs

être complémentaires. Le labour est quant à lui assez peu représenté (34% des fermes) tout comme les techniques de non travail de sol qui commencent actuellement à émerger (Peden, 2016). Ces données ne permettent cependant pas de « quantifier » l'usage des outils rotatifs animés très utilisés dans les préparations de sol en maraîchage bio diversifié (Védie et Métais, 2012). Ces outils peuvent prendre différentes formes (rotavator, cultirateur, cultivateur rotatif ...) et fonctionnent sur le principe d'un rotor horizontal actionné par la prise de force du tracteur, muni de lames ou de dents engendrant un émiettement du sol par effet de choc.

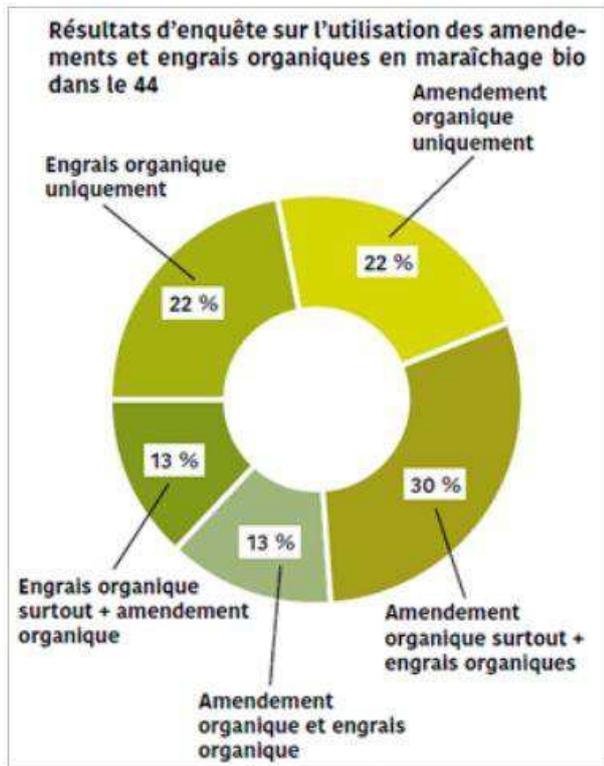


Figure 1: Résultats d'enquête sur l'utilisation des amendements et engrais organiques en maraîchage Bio dans le 44 (GAB44, 2018)

Enfin, il est très commun pour les fermes maraîchères diversifiées d'utiliser des engrais organiques issus du commerce, soit avec un rôle principal dans la fertilisation, soit en complément d'amendements organiques autoproduits. C'est ce que montrent les résultats d'une enquête réalisée auprès des fermes maraîchères Bio diversifiées de Loire-Atlantique par le GAB44 (2018) (Figure 1). Cette utilisation des engrais « bouchons » assez répandue est également confirmée par l'interprétation des données fournies par Antonin Pépin (Annexe II.b). Tout comme l'enquête du GAB44 (2018), ces données mettent aussi en avant que l'utilisation des amendements surtout d'origine animale, autoproduits ou bien produits par des fermes voisines, reste pratiquée par la grande majorité des fermes qui complètent bien souvent ces apports avec des engrais organiques du commerce. Notons tout de même que certaines fermes achètent l'intégralité de leurs matières fertilisantes dans le commerce par manque de disponibilité locale auprès d'éleveurs Bio (GAB44, 2018).

De fait, on peut définir le système maraîcher dominant comme un système:

- comprenant une structure sur surface réduite (de 0,5 à 2ha), avec une diversité cultivée de 10 à 50 espèces, 5 à 20% de sa surface cultivée sous abris froids et des moyens humains de 0,5 à 1 ETP/ha
- avec des rotations de cultures très « serrées » qui laisse peu d'intervalles de temps entre chaque culture et ce afin de maximiser la production sur une surface réduite
- comprenant une grande intensité d'interventions sur le sol notamment par des travaux mécanisés avec des outils à griffes (travaux superficiels) et de décompaction en profondeur sans retournement, complétés par des outils animés dans la majorité des cas
- mobilisant des apports fertilisants plutôt d'origine animale et majoritairement autoproduits ou récupérés auprès d'éleveurs, couplés à une utilisation plus ou moins importante d'engrais organiques issus du commerce.

1.2.b. Les systèmes maraîchers biologiques diversifiés face aux enjeux d'une gestion durable de la fertilité des sols

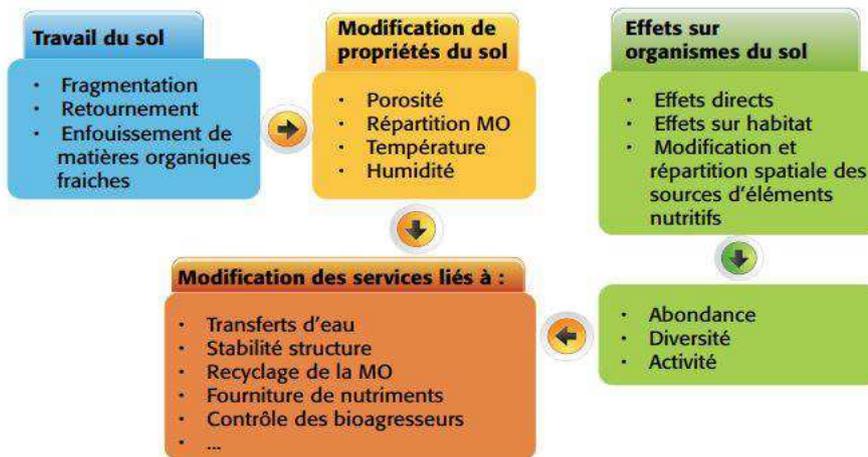
Face aux constats et enjeux formulés vis-à-vis de la fertilité des sols (cf I.1.b), il apparaît nécessaire d'adopter des pratiques pour faire évoluer les systèmes maraîchers Bio diversifiés vers un objectif de « conservation du patrimoine sol dans toutes ses potentialités » (Chaussod, 1996). Au vu des pratiques culturelles reliées ci-dessus au système actuellement dominant, plusieurs enjeux

semblent apparaître (intensité du travail de sol, rotations très intensives, gestion des apports fertilisants plus adaptée à la vie du sol, etc.). Pour y répondre des leviers existent et ils devront être associés en stratégies plus larges pour s'adapter à la complexité des systèmes maraîchers Bio diversifiés due à la diversité spatiale des cultures (assolement) mais aussi temporelle (rotations). Ces leviers doivent impacter toutes les composantes du « cercle vertueux du fonctionnement du sol » (GAB44, 2018) et en priorité la composante biologique au centre de ces interactions (Berner et al., 2013).

On peut lister 5 catégories de leviers propres aux systèmes maraîchers Bio diversifiés (Projet SEFerSol, 2014) :

- la réduction du travail du sol
- les apports de matières organiques
- l'utilisation des engrais verts et couverts végétaux
- la couverture des sols par des mulchs, bois raméaux fragmentés (BRF), etc.
- choix des successions culturales.

La réduction du travail de sol est un levier majeur car ces opérations affectent la plupart des processus physiques, chimiques et bien évidemment biologiques de par leur action directe sur la structure du sol (Girard et al., 2011).

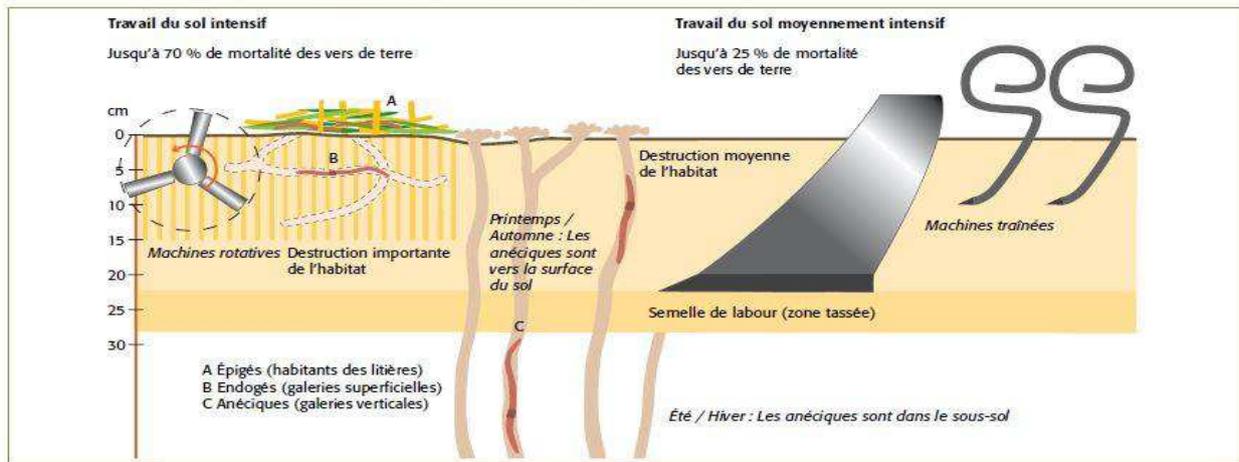


Selon son intensité, le travail du sol modifie l'écosystème du sol en impactant la diversité des espèces, leur abondance et leurs activités (Bouthier et al., 2014) et cela via différents biais (Figure 2). Tout cela a finalement des répercussions majeures sur les fonctions primordiales du sol impactant sa fertilité comme les transferts d'eau, la stabilité structurale, le recyclage de la MO, etc. (Figure 2).

Figure 2: Schéma conceptuel des effets du travail du sol sur les organismes vivants du sol, les fonctions et services écosystémiques (Bouthier et al., 2014).

Comme on l'a vu, l'utilisation d'outils rotatifs animés est très répandue en maraîchage Bio diversifié. Elle peut être très préjudiciable pour certains organismes du sol comme les vers de terre (Figure 3) et les champignons (Cookson et al., 2008 in Thibaud et Lecompte, 2018) par son action très agressive sur la couche superficielle du sol. Ces outils peuvent également détruire ou fortement altérer les agrégats du sol essentiels dans sa stabilité structurale, ce qui est partiellement compensé par la création d'une porosité « artificielle » qui a le défaut de devoir être renouvelée tous les ans (Peden, 2016).

Influences des différentes intensités de travail du sol sur les vers de terre



La mortalité des vers de terre est d'autant plus élevée que le travail du sol est intensif. C'est au printemps et en automne que les pertes sont les plus importantes.

Figure 3: Influence des différentes intensités de travail de sol sur les vers de terre (Bernier et al., 2013)

Ces outils sont souvent utilisés au printemps en maraîchage quand les vers de terre sont dans les couches superficielles du sol ce qui impacte d'autant plus ces organismes au rôle primordial dans la stabilité structurale du sol, sa dynamique (évolution de la porosité au fil des saisons) et dans la fragmentation de la MO (Bouthier et al., 2014). La figure 3 montre bien qu'avec un travail de sol à l'intensité réduite avec des outils à dents tractées travaillant plutôt en surface, l'impact sur ces populations serait plus faible. Ces outils peuvent être une piste pour réduire l'intensité du travail de sol mécanisé. On peut citer les outils de l'Atelier Paysan, qui sont auto-constructibles et qui s'inscrivent dans cette démarche pour surtout abandonner peu à peu les outils rotatifs animés encore très utilisés en maraîchage, mais aussi le labour même s'il est de moins en moins pratiqué. D'autres approches consistent à ne plus travailler le sol du tout (ou au maximum avec des outils manuels) afin de remplacer la porosité « artificielle » par la porosité « naturelle » créée par l'activité des organismes du sol qui doit être stimulée par des apports massifs de MO (Peden, 2016). Ces méthodes ont commencé à se développer depuis une petite dizaine d'années notamment grâce au réseau Maraîchage Sol Vivant.

Couvrir le sol de la manière la plus permanente possible c'est le protéger des phénomènes d'érosion, de lessivage et lixiviation mais aussi offrir des conditions optimales aux organismes qui y vivent (Bernier et al., 2013). Les couverts végétaux sont un des moyens d'y parvenir. Ces couverts ont souvent également le rôle d'engrais verts qui sont restitués au sol une fois détruits et en maraîchage de plein champ ils sont surtout utilisés lors de la période automne/hiver (Rey et al., 2015). Suivant les espèces utilisées et les contextes d'utilisation, ils peuvent remplir plusieurs fonctions essentielles pour la fertilité des sols : amélioration de l'état sanitaire du sol et des cultures, stimulation de la vie dans le sol, amélioration et stabilisation de la structure du sol, pièges et sources d'éléments nutritifs (plantes pièges à nitrates et légumineuses notamment) et enfin ils créent de la matière organique (Constantin et al., 2017 ; Lloyd, 2013 ; Rey et al., 2015). Leur usage est aussi un moyen de diversifier les rotations légumières (autre levier cité). La diversification des rotations peut également passer par la mise en place de prairies pluriannuelles qui, à court terme, permettent d'améliorer le rendement des cultures suivantes mais aussi de modifier la quantité et/ou la qualité de la MO et d'ainsi influencer à moyen terme la composante biologique des sols (Piutti, 2015). Cependant, une mise en place optimale de ces leviers constitue cependant à l'heure actuelle un défi pour une majorité de maraîchers par manque d'espace et par nécessité de rentabilité en privilégiant les cultures valorisées que sont les légumes aux couverts végétaux (surtout sous les abris).

La couverture des sols peut aussi être assurée par des paillages organiques comme des mulchs (paille, foin, etc.) ou encore du Bois Raméale Fragmenté (BRF). Cependant leur usage implique

de raisonner différemment les interventions culturales (fertilisation, maîtrise de l'enherbement, maîtrise des ravageurs) et des essais sont en cours pour optimiser leur utilisation (Projet SEFerSol, 2014).

Couverts végétaux, engrais verts, prairies ou encore les paillis organiques, ces stratégies participent directement à apporter de la MO (autre levier cité) de différentes formes et fréquemment ce qui rend ces apports encore plus efficaces (Projet SEFerSol, 2014). On peut distinguer deux types d'apports de MO :

- les apports de MO « fraîche » (comme les engrais verts ou les jeunes fumiers) qui ont pour but de stimuler l'activité microbienne et qui n'ont pas forcément vocation à augmenter le taux d'humus dans le sol car ils sont rapidement décomposés et ainsi rendent rapidement disponibles les éléments nutritifs pour la culture (Lloyd, 2013 ; Projet SEFerSol, 2014 ; Rey et al., 2015)
- les apports de MO lignifiée (composts de fumier et de déchets verts, BRF, paille) qui seront plus difficilement dégradés par les organismes telluriques et augmenteront le stock de MO stable (ou humus) (Berner et al., 2013 ; Projet SEFerSol, 2014).

Pour les maraîchers, l'enjeu autour de cette multitude d'apports fertilisants est de savoir quelles doses utilisées, à quel moment mais aussi lesquelles sont plus adaptés au contexte de leur ferme (CIVAM Bio Basque, 2007).

Le dernier enjeu majeur autour des apports fertilisants concerne les engrais organiques du commerce, fréquemment utilisés sur les fermes, ce qui pose plusieurs problématiques :

- l'autonomie des fermes en achats extérieurs
- une utilisation trop importante de ces engrais est comparable à de l'agriculture de « substitution » ou « perfusion » (Hérody, 2014) pour lesquelles l'expérience des maraîchers Bio a montré que dans cette logique les problèmes phytosanitaires arrivaient plus vite que les hauts rendements (CIVAM Bio Basque, 2007)
- la majorité de ces engrais (la majorité) sont fabriqués à partir d'effluents de l'agriculture conventionnelle industrielle (élevage sur caillebotis et poules en cages) sont pour l'instant utilisables en AB ce qui ne sera plus le cas à partir du 1^{er} janvier 2021, il faut donc trouver une solution alternative pour les producteurs utilisant ces produits.

On comprend bien que l'enjeu de la gestion de la fertilité des sols est d'une grande importance pour les maraîchers Bio diversifiés. Mais dans les stratégies qui doivent permettre d'y répondre, il ne faudra cependant pas négliger d'autres problématiques propres à ces systèmes. Tout d'abord, le fonctionnement des fermes maraîchères Bio diversifiées engendre globalement un temps de travail important et une pénibilité physique et à la fois morale (Richir, 2013 ; Jean, 2011). L'autonomie des fermes en achats extérieurs peut représenter un objectif en soi pour beaucoup de maraîchers (Morel, 2016) et certaines fermes maraîchères Bio ont souvent un accès limité à des fumiers ou composts d'origine animale (Projet SEFerSol, 2014). Enfin, les fermes maraîchères Bio diversifiées reposent parfois sur un équilibre économique peu stable (Marguerie, 2011).

On peut conclure en disant que la recherche de pratiques innovantes pourra permettre d'améliorer la pérennité des fermes maraîchères Bio diversifiées uniquement si ces nouvelles stratégies prennent en compte la globalité des enjeux formulés. C'est sous cette approche que le projet PERSYST-Maraîchage a été créé.

1.3. Le projet PERSYST-maraîchage : une réponse nécessaire et adaptée aux problématiques des maraîchers biologiques diversifiés

Le projet PERSYST-Maraîchage a été lancé en 2019 et est piloté par le réseau GAB-FRAB breton dans le cadre d'un financement national Ecophyto-DEPHY. Il regroupe différents autres partenaires : l'INRA, l'ITAB, le CTIFL, Initiative Bio Bretagne (IBB), le GAB44, ainsi que Kevin Morel (Université de Louvain, Belgique).

1.3.a. Les enjeux du projet et ses différentes phases

L'objectif global du projet est de co-construire et expérimenter de nouveaux systèmes permettant d'augmenter la durabilité des systèmes maraîchers Bio, selon deux axes identifiés comme majeurs : la fertilité du sol et l'organisation du travail (incluant les thématiques du temps de travail et de la pénibilité). Après réflexion collective lors du premier comité de pilotage du projet, l'axe prioritaire retenu est celui de la gestion durable de la fertilité des sols et est basé sur le postulat qu'un sol bien nourri et fertile permet aux plantes de se développer correctement et d'ainsi mieux se défendre contre les stress biotiques (Berner et al., 2013). Le second axe qu'est l'organisation du travail, se base sur le constat que le travail (temps et pénibilité) est le premier facteur limitant des systèmes maraîchers diversifiés. L'enjeu de la rentabilité économique est lui indirectement impacté à moyen et court terme par ces deux axes, tout en étant également pris en compte par un axe complémentaire, ajouté en comité de pilotage, au projet : la recherche d'amélioration de l'autonomie des fermes maraîchères en achats extérieurs.

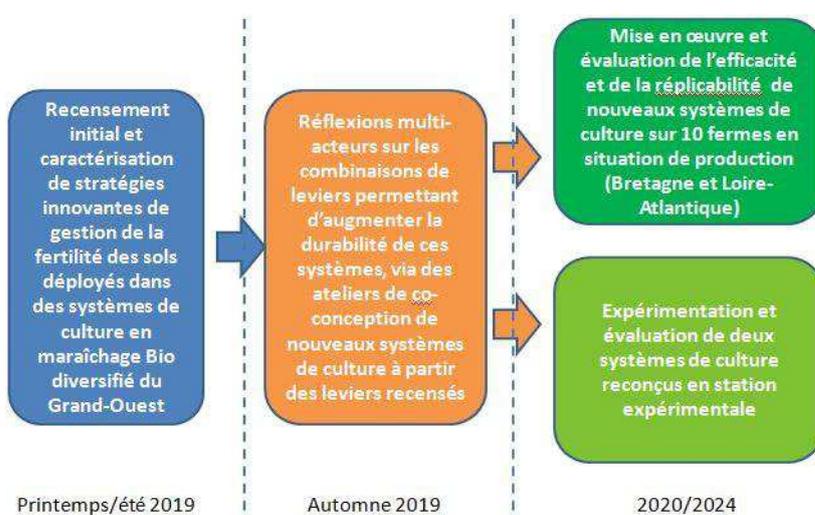


Figure 4: Les 4 phases du projet PERSYST-Maraîchage (Auteur à partir de Maréchal, 2019)

cette étude comme l'une des définitions qu'en donne Vincent Boly dans son livre *Ingénierie de l'innovation* (2008). Pour lui, « Il s'agit d'une rupture avec des méthodes de production, des modes de raisonnement, des organisations, et, l'adoption (ou l'expérimentation) d'une nouvelle pratique ». **Ainsi, on considérera ici des pratiques comme « innovantes » si elles diffèrent à un degré satisfaisant des pratiques du système maraîcher Bio diversifié dominant précédemment défini.** La méthodologie suivie pour repérer ces pratiques sera détaillée par la suite.

1.3.b. Les agriculteurs au centre du projet

En cherchant ses sources d'inspiration auprès des maraîchers, en les impliquant directement dans les choix stratégiques du projet (ateliers de co-conception) et les phases d'expérimentation et d'amélioration des pratiques repérées (observatoires pilotés sur les exploitations), PERSYST-Maraîchage place, dès ses débuts, les producteurs au centre du projet. Cette une démarche pertinente dans le sens où bien souvent les agriculteurs développent des innovations qui peuvent être très intéressantes pour d'autres mais celles-ci restent peu connues et dépassent rarement leur voisinage, alors que ces savoirs empiriques peuvent être essentiels à la transition agroécologique (Lamé et al., 2015). On peut alors parler d'« agronomie des pratiques » en mettant ainsi les pratiques des agriculteurs à la base de la recherche (Landais et al., 1988). Cependant, il faut être vigilant car ces pratiques ne sont pas transposables telles quelles à d'autres systèmes puisqu'elles sont adaptées au contexte de la ferme où elles ont été développées et aux attentes du producteur qui les a mise au point

PERSYST-Maraîchage doit s'étaler sur 5 ans avec différentes phases qui sont présentées dans la figure 4. Cette étude se situe dans le cadre de la première étape du projet qui consiste à repérer des pratiques considérées innovantes par des enquêtes réalisées auprès de fermes maraîchères Bio du Grand Ouest. On pourrait parler de « traque à l'innovation » telle que définie par Salembier et Meynard (2013). L'innovation pourrait être définie dans le cadre de

(Lamé *et al.*, 2015 ; Leroux, 2009). Ce principe est d'autant plus vrai en maraîchage diversifié où les rotations sont complexes, très variées et très différentes d'une exploitation à l'autre. Le projet est donc totalement justifié dans le sens où il permettra d'évaluer les performances des pratiques culturales innovantes, tout en analysant leurs conditions de réussite grâce aux 5 années d'expérimentation des systèmes de culture co-conçus en station expérimentale et sur 10 fermes observatoires pilotes. Pour ces 10 exploitations, l'objectif sera de partir de pratiques innovantes qu'elles développent déjà puis de les faire évoluer « pas à pas » (Lefevre *et al.*, 2013) afin d'atteindre des objectifs propres aux producteurs et communs avec ceux du projet PERSYST-Maraîchage.

Pour les grandes cultures, on retrouve l'approche de « traque » à l'innovation dans les travaux de Salembier et Meynard (2013), de Lamé (2015) ou encore de Blanchard *et al.* (2017), et pour l'élevage on peut citer la démarche de l'institut de l'élevage (idele) de repérage d'agriculteurs innovants en 2016 [7]. Notons que pour le maraîchage cette méthode a été utilisée pour les travaux de Dugué *et al.* (2017) mais ils ne proposent pas de suivi expérimental des pratiques repérées par la suite. La co-conception et l'évaluation de systèmes de cultures innovants (sans phase de traque à l'innovation) est quant à elle présente dans de nombreux travaux du RMT Systèmes de Cultures Innovants (SdCI) comme ceux de Petit *et al.* (2012).

En grandes cultures, le projet « Agri-Bio : de la connaissance à la performance » (Ronceux *et al.*, 2017) se rapproche plutôt de PERSYST-Maraîchage avec une phase de repérage et caractérisation des pratiques existantes, puis une co-conception de systèmes de cultures innovants expérimentés eux aussi directement sur des fermes pilotes. Pour le maraîchage, on citera le projet SEFerSol (2015), développant lui aussi une expérimentation systémique sur 5 ans mais uniquement en station expérimentale, avec le même axe principal que PERSYST-Maraîchage : la gestion de la fertilité des sols. Le projet GEDUBAT (Gard *et al.*, 2018) quant à lui, développait la même approche mais plutôt sur la thématique de la gestion durable des bioagresseurs du sol en maraîchage. PERSYST-Maraîchage sera en fait le premier à proposer cette forme d'approche à la fois participative, appliquée et systémique directement sur des fermes pour le domaine du maraîchage.

1.3.c. Les attentes vis-à-vis de l'étude

L'objectif de la phase d'enquête du projet PERSYST-Maraîchage est de pouvoir identifier et caractériser des pratiques innovantes et mobilisables pour la construction des systèmes de cultures innovants lors des ateliers de co-conception qui auront lieu à l'automne 2019. Pour cette étude, la caractérisation des performances des pratiques rencontrées passera uniquement par une première évaluation des forces et faiblesses de ces pratiques sur la base de retours critiques émis par les producteurs. Par la suite, une analyse critique des pratiques rencontrées sera effectuée par les conseillers techniques maraîchage des 5 GAB membres du projet. Une revue des connaissances déjà existantes sera également prise en compte. Ainsi on pourra disposer de « briques » ou « morceaux de systèmes de culture (Meynard *et al.*, 2016) qui serviront pour les ateliers de co-conception. Ces briques seront symbolisées par:

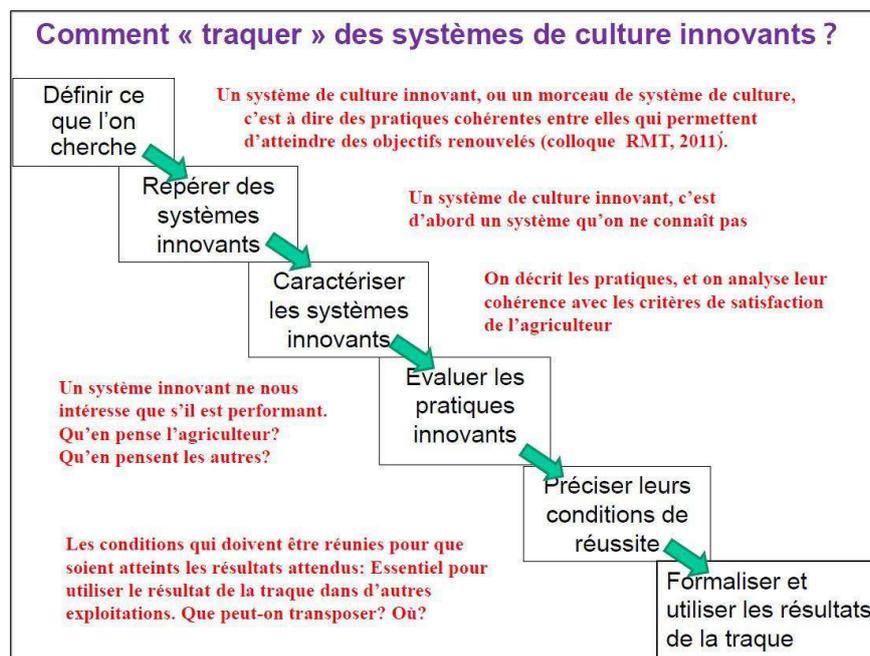
- des fiches techniques récapitulatives synthétiques qui résument les grands principes, objectifs, avantages/inconvénients, points de vigilance sur le contexte de mise en place des types de pratiques innovantes repérés (Annexe III)

- des fiches techniques récapitulatives par pratiques repérées sur chacune des fermes enquêtées et qui ont pour but de les détailler très concrètement à travers la description d'un itinéraire technique représentatif, et de restituer les objectifs, éléments de réflexion, retours critiques, avantages/inconvénients, points de vigilance et pistes d'amélioration émis directement par chaque producteur interrogé (Annexe IV).

II. Matériel et méthodes

II.1. La démarche de la « traque à l'innovation » adaptée au projet

L'objectif de l'étude était de repérer et caractériser des pratiques innovantes dans la gestion de la fertilité des sols dans les systèmes maraîchers Bio diversifiés du Grand Ouest. C'est la démarche de la « traque à l'innovation » qui a été choisie pour cela. Cette méthode a été développée par le Réseau Mixte Technologique Systèmes de Culture Innovants (RMT SdCI) au cours de différentes études menées par ses membres (Salembier et Meynard, 2013 ; Lamé, 2015). Cette démarche a pour but de « repérer des innovations techniques, systémiques ou organisationnelles conçues par des agriculteurs, d'en caractériser les performances agronomiques, économiques et environnementales et d'analyser les conditions d'expression de ces performances » (Meynard *et al.*, 2016).



Le schéma ci-contre (figure 5) en résume les principales étapes. On précise qu'ici, l'échelle utilisée sera plutôt celle des « pratiques » que celle du « système de culture ». En effet, dans la complexité des exploitations maraîchères diversifiées, il est souvent complexe de caractériser les systèmes de culture dans leur intégralité. C'est pourquoi on parlera plutôt de « pratiques » qui sont en fait des morceaux de ces systèmes de culture. On le rappelle, l'évaluation des pratiques innovantes rencontrées s'est ici faite selon des retours critiques fournies

Figure 5: Démarche de la traque à l'innovation (Meynard *et al.*, 2016)

par les producteurs selon différentes thématiques. Il aurait été difficile d'utiliser une méthode d'évaluation davantage objective face à la diversité de pratiques et cultures rencontrées (Lamé, 2015). C'est d'ailleurs l'un des objectifs des phases suivantes du projet PERSYST-Maraîchage.

II.1.a. Les pratiques innovantes recherchées et leur phase de repérage

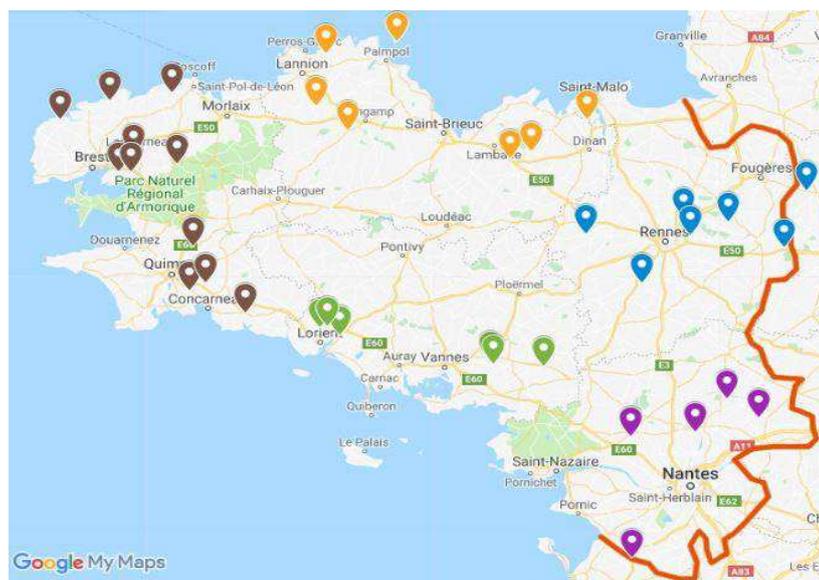
On rappelle que les pratiques considérées « innovantes » dans le cadre de cette étude sont des pratiques en rupture avec celles rattachées au système maraîcher actuellement « dominant », et qui permettraient d'améliorer la pérennité de ce type de ferme selon l'axe de la gestion durable de la fertilité des sols tout en essayant d'impacter positivement l'organisation du travail. Le spectre des potentielles pratiques rentrant dans ce cadre pouvait donc être assez large. Le repérage des fermes potentiellement innovantes s'est appuyé sur les contacts des conseillers techniques maraîchage des GAB des 5 départements du territoire d'étude (Côtes d'Armor, Morbihan, Finistère, Ille-et-Vilaine et la Loire-Atlantique). Il apparaissait essentiel que ces têtes de réseaux aient une idée très claire des genres de pratiques recherchées. En s'appuyant sur des leviers agronomiques qui avaient déjà été pré-identifiés par les porteurs du projet PERSYST-Maraîchage (Maréchal, 2019) une liste de leviers mobilisables dans les pratiques recherchées (Tableau1) a été définie, puis diffusée à ces 5 conseillers.

On utilise ici le terme de levier pour désigner un type d'opération ou conduite culturale (par exemple « travail en planches permanentes »), qui seul ou associé à un autre levier, permet la mise en place de pratiques innovantes qui sont en fait l'application concrète sur les fermes de ces leviers ou combinaisons de leviers selon différents paramètres et éléments de contexte (pour continuer l'exemple, « planches permanentes d'1m20 de large entretenues avec un travail de sol réduit basé sur des outils auto-construits dans la ferme X »).

Leviers mobilisables dans les pratiques innovantes recherchées
Techniques de travail du sol simplifiées ou non-travail systématique en profondeur
Travail sur planches permanentes
Bonnes pratiques de gestion des engrais verts, notamment sous abris
Pratiques innovantes de fertilisation du sol (matière végétale fraîche, purins végétaux, etc.)
Introduction de couverts végétaux de service ou associations de cultures
Utilisations de paillis (mulch, BRF, paille)
Rotations fixes et logiques sur le plan agronomique (diversifiées et allongées)
Mise en place d'inter-cultures (autre que légumes) longues

Tableau 1: Liste des types de leviers mobilisables dans les pratiques innovantes recherchées (auteur à partir de Maréchal, 2019)

Cette phase de repérage a abouti à une liste de 49 fermes identifiées par les conseillers maraîchage du réseau GAB-FRAB. Un premier contact téléphonique a été réalisé auprès de ces agriculteurs pendant lequel un pré-questionnaire (Annexe V) leur était posé et avait pour but de prioriser les fermes à visiter en fonction du degré de différence de leurs pratiques avec celles du système maraîcher « dominant ».



Après cette phase, 37 fermes ont été retenues pour être visitées, 2 ayant refusées de participer, 8 autres restants sans réponse et 2 dernières n'ayant pas été retenues car elles ne développaient pas de pratiques correspondantes aux critères de l'étude. La carte ci-contre (Figure 6), représente la répartition de ces exploitations sur le territoire d'étude.

Figure 6: Carte de répartition des fermes enquêtées sur le territoire d'étude (auteur)

II.1.b. Phase d'enquête sur les fermes

37 fermes ont donc été visitées lors de cette phase d'enquête. Pour chacune d'elles, on a cherché à récupérer les informations techniques qui caractérisent la mise en place de pratiques innovantes, mais aussi d'autres informations qui permettent d'intégrer leur contexte d'application ainsi que les retours des producteurs selon certains critères de satisfaction. Les entretiens se sont déroulés sous une forme plutôt directive où les échanges étaient dirigés par l'emploi d'un questionnaire (Annexe VI) avec des questions posées dans un ordre fixe et préétabli (Sibelet *et al.*, 2013). Ce choix a été fait car le but était d'être le plus efficace possible dans la réalisation de l'entretien dans cette période (printemps/été) où les maraîchers ont assez peu de temps à accorder. Ce guide d'entretien s'articule de la façon suivante :

- une partie de collecte d'informations générales sur le(s) producteurs et les caractéristiques structurelles de l'exploitation (surfaces, diversité cultivée, moyens humains, etc.)
- des questions générales sur la vision du producteur sur la notion de fertilité des sols et sa façon de la gérer globalement
- un recensement des leviers innovants dans la gestion de la fertilité des sols mis en place sur la ferme (cette liste a évolué au fur et à mesure des enquêtes) qui permet au final de sélectionner l'itinéraire technique d'une culture représentative des pratiques innovantes développées et qui semble intéressant du point de vue de l'enquêteur mais aussi du producteur
- la caractérisation technique des pratiques innovantes par la récupération d'informations sur la rotation ou succession de cultures dans laquelle elles s'appliquent, la description détaillée de l'itinéraire technique de la culture symbolisant ces pratiques, la récupération d'informations sur les opérations culturales dans les cultures précédentes et suivantes dans la rotation qui permettent d'intégrer les conditions d'application des pratiques innovantes et leurs impacts sur les conduites culturales, des données sur le matériel et les intrants spécifiques utilisés, et enfin des informations sur le processus d'innovation qui a abouti au développement de ces pratiques (objectifs, éléments déclencheurs, sources d'inspiration, évolution, etc.)
- la récupération des retours critiques des maraîchers sur différentes thématiques (impact sur le sol, rendements, rentabilité, etc.) afin de pouvoir caractériser les pratiques selon une première évaluation à dire de producteurs de leurs performances et impacts par rapport aux enjeux retenus dans le projet PERSYST-Maraîchage
- un retour à une échelle plus large dans lequel le producteur liste des points de vigilances qui lui semblent importants dans la mise en place de ses pratiques innovantes (contexte favorable, opérations culturales importantes, etc.)
- une dernière partie concernant l'intérêt et les attentes vis-à-vis du projet PERSYST-Maraîchage afin de jauger l'intérêt perçu par les maraîchers pour ce projet et d'avoir des précisions sur les orientations à lui appliquer (attentes sur les rendus, expérimentations à réaliser et données à produire)

La structure du questionnaire pourrait être qualifiée de « sablier » (Fenneteau, 2015) puisqu'on retrouve au départ des questions plutôt générales sur la vision et la gestion globale de la fertilité des sols du producteur ce qui est l'occasion pour lui de bien s'approprier le thème du questionnaire. Puis des étapes progressives permettent de se restreindre à la sélection et à la description de pratiques innovantes mises en place sur l'exploitation. Ensuite, on récupère des retours de satisfaction du producteur sur ses pratiques ainsi que sur leur contexte de mise en place et enfin on termine avec des questions de nouveaux plus générales (points de vigilance, attentes sur le projet).

Des modifications se sont faites au fur et à mesure dans la forme du questionnaire au gré des échanges avec les membres du comité technique du projet et en particulier avec Kevin Morel, auteur d'une thèse sur les microfermes maraîchères (Morel, 2016) et qui a suggéré de récupérer les données relatives à l'application technique des pratiques innovantes plutôt sous la forme d'un canevas à remplir au fil de la discussion, tout comme il l'a fait dans son travail de thèse. D'ailleurs, il n'était pas rare dans les entretiens de devoir compléter le questionnaire en faisant des va et vient entre certaines parties car des éléments arrivaient dans la discussion plus tôt que prévu. Les sources d'inspiration de ce questionnaire ont été l'outil de TRAJECTOIRE de la FNAB (Fédération National des Agrobiologistes) ou encore les questionnaires utilisées par Marquet et Gomez (2015) et Lamé (2015) dans leurs travaux.

Les entretiens, précédés d'un tour des cultures de la ferme, ont duré de 1h30 à 4h pour les plus longs. Le remplissage du questionnaire étant assez chronophage, on n'a pu récupérer de données que pour un exemple de mise en place des pratiques innovantes sur chaque ferme. Les 37 fermes de l'échantillon présentaient quant à elle des profils assez divers : moyens humains variés, avec ou sans atelier d'élevage, avec une diversité cultivée allant de variée (20 espèces) à très variée (50 espèces), des surfaces cultivées en plein champ ou sous abris importantes ou réduites, etc.

L'application de cette démarche de la « traque à l'innovation » à cette étude, et plus globalement au projet PERSYST-Maraîchage et à ses objectifs, est résumée par le schéma ci-dessous (figure 7).

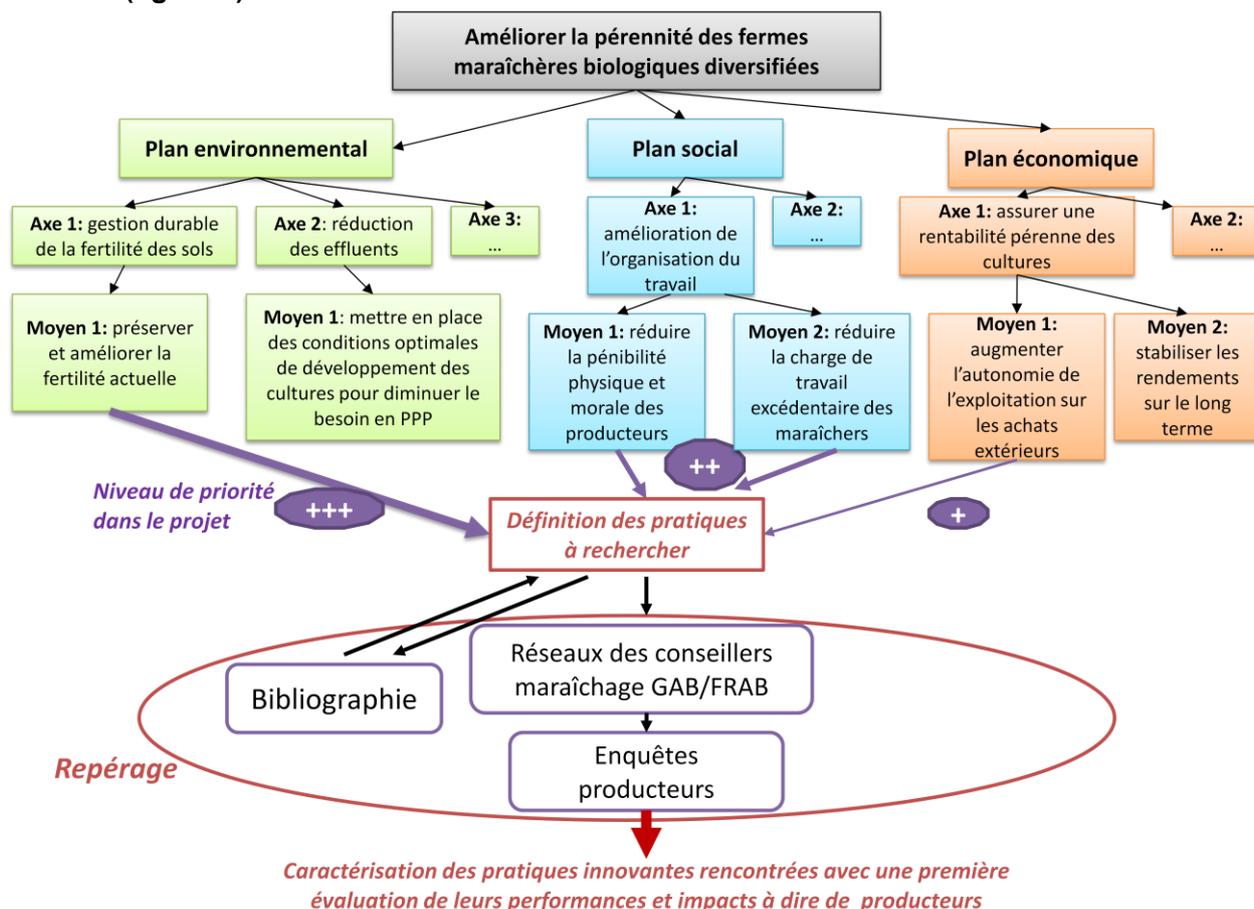


Figure 7: Schéma de synthèse de l'adaptation du concept de « traque à l'innovation » au projet PERSYST-Maraîchage et ses objectifs (auteur à partir de Lamé, 2015)

II.2. Méthodes de traitement des données récoltées

II.2.a. Construction d'une typologie de pratiques

Il était primordial d'effectuer une analyse transversale des données récoltées afin de comprendre de quelles manières et selon quels objectifs les maraîchers interrogés innovaient, c'est-à-dire quelles sont les formes d'innovation qu'ils mettent en place et quelles étaient leurs motivations initiales. Cette analyse permettra également de faire ressortir les niveaux de satisfaction des producteurs par rapport à différents types d'attentes (rendements, impact sur l'organisation du travail, impact sur le sol, etc.). Face à la forte diversité de pratiques rencontrées, il semblait incontournable de les regrouper par types à l'aide d'une typologie. Outre la facilitation de l'interprétation des données, le but est aussi de mettre en avant statistiquement les associations sur le terrain entre différents leviers mobilisables dans l'amélioration de la gestion de la fertilité des sols (cf Tableau 1). On pourra également voir si ces leviers sont mis en place dans un certain cadre (intensité de travail de sol, en plein champ ou plutôt sous abris, etc.).

Chaque ferme a été codée par deux ou trois lettres pour préserver son anonymat. Des groupes d'individus ont été définis, en fonction des pratiques qu'ils mettaient en place, à l'aide de méthodes de traitement statistique des données du package FatoMineR (Lê et al., 2008) utilisable sur le logiciel R. Pour cela nous avons exploité la complémentarité des méthodes d'analyses factorielles et de Classification Hiérarchique sur Composantes Principales (HCPC) pour visualiser des données et

constituer des classes qui définiront les types de pratiques (Husson *et al.*, 2010a). Nous disposions uniquement de variables qualitatives et c'est donc l'Analyse des Correspondances Multiples (ACM) qui semblait la plus adaptée en tant qu'analyse factorielle car elle effectue un prétraitement en transformant les variables qualitatives en variables quantitatives (Husson *et al.*, 2010a).

Ces variables et leurs modalités ont été choisies notamment par rapport à la liste des types de leviers mobilisables dans les pratiques innovantes recherchées (cf II.1.a). L'idée était de traduire ces leviers en modalités au sein d'une variable plus large, par exemple le levier « planche permanente » est une modalité de la variable « type de planche ». Le choix des variables s'est fait dans l'optique de sélectionner les plus discriminantes pour obtenir des groupes distincts de fermes avec des pratiques cohérentes entre elles et qui peuvent être caractérisées à l'échelle du groupe. Cette sélection s'est faite grâce au ressenti « terrain » sur les pratiques observées qui a permis de formuler des postulats pour choisir ou écarter les potentielles variables. Ces postulats sont synthétisés en Annexe VII et la liste des variables retenues et de leurs modalités en annexe VIII.

La Classification Hiérarchique sur Composantes Principales réalisée à partir des résultats de l'ACM a permis d'obtenir un arbre de classification des individus selon les modalités reliées à leurs pratiques, et qui a défini automatiquement un nombre optimal de 4 classes d'individus (Husson *et al.*, 2010b). Nous avons donc défini des types de pratiques en regardant de plus près les modalités mise en place dans les conduites de culture innovantes des fermes de chacune des classes préconisées par la fonction HCPC. Dans le document « Analyse de données avec R - Complémentarité des méthodes d'analyse factorielle et de classification » de Husson, Josse et Pagès (2010a), les auteurs mettent en avant que l'interprétabilité des classes est très importante à prendre en compte dans le choix de leur nombre. On veillera donc lors de l'analyse des pratiques regroupées dans chaque classe à ce qu'on puisse définir des types de pratiques innovantes où se retrouvent l'ensemble des pratiques des individus de la classe. Si un individu ne partage aucune technique innovante avec les autres fermes de sa classe, on ne prendra pas en compte ses informations dans l'analyse des autres données par type de pratique.

II.2.b. Analyse de données collectées par type de pratiques

Une fois les types de pratiques innovantes définis, diverses données récupérées par l'intermédiaire du guide d'entretien ont pu être analysées sous l'angle des ces types de pratiques. Par soucis de synthèse, toutes les données récupérées n'ont pu être traitées dans cette étude et seulement les plus pertinentes pour répondre à ses problématiques ont été gardées. On a pu d'abord analyser le temps de recul et l'ancienneté des producteurs pour chacun de ces types de pratiques. Le temps de recul correspond au nombre d'années depuis lesquelles les producteurs mettent en place les pratiques innovantes identifiées sur leur ferme. L'ancienneté correspond quant à elle à la différence entre l'année de réalisation de l'enquête (2019) et l'année d'installation de l'exploitant. Si ce dernier a eu une autre exploitation avant la création de sa ferme actuelle, c'est la date de sa première installation qui a été retenue. L'intérêt d'étudier ces deux paramètres est d'abord de voir si on peut caractériser ces types de pratiques selon leur caractère « récent » ou non et selon les profils d'ancienneté des maraîchers les développant. Ces paramètres permettent également d'avoir un regard critique sur le crédit des retours fournis par les producteurs.

Dans un second temps, ce sont les différentes motivations et objectifs qui ont poussé les maraîchers à développer leurs pratiques innovantes qui ont été analysés en fonction des types de pratiques. Cela, encore une fois pour observer s'il existait des différences notables entre ces types de pratiques innovantes, mais aussi pour tenter de comprendre les logiques rattachées à chacun d'entre eux.

Enfin, ce sont les retours de satisfaction des producteurs qui ont été analysés en fonction des types de pratiques innovantes et selon différentes thématiques. Ces thématiques ont été choisies pour figurer dans le questionnaire car elles représentent la majorité des attentes que peuvent avoir les maraîchers et surtout elles sont en rapport avec les enjeux du projet PERSYST-Maraîchage. Ces

retours ont été récoltés auprès des exploitants au cours des entretiens sous la forme de questions avec une liste de réponses prédéfinies afin de pouvoir plus facilement traiter les données (voir questionnaire en annexe VI). Voici les thématiques de satisfaction abordées :

- rendement des cultures concernées par les pratiques innovantes relevées
- pénibilité physique engendrée
- pénibilité morale engendrée
- impact sur le temps de travail
- rentabilité des pratiques
- impact sur les achats en fertilisants du commerce
- impact sur les achats de produits phytosanitaires
- impacts visibles sur la qualité du sol
- ressenti de satisfaction générale

II.3. Formulation des hypothèses

A partir des points mis en lumière par la bibliographie, du ressenti terrain et par rapport à la méthode choisie, il a été possible de formuler des hypothèses sur les résultats attendus de l'enquête et qui sont présentés dans le tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2: Hypothèses formulées à propos des résultats attendus (auteur)

Code hypothèse	Description
H1	Des corrélations entre certains leviers innovants dans la gestion de la fertilité des sols devraient être mises en évidence par la typologie.
H2	Au sein d'un même type de pratiques, on trouvera beaucoup de variantes dans les techniques développées sur les fermes.
H3	Des différences dans les objectifs recherchés se distingueront pour chacun des types de pratiques.
H4	Il n'y aura pas de différences significatives entre les types de pratiques au niveau du temps de recul depuis leur mise en place car si on cherche des pratiques innovantes, elles devraient toutes être assez récentes dans leur développement sur les fermes.
H5	L'échelle des critères de satisfaction des producteurs leur sera propre et pour un même type de pratique on pourra avoir des ressentis divergents.
H6	Des ressentis divergents pour un même type de pratique s'expliqueront également par des variables supplémentaires comme le recours à pratiques non reliées directement à ce type de pratiques ou par un itinéraire d'application des pratiques de ce type différent des autres fermes qui y sont rattachées.
H7	Certains types de pratiques ressortiront comme corrélés positivement à certains critères de satisfaction et d'autres négativement. Malgré cela, on ne s'attend pas à un type de pratique « idéal » qui réponde à tous les critères de satisfaction des producteurs.
H8	Les types de pratiques repérés devraient engendrer des impacts visibles sur la fertilité des sols chez certains producteurs et donc confirmer qu'elles sont pertinentes pour la suite du projet PERSYST-Maraîchage.

La figure 8 résume les différentes étapes de la démarche de traitement et d'interprétation des données mise en place dans le cadre de cette étude. Les hypothèses formulées précédemment ont également été placées en face des étapes qui devraient permettre leur validation ou non.

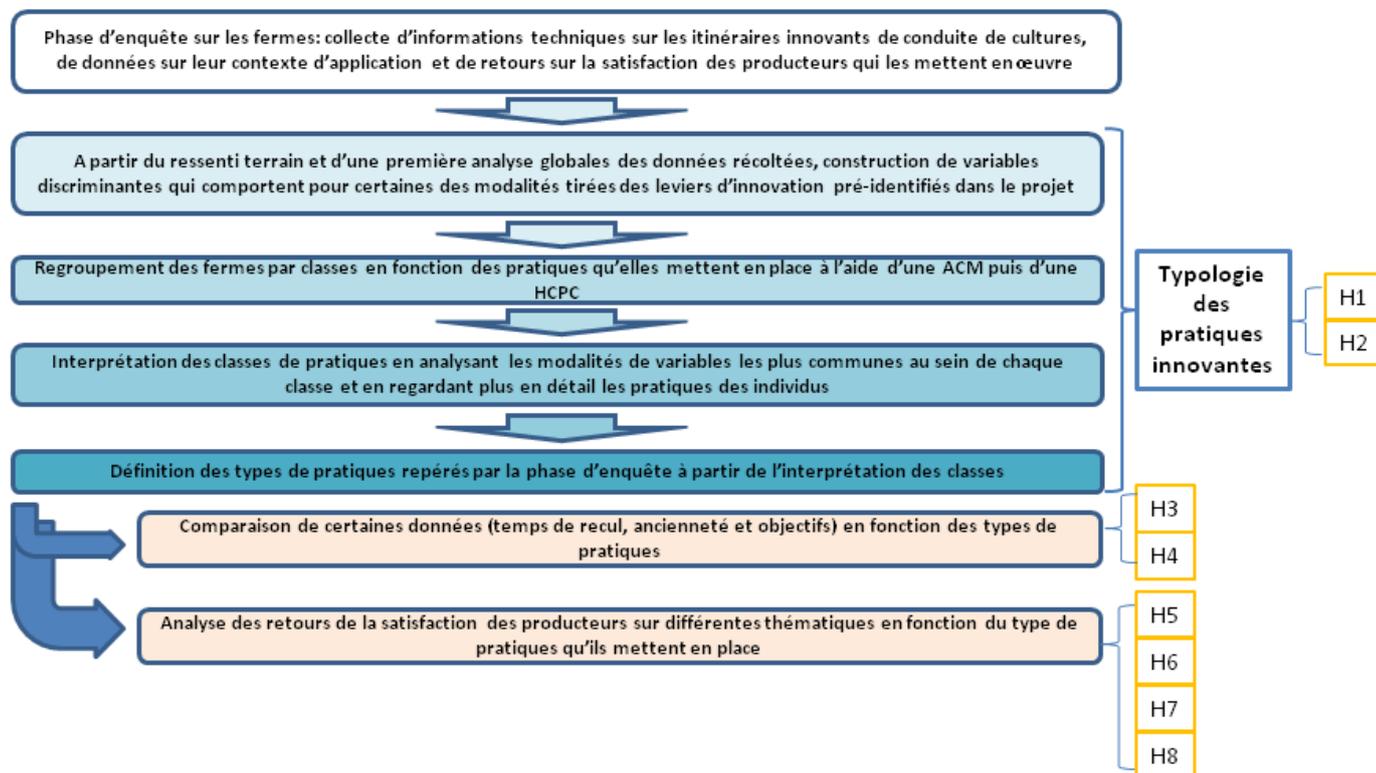


Figure 8: Schémas des différentes étapes de la méthodologie retenue dans le traitement et l'interprétation des données (auteur)

III. Résultats

III.1. Typologie des pratiques innovantes rencontrées

Les pratiques rencontrées au travers de l'enquête qui a servi de base à cette étude, présentent une forte diversité dans les principes qui les définissent ainsi que dans leur mise en œuvre sur les fermes maraîchères. La réalisation d'une typologie pour faciliter l'interprétation des données semble donc totalement justifiée. Comme expliqué dans la partie précédente (cf II.2.a), cette typologie a été réalisée sur la base de variables qualitatives définies par des critères tirés des données techniques récoltées sur les fermes. Il faut bien garder en tête que ces itinéraires ont été choisis pour être représentatifs des pratiques innovantes mises en place sur les exploitations, les critères qui en sont issus permettent donc de bien prendre en compte la majorité des éléments constitutifs de ces pratiques.

La Classification Hiérarchique en Composantes Principales à partir des résultats de l'ACM nous a permis de délimiter 4 classes de pratiques innovantes explicitées par un dendrogramme ou arbre hiérarchique (Figure 9). Le niveau de coupure de cet arbre hiérarchique a été préconisé automatiquement. Il semble cohérent puisqu'on peut voir sur l'échelle en ordonné que le choix de 4 classes nous fait perdre seulement environ 14% de l'information contenue dans le jeu de données. Cela est assez peu quand on compare avec les représentations graphiques fournies dans un premier temps par l'ACM selon ses deux dimensions principales qui exprimaient à elles deux « seulement » 47,07% de l'information contenue dans le jeu de données (Annexes IX.a et IX.b). Lorsqu'on regarde le

Tableau 3, on obtient le classement des variables qui ont eu le plus d'influence sur la classification obtenue (plus la p.value est faible plus la contribution est importante). On voit que c'est l'intensité du travail de sol qui influence le plus la composition des classes obtenues alors que le contexte (plein champ ou sous abris) influence assez peu la répartition des fermes dans chacun des groupes, ce qui veut dire que de manière générale, on pourra retrouver assez facilement certains types de pratiques sous abris ou en plein champ.

Tableau 3: lien entre la variable "classe" et les autres variables qui composent le jeu de données dans la classification HCPC (auteur)

Variable	p.value
W_sol	1.281538e-12
type.planche	2.730921e-07
ferti	1.156266e-06
paillage	5.610014e-06
contexte	6.334265e-03
InterK	6.661174e-03

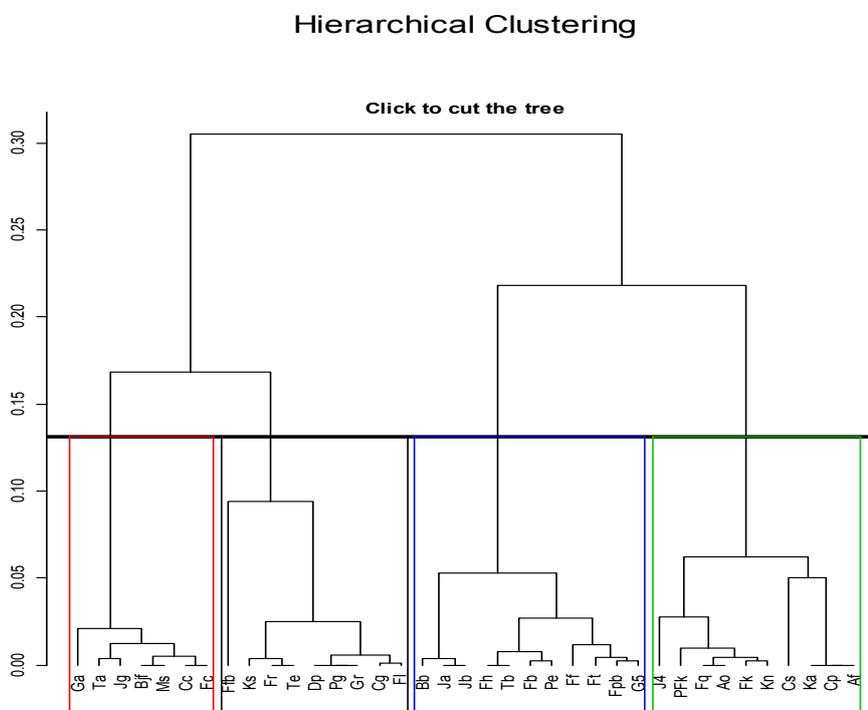


Figure 9: Arbre hiérarchique obtenu par HCPC à partir des résultats de l'ACM (auteur). Chaque rectangle de couleur définit une classe ou type de pratiques

La représentativité, pour chacun des types de pratiques innovantes, des modalités utilisées pour la typologie, est synthétisée dans le Tableau 4 situé à la page 22.

Description du type A « rotations extensives en plein champ » :

On retrouve dans la classe A (Tableau 4), des maraîchers mettant en places très majoritairement des inter-cultures longues qui constituent une pause dans la rotation de légumes de plus d'un an. Seule une ferme ne met pas en place ce type de culture. Les fermes de cette classe qui mettent en place ces pratiques le font dans 100% des cas avec un travail du sol mécanisé classique et des planches non permanentes. Le contexte est également toujours en plein champ avec une fertilisation principalement à base de compost et le recours au paillage organique n'est dans aucun cas utilisé.

Cette classe est celle qui comporte le plus de fermes en autoproduction de matières fertilisantes (5 sur 9) et ceci de 2 différentes façons : en ayant un atelier d'élevage en plus du maraîchage (Dp, Pg, Gr et Cg) ou en ayant des cultures de légumineuses dédiées à la production de matière végétale qui remplace les apports de fumier (Ks).

Les fermes n'ayant pas d'atelier élevage (Te, Fr, Ffb et Ks) ont un système en plein champ basé sur l'introduction dans la rotation légumes de mélanges céréaliers type céréale/légumineuse (Te et Ffb) ou d'autres cultures (sorgho pour Fr ; prairies pour Ffb ; sarrasin puis trèfle/seigle pour Ks). Ces inter-cultures peuvent être récoltées (Ffb) ou bien restituées sur place avec un ou plusieurs broyages au cours de la saison sur le principe d'un engrais vert (Te, Fr, Ks).

Les fermes associant l'élevage au maraîchage mettent quant à elles en place une rotation essentiellement basée sur l'introduction de prairie pâturées et/ou fauchées dans leur rotation (Dp, Pg et Gr). Cg fait exception à ce constat puisque elle possède aussi un peu d'élevage (quelques chevaux) mais intègre également des mélanges céréaliers à sa rotation en plus des prairies.

On comprend bien qu'ici c'est l'allongement des rotations de légumes en plein champ avec des inter-cultures longues qui constitue la pratique innovante commune aux fermes de cette classe. On pourrait alors parler de rotations « extensives ». Il est difficile de trouver une définition de ce concept mais on peut établir un lien avec certaines caractéristiques de l'élevage bovin extensif comme la production sur de vastes surfaces et la faible productivité à l'hectare (Renoux, 2019). En effet, quand on prend en compte la SAU totale de la ferme, la production (en termes financiers) ramenée à l'hectare est moins importante que dans les systèmes maraîchers diversifiés sur des surfaces plus restreintes.

Cependant, c'est statistiquement les aspects de mécanisation classique et de travail en planches non permanentes qui ont agrégé les pratiques des exploitations au sein de cette classe. C'est d'ailleurs ce qui explique qu'on trouve l'individu FI en marge des autres fermes puisqu'il n'utilise pas les inter-cultures longues dans son système. La seule innovation que met finalement en place cette ferme est une rotation en plein champ découpée répartie sur des blocs de surfaces uniformes qui délimitent un circuit de rotation très bien calé (évoqué dans le postulat P2 en Annexe VII). Sur le principe d'interprétabilité de la classe, on ne considéra pas FI comme associé au type de pratique n°1.

Pour résumer, en regardant les caractéristiques communes à l'essentiel des pratiques regroupées dans cette classe, on peut mettre en lumière le **type de pratiques A : « rotations extensive en plein champ »** plutôt liée à un travail de sol mécanisé classique et des planches non permanentes.

Description du type B « Engrais vert sous abris »

Dans le Tableau 4, on note que les modalités les plus corrélées à cette classe sont :

- la non mise en place d'inter-culture longue ;
- l'implantation d'engrais vert « hors cadre » ;
- le contexte sous abris ;
- le fonctionnement en planches non permanentes ;
- travail de sol mécanisé classique ;
- l'utilisation d'engrais du commerce comme principal apport fertilisant.

Les pratiques regroupées dans cette classe ont toutes en commun la mise en place d'engrais verts « hors cadre » et un contexte sous abris, à l'exception de Ga. En fait, cet individu est associé à cette classe car il utilise comme apport fertilisant un produit du commerce encore peu répandu qui est le Bactériosol® et qui a été ici défini comme engrais du commerce. Au niveau des modalités innovantes, cette ferme utilise uniquement du paillage organique de type BRF sur culture de haricot. Le paillage organique n'est utilisé que par une autre ferme de la classe et en plus cette modalité ne fait pas partie de celles significativement corrélées avec la classe (Tableau 4). Une nouvelle fois sur le principe de l'interprétabilité des classes, on écartera Ga qui malgré les indications du traitement statistique ne sera pas rattaché à ce type de pratiques.

La classe B met donc en avant la corrélation entre la mise en place d'engrais vert « hors cadre » et le contexte sous abris dans la grande majorité des pratiques qui y sont regroupées, on définira donc le **type de pratiques B : « engrais vert sous abris »**. On y retrouve des fermes conduisant leurs cultures concernées par ces pratiques en planches non permanentes et avec un travail de sol mécanisé classique (Jg, Fc, Ta, Bjf, Cc et Ms)

Description du type C « Planches permanentes avec travail de sol mécanisé réduit »

Les modalités les plus significativement corrélées à ce groupe et qui sont communes à toutes les fermes qui s'y trouvent sont (Tableau 4):

- le fonctionnement en planches permanentes ;
- un travail de sol avec des outils peu animés ;
- l'utilisation de compost comme source principale d'apport fertilisant.

Les manières et outils pour fonctionner en travail de sol mécanisé avec peu d'outils rotatifs animés divergent au sein de la classe. On retrouve un ensemble de 8 fermes utilisant des outils auto-construits lors de formation de l'Atelier Paysan (Kn, Cs, Fk, Cp, Ao, PFK, Af et J4), surtout le cultibutte et le vibroplanche. Le premier a été conçu pour façonner ou entretenir les buttes (planches surélevées) [8] et le deuxième est un outil d'affinage du sol ayant pour vocation de remplacer partiellement les outils rotatifs comme le cultirateur ou le rotavator pour les préparations finales avant semis ou plantation [9]. En marge de ce groupe, on retrouve un maraîcher (Fq) fonctionnant lui aussi en planches permanentes surélevées mais qu'il entretient avec des outils tractés par ses ânes et qu'il a lui-même modifié pour qu'ils soient le plus adaptés à ce mode de traction. Enfin, on retrouve l'individu Ka qui contrairement aux autres membres du groupe, conduit ses cultures sur des planches très peu surélevées. Il travaille son sol avec un Actisol® (outil à dents qui permet d'ameublir le sol à différentes profondeurs) et dans certains cas avec rotavator en fonction de l'état du sol et s'il doit enfouir beaucoup de résidus de culture. Ces pratiques n'ont pas été qualifiées de mécanisées classiques car le recours au rotavator est peu fréquent et surtout, il n'est pas systématique en étant soumis à des règles de décision.

Un tiers des fermes de la classe (3 : Cp, Af et Ka) mettent en place des inter-cultures longues en plein champ, ces mêmes individus représentent également une partie des fermes du groupe qui mettent en place des engrais verts « hors cadre » puisque ces inter-cultures longues sont broyées sur place pour être restituées et jouent donc le rôle d'engrais vert. On voit donc que malgré un niveau de mécanisation moins intensif que dans le type A, la mise en place d'inter-cultures longues est également pratiquée sur des fermes en planches permanentes et ayant peu recours aux outils animés rotatifs. L'autre individu qui met en place des engrais verts « hors cadre » est J4 qui met en place un couvert sous abris (type de pratiques B).

Pour les autres modalités innovantes, seule une ferme utilise du paillage (PFk) et une autre autoproduit une partie de ses apports fertilisants, il s'agit de Fq qui récupère le fumier des ânes qui lui servent pour la traction animale.

On retiendra donc que ce cluster met en avant l'association entre deux modalités considérées innovantes : les planches permanentes et le travail de sol avec peu voire pas de recours aux outils animés. Contrairement aux deux premières classes, il n'y a pas de contexte majoritaire lié aux itinéraires techniques innovants relevés sur les fermes de ce groupe. D'ailleurs, lors des visites sur ces exploitations, il a souvent été constaté que ce fonctionnement était mis en place sur l'ensemble de la surface de l'exploitation. En étant synthétique, on pourra alors définir le **type de pratiques C : « planches permanentes avec travail de sol mécanisé réduit »**

Description du type D « Planches permanentes sans travail de sol mécanisé »

On remarque ici que les 4 modalités les plus significativement corrélées à cette classe sont 4 modalités innovantes (Tableau 4) :

- planches permanentes ;
- travail de sol non mécanisé ;
- utilisation de paillage organique ;
- fertilisation principalement à base de matière végétale non compostée.

D'une manière globale, les données techniques récupérées sur ces fermes sont basées sur une conduite de culture où le sol n'est pas travaillé ou alors uniquement par des outils manuels pour l'aérer sans le retourner (type grelinette). Deux fermes dérogent à différents niveaux à ce principe : Fb qui utilise les outils non animés de l'Atelier Paysan pour enfouir les résidus de ses engrais verts ; Jb où l'exploitant utilise le rotavator en tant que « fraise » sur 5cm de profondeur pour semer des cultures à petites graines (carotte, panais, betterave, etc.). Pour Jb, la modalité « travail de sol non mécanisé » a

été conservée car la très grande majorité des cultures pour lesquelles des données techniques ont été récupérées se font sans aucun travail de sol.

La gestion des adventices se fait essentiellement par le recours au paillage organique sur une épaisseur conséquente et qui peut être de différente nature : paille, foin, compost de déchets verts, herbe de tonte, résidus de culture, engrais vert couché ou broyé sur place. C'est d'ailleurs cette matière organique laissée en surface qui constitue le principal apport fertilisant dans les itinéraires techniques récupérés. C'est ce qui explique la distinction entre :

- 8 fermes sur les 11 qui utilisent de la matière organique végétale non compostée comme principal apport fertilisant et qui utilise également cette matière comme paillage
- les 3 fermes restantes qui fonctionnent plutôt avec du compost de déchets verts en tant que paillage et apport fertilisant principal.

Remarquons tout de même que certaines de ces fermes (3) ont apporté, et continuent parfois de le faire, du fumier pour compenser le phénomène de faim d'azote sur les premières années de mises en place de ces pratiques. Mais elles ne considèrent aujourd'hui pas ces apports comme les principaux.

On voit également que trois fermes du groupe mettent en place des inter-cultures longues. Comme pour le cluster B, on peut voir que cette pratique peut être mise en place hors du contexte suggéré par le groupe de ferme qui lui est le plus associé.

Concernant l'autoproduction de matières fertilisantes, seulement trois fermes sur les 11 apportent de la matière organique en partie produite sur la ferme pour fertiliser et pailler leurs cultures. G5 et Ft réutilisent des résidus de cultures ou des engrais verts par exemple. Fh utilise de la luzerne fraîche broyée qui est produite sur des parcelles dédiées au sein de l'exploitation.

Si on regarde encore une fois les caractéristiques les plus communes aux pratiques regroupées ici, la classe D permet d'identifier le type de pratiques D caractérisé par des planches permanentes sans travail de sol (ou effectué superficiellement avec des outils manuels) avec paillage et fertilisation par d'importantes quantités de MO plutôt végétale. On le résumera par « **planches permanentes sans travail de sol mécanisé** ».

Bilan

Par rapport à la description des classes suggérées statistiquement qui ont permis de définir des grands types de pratiques innovantes, on peut faire plusieurs constats :

- des associations entre certains leviers innovants dans la gestion de la fertilité des sols ont été mises en évidence par la typologie

→ **Hypothèse H1 validée**

- des contextes de mise en place des leviers innovants ont été définis dans certains types de pratiques (exemple : inter-cultures longues liées à travail de sol mécanisé classique et planches non permanentes dans le type A ; engrais verts sous abris dans le type B)

- à travers les exemples fournis dans la description des classes, on se rend bien compte que même si on arrive à mettre en lumière statistiquement des types de pratiques, il existe une multitude de paramètres qui font différer leur mise en œuvre sur chacune des exploitations visitées. Autrement dit, certains individus mettent en place le type de pratique mis en lumière par leur classe mais d'une manière qui diffère légèrement de celle définie par la majorité de la classe.

→ **Hypothèse H2 validée**

- certains leviers innovants rattachés en particulier à un type de pratiques (ex : inter-culture longue pour le type A) se retrouvent mis en place sur des fermes liées à d'autres types de pratiques mais leur contexte de mise en œuvre est différent (ex : inter-cultures longues également pratiquées par des exploitations des types A et B mais avec une intensité de travail de sol plus faible et des planches permanentes)

- deux fermes (Ga et FI) ont été affiliées à des classes mais ne mettent en œuvre aucun des types de pratiques innovantes définis. Pour ne pas fausser les résultats, on décidera de ne pas les intégrer à l'analyse des données par type de pratiques qui sera développée par la suite.

Tableau 4 : Représentativité des modalités au sein de chaque classe de fermes qui ont défini les types de pratiques innovantes. Les modalités soulignées sont celles indiquées par le traitement statistique des données comme étant les plus significativement corrélées à la classe (v.test supérieure ou égale à 2) ; les modalités considérées comme traduisant des pratiques innovantes sont écrites en rouge ; le nombre de ferme concernées pour chaque modalité est écrit entre parenthèse (ex : (9))

Classes de ferme	Nb de fermes	Type de planche	Intensité travail de sol	Inter-cultures longues dans la rotation	Autoproduction de matières fertilisantes	Engrais verts "hors cadre"	Type d'apport fertilisant majoritaire	Utilisation de paillage organique	Contexte des cultures concernées
Type A « Rotations extensives en plein champ »	9 (moins une après analyse plus précise)	<u>100% de planches non permanentes (9)</u>	<u>100% de travail de sol mécanisé classique (9)</u>	<u>88% de mise en place d'inter-culture longue (8)</u>	56% d'autoproduction d'au moins une partie des matières fertilisantes (5)	44% de mise en place d'engrais verts "hors cadre" (4)	<u>88% de fertilisation principalement à base de compost (8)</u> 12% de fertilisation principalement à base de MO (1)	<u>100% de non utilisation de paillage organique (9)</u>	<u>100% de contexte plein champ (9)</u>
Type B « Engrais verts sous abris »	7 (moins une après analyse plus précise)	<u>100% de planches non permanentes (7)</u>	<u>100% de travail de sol mécanisé classique (7)</u>	<u>100% de non mise en place d'inter-culture longue (7)</u>	85% de non autoproduction de matières fertilisantes (6)	<u>85% de mise en place d'engrais vert "hors cadre" (6)</u>	<u>71% de fertilisation principalement à base d'engrais du commerce (5)</u> 29% de fertilisation principalement à base de compost (2)	71% de non utilisation de paillage organique (5)	<u>85% de contexte sous abris (6)</u>
Type C « Planches permanentes avec travail de sol mécanisé réduit »	10	<u>100% de planches permanentes (10)</u>	<u>100% de travail de sol mécanisé avec peu d'outils animés (10)</u>	30% de mise en place d'inter-culture longue (3)	90% de non autoproduction de matières fertilisante (8)	33% de mise en place d'engrais verts "hors cadre" (3)	<u>90% de fertilisation principalement à base de compost (9)</u>	<u>90% de non utilisation de paillage organique (9)</u>	60% de contexte plein champ (6)
Type D « Planches permanentes sans travail de sol mécanisé »	11	<u>91% de planches permanentes (10)</u>	<u>91% de travail de sol non mécanisé (10)</u> 9% de travail de sol mécanisé avec peu d'outils animés	27% de mise en place d'inter-culture longue (3)	73% de non autoproduction de matières fertilisantes (8)	45% de mise en place d'engrais verts "hors cadre" (5)	<u>73% de fertilisation à base de MO végétale non compostée (8)</u> 27% de fertilisation à base de compost	<u>100% d'utilisation de paillage organique (11)</u>	64% de contexte plein champ (7)

III.2. Des motivations pour innover qui divergent selon les pratiques

Qu'ils aient mis en place leurs pratiques innovantes dès leur installation ou bien après un changement vis-à-vis de leurs anciennes pratiques, les maraîchers avaient forcément des objectifs et en tête avant de se lancer. Ces motivations sont résumées dans le Tableau 5 ci-dessous.

Tableau 5: Synthèse des objectifs des producteurs dans la mise en place de pratiques innovantes (auteur)

Type de pratique	Code ferme	Autonomie en intrants	Préserver et favoriser l'activité biologique du sol	Améliorations organisationnelles et ergonomiques	Allonger et diversifier les rotations	Préserver et améliorer la structure du sol	Avoir des apports fertilisants plus adaptés	Réduire les perturbations du sol
A	Dp	x			x			
	Te						x	
	Cg				x			
	Fr		x					
	Ffb	x						
	Ks	x			x		x	
	Pg	x		x			x	
B	Gr				x		x	
	Fc		x				x	
	Ta					x		
	Bjf	x			x			
	Cc					x		
C	Ms						x	
	Jg	x	x					
	Kn			x		x		
	Cs		x	x				
	J4		x	x				x
	Fk					x		x
	Cp			x	x			x
	Fq			x	x			
	Ao			x		x		
	PFk	x						x
D	Af			x				x
	Ka	x	x	x				
	Ja		x			x	x	x
	Tb		x					x
	Fpb						x	
	G5		x			x	x	
	Ft		x					
	Jb						x	x
	Fh							x
	Pe		x				x	x
F	Ff							x
	Bb						x	x
	Fb		x	x		x		x

Même si ces motivations ont été synthétisées en grandes idées (Tableau 5), on peut voir qu'elles sont assez variées en fonction des pratiques mises en place. Ces catégories d'objectifs sont en fait assez liées les unes aux autres dans certains cas d'un point de vue agronomique, comme par exemple « réduire la perturbation des sols » ou « Avoir des apports plus adaptés à base de MO » qui impactent forcément « préserver et favoriser l'activité biologique du sol ». Mais c'est dans un souci de retranscription la plus fidèle possible des idées des producteurs que ces catégories ont été créées.

Des différences entre les objectifs initiaux pour chaque type de pratiques semblent se dégager. Pour le type de pratiques A (Rotation extensives en plein champ), on retrouve une forte proportion de volonté d'allonger et diversifier les rotations et d'avoir des apports fertilisants plus adaptés. Pour cette dernière motivation, plusieurs idées se dessinent. Certains parlent d'apports plus « *progressifs via les prairies* » (Gr) ou d'apports « *moins violents pour le sol* » constitués par les restitutions des intercultures de légumineuses mises en place (Ks). Pour Pg c'est un compost de fumier d'un an dont la qualité est suivie tout au long de son évolution, mené avec une approche biodynamique et issu de son

atelier d'élevage. C'est également au sein de ce type de pratiques qu'on retrouve le plus, l'objectif d'autonomie en intrant des fermes. Pour Pg et Dp, cette autonomie est assurée par la mise en place d'un atelier d'élevage dès l'installation alors que pour Ks et Ffb ce sont les inter-cultures avec des légumineuses qui doivent remplir ce rôle.

Ces motivations sont plus diversifiées pour le type B (engrais verts sous abris) et il est assez difficile de dégager des tendances (Tableau 5). On notera tout de même qu'il y a deux fermes avec l'objectifs d'améliorer leur autonomie en intrants : l'une qui s'est tournée vers l'implantation d'engrais vert pour se passer d'un produit phytosanitaire (Bjf) et l'autre qui utilise du paillage de foin pour réduire sa consommation de paillage plastique (Jg) ce qui n'a pas un rapport direct avec la mise en place des engrais verts sous abris.

Les types de pratiques C et D sont les seuls pour lesquels la majorité des producteurs avait une volonté de réduire le plus possible les perturbations du sol en limitant (type C) ou quasi-abandonnant (type D) le travail du sol. Comparé aux autres agriculteurs de l'échantillon, ceux du type C (planches permanentes avec travail de sol mécanisé réduit) ont fortement indiqué un objectif d'amélioration de l'organisation et de l'ergonomie grâce au fonctionnement en planches permanentes qui pour la plupart d'entre eux permet de faciliter la planification spatiale et temporelle des enchainements de cultures. On notera que les pratiques du type D basées elles aussi sur ce type de planches, n'avaient pas une telle fonction aux yeux des maraîchers qui les développent. Les différences d'objectif au sein de ce type de pratique, encore plus que pour le type A, s'expliquent fortement par la mise en place de pratiques complémentaires au fonctionnement en planches permanentes et travail de sol peu mécanisé. Par exemple Cp et Ka mentionnent respectivement une motivation pour « *allonger les rotations* » ou pour « *gagner en autonomie* » car ils ont intégré dans leur rotation très calée, grâce aux planches permanentes, des blocs d'inter-cultures longues avec des légumineuses qui sont broyées plusieurs fois sur place.

Au sein des producteurs ayant développé des pratiques de type D (Planches permanentes sans travail de sol mécanisé), trois grands objectifs se dégagent fortement chez la majorité d'entre eux : « Réduire les perturbations du sol » (cité 8 fois sur 11) ; « Préserver et favoriser l'activité biologique du sol » (cité 6 fois) ; « Avoir des apports fertilisants plus adaptés » (cité 6 fois). Pour cette dernière motivation les maraîchers concernés sous-entendent surtout des apports ayant un rapport C/N élevé afin d'atteindre un taux de MO dans le sol important, ce qui est pour certains garant d'une « *stabilité structurale du sol* » (Tb). Pour Jb, il fallait trouver autre chose que le fumier ou les engrais bouchons car pour lui il y avait « *autant de N perdu qu'apporté* », il utilise aujourd'hui du foin comme unique apport fertilisant.

Cette analyse des motivations permet de voir que **les types de pratiques définis sont assez cohérents avec les objectifs des producteurs qui y sont rattachés**, ce qui conforte les résultats de la typologie réalisée. De plus on voit des **tendances d'objectifs se dégager en fonction des types de pratiques** (autonomie en achats de fertilisants pour le type A, amélioration dans l'ergonomie et l'organisation du travail pour le type C, apports fertilisants plus adaptés au fonctionnement du sol pour le type D) ce qui permet d'avoir un premier regard sur les logiques qui sont derrière chacun des types de pratiques et de **valider l'hypothèse H3**.

III.3. Temps de recul sur les pratiques et ancienneté des maraîchers

Le recul sur les pratiques innovantes qu'ils développent, tout comme l'expérience des maraîchers, sont des paramètres importants à prendre en compte pour évaluer la solidité des retours critiques des producteurs sur leurs propres pratiques. Ces informations ont été récoltées grâce au questionnaire d'enquête (Annexe VI)

Le temps de recul sur le type de pratique correspond aux nombres d'années entières depuis lesquelles le producteur met en place les techniques innovantes sur lesquelles il a été interrogé lors de l'entretien. L'ancienneté correspond à la différence entre l'année de réalisation de l'enquête (2019) et

l'année d'installation de l'exploitant. Si ce dernier a eu une autre exploitation avant la création de sa ferme actuelle, c'est la date de sa première installation qui a été retenue. Ces deux informations sont résumées dans les figures 10 et 11 ci-dessous.

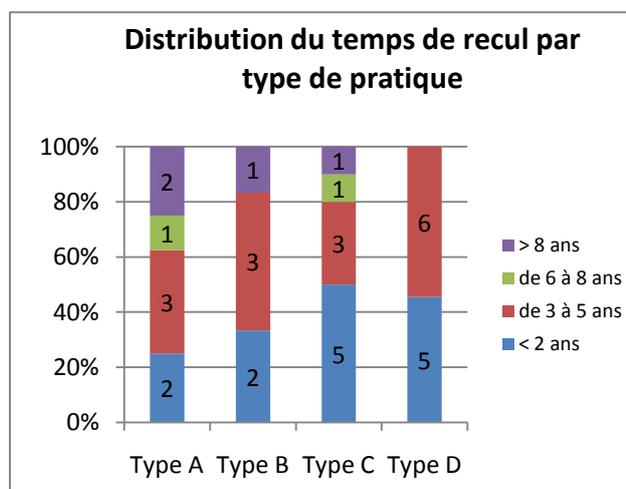


Figure 10 : Distribution du temps de recul par type de pratique (auteur)

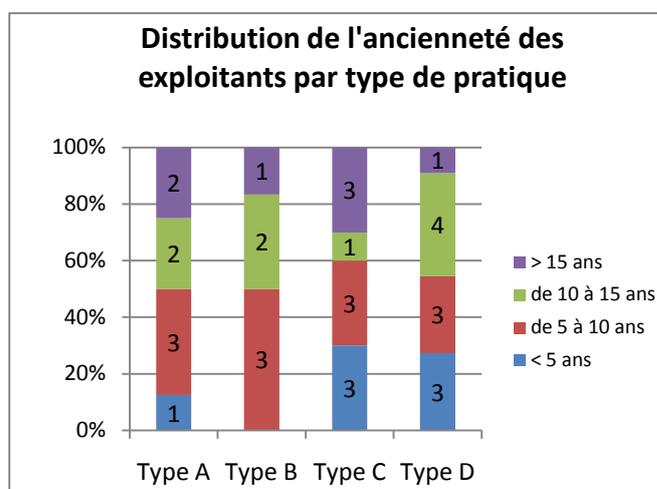


Figure 11 : Distribution de l'ancienneté des exploitants par type de pratique (auteur)

Les étiquettes de données correspondent au nombre de fermes par classe de temps de recul ou d'ancienneté.

Les observations majeures au niveau du temps de recul (Figure 10) concernent les pratiques de type D (Planches permanentes sans travail de sol mécanisé) qui sont les seules pour lesquelles toutes les fermes aient un recul de moins de 5 ans, et les pratiques de type A (Rotations extensives en plein champ) qui sont celles avec la plus forte proportion de temps de recul supérieur à 6 ans. D'un regard plus général, on constate que la majorité des pratiques identifiées ont moins de 5 années de mise en place chez les maraîchers qui les ont développées. Cette proportion peut être considérée gênante pour avoir des retours critiques et de satisfaction qui soient les plus « solides » possible. D'un autre côté, le fait qu'une pratique soit considérée aujourd'hui innovante implique une certaine nouveauté pour qu'elle soit réellement en rupture avec ce qui se faisait avant. Cette forte proportion de pratiques avec moins de 5 ans de recul peut donc aussi insinuer le fait qu'on ait bien repéré des pratiques vraiment « innovantes ».

Concernant l'ancienneté (ou expérience) des producteurs (Figure 11), il existe peu de différences notables en fonction des types de pratiques innovantes. On notera que pour chaque type de pratiques on a environ autant de maraîchers avec plus de dix ans que de moins de dix ans d'ancienneté.

On peut conclure en disant qu'il existe certaines différences dans le temps de recul qu'ont les maraîchers sur leur pratiques en fonction du type de ces dernières (H4 validée) mais que globalement on a une forte proportion de pratiques avec moins de 5 ans de recul. L'ancienneté des maraîchers dans le métier ne semble pas avoir de forte influence sur les types de pratiques qu'ils développent.

III.4. Retours critiques des producteurs selon les types de pratiques

Les retours de la satisfaction des producteurs sur leurs pratiques innovantes ont été récupérés grâce au guide d'entretien sous différentes thématiques. Ces retours restent bien évidemment très subjectifs mais ils ont au moins le mérite d'intégrer le point de vue d'un producteur qui prend forcément en compte des paramètres pratiques que la plupart des indicateurs objectifs et chiffrés n'intégreraient pas.

III.4.a. Satisfaction vis-à-vis du rendement

La définition de la fertilité des sols retenue dans le projet étant basée sur la capacité du sol à assurer la production végétale, il semblait important d'évaluer à travers les ressentis des maraîchers interrogés, l'impact des différents types de pratiques innovantes sur les rendements des cultures concernées. La question leur était posée de la façon suivante : « Comment qualifiez-vous les rendements obtenus sur les cultures impactées par l'itinéraire technique innovant ? ». 5 réponses étaient possibles « Pas assez de recul » ; « Décevants dans l'ensemble » ; « Certaines productions un peu en dessous des standards » ; « Satisfaisants pour toutes les productions » ; « Très bons pour toutes les productions » (Annexe VI). Les résultats sont synthétisés dans la Figure 12 ci-dessous.

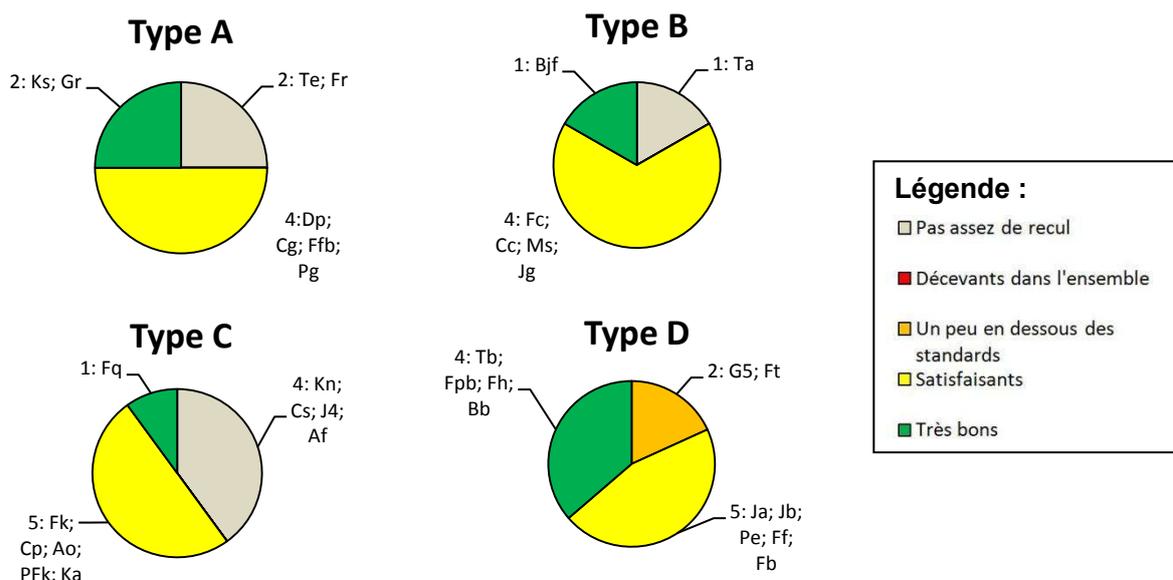


Figure 12: Synthèse de la satisfaction vis-à-vis des rendements (auteur)

Il semble assez difficile de conclure sur des différences nettes de rendement entre les types de pratiques (Figure 12). Pour les trois premiers types de pratiques A (Rotations extensives en plein champ), B (Engrais verts sous abris) et C (planches permanentes avec travail de sol mécanisé réduit), on observe une bonne voir très bonne satisfaction vis-à-vis des rendements des cultures concernées par les pratiques innovantes développées. On peut quand même observer que les producteurs du type D sont plus partagés que les autres sur cette thématique avec deux producteurs (Ft et G5) indiquant des rendements « un peu en dessous des standards » sachant qu'ils ont une bonne idée de ce que peuvent être ces standards puisqu'ils ont le recul d'une expérience dans un système plus classique. Parmi les producteurs avec ce type de pratiques et trouvant leurs rendements « très bons » ou « satisfaisants », environ la moitié indiquent que ceux-ci ont évolué avec le temps grâce à l'amélioration de la qualité de leur sol due à la mise en place de leurs pratiques innovantes.

III.4.b. Satisfaction vis-à-vis du temps de travail

Sur les 35 fermes retenues, 6 fermes (Kn, Cs, Pe, Ao, PFK et Af) estimaient ne pas avoir assez de recul pour répondre à cette question. Cs, Kn, Ao, PFK et Af sont toutes des fermes rattachées au type C de pratiques ce qui fait que seul la moitié des fermes avec ce type de pratiques apportent une contribution à cette analyse. La question de l'impact des pratiques innovantes sur la charge de travail, par rapport à des techniques précédemment utilisées ou avec un système qu'ils considèrent « classique », a été posée avec trois réponses possibles dans le guide d'entretien (Annexe VI) : « gain de temps » ; « statu quo » ; « rajout de temps ». On retrouve un résumé des résultats dans la Figure 13.

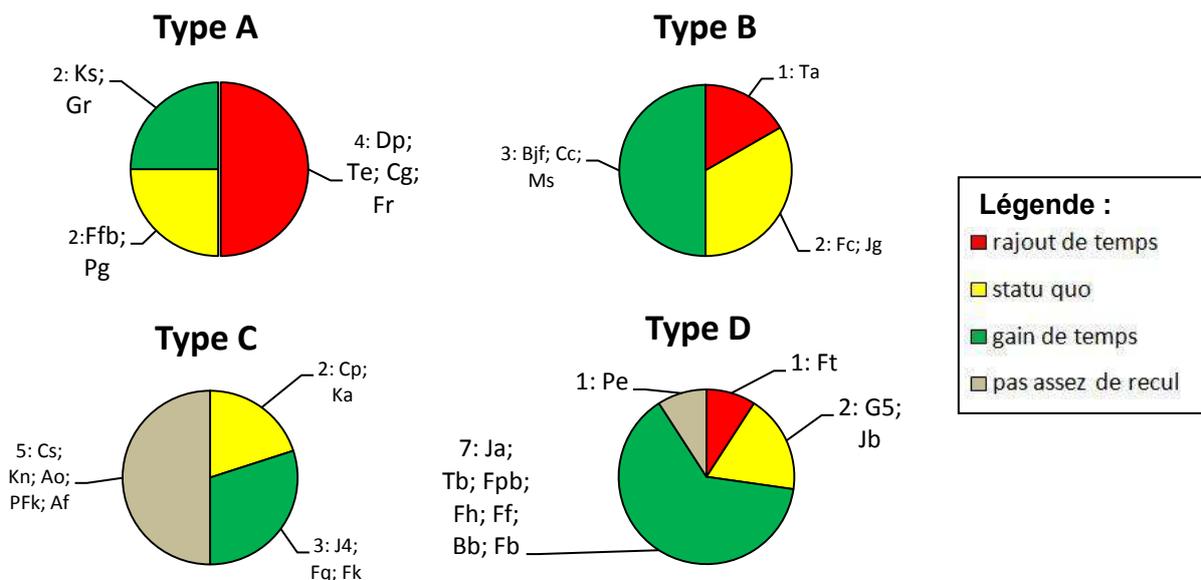


Figure 13: Synthèse de la satisfaction vis-à-vis du temps de travail (auteur)

Pour cette thématique, on observe des différences plus nettes entre les types de pratiques (Figure 13). Le type A apparaît comme celui pour lequel le sentiment d'une charge supplémentaire de travail semble le plus prononcé. Les points de vue de Ks et Gr sur leurs pratiques sont à l'opposé de cela puisqu'ils indiquent un gain de temps de travail, alors que Ffb et Pg considèrent eux qu'il n'y a pas d'impact de leurs pratiques sur leur charge de travail. On peut prendre un exemple de chacun des cas de figure pour illustrer ces différences de perception :

Cg : « Implanter les mélanges céréaliers rajoute forcément du temps de travail supplémentaire au maraîchage »

Ks : « Mon inter-culture de trèfle me permet de ne plus avoir à épandre de fumier, c'est donc un gain de temps »

Ffb : « Dans tous les cas il faudrait préparer le sol si une culture légumière devait être implantée, ça ne change donc pas grand-chose »

On peut aussi remarquer que des pratiques combinées à la mise en place des rotations extensives semblent en partie impliquer des différences de point de vue : l'autoproduction de matières fertilisantes pour Ks et la présence d'un atelier d'élevage pour Dp qui lui constate davantage de temps de travail à cause de son atelier d'élevage.

Dans les pratiques du type B (Engrais verts sous abris), on pourrait penser que le fait d'avoir à implanter un engrais vert entraînerait une perception de charge de travail en plus pour les maraîchers alors que quand on regarde les réponses obtenues (Figure 13), on peut remarquer qu'un seul individu a été dans ce sens. Pour les autres soit le temps que cela demande est tellement faible qu'ils indiquent un statu quo comme Fc « *cela me rajoute seulement 1h de travail pour une serre de 300m²* », soit ils considèrent même un gain de temps grâce à un « *Travail de sol plus facile à réaliser grâce à la meilleure structure du sol* » (Cc).

Pour les 5 maraîchers de la catégorie C (Planches permanentes avec travail de sol mécanisé réduit) ayant répondu à la question, deux ressentis semblent se distinguer avec soit un statu quo, soit un gain de temps de travail. Pour Fk « *la préparation de sol sans outils animés permet des passages plus rapides, l'organisation à la planche permet aussi un gain de temps dans les implantations de culture* ».

Les maraîchers avec des pratiques de type D (Planches permanentes sans travail de sol mécanisé) sont ceux ayant le plus mis en avant un gain de temps travail. Le témoignage de Fh qui indique « *gagner du temps sur les opérations de travail de sol* », est dans l'ensemble partagé par les maraîchers avec la même réponse. Le point de vue de Ft est cependant intéressant car pour lui « *le fait*

d'apporter de grosses quantités de paillage occasionne plus de temps de travail en comparaison des planches qu'on gère de manière classique ». On retiendra donc que même si la majorité de ces producteurs fonctionnent avec beaucoup d'opérations manuelles, ils ont le sentiment d'avoir une charge de temps de travail inférieure à celle d'un système maraîcher plus classique que le leur.

III.4.c. Satisfaction vis-à-vis de la pénibilité physique

La thématique de la pénibilité physique a été abordée dans les entretiens par une question d'évaluation du niveau de pénibilité engendrée par la mise en place des pratiques innovantes. Les réponses pouvaient être données selon une échelle allant de 1 (très pénible) à 4 (pas du tout pénible). Les graphiques de la Figure 14 nous permettent de voir quelles sont les différences d'évaluation pour chaque type de pratique. Sur les 35 pratiques retenues, deux exploitants n'ont pas répondu à cette question et on a donc 33 réponses pour cette thématique.

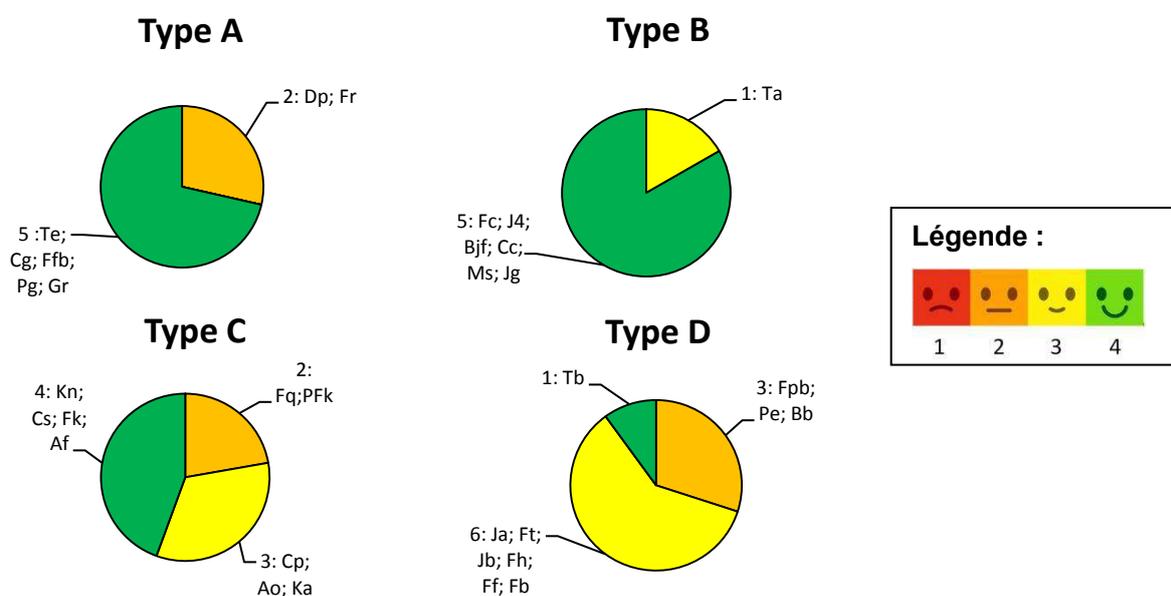


Figure 14: Synthèse de la satisfaction vis-à-vis de la pénibilité physique (auteur)

Pour les pratiques de type A et B, on peut voir une large majorité de réponses les caractérisant comme pas du tout pénibles physiquement, même si pour le type A on a deux réponses de niveaux 2 (Dp et Fr). Pour Dp ce sont les opérations manuelles de soin de son bétail qui sont pénibles physiquement alors que pour Fr c'est le fait d'avoir implanté son inter-culture longue avec du matériel peu adapté et de manière peu mécanisée.

Pour les pratiques de type C les impressions des producteurs sont plus nuancées. Pour Ao qui a donné la note de 3, c'est le fait que les outils de l'Atelier Paysan adaptés à ses pratiques soient « modulables mais lourds avec des éléments lourds à porter ». Fq et PFk sont eux plus négatifs en donnant la note de 2. Pour Fq c'est relié à l'utilisation de la traction animale et pour PFk c'est le fait qu'il met en place du paillage organique manuellement, ce qui n'est pas une composante commune à toutes les pratiques de type C.

Les producteurs du type D sont ceux qui globalement donnent les notes les plus négatives à la pénibilité physique engendrée par leurs pratiques. Ce qui ressort comme facteur de cette pénibilité, c'est surtout la mise en place des paillages de MO qui est une tâche entraînant des aspects de répétition de tâches et de charges lourdes. D'ailleurs, on peut supposer que si Tb est le seul individu mettant en place des pratiques de ce type a avoir indiqué une pénibilité très faible, c'est peut être grâce au fait qu'il épand de manière mécanisée ses paillages avec épandeur et/ou une dérouleuse à paille modifiée.

Les pratiques de types A et B apparaissent donc plus majoritairement comme faiblement pénible aux yeux de leurs producteurs. D'un autre côté les itinéraires techniques innovants regroupés sous le genre D apparaissent comme ceux générant le plus de pénibilité physique. Enfin, entre ces deux cas de figure, on retrouve le type C pour lequel les retours sont nuancés. On a vu que les différences de perception pour ce groupe de pratiques, davantage que pour les autres, étaient principalement causées par la mise en place de variantes qui se rajoutent au socle technique commun qui définit ce type de pratiques.

III.4.d. Satisfaction vis-à-vis de la pénibilité morale

Les diagrammes en secteur de la Figure 15 illustrent la perception de la charge mentale due aux pratiques regroupées dans chacun des 4 types définis précédemment. Ce concept de charge mentale regroupe des problématiques engendrées par la mise en place de pratiques innovantes comme une organisation du travail plus complexe, un temps de travail trop important, des risques liés au caractère innovant des pratiques, une difficulté de faire passer l'intérêt des pratiques aux employés ou bien une phase d'élaboration très complexe avant la mise en œuvre concrète. La question a été posée aux producteurs de la même manière que pour la pénibilité physique (Annexe VI).

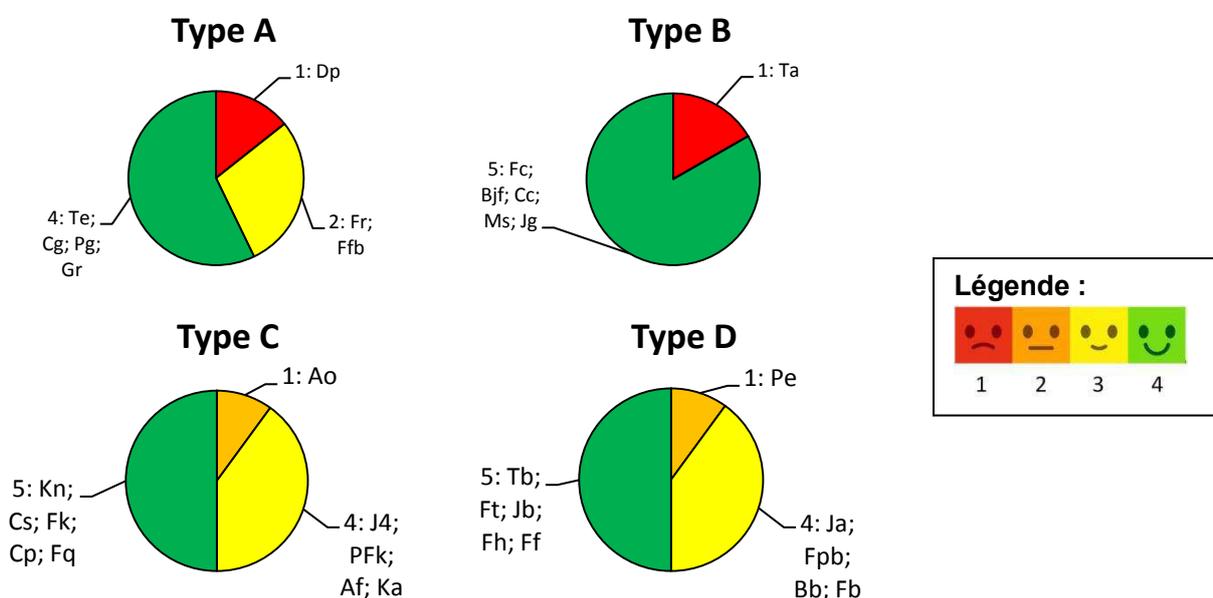


Figure 15: Synthèse de la satisfaction vis-à-vis de la pénibilité morale (auteur)

On peut voir que les producteurs développant des pratiques innovantes de type A semblent dans l'ensemble trouver que la charge mentale générée est plutôt acceptable voir nulle, tout comme les pratiques du type B. Seul Dp indique qu'il juge cette charge mentale très forte et c'est dans son cas dû au stress occasionné par la présence de bétail sur son exploitation, ce ressenti n'a d'ailleurs pas été mis en avant par les autres fermes ayant un atelier élevage (Pg, Gc et Gr). Pour le type B, seule la ferme Ta met en avant un sentiment de pénibilité très négatif qui est ici encore plus prononcé puisqu'il s'agit du niveau le plus bas possible. Tous les autres producteurs avec ce type de pratiques indiquent une charge mentale nulle. L'individu Ta commence tout juste à mettre en place cette pratique sous ses tunnels, et ce qui est pesant pour lui c'est de devoir modifier toute sa rotation pour pouvoir y intégrer des engrais verts. Il reste tout de même optimiste : « *c'est une organisation lourde au départ mais avec le temps cela devrait s'améliorer* ».

Les pratiques de type C et D présentent les mêmes proportions dans la perception de la charge mentale qu'elles occasionnent. Les nuances concernant le type C (Planches permanentes avec travail de sol mécanisé réduit) sont majoritairement dues à la charge mentale que constitue l'élaboration du système de rotation très calé permis par ce type de pratiques, alors que les réserves pour le type D sont plutôt dues aux manques de références techniques sur ces pratiques et à un temps de travail trop important.

Pour la thématique de la charge mentale, on peut donc retenir les pratiques innovantes de type A et B apparaissent comme les moins pénibles aux yeux des producteurs qui les développent. Seuls les producteurs du type D ont mis en avant la pression subie à cause du caractère innovant de leurs pratiques.

III.4.e. Impacts des pratiques sur les achats de matières fertilisantes

L'enjeu de l'autonomie des fermes en achats extérieur a été défini comme un enjeu à prendre en compte dans le projet PERSYST-Maraîchage. Lors de l'enquête, il était donc primordial d'interroger les producteurs sur l'impact de leurs pratiques innovantes sur l'un des postes majeurs de ces achats : les matières fertilisantes. La question leur a été posée sous la forme « Avez-vous constaté une diminution des quantités de fertilisants et amendements achetées depuis la mise en place de ces pratiques ? », avec 4 réponses possibles : « Pas assez de recul » ; « Non, plutôt une augmentation » ; « Aucun changement » ; « Oui, une légère diminution » ; « Oui, une diminution très nette ». La Figure 16 donne une image des réponses apportées.

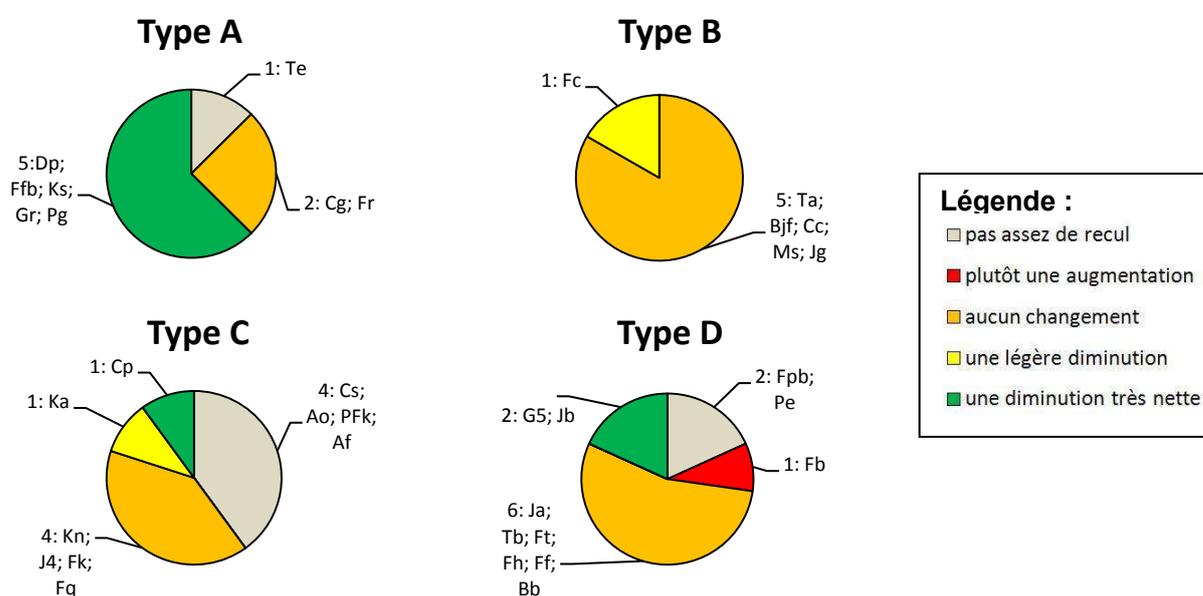


Figure 16: Synthèse de l'impact des pratiques innovantes sur les quantités de matières fertilisantes achetées (auteur)

En regardant les graphiques de la Figure 16, on voit que les pratiques du type A (Rotations extensives en plein champ) semblent induire davantage une réduction des achats en matières fertilisantes que les autres types de pratiques. Pour la moitié des maraîchers qui y sont rattachés, la diminution est très nette. Plusieurs cas de figure se distinguent :

- les fermes qui possèdent un atelier élevage (Dp, Gr et Pg) et qui assurent 100% des apports de leurs cultures de légumes avec les effluents de leur bétail. Cg qui possède quelques chevaux, a plutôt répondu à la question vis-à-vis de l'introduction d'inter-cultures longues en elle-même, et pour lui il continue d'acheter les mêmes quantités d'amendements pour fertiliser ses légumes qu'avant. On constate ici une différence d'interprétation de la question.
- l'individu Ks développe une stratégie différente où les apports d'origine animale sont remplacés par de la matière végétale issue de légumineuses. Les producteurs de cette ferme utilisent du compost de luzerne broyée qu'ils cultivent eux-mêmes, ou bien mettent en place des inter-cultures longues restituées de trèfle/avoine avant une culture ce qui remplace la totalité des apports réalisés auparavant.
- la ferme Ffb ne produit pas elle-même de matières fertilisantes mais elle a mis en place une relation d'échange avec les éleveurs bio voisins qui lui fournissent du fumier contre la paille de ses mélanges céréaliers ou l'herbe de ses prairies.

Pour les pratiques de « mise en place d'engrais vert sous abris » (type B), seul l'individu Fc a pu réduire légèrement ses achats en matières fertilisantes.

Concernant les pratiques innovantes de type C, seuls deux maraîchers ont vu leurs achats en matières fertilisantes diminuer grâce également à la mise en place d'inter-cultures longues à base de légumineuses contiennent des légumineuses. D'ailleurs Cp pense qu'à l'avenir il va pouvoir se passer complètement de fumier tant ses rotations contiennent des engrais verts de légumineuses.

Il est intéressant de noter que les pratiques de type D sont les seules pour lesquelles l'un des producteurs les développant indique qu'elles ont engendré une augmentation de ses achats en matières fertilisantes (Fb). En effet, le principe de ces pratiques est d'apporter le plus possible de matière organique carbonée au sol et lorsque cette matière est du compost de déchet vert du commerce, les quantités à acheter peuvent être très conséquentes. D'autres pratiques regroupées sous ce type sont basées sur l'utilisation du compost de déchets verts (Bb, Pe, Fh, et Ff) mais les producteurs n'ont pas fait part de cette augmentation car ils se sont souvent installés directement sur ce système et n'ont donc pas le recul pour la constater contrairement à Fb qui a utilisé des pratiques plus classiques pendant les deux premières années de son installation. On trouve tout de même sous ce type de pratiques deux fermes ayant réduit considérablement leurs achats en matières fertilisantes (Jb et G5) avec deux stratégies différentes. À la destruction des cultures, G5 met en fait tous les résidus de cultures dans les passe-pieds, ce qui produit un compost qui est remis manuellement sur le dessus des planches permanentes une année plus tard. Ceci, avec un apport massif de compost de déchets verts lors du changement de pratiques de la ferme, lui permet de se passer de l'achat d'autres apports fertilisants. Pour Jb, c'est le foin qu'il utilise comme paillage sur beaucoup de ses cultures qui prend le rôle d'apport fertilisant et remplace un fumier par exemple.

On gardera donc en tête que les pratiques de type A plus que les autres semblent induire une économie d'achats en matières fertilisantes. Pour les autres types de pratiques, l'amélioration de l'autonomie en matières fertilisantes est plus contrastée même si certaines fermes semblent avoir trouvé des alternatives pour réduire ces intrants.

III.4.f. Impacts des pratiques sur les achats de produits phytosanitaires

Même en AB, le recours aux traitements phytosanitaires est aujourd'hui de plus en plus controversé. Certains produits, comme ceux à base de cuivre, sont considérés par de nombreux maraîchers comme très néfastes pour l'environnement et surtout pour la biodiversité présente sur leur exploitation. D'ailleurs, de très nombreux producteurs de l'échantillon ne traitent pas du tout par conviction. Comme témoigne l'un d'eux anciennement en agriculture conventionnelle « *Si je suis passé en Bio, ce n'est pas pour passer mon temps avec un pulvérisateur* ». Cette réduction de l'usage des produits phytosanitaires est aussi l'un des enjeux pris en compte dans PERSYST-Maraîchage en misant sur le fait qu'un sol plus fertile entraînera une diminution de la sensibilité des cultures aux maladies et ravageurs. La question a donc été posée aux maraîchers de savoir si leurs pratiques innovantes leur avaient permis une réduction de l'achat de produits de traitement, avec les mêmes réponses possibles que pour la partie précédente sur les achats en matières fertilisantes (Annexe VI). Les graphiques de la Figure 17 permettent de visualiser ces réponses pour chacun des types de pratiques.

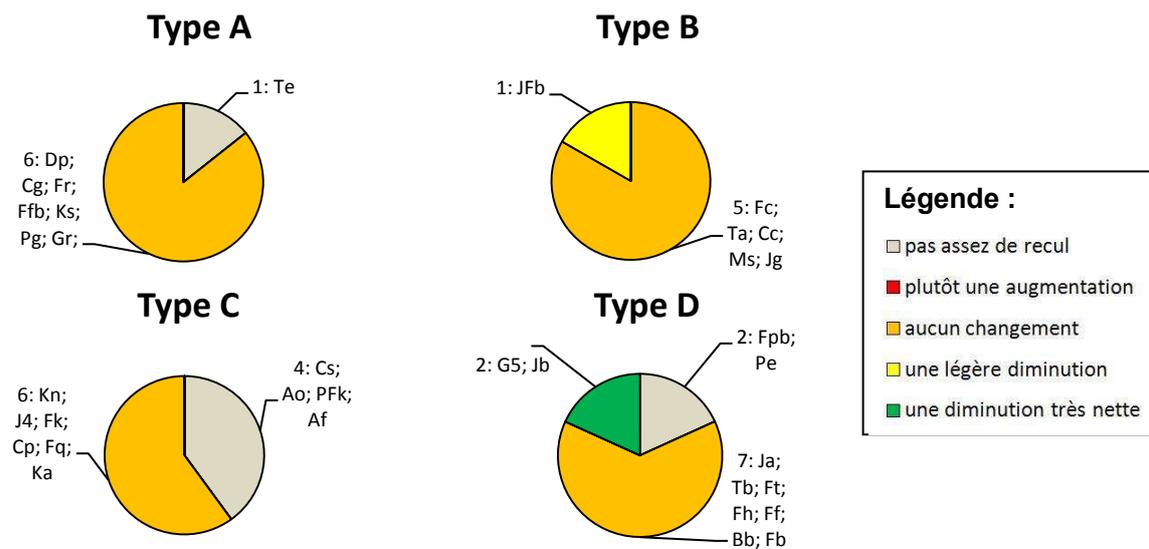


Figure 17: Synthèse de l'impact des pratiques innovantes sur les quantités de produits phytosanitaires achetées (auteur)

De manière globale, très peu d'agriculteurs interrogés relient leurs pratiques à une économie dans l'usage de produits phytosanitaires (seulement 3 sur 35). Deux raisons principales l'expliquent :

- comme déjà évoqué, une majorité de fermes visitées n'utilisait déjà pas de traitements phytosanitaires avant de mettre en place ses pratiques innovantes, d'autres qui se sont installés directement avec les pratiques innovantes identifiées ne traitent également pas depuis le départ en général : ils n'indiquent donc aucun changement
- lorsqu'ils utilisent des traitements, les producteurs ont souvent du mal à distinguer si ce sont leurs pratiques qui induisent une baisse de la pression maladie ou si cette diminution est due aux conditions climatiques de l'année ou à d'autres facteurs

Certaines espèces d'engrais verts peuvent cependant diminuer la pression de certains organismes pathogènes. C'est le cas du sorgho qui a permis dans le cadre de pratiques du type B à Bjf de ne plus avoir recours à un traitement contre *Sclerotinia spp.* sur des cultures de jeunes pousses suivant cet engrais vert.

Dans la lutte contre certains ravageurs de culture, le rôle des produits de traitements peut parfois être remplacé par des auxiliaires se développant naturellement. C'est ce qu'ont constaté deux maraîchers avec des pratiques de type D (G5 et Jb) qui au bout d'une dizaine d'années avec un système maraîcher Bio diversifié classique, ont opté pour le non travail de sol, l'arrêt des engrais du commerce et des produits phytosanitaires.

Il est donc difficile de conclure sur des différences d'impact sur le recours aux traitements phytosanitaires entre les différents types de pratiques, même si on constate qu'au sein du type D on trouve deux exemples de fermes pour qui, l'adoption de leurs nouvelles pratiques permet le remplacement des traitements par des équilibres naturels retrouvés.

III.4.g. Satisfaction vis-à-vis de la rentabilité économique

On l'a dit au début de cette étude, l'équilibre économique des fermes maraîchères Bio diversifiées est parfois fragile. Lors des enquêtes cette notion de rentabilité a été présentée aux producteurs comme la balance entre ce que leur coûtent la mise en place des pratiques innovantes identifiées (y compris leur propre temps de travail) et les bénéfices qu'ils pensent en retirer. On voit que l'angle choisi induit une interprétation très subjective de la rentabilité économique. Les producteurs peuvent même ne pas constater tout de suite la rentabilité de leurs pratiques mais être convaincu qu'elles le seront sur le long terme sur la base de résultats qu'elles offrent déjà. Les réponses étaient données via une note allant de 1 à 4, 4 étant la note attribuée pour la meilleure rentabilité (Annexe VI). La Figure 18 en présente une synthèse.

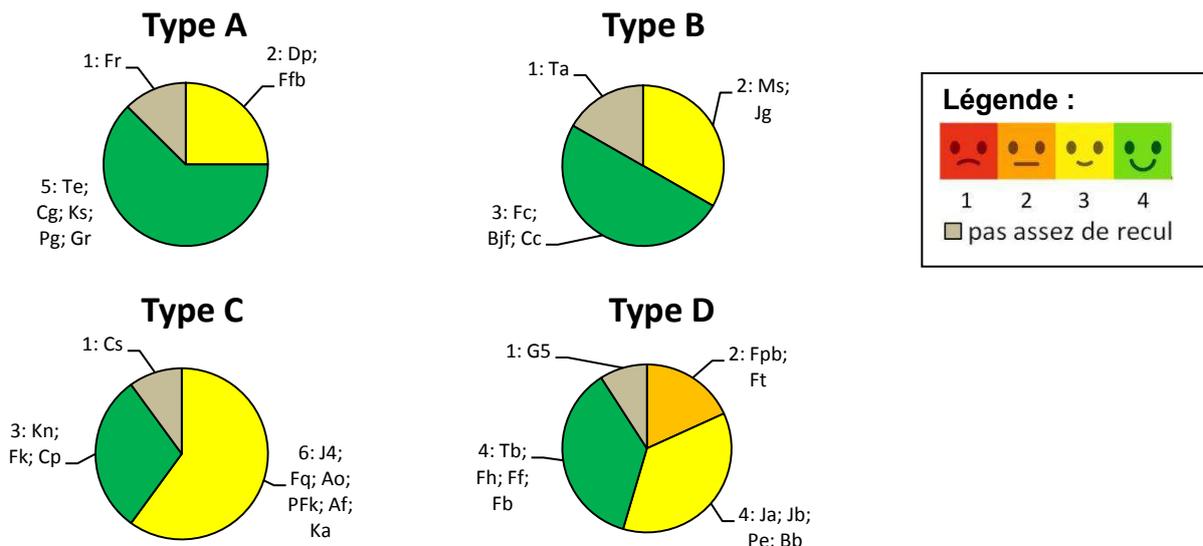


Figure 18: Synthèse de la satisfaction vis-à-vis de la rentabilité économique (auteur)

Les pratiques de type A (Rotations extensives en plein champ) et B (Engrais verts sous abris), semblent perçues, de manière assez similaire, comme rentables (Figure 18). Pour le type A, Ffb (note de 3) met en avant le fait « *qu'il y a beaucoup plus de bénéfices que de désavantages* » en indiquant par exemple que la ferme autoproduit la semence de ses engrais verts en gardant une partie des récoltes des mélanges céréaliers qu'elle met en place. Ks met également en avant ces bénéfices apportés par l'autonomie de la ferme lui, qui produit la grande majorité de ses apports fertilisants, tout comme Dp et Pg.

Le gain (ou du moins le statu quo) sur le temps de travail engendré par leurs pratiques innovantes et mis en avant précédemment par les producteurs du type B, se retrouve au niveau de cette notion de rentabilité. Les producteurs les plus positifs sur la rentabilité de ces pratiques soulignent qu'elle est surtout due au faible temps nécessaire pour leur mise en place, aux investissements financiers très bas qu'elles nécessitent et enfin aux bénéfices qu'elles devraient leur apporter au niveau de la durabilité de la fertilité de leurs sols sous abris.

On retrouve l'argument des investissements très raisonnables chez les producteurs avec des pratiques de type C (Planches permanentes avec travail de sol mécanisé réduit) qui ont majoritairement indiqué une rentabilité positive (note minimum de 3).

Enfin, les impressions sur la rentabilité économiques des pratiques de type D (Planches permanentes sans travail de sol mécanisé) semblent plus contrastées. Il s'agit de la seule catégorie où deux de ses adeptes indiquent une rentabilité économique plutôt négative (Fpb, Ft). Pour certains, ce sont les premières années qui sont difficiles avec des rendements qui peuvent être bas car il y a un temps qui est au départ nécessaire pour « *lancer le système* » (Fpb). Sur le long terme en revanche, la plupart sont « *sûrs d'avoir du résultat* » (Ja). Autre point pouvant être une clé de la rentabilité à long terme, c'est le fait qu'après un certain nombre d'années de ces pratiques, les apports en matières organiques devraient diminuer et on aurait donc des « *amendements durables* » (Fb) qui ne seraient pas à renouveler tous les ans. A l'opposé de ces constats, Ft qui met en place ces pratiques plutôt sous forme de test à côté de ses planches gérées de manière plus classique, a une vision plus négative de la rentabilité de ce type de pratiques innovantes : « *plus de temps et au niveau des rendements cela marche au maximum aussi bien qu'un itinéraire technique plus classique* »

Assez peu de différences existent entre les types de pratiques au niveau de leur rentabilité perçue même si les types de pratiques A, B (et C dans une moindre mesure) semblent perçus comme plutôt rentables, alors que certaines réserves ont été formulées pour les pratiques de type D.

III.4.h. Impacts constatés des pratiques sur la qualité du sol

Sur les 35 maraîchers dont les pratiques ont été affiliées à l'un des types de pratique mis en avant par la typologie, 7 ont indiqué avoir changé leurs pratiques à cause d'un constat de perte de structure de leur sol. L'impact des pratiques innovantes sur cette structure et d'autres composantes de la fertilité des sols peut être observable directement par les producteurs sans qu'il n'y ait besoin d'avoir recours à des mesures très précises. Cette question de l'impact de leurs pratiques sur la qualité du sol de leur ferme a été posée aux agriculteurs lors de l'enquête (Annexe VI) et le Tableau 6 ci-dessous synthétise les réponses apportées. Il s'agissait d'une question ouverte sans réponses prédéfinies (semi-directive) et le nombre de citations des composantes de la qualité des sols les plus évoquées a été retranscrit par type de pratique.

Tableau 6: Synthèse des impacts constatés sur la qualité du sol. Les pourcentages pour chaque composante de la qualité du sol principalement citées correspondent au nombre de citations sur le nombre de pratiques de chaque type moins le nombre de fermes ayant jugé ne pas avoir assez de recul pour répondre à la question.

Type de pratique	Nombre de pratiques regroupées sous ce type	Impact sur le sol des pratiques	Composantes de la qualité du sol améliorées			
			Amélioration de la structure	Ressuyage plus rapide	Vie du sol plus abondante	Meilleur maintien humidité
Type A	8	4 fermes constatent un impact positif et visible				
		1 ferme ne constate pas d'impact positif visible				
		3 fermes jugent ne pas avoir assez de recul	4 citations (80%)	1 citation (20%)	1 citation (20%)	1 citation (20%)
Type B	6	4 fermes constatent un impact positif et visible				
		2 fermes ne constatent pas d'impact positif visible				
			3 citations (50%)	0 citation	1 citation (17%)	1 citation (17%)
Type C	10	9 fermes constatent un impact positif et visible				
		1 ferme juge ne pas avoir assez de recul				
			9 citations (100%)	1 citation (11%)	4 citations (44%)	0 citation
Type D	11	10 fermes constatent un impact positif et visible				
		1 ferme ne constate pas d'impact positif visible				
			8 citations (73%)	0 citation	7 citations (64%)	2 citations (18%)

D'un point de vue d'abord assez générale, on peut voir que pour chaque type de pratiques, une grande majorité des maraîchers remarquent une amélioration de la qualité de leur sol. En effet, si on retire les producteurs jugeant ne pas avoir assez de recul, on tourne entre 70 et 90% de réponses positives. On notera tout de même que c'est le type B (Engrais verts sous abris) pour lequel on a la proportion de réponses négatives la plus élevée.

La composante du sol la plus citée par les maraîchers comme ayant été améliorée est la structure des sols (citée 24 fois). Ces améliorations structurales peuvent porter sur différents paramètres comme une meilleure qualité d'agrégats, moins de sensibilité à la battance, une meilleure porosité, etc. Le type de pratiques innovantes C, est le seul pour lequel 100% des producteurs avec assez de recul ont remarqué une évolution positive de cette structure.

La deuxième composante la plus mise en avant comme améliorée par les différentes pratiques innovantes est la vie du sol qui est d'ailleurs très souvent citée sous ce terme (13 citations). Si on regarde les réponses des producteurs, cette notion correspond en fait à l'observation de davantage de macro et méso faune du sol comme les vers de terre (les plus cités), les insectes ou les campagnols.

On retiendra donc que cette composante n'intègre pas l'activité microbiologique du sol qui est plus difficilement observable et qui devrait être mesurée dans les phases suivantes du projet PERSYST-Maraîchage. Certains notent tout de même « *une dégradation de la MO beaucoup plus rapide* » (Cp) ou la présence de « *petits agrégats* » (Fk) et attribuent ces phénomènes à une activité microbienne améliorée. Le type de pratiques D (Planches permanentes sans travail de sol mécanisé) est celui pour lequel la « *vie du sol* » semble être la plus favorisée. Pour la ferme Fpb (type D), « *Tout s'est amélioré : biodiversité après un an et demi qui a explosé en comparaison de la situation initiale (vers de terre, araignées, cloportes, champi)* »

Hormis ces deux composantes les plus largement mises en avant, on retrouve « un meilleur maintien de l'humidité » et « un ressuyage plus rapide des terres » qui sont cités de manière assez anecdotique, voir nulle, à travers les types de pratiques. On notera tout de même que deux producteurs du type D constatent un meilleur maintien de l'humidité de leur sol au cours de la saison.

III.4.i. Satisfaction générale sur les pratiques innovantes repérées

L'une des questions du guide d'entretien (Annexe VI) portait sur la satisfaction générale qu'avaient les maraîchers sur les pratiques innovantes qu'ils mettaient en place. Cette question leur était posée en leur demandant d'essayer de noter, de 1 à 4 toujours, leur ressenti globale sur leurs pratiques innovantes en intégrant leurs avantages et inconvénients. Les réponses apportées sont présentées dans la Figure 19.

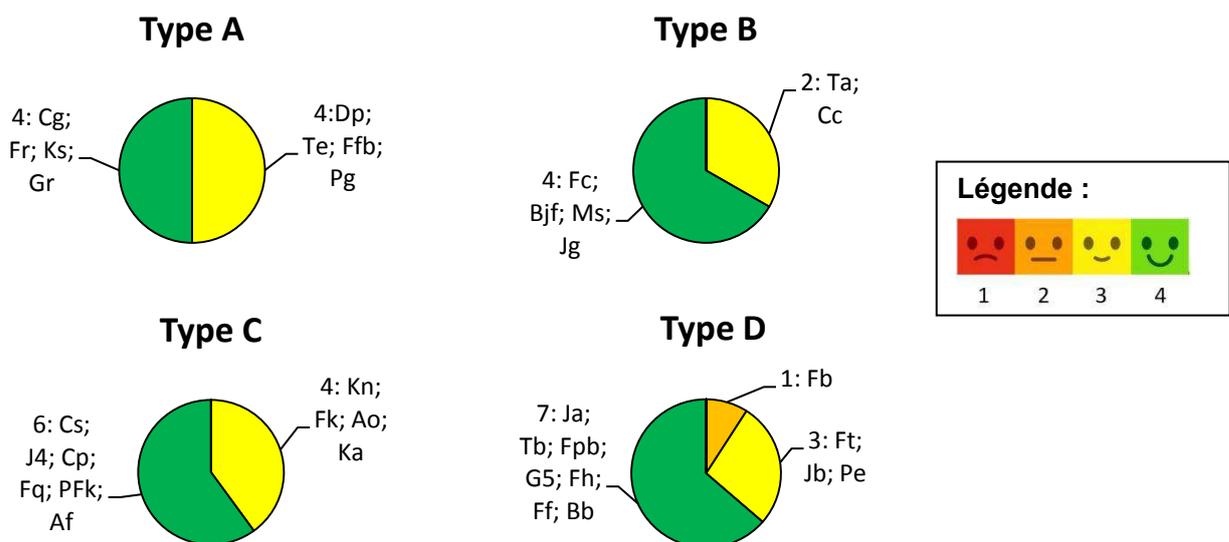


Figure 19 : Synthèse de la satisfaction générale vis-à-vis des pratiques innovantes (auteur)

Sur l'ensemble de l'échantillon, 21 producteurs ont indiqués le niveau maximum de satisfaction, 13 le troisième niveau et seulement 1 le deuxième niveau. Ces résultats montrent que très majoritairement les producteurs sont satisfaits des pratiques qu'ils développent. Cela semble logique puisqu'en général si une technique développée ne convient pas à un agriculteur, celui-ci l'abandonne (Lamé et al., 2015). Le seul producteur ayant émis une satisfaction plutôt négative développe des pratiques de type D et met en avant que ces pratiques vont « *dans le bon sens* » mais qu'elles nécessitent beaucoup d'amélioration. Le « *peut mieux faire* » est d'ailleurs un sentiment très représenté chez les producteurs ayant partagé une satisfaction de niveau 3. On voit donc que malgré certains retours plutôt négatifs sur certaines thématiques (temps de travail supplémentaire pour le type A, pénibilité physique non négligeable et rendements nuancés pour le type D, etc.) les maraîchers semblent tout de même satisfaits des pratiques qu'ils ont développés. On pourrait penser que cela est dû au fait que les pratiques qu'ils développent sont le prolongement de leur vision agronomique et qu'elles leur permettront d'atteindre des objectifs en adéquation avec leurs valeurs (impact environnemental

surtout), cela ayant peut être plus d'importance que certains désagréments occasionnés du point de vue de certains maraîchers. Les désagréments en rapport l'organisation du travail devraient pouvoir être listés et décrits de manière plus objective grâce au suivi expérimentale qui aura lieu sur les 10 fermes pilotes dans les prochaines années du projet PERSYST-Maraîchage.

Bilan sur les retours de satisfaction des producteurs

- On voit bien que pour un même type de pratiques, les retours de satisfaction sur chaque thématique abordée ne sont pas homogènes, ce qui confirme que les critères de satisfaction sont propres à chaque producteur.

→ **Hypothèse H5 validée**

- Au travers des nombreux exemples fournis, on voit que certaines de ces différences de ressenti s'expliquent par des variables supplémentaires comme le recours à pratiques non reliées directement à ce type de pratiques ou par un itinéraire d'application des pratiques de ce type différent des autres fermes qui y sont rattachées.

→ **Hypothèse H6 validée**

- Chaque type de pratique a reçu des retours plutôt négatifs et d'autres plutôt positifs selon les différentes thématiques d'attentes que peuvent avoir les producteurs, il ne semble donc pas y avoir de type de pratiques « idéal » répondant unanimement à toutes ces attentes.

→ **Hypothèse H7 validée**

- Les retours sur l'observation des impacts des pratiques innovantes rencontrées sur la qualité du sol selon les maraîchers traduisent majoritairement que ces pratiques semblent, sur la base de ces témoignages, engendrer des effets bénéfiques sur la fertilité des sols. Les pratiques repérées et caractérisées ici apparaissent donc comme des pistes pertinentes pour répondre à l'enjeu principal du projet.

→ **Hypothèse H8 validée**

IV. Discussion

IV.1. Des manières d'innover diversifiées qui reposent sur différents objectifs

Le premier constat qui peut être ressorti cette étude est que les pratiques innovantes rencontrées sont très variées dans les combinaisons de leviers qui les définissent et les façons de les mettre en place (cultures concernées, outils utilisés, ordre des opérations culturales, etc.). Cette diversité était prévisible car on l'a dit les caractéristiques des fermes maraîchères Bio diversifiées divergent selon de nombreux paramètres (surface, équipements, moyens humains, contexte pédoclimatique, diversité cultivée, etc.). Ces paramètres influent forcément les choix des producteurs dans les pratiques qu'ils développent et c'est ce qui peut expliquer en partie ces résultats. De plus, le fait de rencontrer une telle diversité de pratiques va permettre d'avoir de nombreuses « cartes » en main au moment de co-construire les systèmes de culture innovants qui seront expérimentés dans les phases suivantes de PERSYST-Maraîchage. Cependant, une telle diversité de pratique représente un défi majeur au moment d'essayer de synthétiser des résultats, et c'est pourquoi le recours à la typologie était nécessaire dans cette étude.

Les objectifs des producteurs au départ du processus d'innovation sont quand à eux assez variés même au sein d'un même type de pratiques et rendent compte encore une fois des contextes très différents d'une ferme maraîchère à l'autre, mais aussi des différences d'approches agronomiques des producteurs. Des différences de motivations ont pu être dégagées entre les types de pratiques définis ce qui conforte la pertinence de la typologie réalisée. On pourra aussi remarquer que les objectifs vis-à-vis de la préservation de la composante biologique de la fertilité des sols sont majoritaires. Ces objectifs vont d'ailleurs dans de l'étude bibliographique réalisée au début de cette étude et qui faisait

ressortir l'entretien de l'activité biologique des sols comme primordiale car au centre des interactions entre les toutes les composantes de la fertilité des sols.

IV.2. Réponse des pratiques repérées aux enjeux priorités dans le projet PERSYST-Maraîchage

On le rappelle, l'axe prioritaire du projet PERSYST-Maraîchage reste la gestion durable de la fertilité des sols. Il est difficile de dire si les pratiques repérées ici permettront d'atteindre cet objectif car elles nécessitent d'être évaluées à long terme. Nous l'avons vu, les observations des producteurs constatant pour beaucoup une amélioration de l'activité biologique dans leurs sols et surtout de la qualité de la structure (meilleure stabilité des agrégats, structure davantage grumeleuse, etc.) sont cependant très encourageantes et semblent indiquer que des pratiques au potentiel intéressant ont été repérées et pourront être utilisées pour les ateliers de co-conception. D'ailleurs, si on croise les objectifs et principes sur lesquels sont basés les types de pratiques rencontrés, avec la revue bibliographique effectuée au départ de cette étude sur les principes et enjeux de la fertilité des sols, les pratiques innovantes rencontrées semblent apporter une réponse plus durable à l'axe prioritaire du projet que les pratiques du système maraîcher biologique « dominants » actuellement. Ces suppositions ont vocation à être validées de manière précise et argumentée par un panel d'indicateurs qui sera utilisé sur les essais menés pendant 5 ans dans le cadre de PERSYST-Maraîchage.

Le second axe principal du projet concernait l'organisation du travail. Pour cette thématique une limite majeure se pose dans l'interprétation des résultats : celle des éléments de comparaisons des maraîchers interrogés. En effet, certains maraîchers s'étant installés directement avec les pratiques innovantes qui ont été identifiées dans cette étude, ils disposent de très peu de références autres que leurs propres pratiques pour juger de leur pénibilité et de la charge de travail qu'elles impliquent. Ajouté à cela des seuils de tolérance propres à chacun, et il est alors complexe de caractériser les types de pratiques identifiés selon leur impact positif ou négatif sur l'organisation du travail. Cependant, ce travail a au moins le mérite d'attirer l'attention sur les tendances mises en avant dans cette étude qui constitueront des points de vigilance importants lors des phases d'expérimentation du projet. Les acteurs du projet ont d'ailleurs déjà réfléchi aux méthodes d'évaluation des thématiques de l'organisation du travail sur la base de résultats de cette étude leur ayant été présentés. Elles seront basées sur des indicateurs socio-économiques qui seront traités en priorité sur les 10 fermes observatoires pilotes qui permettent d'avoir un retour crédible dans le contexte réel d'une exploitation et de ses problématiques.

IV.3. Limites de l'étude

Tout d'abord, le recours à une typologie où l'on cherche à avoir un nombre de types ni trop bas ni trop élevé pour faciliter l'interprétation des résultats, a forcément induit une « perte » de précision dans l'appréhension des mises en œuvre concrètes et complexes des types de pratiques au cas par cas. Notons que ce biais a tout de même été réduit par la mise en lumière de certains exemples de paramètres qui expliquaient des différences dans l'interprétation des données (par exemple la présence d'un atelier d'élevage entraînant une charge de travail supplémentaire. Il est plutôt positif d'avoir réussi à développer une typologie avec un objet d'étude aussi complexe et varié que sont les fermes maraîchères Bio diversifiées. On peut même dire que cela a été décisif pour développer une analyse des données synthétique dans cette étude. Un autre biais propre à cette typologie est que les variables discriminantes qui la composent sont parfois reliées les unes aux autres (exemple des « engrais verts hors cadre » très corrélés avec le contexte sous abris puisqu'il est directement lié à l'une des façons d'introduire des engrais verts hors cadre).

Deuxièmement, il est primordial de garder en tête que la caractérisation et l'évaluation des pratiques s'est ici faite à dire de producteurs et que cela entraîne forcément des biais dans les retours que l'on a pu collecter sur chaque type de pratiques. En effet, chaque producteur a des critères de satisfaction qui lui sont propres et une façon d'interpréter les questions qu'on lui pose. Ce point est à

prendre en compte dans les variations de satisfaction selon certaines thématiques au sein d'un même type de pratiques. De même, certains de ces types traduisent une vision agronomique particulière et on peut facilement imaginer qu'il peut être difficile pour un producteur d'être négatif sur une pratique qui est le prolongement de son approche agronomique.

Troisièmement, contrairement à l'étude de Salembier et Meynard (2013), il n'y a pas eu ici de « démultiplication des réseaux » puisque seules les fermes adhérentes du réseau GAB-FRAB pouvaient être retenues puisque ce sont elles que les conseillers maraîchage (en charge du repérage des fermes « innovantes ») connaissaient. Ainsi on peut se dire qu'il existe probablement d'autres fermes maraîchères diversifiées développant des alternatives pertinentes dans les enjeux qui étaient ceux de cette étude, mais qu'elles n'ont pu être repérées car non adhérente au réseau de repérage utilisé ici. D'ailleurs, ces fermes peuvent se retrouver sur un territoire autre que celui auquel on s'est restreint pour ce travail, avec peut être des initiatives différentes dues à un contexte différent qui auraient pu être inspirantes pour les fermes du Grand Ouest. A l'avenir, il pourrait donc être intéressant que d'autres acteurs développent ce genre d'initiatives dans d'autres territoires pour stimuler les changements de pratiques en vue d'améliorer la pérennité des fermes maraîchères Bio diversifiées.

Enfin, certaines données n'ont pas été analysées en fonction des types de pratiques dans cette étude. On peut par exemple citer des caractéristiques des fermes enquêtées ici comme les surfaces cultivées (plein champ et sous abri), les moyens humains disponibles ou encore la diversité cultivée. Ces informations auraient pu caractériser les types de pratiques au niveau des types de fermes les mettant en place, et à défaut d'avoir ici été utilisée, elles seront indiquées dans les fiches techniques récapitulatives par ferme visitée (Annexe IV).

IV.4. Optimisation et diffusion des pratiques innovantes rencontrées

Les 4 grands types de pratiques rencontrés impliquent des changements importants pour être mis en place, qu'ils soient liés à la structure (besoin en surfaces cultivables plus importantes que celle de la majorité des fermes maraîchère Bio diversifiées, et/ou modifications des rotations et assolements pratiqués voir de la gamme cultivée, moyens humains, etc.) ou bien qu'ils concernent les conduites culturales (gestion du travail de sol, des mises en cultures, des plannings de plantation et semis, du désherbage, des modes de fertilisation, etc.). Ces changements peuvent freiner beaucoup de maraîchers dans leurs tentatives d'adapter ces pratiques à leurs exploitations et il faudra comprendre leurs réserves et leurs attentes vis-à-vis du soutien technique pour les aider dans cette démarche. C'est bien pour cela que le projet PESYST-Maraîchage intègre les producteurs dès ses premières phases (enquête sur les fermes, présence de maraîchers lors du premier comité de pilotage, etc.) jusqu'à l'expérimentation dans le contexte réel d'une ferme qui permettra d'avoir un retour authentique sur les pratiques et leurs impacts au niveau pénibilité, temps de travail mais aussi rentabilité.

Deux types de défis se distinguent après cette étude :

- optimiser les innovations repérées sur les fermes où elles sont déjà mises en place
- diffuser ces pratiques innovantes auprès des maraîchers fonctionnant avec des pratiques plus classiques

Pour le premier, il faudra surtout lever les verrous techniques que rencontrent les maraîchers dans leur processus d'innovation, alors que pour le second, il faudra surtout pouvoir établir des références techniques et trouver la bonne manière de les communiquer afin de convaincre des bienfaits et de la faisabilité des différents types de pratiques innovantes.

Lors des entretiens, les thématiques que les maraîchers enquêtés souhaiteraient voir traitées dans la phase d'expérimentation de PERSYST-Maraîchage ont pu être récupérées (Annexe X). Beaucoup d'interrogations concernaient le non travail de sol, soit au final les pratiques de type D (Planches permanentes sans travail de sol mécanisé). On peut penser que cela est assez normal car c'est au final le type de pratiques innovantes qui pourrait être le plus qualifié d'innovation de « rupture » car un écart important sépare ses principes de ce qui préexistait jusqu'alors en maraîchage (Boly,

2008). Ces interrogations sont variées et traduisent parfois les verrous techniques auxquels les producteurs les développant sont confrontés : problèmes de mécanisation des mises en cultures (surtout sur les semis) mais aussi des opérations de paillage, impact sur le temps de travail et la pénibilité, espèces d'engrais verts les plus adaptées et utiles dans ces systèmes, gestion de la pression des mulots et limaces favorisées par les paillages organiques, gestion de l'enherbement ou encore impact de la présence de paillage sur le réchauffement du sol pour les cultures primeurs... Pour ces systèmes qui ressortent comme engendrant une certaine pénibilité physique, l'une des clés sera le développement d'outils adaptés et des projet pour les développer sont déjà en cours comme le projet Buzuk développé par l'Atelier Paysan dans le Finistère.

D'autres thématiques sont dans une moindre mesure, citées par les producteurs :

- la gestion des engrais verts avec notamment des interrogations quant à leurs réels apports dans le but d'une réduction des doses d'apports fertilisants, mais aussi sur leurs impacts sur la structure du sol et la pression sanitaire
- les composts et la qualité des apports qu'ils fournissent en fonction de leur nature, leur mode de compostage ou la durée de celui-ci
- pour la construction de rotations extensives : quelles inter-cultures idéales pour gérer la pression adventice ? Quelles espèces utiliser pour avoir une rotation optimale sur les plans agronomiques et de la rentabilité ?

On l'a dit, la forme dans la diffusion des résultats des différentes étapes du projet PERSYST sera importante. Pour cette première étape, à la demande des maraîchers enquêtés qui souhaitent « savoir ce que les autres font » pour s'en inspirer, les fiches techniques récapitulatives qui seront utilisées pour les ateliers de co-conception (Annexes III et IV) seront finalement diffusées au sein du réseau GAB-FRAB. Dans la suite du projet, l'échange direct entre maraîchers sera une forme de communication à favoriser car c'est la principale source d'information qu'ont citée les producteurs interrogés dans le processus de développement de leurs pratiques. Cela pourra prendre la forme de journées portes ouvertes chez des maraîchers innovants, de mise en place de groupes d'échanges sur les territoires, ou même de formations proposées aux maraîchers avec des intervenants eux-mêmes producteurs. Des supports originaux devraient être également utilisés avec la création d'une chaîne Youtube PERSYST-Maraîchage pour partager des témoignages ou vidéos illustratives tout au long du projet. Enfin, il sera important de mettre en avant l'un des résultats de cette étude qui montre que l'adoption de pratiques innovantes n'est pas réservée à certain profil d'ancienneté dans le maraîchage mais qu'elle peut impliquer tout types de profils de maraîchers : des producteurs encore en processus d'installation ou d'autres ayant fonctionné avec des pratiques classiques pendant plusieurs années et qui ont changé leurs manières de fonctionner pour répondre à des objectifs qui leurs sont propres.

Conclusion

Par ses enjeux actuels et les défis futurs qu'elle représente, la gestion de la fertilité des sols est définie comme un axe de travail primordial pour garantir la pérennité des systèmes maraîchers biologiques diversifiés. En cherchant à élaborer des systèmes de cultures à l'impact positif sur cette fertilité des sols tout en intégrant d'autres problématiques propres aux fermes maraîchères diversifiées (comme l'organisation du travail), l'orientation du projet PERSYST-Maraîchage, apparaît donc totalement justifiée. Cette étude, qui entre dans les premières étapes du projet, a permis de repérer et de caractériser des pratiques innovantes potentiellement mobilisables dans la construction de ces nouveaux systèmes de cultures, à partir de l'automne 2019. Nous avons pu définir ces pratiques comme « innovantes » de par leur rupture avec les pratiques actuellement les plus répandues dans les systèmes maraîchers biologiques diversifiés, délimitées par une revue bibliographique.

L'un des premiers points que nous pouvons retenir des résultats de ce travail reste la forte diversité de manières de développer des pratiques innovantes dans la gestion de la fertilité des sols, constatée à travers l'enquête réalisée auprès de 37 fermes maraîchères biologiques diversifiées du Grand Ouest. Cette diversité représente autant de sources d'inspiration pour le projet PERSYST-Maraîchage, et qu'il faudra tenter d'appréhender au moment de la conception des nouveaux systèmes de cultures innovants. C'est d'ailleurs pour faciliter ce travail et l'interprétation des données récoltées qu'une typologie des pratiques innovantes rencontrées a été réalisée. Celle-ci a permis de mettre en avant quatre types de pratiques innovantes dans la gestion de la fertilité des sols. Chacun de ces types diffère des autres par différentes variables qui se résument surtout à l'intensité du travail de sol, au caractère permanent ou non des planches maraîchères, ainsi qu'à la nature des matières fertilisantes.

Un autre enseignement à retenir est que cette typologie a permis de mettre statistiquement en avant les associations entre certains leviers identifiés comme ayant un rôle bénéfique à jouer sur le maintien et l'amélioration de la fertilité des sols maraîchers. Des exemples distillés au cours de l'étude permettent de saisir une partie des modalités pratiques de mises en œuvre de ces associations. Il sera aussi primordial, dans la suite du projet, d'intégrer leurs conditions de réussite récupérées auprès des maraîchers mais non présentées dans cette étude.

Nous avons aussi vu que les objectifs et motivations recherchés par les producteurs dans la mise en place de pratiques innovantes diffèrent selon les types de pratiques. Mais on retrouve de manière majoritaire une volonté d'améliorer les conditions favorables à la vie des organismes du sol, ceci afin d'amplifier les services agronomiques qu'elle peut rendre (amélioration de la structure du sol, potentiels de croissance des cultures, réduction de la pression phytosanitaire, etc.). Pour la plupart des maraîchers rencontrés, cet objectif ne doit cependant pas être atteint au prix d'un impact négatif sur la question de l'organisation du travail (temps de travail, pénibilité physique et morale), et c'est bien pour cela que le projet PERSYST-Maraîchage a pris en compte cette thématique comme axe secondaire.

L'évaluation de la performance des pratiques ciblées s'est ici faite sur la base de retours fournis par les producteurs eux-mêmes. Même si cette méthode entraîne de nombreuses limites (critères de satisfaction propres à chaque producteur, facteurs non rattachés au type de pratique entraînant un biais dans les réponses, etc.) elle a au moins eu le mérite de dégager des tendances de performances positives ou négatives sur certaines thématiques d'attentes que peuvent avoir les producteurs (rendement, temps de travail, pénibilité, rentabilité, impact sur la qualité du sol, etc.). De manière globale, les producteurs ont indiqué être satisfaits des pratiques innovantes qui ont été décrites sur leur ferme même si aucun type de pratiques identifié n'est ressorti comme « idéal » (remplissant toutes les attentes de satisfaction).

Nous avons aussi pu valider par la démarche de cette étude que les pratiques innovantes rencontrées sur les fermes maraîchères visitées devraient permettre une gestion plus durable de la fertilité des sols en comparaison aux pratiques aujourd'hui « dominantes ».

Ce travail sera suivi de 5 années d'expérimentations sur une partie de ces pratiques, ce qui devrait permettre de générer des références techniques ainsi que des données agronomiques objectives, dans le but de diffuser les innovations rencontrées. Mais il faudra pour cela lever des interrogations et verrous techniques bloquant à l'heure actuelle leur optimisation dans les fermes les mettant déjà en place.

Bibliographie

- Agence Bio, 2019a. *Dossier de presse. Les chiffres 2018 du secteur bio*. [en ligne]. 2019. [consulté le 29 juin 2019]. Disponible à l'adresse : https://www.agencebio.org/wp-content/uploads/2019/06/DP-AGENCE_BIO-4JUIN2019.pdf
- Agence Bio, 2019b. *Synthèses régionales. Chiffres Bretagne 2018*. [en ligne]. 2019. [consulté le 29 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.agencebio.org/vos-outils/les-chiffres-cles/>.
- Argouarc'h, J., Lecomte, V. et Morin, J-M., 2008. *Maraîchage biologique*. Educagri, Dijon, 265p.
- Baize D. et Jabiol B., 2012. *Guide pour la description des sols*. Éditions Quae, Versailles, 430p.
- Berner A. et al., 2013. *Les principes de la fertilité des sols. Construire sa relation avec le sol. FiBL/Bio Suisse*. 32p. [en ligne]. [consulté le 20/07/19]. Disponible à l'adresse : <https://shop.fibl.org/chfr/mwdownloads/download/link/id/572/>.
- Blanchard M., Vall E., Tingueri Loumbana B., et al., 2017. *Identification, caractérisation et évaluation des pratiques atypiques de gestion des fumures organiques au Burkina Faso : sources d'innovation ?* In : *Autrepart* [en ligne], vol.81, pp.115-134. [consulté le 16 mars 2019] Disponible à l'adresse : <https://www.cairn.info/revue-autrepart-2017-1-page-115.htm>
- Boly V., 2008. *Ingénierie de l'innovation: organisation et méthodologies des entreprises innovantes*. Hermès Science, Paris, 224p.
- Bourguignon, L. et Bourguignon, C., 2017. *Manifeste pour une agriculture durable*. Actes Sud, Arles, 70p.
- Bouthier A., Cortet J., Bispo A. et Piron D., 2014. *Impact du travail du sol sur son fonctionnement biologique*. In : *Faut-il travailler le sol ?*. Labreuche J. et al. eds. [en ligne]. 2014. Editions QUAE, Paris, pp. 85-108. [consulté le 7 août 2019] Disponible à l'adresse : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01608212>
- Chaboussou, F., 1985. *Santé des cultures: une révolution agronomique*. La Maison Rustique, Flammarion, 269p.
- Chaussod R., Breuil M. C., Echairi A., et al., 1996. *La qualité biologique des sols : Évaluation et implications*. In : *Étude et gestion des sols* [en ligne]. 1996, vol. 3, p. 261-278. [consulté le 23 juillet 2019]. Disponible à l'adresse : http://www.afes.fr/wp-content/uploads/2017/10/EGS_3_4_CHAUSSOD.pdf
- Chitrit J-J., Gautronneau Y., 2011. *Pratiques agricoles et fertilité des sols en France*. In : *Revue Science Eaux & Territoires* [en ligne]. 01/2010, article hors-série, 8 p. [consulté le 28 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <http://www.set-revue.fr/pratiques-agricoles-et-fertilité-des-sols-en-france#article-citation>.
- CIVAM Bio Basque, 2007. *Les Clés de La Fertilisation En Maraîchage Biologique. Fiche technique*. Biharko Lurraren Elkartea, Pays Basque.
- Constantin J., Beaudoin N., Meyer N., Crignon R., Tribouillois H., et al., 2017. *Concilier la réduction de la lixiviation nitrique, la restitution d'azote à la culture suivante et la gestion de l'eau avec les cultures intermédiaires*. In : *Innovations Agronomiques* [en ligne], vol. 62, pp.59-70. [consulté le 10/08/19]. Disponible à l'adresse : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01770351/document>
- Doré T., Réchauchère O. et Schmidely P., 2008. *Les clés des champs: l'agriculture en questions*. Éditions Quae, Versailles, 192p.
- Dugué P., Kettella V., Michel I., et al., 2017. *Diversité des processus d'innovation dans les systèmes maraîchers des Niayes (Sénégal): entre intensification conventionnelle et transition agroécologique*. Dans : *Technologie et Innovation* [en ligne], vol. 17, 16p. [consulté le 19 mars 2019] Disponible à l'adresse : <http://agritrop.cirad.fr/584363/3/6dugue-ok-isa-3.pdf>
- FAO, 2015. *Les sols sont en danger mais la dégradation n'est pas irréversible*. [en ligne]. 2015. [consulté le 16 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <http://www.fao.org/news/story/fr/item/357221/icode/>.

Faure A., Roux E., Sarthou V., 2018. *Dictionnaire d'agroécologie. Intrans organique*. [en ligne] [consulté le 10 août 2019] Disponible à l'adresse : <https://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/intrans-organique/?highlight=amendement>

Fenneteau H., 2015. *L'enquête: entretien et questionnaire*. Dunod, Paris, 125p.

GAB44, 2018. *Guide de gestion de la fertilisation en maraîchage biologique*. 63p.

Galais, M., 2018. *L'accompagnement à l'installation agricole en maraîchage biologique diversifié sur le département Loire-Atlantique*. Mémoire de fin d'études, Agrocampus Ouest, Angers, 61p.

Gard B., Clerc H., Goillon C., et al., 2018. *Concevoir et expérimenter en réseau des combinaisons de pratiques pour une gestion durable des bioagresseurs du sol*. In : *Innovations agronomiques* [en ligne], vol. 70, pp. 165-180. [consulté le 19 mars 2019] Disponible à l'adresse : <https://www6.inra.fr/ciag/content/download/6521/48049/file/Vol70-12-Gard%20et%20al.pdf>

Girard M-C., Walter C. et Rémy J-C., 2011. *Sols et environnement: Cours, exercices corrigés et études de cas*. Sciences sup, Dunod, Paris, 896p.

Giraud, E. et Raheer, R., 2014. *Le bio est-il éthique?* Studyrama, Levallois-Perret, 146p.

Hérody Y., 2014. *Petit guide pour comprendre la méthode Hérody. Condensé*. BRDA Hérody. 11p.

Husson F., Josse J. et Pagès J., 2010a. *Analyse de données avec R - Complémentarité des méthodes d'analyse factorielle et de classification*. In : 42èmes Journées de Statistique, 2010, Marseille, France, France. [en ligne]. [consulté le 8 juillet 2019] Disponible à l'adresse : <https://hal.inria.fr/inria-00494779/document>

Husson F., Josse J. et Pagès J., 2010b. *Principal component methods - hierarchical clustering - partitional clustering: why would we need to choose for visualizing data? Technical report*. Département de mathématiques appliquées, Agrocampus Ouest, Rennes, 17p. [en ligne]. [consulté le 5 juillet 2019] Disponible à l'adresse : http://factominer.free.fr/more/HPCPC_husson_josse.pdf

Husson F., 2014. *L'Analyse des Correspondances Multiples en 6 minutes* [vidéo en ligne] YouTube France, 6mn 25. [consulté le 5 juillet 2019] Disponible à l'adresse : <https://www.youtube.com/watch?v=biHScz3OXbw>

IPCC, 2019. *IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse gas fluxes in Terrestrial Ecosystems. Summary for Policymakers*. [en ligne]. [consulté le 09/08/19]. Disponible à l'adresse : <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-33899-Giec-terres-resume-decideurs.pdf>.

Jean E., 2011. *Maraîchage biologique et organisation du travail: Enjeux et conséquences de la diversification. Etude de cas: Vaucluse et Bouches-du-Rhône, PACA*. Thèse de doctorat Sciences agricoles, AgroParisTech et Museum national d'Histoire naturelle, Paris, 72p. [en ligne]. [consulté le 10 août 2019] Disponible à l'adresse : <https://prodinra.inra.fr/ft?id={8106AAA9-7BCF-4C11-82C4-973786B3A705}&original=true>.

Lamé A., 2015. *Pratiques des associations plurispécifiques à base de légumineuses à graines chez des agriculteurs innovants*. Mémoire de fin d'études Sciences agricoles, ESA Angers, Angers. 82p. [en ligne] [consulté le 20 mars 2019] Disponible à l'adresse : https://www6.inra.fr/legitimes/content/download/3432/33655/version/2/file/L3.11_T3_MFE_2015_LAME_ALICE.pdf

Lamé A., Jeuffroy M-H., Pelzer E., et al., 2015. *Les agriculteurs sources d'innovations: exemple des associations plurispécifiques dans le grand Ouest de la France*. In : *Agronomie Environnement et Société* [en ligne], vol. 5, pp. 47-54. [consulté le 20 mars 2019] Disponible à l'adresse : <https://prodinra.inra.fr/ft?id={262EECEB-8073-4F02-8FE4-DC7061541F58}&original=true>

Landais E., Deffontaines J-P., Benoît M., 1988. *Les pratiques des agriculteurs. Point de vue sur un courant nouveau de la recherche agronomique*. In : *Études rurales* [en ligne], vol.109, pp. 125-158. [consulté le 05 avril 2019] Disponible à l'adresse : http://www.persee.fr/doc/rural_0014-2182_1988_num_109_1_3226

Lê S., Josse J. et Husson F., 2008. *FactoMineR : An R Package for Multivariate Analysis*. Dans: *Journal of statistical software*, vol.25. pp. 1-18.

Lefevre V., Capitaine M., Peigné J., et al., 2013. *Conception et évaluation ex ante de systèmes de culture innovants pour améliorer le fonctionnement des sols en agriculture biologique*. In : *Innovations Agronomiques* [en ligne], vol.32, pp. 47-60. [consulté le 05 avril 2019] Disponible à l'adresse : https://www6.inra.fr/ciag/content/download/5130/40406/file/Vol32_Lefevre%20et%20al.pdf

Leroux B., 2009. *Stratégies, innovations et propriétés spécifiques des agriculteurs biologiques. Éléments d'analyse sociologique du champ professionnel agrobiologique*. In : *Innovations agronomiques* [en ligne], vol. 4, pp. 389-399. [consulté le 29 juillet 2019] Disponible à l'adresse : <http://orgprints.org/15503/1/46-Leroux.pdf>

Lloyd D., 2013. *Étude de l'impact des engrais verts sur les qualités physiques et biologiques des sols sableux en cultures maraîchères nantaises*. Mémoire de fin d'études Sciences agronomiques, Agrocampus Ouest centre d'Angers, Angers, 124p.

Maréchal G., 2019. *Fiche projet PERSYST-Maraîchage*. CAN DEPHY. 1p. [en ligne]. [consulté le 23 juillet 2019] Disponible à l'adresse : http://www.ecophytopic.fr/sites/default/files/actualites_doc/Projet_EXPE2_PERSYST-Mara%C3%AEchage.pdf

Marguerie, M., 2011. *Diversification des cultures dans les exploitations maraîchères biologiques: conséquences sur les gestions agronomique et commerciale*. Mémoire de fin d'études Sciences agricoles, Montpellier Sup Agro, Montpellier, 78p. [en ligne]. [consulté le 13 août 2019] Disponible à l'adresse : http://orgprints.org/19519/1/rapport_M_Marquerie_2011_VF.pdf

Marquet, A. et Gomez, A., 2015. *Maraîchage bio en Basse-Normandie : des clés pour se repérer*. [en ligne]. 2015. [consulté le 23 juillet 2019]. Disponible à l'adresse : <https://produirebio-normandie.org/wp-content/uploads/2017/01/LIVRET-MARAICHAGE-BN-WEB.pdf>

Mathieu C. et Lozet J., 2011. *Dictionnaire encyclopédique de science du sol: avec index anglais-français*. Tec & doc, Lavoisier, Paris, 733p.

Meynard J.-M., Petit M.-S., Reau R et Salembier C., 2016. *Traque d'innovations dans les exploitations. Quelques réflexions méthodologiques*. Colloque national du RMT SdCi, 17/05/2016, Paris, France. [en ligne]. [consulté le 16/03/19]. Disponible à l'adresse : https://www6.inra.fr/systemesdecultureinnovants/content/download/3756/36309/version/1/file/SdCi_Route+du+RMT_Collouque_2016-05-17_7_JM+MEYNARD+R+REAU.pdf

Morel K., 2016. *Viabilité des microfermes maraîchères biologiques. Une étude inductive combinant méthodes qualitatives et modélisation*. Thèse de doctorat Sciences agricoles. Université Paris-Saclay, Paris, 352p. [en ligne]. [consulté le 16 mars 2019] Disponible à l'adresse : <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01557495/document>

Peden M., 2016. *Maraîchage sur sol vivant. Un pas vers la fin du travail du sol?* In : *SymbIOse*, vol. 210, pp. 18-19.

Petit M.-S., Reau R., Dumas M., Moraine M., Omon B. et Josse S., 2012. *Mise au point de systèmes de culture innovants par un réseau d'agriculteurs et production de ressources pour le conseil*. In : *Innovations Agronomiques* [en ligne], vol.20, pp.79-100. [consulté le 19 mars 2019] Disponible à l'adresse : <https://www6.inra.fr/ciag/content/download/3767/36045/file/Vol20-5-Petit.pdf>

Piutti S., Romillac N., Chanseau A. et al. *Enjeux et contributions des prairies temporaires pour améliorer la fertilité des sols*. In : *Fourrages* [en ligne], vol. 223, pp. 179-187. [consulté le 10 août 2019]. Disponible à l'adresse : https://www.researchgate.net/profile/Bernard_Amiaud/publication/284173456_Enjeux_et_contributions_des_prairies_temporaires_pour_ameliorer_la_fertilite_des_sols/links/568cc36808ae71d5cd04e453/Enjeux-et-contributions-des-prairies-temporaires-pour-ameliorer-la-fertilite-des-sols.pdf?origin=publication_detail

Pojet SEFerSol, 2014. *Les enjeux du projet SEFerSol Maraîchage Biologique Compilation bibliographique*. [en ligne]. [consulté le 14/05/19]. Disponible à l'adresse : https://polemaraichage.com/wp-content/uploads/2018/09/SEFerSol_Les-enjeux-de-SEFerSol_CompilationBibliographique2014.pdf.

Projet SEFerSol, 2015. *Dossier de presse. Lancement du projet SEFerSol Maraîchage biologique en Alsace*. [en ligne]. 2015. [consulté le 03 avril 2019]. Disponible à l'adresse : http://www.opaba.org/bioenalsace/wp-content/uploads/2016/01/SEFerSol_dossier.de_presse_ao%C3%BBt2015vf.pdf.

Recous S., Chabbi A., Vertes F., Thiebeau T., Chenu C, 2015. *La fertilité des sols : quels sont ses déterminants ? Quels approches et outils pour la qualifier ?* In : *Fourrages* [en ligne]. 2015, vol 223, pp.189-196. [consulté le 05 août 2019]. Disponible à l'adresse : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01829220/document>

Renoux, J., 2009. *Contribution à l'étude du rationnement des bovins en système extensif : exemple d'un élevage de la Pampa Argentine*. Thèse de doctorat Sciences agricoles, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, Toulouse, 184p. [en ligne]. [consulté le 18 juillet 2019] Disponible à l'adresse : http://oatao.univ-toulouse.fr/2854/1/celdran_2854.pdf

Rey F., Coulombel A., Melliand M.-L., Jonis M. et Leclerc B., 2015. *Produire des légumes biologiques: guide technique*. Éditions ITAB, Paris, 529p.

Richir M., 2013. *Temps de travaux et pénibilité en maraîchage biologique bas-normand*. Mémoire de fin d'études Sciences agricoles, ENSAIA Université de Lorraine, Nancy, 143 p. [en ligne]. [consulté le 16 mars 2019] Disponible à l'adresse : <http://www.maraibio.fr/medias/files/memoire-de-fin-d-etudes-marie-richir-biopousses-2013.pdf>

Robert, M. et Stengel, P., 1999. *Sols et agriculture: ressource en sol, qualité et processus de dégradation. Une prospective mondiale, européenne et française*. In : *Cahiers Agricultures* [en ligne]. 1999, vol. 8, pp. 301-308. [consulté le 28 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <http://revues.cirad.fr/index.php/cahiers-agricultures/article/view/30187>.

Ronceux A., Favrelière E., Meynard J.-M., et al., 2018. *Produire des références sur la gestion de l'azote et des adventices vivaces en Agriculture Biologique, en combinant connaissances scientifiques et expertise locale*. 24p. [en ligne]. [consulté le 19 mars 2019] Disponible à l'adresse : http://www.agro-transfert-rt.org/wp-content/uploads/2018/10/Article_Agri-Bio_v11.pdf

Salembier C. et Meynard J.-M., 2013. *Evaluation de systèmes de culture innovants conçus par des agriculteurs: un exemple dans la Pampa Argentine*. In : *Innovations agronomiques* [en ligne], vol. 31, pp. 27-44. [consulté le 16 mars 2019] Disponible à l'adresse : <https://www6.inra.fr/ciag/content/download/5187/40617/file/Vol31-3-Salembier.pdf>

Sebillotte M., 1990. *Système de culture un concept opératoire pour les agronomes*. In : *Un point sur les systèmes de culture*. Combe L., Picard D. eds., INRA Editions, Paris, pp. 165-195.

Sébillotte, M., 1992. *Pratiques agricoles et fertilité du milieu*. In : *Économie rurale*. 1992, vol.208, pp.117-124.

Sibelet N., Mutel M., Arragon P., Luye M., 2013. *Méthodes de l'enquête qualitative appliquée à la gestion des ressources naturelles*. Formation [en ligne], CIHEAM-IAMM / CIRAD / SupAgro, Montpellier. [consulté le 17 mars 2019] Disponible à l'adresse : <http://entretiens.iamm.fr/course/view.php?id=4>

Thibaut C. et Lecompte F., 2018. *Gestion de la fertilité des sols en cultures légumières et maraîchères. Rapport d'étude du GIS Picléq*. 72p. [en ligne] [consulté le 26/06/19]. Disponible à l'adresse : <https://www.picleg.fr/content/download/3887/37442/version/1/file/PICLEG%20-%20Fertilit%C3%A9%20des%20sols%20cultures%20l%C3%A9gumi%C3%A8res%20-%20Rapport.pdf>

Védie H. et Métails P., 2012. *Pratiques de travail du sol, matériels utilisés et innovations en maraîchage (AB) : Enquêtes dans le Sud-Est de la France*. 14p. [en ligne] 2012. [consulté le 20/07/19]. Disponible à l'adresse : http://www.grab.fr/wp-content/uploads/2014/07/L12PACA20_TravailSolEnquetes.pdf

Sitographie

- [1] <https://www6.inra.fr/systemesdecultureinnovants/Le-RMT-SdCi>
- [2] <https://www.gissol.fr/thematiques/erosion-des-sols-48>
- [3] <https://www.produire-bio.fr/filiere-legume-maraichage-bio/>
- [4] <https://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/fertilite-biologique-des-sols/>
- [5] <https://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/fertilite-physico-chimique-du-sol/>
- [6] <https://www.agrobio-bretagne.org/actualites/des-avancees-reglementaires-significatives-pour-lagriculture-biologique/>
- [7] http://idele.fr/no_cache/recherche/publication/idelesolr/recommends/portraits-deleveurs-innovants-1.html
- [8] <https://www.latelierpaysan.org/Cultibutte>
- [9] <https://www.latelierpaysan.org/Vibroplanche>

ANNEXES

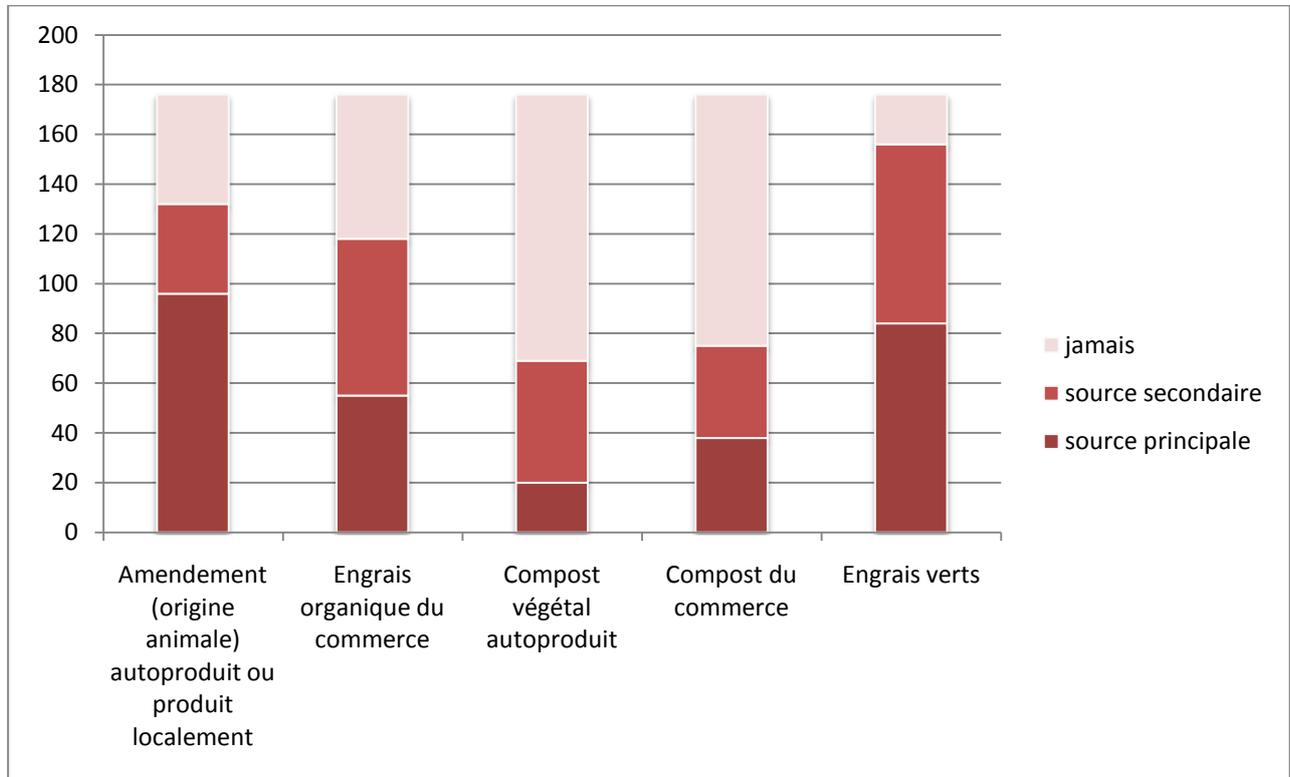
Annexe I : Exemple de typologie des systèmes maraîchers à partir de Argouarc'h (2008)

		Système de production en maraîchage biologique			
		Le Grand Jardin	Légumes de plein champ	Grand tunnel	Maraîchage Diversifié
Terre	Surface (Ha)	0,3 à 0,5	3 à 15	-	0,7 à 2*
	Diversité des légumes (nb d'espèces)	20 à 40 dont légumes rares, plantes aromatiques	3 à 10 dont pommes de terre, carottes, poireaux, choux, engrais verts	3 à 10 dont cultures d'été principalement.	10 à 50 une 15aine de légumes par saison
Moyens humains (ETP, équivalent temps plein)	Édition 2003	1 ETP	1 ETP	-	1 ETP
	édition 2008	0,5 ETP pour 3000 m ²	au moins 0,75 ETP et des saisonniers pour 5 Ha	0,5 ETP pour 1500 m ²	0,5 ETP** pour 1 Ha
Matériel de production	Tunnels	Pas obligatoirement	Non	Surface principalement couverte.	5 à 20% de la surface.
	Mécanisation	Motoculteur	Tracteur 70 CV ou +	Tracteur 70 CV ou +	Tracteur 60 CV et/ou motobineuses
	Matériel spécifique	Aucun matériel spécifique.	Tracteur de 70 Cv, tracteur de 35 CV. Engins de travail du sol : charrue, pulvérisateur porté, herse étrille, désherbeur thermique (carotte, pépinière de poireau, défanage des pommes de terres), bineuse guidée, gyrobroyeur, épandeur centrifuge et à compost. Récolte : arracheuse de pomme de terre, lame souleveuse, caisses plastiques, petit matériel de culture.	Un atomiseur, une motteuse et des caisses mottes, deux grands tunnels plastiques de 1500 m ² au total.	Deux motobineuses. Désherbeur thermique, un atomiseur, une motteuse et des caisses mottes, matériel d'irrigation, caisses plastiques, petit matériel de culture. Matériel de lavage conditionnement et pesée, une camionnette.
Bâtiments		Peu ou pas	Hangar stockage (chambre froide et matériel)	Hangar stockage (chambre froide et matériel)	Hangar stockage et conditionnement
Commercialisation	Mode de vente	Directe	Semi-gros / Gros	gros	Directe / Demi-Gros
	Exemple	Famille, clientèle de proximité	Semi Gros (≈ 50 km)	2 marchés par semaine (≈ 30 km)	2 marchés par semaine (≈ 30 km)
Autre activité de l'exploitant		Accueil, gîtes, transformations, etc.	Généralement non	Généralement non	Généralement non
Chiffre d'Affaires		Assez faible, 5000 à 15000 €	Satisfaisant, 50000 à 70000 €	Satisfaisant, 50000 à 70000 €	Satisfaisant, 10000 à 40000 €

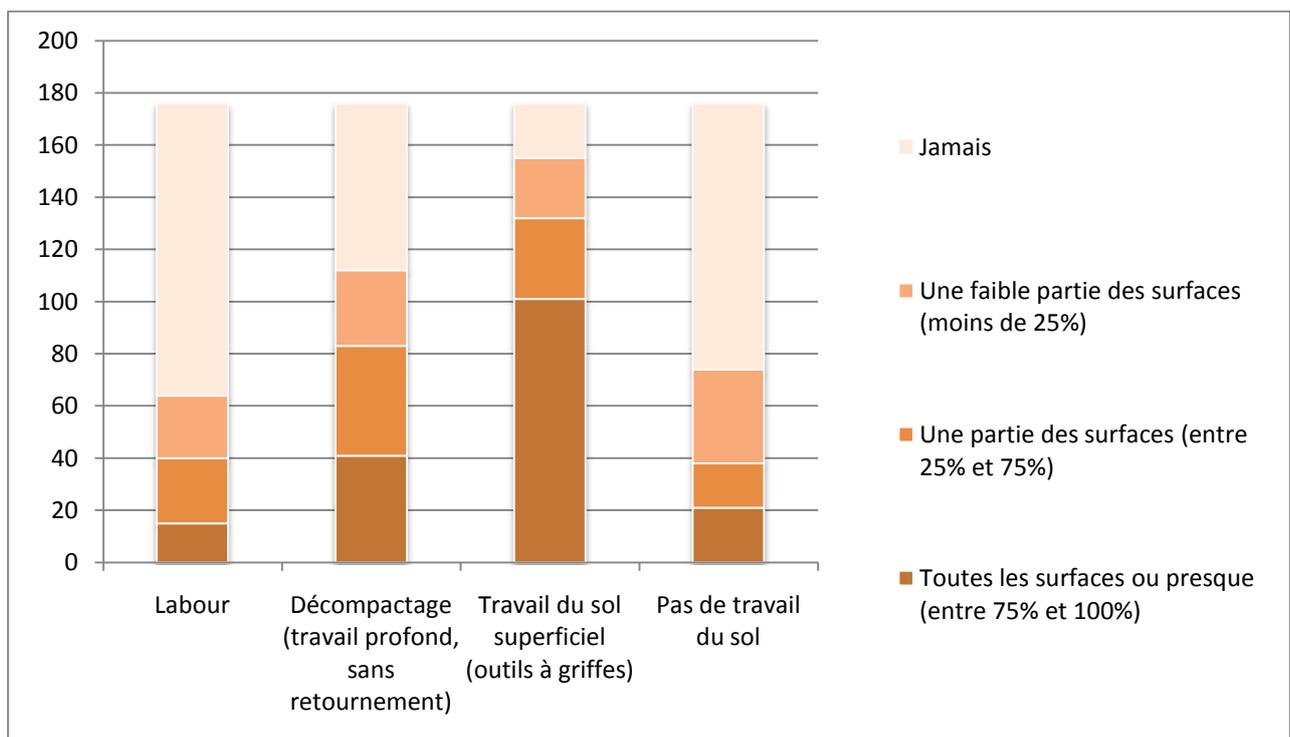
*cette valeur parait faible, des exploitations de maraîchage diversifié dépassent 2 Ha, allant jusqu'à 4 ou 6 Ha sur l'aire de l'ADABio par exemple.

**cette valeur de 0,5 ETP/HA parait également faible, puisque dans le milieu professionnel on considère couramment plutôt une valeur de 1ETP/Ha pour du maraîchage diversifié en bio.

Annexe II.a: Usage des différentes natures de matières fertilisantes utilisées par les 176 maraîchers interrogés dans le cadre du travail de thèse d'Antonin Pépin, INRA, 2019



Annexe II.b : Types de travail de sol utilisé par les 176 maraîchers interrogés dans le cadre du travail de thèse d'Antonin Pépin, INRA, 2019



Planches permanentes avec travail de sol mécanisé avec peu ou pas d'utilisation d'outils rotatifs animés

Synthèse des éléments déclencheurs et objectifs qui ont orienté les producteurs vers cette pratique

Chez environ la moitié des six producteurs interrogés qui mettent en place les planches permanentes, le premier objectif est celui d'arrêter un travail du sol « classique » avec labour puis outils animés. Cela pour principalement limiter les phénomènes d'érosion constatés chez certains avec par exemple l'utilisation du cultirateur. Il y a aussi une volonté de moins perturber l'activité biologique du sol en ne mélangeant plus ses différentes couches. Leur but était alors de trouver des outils qui permettent d'obtenir un sol propice à l'implantation des cultures tout en étant non animés afin de limiter le phénomène d'érosion et en ne détruisant pas complètement le travail d'agrégation réalisé par les racines des cultures et des engrais verts.

L'autre moitié des producteurs met surtout en avant le fait qu'ils cherchaient à améliorer leur organisation du travail de des planifications en ayant des planches permanentes et uniformes. De plus, pour tous les producteurs adeptes de ce système, le fait d'avoir des passe-pieds fixes eux-aussi permet de réduire considérablement le tassement du sol comparé à un système où le tracteur ne passe pas tous les ans exactement au même endroit.

Certains maraîchers indiquent également l'envie d'auto-construire ses outils, d'être formés pour mieux les connaître et donc être plus autonome.

On retrouve aussi la volonté de mettre en place un système où l'implantation d'engrais verts est facilitée, dans le but d'avoir une couverture permanente du sol qui maintienne une structure aérée, grumeleuse et favorise l'activité biologique tellurique.

Principes généraux

Le système de planche permanente en travail de sol mécanisé repose sur 4 grands principes :

- passage des roues toujours au même endroit
- les passe-pieds non travaillés ou seulement superficiellement
- utilisation préférentielle d'outils à dents
- formation et maintien de la planche surélevée par des disques ou déflecteurs présents sur les outils

Chez certains des 6 agriculteurs mettant en place cette technique, c'est tout une organisation qui s'est développé autour de ces principes. La plupart du temps les dimensions des planches sont normalisées, le parcellaire est « découpé » en blocs qui comporte le même nombre de planches et c'est toute la rotation des cultures et l'alternance avec des engrais verts qui est donc raisonnée planche par planche.

Les maraîchers interrogés se reposent sur beaucoup d'anticipation, de faux-semis et d'occultation pour gérer la pression adventice.

Matériel spécifique



Le **cultibutte** permet sur les fermes interrogées d'enfourer progressivement les résidus d'engrais vert et de culture (pour cet usage il peut être remplacé par une butteuse), de décompacter le sol jusqu'à 20cm de profondeur, de faire un premier travail d'affinage en fonction du type de rouleau ajouté à l'arrière, et surtout de reformer la planche en allant chercher de la terre dans les passe-pieds grâce aux disques.



Le **vibroplanche** permet aux producteurs de préparer un lit de semence ou plantation convenable avec une vitesse de travail à 2 ou 3 km/h. Les dents de vibroculteur à doigts droits vont ameublir le sol dans les premiers centimètres et les dents de herse situées juste derrière vont niveler le sol et pulvériser les mottes. Différents types de rouleaux sont adaptables en fonction de son type de sol pour finir le travail d'affinement et avoir une surface homogène.



Le **semoir d'engrais vert à la planche**, permet de vraiment tirer profit des avantages organisationnels des planches permanentes. Il permet d'implanter un engrais vert très rapidement seulement sur les planches ou parties de planche libérées après une culture. Ainsi, on n'est plus obligé d'attendre la libération de toute la parcelle pour semer avec un semoir à large projection qui toucherait les planches voisines. De plus, on peut vraiment adapter les choix d'espèces d'engrais verts en fonction des cultures qui suivront sur chaque planche.

Retours techniques issus des témoignages producteurs

Avantages

- Organisation à la planche qui simplifie la planification.
- Peu d'investissement financier pour les outils qui sont fabriquées lors de formations de l'Atelier Paysan ou qui peuvent être directement construit grâce aux plans en libre accès. Ces formations durent 5 jours.
- Gain de temps sur le travail de sol : outils rentrent plus facilement dans la terre et pas d'outils rotatifs donc vitesse plus rapide.
- Possibilité d'avancement des dates d'implantation des primeurs en plein champ car le sol se ressuie plus vite en sortie d'hiver grâce au fait que la planche soit surélevée.
- Les binages peuvent être réalisés sur des courtes fenêtres météo car les planches sèchent plus vite.
- Le tassement dû aux roues du tracteur disparaît.
- Les outils sont adaptables à chaque contexte (type de sol, de cultures, etc.) et modifiables par la suite une fois que l'on sait souder grâce à la formation.

Inconvénients

- Il faut déjà une certaine expérience de conduite de tracteur et de travaux de préparation de sol pour bien connaître ces outils car ils nécessitent beaucoup plus de réflexion et d'anticipation quant aux moments idéaux pour les passer, au choix du bon outil à utiliser, ainsi que sur les réglages à faire (profondeur, nombre et types de dents, rouleau ou pas, etc.).
- Si on n'anticipe pas assez un désherbage, une destruction de culture ou un enfouissement d'engrais vert, cela peut être très problématique dans ce système sans outils animés ni de retournement. On peut alors avoir des résidus gênant dans la préparation de sol des cultures suivantes ou dans leur binage.
- Difficulté de broyer les engrais verts avec les planches en buttes car la surface n'est pas homogène.
- Difficulté d'entraide entre voisins pour les outils car très adaptés au fonctionnement en planches standardisées, de même pour faire appel à des ETA qui ont peu d'outils adaptés aux planches permanentes.
- Le système de rotation optimisé qui découle des planches permanentes, bien qu'il soit très clair dans la tête de ceux qui l'ont conçu, peut parfois être complexe pour quelqu'un de l'extérieur, notamment les employés.
- La phase de calage de la rotation implique une réflexion importante sur son système et peut s'avérer pénible pour certains, même si par la suite on a une organisation beaucoup plus simple.

Pour aller plus loin : les fiches récapitulatives par ferme

Pour plus de détails sur la mise en œuvre concrète de ces pratiques sur les fermes interrogées et sur les retours de chaque producteur concerné, consultez les fiches techniques récapitulatives suivantes :

- GAEC Kervilon – *fiche n°*
- La carotte sauvage – *fiche n°*
- Des clics au potager – *fiche n°*
- Le jardin des quatre vents – *fiche n°*
- La ferme du Koz Ker – *fiche n°*

Annexe IV: Exemple de fiche technique récapitulative réalisée pour chaque ferme enquêtée dans le cadre du stage

Fiche n°13

La ferme des petits bonhommes - 35580 Guichen

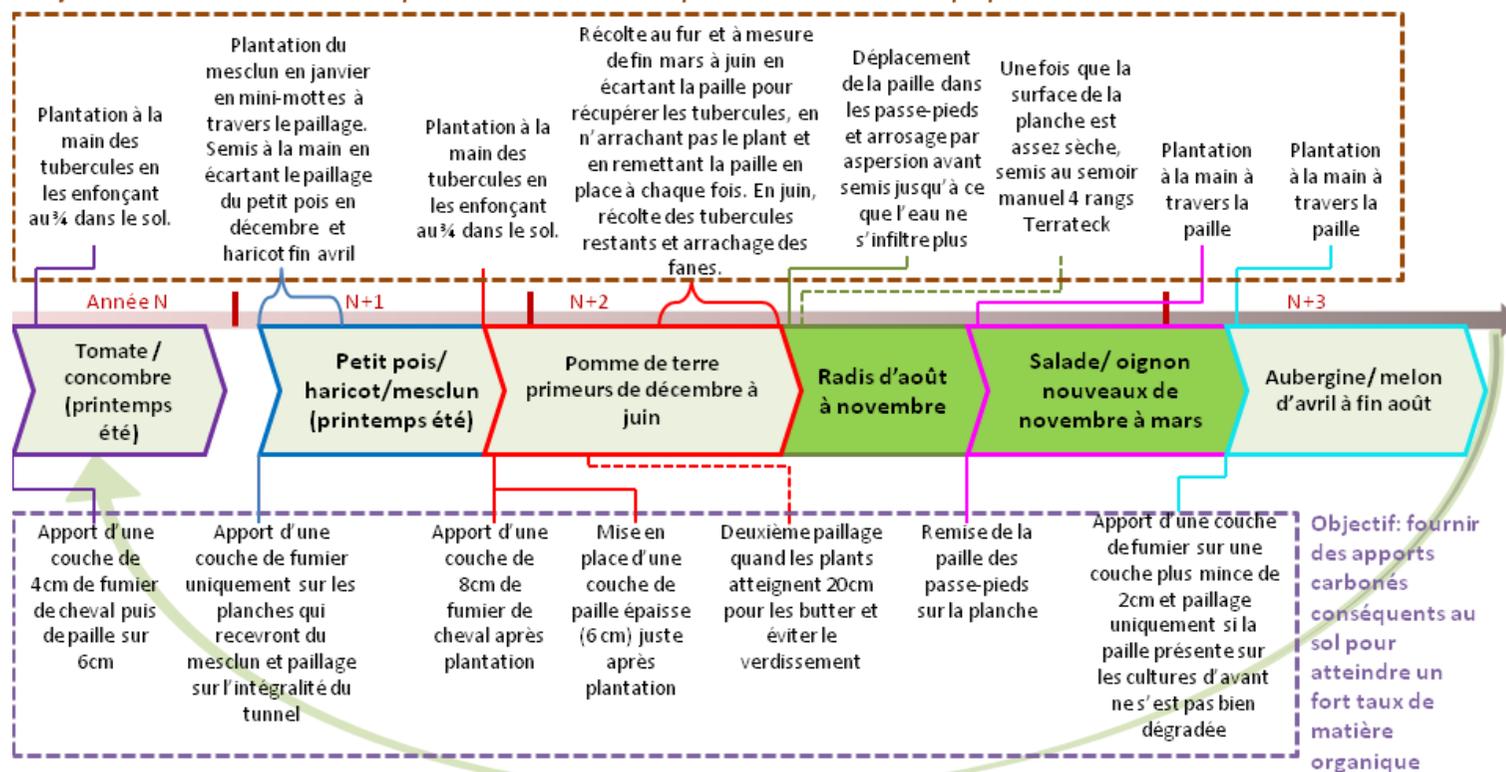
Pomme de terre primeur sans travail de sol et sous paillage organique

Sous-abris

Quelques éléments de contexte

- Création de la ferme en **2016**
- **3 ans de recul** sur les pratiques présentées, qui ont sont mises en place depuis l'installation
- **2400m²** de légumes cultivés en plein champ
- **1675m²** d'abris
- **2,6 équivalents UTH**
- **28 espèces** de légumes cultivées
- Sol **argilo-limoneux**
- **Couche imperméable** de grès, argile et limon à 40cm de profondeur qui bloque l'eau
- Sol à l'installation **très peu propice au maraîchage**

Objectif: Diminuer au maximum les perturbations du sol en implantant les cultures sans préparation mécanisée



Les clés de réussite

- Le producteur a choisi une approche basée sur des apports carbonés importants qui pour lui, permettra d'améliorer les propriétés physico-chimiques d'un sol de départ assez peu propice au maraîchage (lourd et hydromorphe) et avec très peu de MO en y stimulant notamment l'activité biologique.
- A terme, le producteur pense réduire ses apports une fois que la qualité du sol sera améliorée durablement avec un taux organique élevé et une forte activité biologique.
- Les planches permanentes sont surélevées pour gagner en profondeur de sol et surtout éviter l'asphyxie avec plus de hauteur de sol drainé.
- Le fait de butter les pommes de terre avec de la paille permet une récolte manuelle assez aisée où il suffit de remuer la paille pour récupérer les tubercules.
- Le paillage, ajouté à un double voile type P17, permet de protéger les pommes de terre du gel.
- Sur les cultures semées, il est primordial de veiller à avoir une couche de sol bien humidifiée pour garantir la bonne levée des semis. Le paillage peut parfois engendrer un temps d'arrosage plus long pour que l'eau atteigne le sol.

Les points de vigilance

- La première année d'installation, le sol a tout de même été travaillé au rotavator et au cultivateur pour l'« ouvrir » et incorporé de la MO sur une certaine profondeur.
- Sur les premières années, la grelinette et la griffe étaient également utilisées car le sol avait trop tendance à prendre en masse. Ces outils ne sont aujourd'hui quasiment plus employés avant les mises en culture car la structure est devenue beaucoup plus grumeleuse.
- Les rendements ont été très faibles la première année avant que le sol réponde aux apports importants de MO et car les apports de fumier avaient été sous-estimés. Ces rendements évoluent progressivement au fil des années mais la rentabilité de la ferme au démarrage est assez complexe.
- La pression des limaces augmente de plus en plus et celles-ci ont déjà occasionné de gros dégâts sur courgette et aubergine au début du printemps. Les résidus de salade leurs permettent de survivre pendant l'hiver en constituant une source de nourriture.
- Les désherbages ne peuvent se faire que manuellement avec une telle couche de paillage et il ne faut pas se laisser « dépasser » par les adventices car par la suite le temps à consacrer au désherbage peut être très long.

Matériel et intrants utilisés

Nom matériel/intrant	Coût constaté	Opération culturale et avantage
Quadricycle	25€ en auto-fabrication avec des matériaux de récupération.	Très utile pour épandre le fumier et la paille.

Avantages

- Ces pratiques ont permis au producteur de fortement améliorer un sol de départ très peu propice au maraîchage et qui aujourd'hui montre de réels signes d'évolution positive : meilleure qualité d'agrégats, faune telluriques bien plus présente, rendements qui évoluent dans le bon sens...
- Ces pratiques permettent de ne pas avoir à effectuer de travail de sol et de nettoyage entre chaque culture, ce qui constitue un gain de temps selon le maraîcher
- Des économies sur le carburant, le paillage plastique et l'eau sont réalisées

Inconvénients

- Les opérations d'épandage des paillages et du fumier sont assez pénibles car le matériel dont dispose la ferme pour ces tâches n'est pas très ergonomique
- Le caractère innovant et le manque d'exemples concrets sur ce genre de pratiques peut être parfois compliqué pour se projeter et prendre certaines décisions
- Lorsque les adventices ne sont pas maîtrisés à temps, le temps consacré au désherbage peut exploser car tout doit se faire manuellement à cause du paillage
- Au démarrage de ce genre de système, les faibles rendements peuvent occasionnés une très mauvaise rentabilité de la ferme

La photo



Cette photo de la culture de pomme de terre prise fin avril montre à quel point il est important de mettre une couche de paillage assez épaisse pour étouffer les levées d'adventices. On voit que la culture est propre, alors qu'elle a été nettoyée par seulement deux passages rapides à la main pour enlever les gros sujets. C'est cette paille qui sera placée dans les passe-pieds pour permettre le semis des radis qui suivent.

Les impressions du producteur

«Avec l'amélioration du sol, les cultures sont de plus en plus satisfaisantes et la pénibilité physique diminue elle aussi car le sol a de moins en moins besoin d'être décompacté»

« La biodiversité du sol a explosé au bout d'un an et demi : vers de terre, cloportes, araignées, champignons... »

Retours du producteur sur ses pratiques

Rendement

Précisions : le producteur juge aujourd'hui ses rendements très bons même s'il reconnaît que sur la première année ils ont été catastrophiques



Temps de travail

Précisions : pour le producteur ces pratiques permettent de gagner du temps sur les opérations de travail de sol



Achats en matières fertilisantes

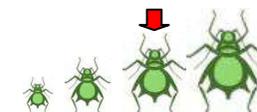
Pas assez de recul

Achats en produits de traitement

Pas assez de recul

Pression sanitaire sur les cultures concernées

Précision : de plus en plus de dégâts de limaces au fil des années



Rentabilité

Précision : même si aujourd'hui la rentabilité semble évoluer dans le bon sens avec celle des rendements, les deux premières années ont été assez compliquées financièrement



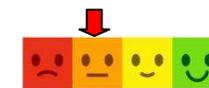
Pénibilité physique

Précisions : charges lourdes et mauvaises positions de travail avec les paillages épandues manuellement



Charge mentale

Précisions : le producteur indique que certains choix sont parfois durs à assumer lorsque les rendements ne sont pas au rendez-vous au départ

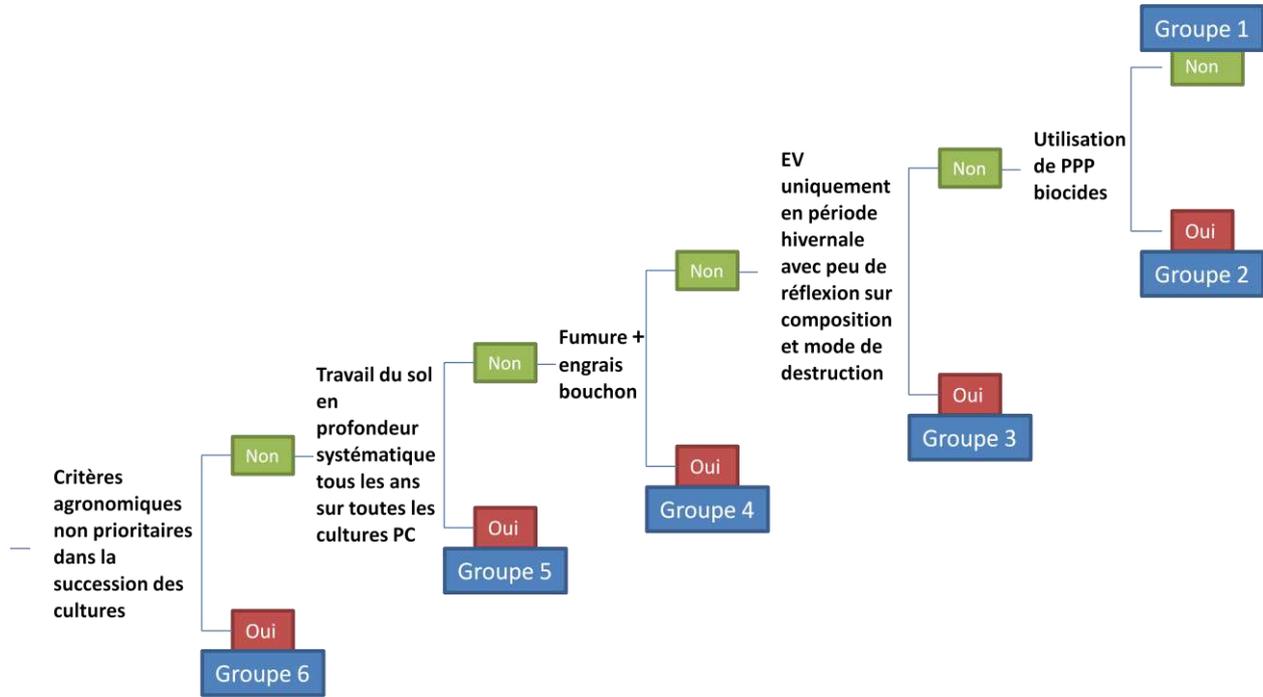


Pistes d'amélioration

- Si c'était à refaire, le producteur apporterait de plus grosses quantités au départ qu'il ne l'a fait pour limiter les mauvais rendements de la première année.
- Un gros travail sur de la recherche d'outils adaptés à ce genre de pratiques permettrait de grandement réduire la pénibilité physique importante engendrée dans ce système, surtout au niveau des opérations d'épandage des paillages.

Annexe V : Pré-questionnaire utilisé lors du premier contact téléphonique avec les producteurs repérés

Plus le numéro de groupe est élevé, plus l'intérêt pour le projet est important.



Recensement de pratiques innovantes dans la gestion de la fertilité biologique des sols chez les maraîchers biologiques diversifiés du Grand Ouest

Projet PERSYST – Maraîchage

Questionnaire d'enquête

Sommaire

Présentation du producteur	2
Présentation de l'exploitation	2
Questions générales	3
Recensement des ITK innovants en termes de gestion de la fertilité des sols	3
Identification de pratiques innovantes mises en place sur la ferme	3
Caractérisation de l'ITK innovant sélectionné	4
Description générale du système de culture dans lequel s'inscrit l'ITK.....	4
Historique cultures	5
Description de l'ITK innovant choisi	6
Interventions sur les cultures précédentes	9
Impact de l'ITK innovant sur les cultures suivantes	10
Matériel et intrants utilisés pour les opérations culturales	11
Élaboration et évolution.....	11
Résultats obtenus en fonction des attentes et constats du producteur	12
Impact sur le sol	12
Rendement	12
Pression sanitaire	13
Rentabilité	13
Pénibilité.....	14
Autonomie.....	15
Satisfaction générale	15
Points de vigilance	15
Intérêt et attentes pour le projet PERSYST	17
Annexe 1 : Tableau des espèces des légumes cultivé	18
Annexe 2: tables de calcul du nombre d'UTH	19
Annexe 3 : Schémas explicatifs des notions des deux types de sélections culturales	20

Enquête réalisée le par

Nom de l'exploitation :

Présentation du producteur

NOM :	Prénom :
Genre : <input type="checkbox"/> Homme <input type="checkbox"/> Femme	
Adresse :	
Téléphone :	
Mail :	
Adresse de l'exploitation (si différente du domicile) :	

Présentation de l'exploitation

Date d'installation : Création ou Reprise
Nature de la parcelle avant installation : Prairie Autre, préciser :
Cahier des charges : AB Nature & Progrès Demeter Bio Cohérence
 Autre, préciser :

SAU cultivable = surface totales des terres.....ha – surface non cultivable (bois, marais, etc.).....ha
=ha

Surface de légumes cultivée plein champ (avec passe-pieds mais sans les chemins) :ha

Surface sous abri (avec passe-pieds) :m²

Présence élevage sur exploitation : oui/non

Autre atelier :

Part globale des autres ateliers (dont élevage) dans le CA : %

Type de sol (texture : limoneux, sableux, argileux, ...) : pH : acide neutre

Contraintes pédoclimatiques particulières (inondations, remontées de nappe, vents forts, cailloux, etc.) :

Diversité cultivé (voir grille en annexe 1) : espèces

Nombre d'UTH (voir tables de calcul en annexe 2) :

Questions générales

- Comment définiriez-vous la fertilité d'un sol ? Quels sont les critères les plus importants pour vous pour qu'un sol soit considéré fertile ?

1 : 2 : 3 :

→ Ici, expliquer la définition de la fertilité retenue pour le projet : « capacité d'un sol à répondre aux besoins de production de la plante »

Expliquer que le projet cherche à identifier des itinéraires techniques (ITK) innovants combinant un ensemble de pratiques permettant une gestion la plus durable possible de cette fertilité

- Quelle est votre approche générale de la gestion de la fertilité de vos sols? (fréquence d'analyses de sol, diagnostic ou non avant apports, plutôt engrais vert que fumier, etc.)?

Recensement des ITK innovants en termes de gestion de la fertilité des sols

Identification de pratiques innovantes mises en place sur la ferme

- Pensez-vous mettre en place dans votre ferme des itinéraires techniques innovants ou peu répandues qui favorisent cette fertilité des sols ? Quel(s) grand(s) type(s) de pratiques les composent?

- Type 1** - Techniques de travail du sol simplifiées ou de non-travail systématique en profondeur (ex : diagnostic du type de travail de sol le plus adapté pour chaque culture)
- Type 2** - Bonnes pratiques de gestion des engrais verts, surtout sous-abris (espèces, créneaux d'implantation, dates et modes de destruction)
- Type 3** - Pratiques innovantes de fertilisation du sol avec amendements et/ou engrais* peu communs (ex : matière végétale fraîche, compost particulier, purins, biochars, ...)
- Type 4** - Introduction de couverts végétaux de service dans les cultures ou associations de cultures avec un objectif d'impact sur la fertilité du sol (couverture maximale du sol en inter-rang, interactions bénéfiques entre des cultures associées, etc.)

* on regroupe sous « engrais » tous les produits qui ont clairement un but de fertilisation immédiate des cultures (surtout en N) sans alimenter le stock de MO du sol

- Type 5** - Utilisations de **paillis** sous différentes formes (mulch, BRF, paille, ...) :
- Type 6** - Travail sur **planches permanentes**
- Type 7** - **Rotations fixes et logiques sur le plan agronomique** dans une optique d'allongement et de diversification des rotations (ex : parcelles divisées en blocs pour une planification de rotation optimale, échange de terres avec éleveur pour introduction de prairie dans la rotation, etc.)
- Type 8** - Introduction d'**inter-culture longue** d'un an ou plus (jachère ou prairie)
- Type 9** – Gestion précise de l'irrigation pour une humidité optimale favorisant la vie du sol
- Type 10** – Autre :

➤ Avez-vous des attentes particulières sur une ou plusieurs pratiques que vous mettez en place (volonté de diffusion, attentes de confirmation de ses avantages, amélioration, connaissances scientifiques et techniques) ?

➤ Selon vous, pour quelle culture mettez-vous en place une pratique ou une combinaison de pratiques (regroupées en un ITK) qui soit la plus innovante ?

➤ On choisira l'ITK de la culture:

➤ Qui intègre des pratiques de type :
 1 2 3 4 5 6 7 8 9

➤ Et qui est mis en place sur la ferme depuis années.

➤

Caractérisation de l'ITK innovant sélectionné

Description générale du système de culture dans lequel s'inscrit l'ITK

Culture	Culture sur laquelle s'applique l'ITK innovant
Parcelle et caractéristiques	Surface de la culture avec ITK innovant (avec passe-pieds) m ²
	Type de sol
	Aménagement (PC ou SA)	<input type="checkbox"/> plein champ <input type="checkbox"/> sous-abri
	Types irrigation (précisez si varie en fonction du stade de la culture)	<input type="checkbox"/> sprinklers <input type="checkbox"/> aspersion <input type="checkbox"/> goutte à goutte <input type="checkbox"/> T-tape

Successions culturales	Délai de retour minimum pour la culture années
	Type de successions culturales	<input type="checkbox"/> Rotation « vraie » (logique cyclique)* <input type="checkbox"/> Succession culturale non-cyclique*
	Tête de rotation (si identifiée)
	Critères principaux dans le choix de l'ordre des cultures (hiérarchiser de 1 à 3)	<input type="checkbox"/> besoins en N <input type="checkbox"/> sanitaire <input type="checkbox"/> enherbement <input type="checkbox"/> type enracinement <input type="checkbox"/> praticité dans les dates de plantation <input type="checkbox"/> autres :

* voir schéma explicatifs en annexe 3

Historique cultures

On résonne en termes d'ensemble de cultures qui s'enchaînent et non d'années. L'encadré C correspond à la culture avec l'ITK innovant. C+1 correspond à la ou les cultures commerciales qui suivront sur la même parcelle, C-1 celles qui précédaient.

Le producteur répond dans la limite de ses souvenirs et de sa rigueur de planification.



C-1 (précédent)	<ul style="list-style-type: none"> • Engrais vert précédent + mode de destruction: • Culture(s) avec période présence:
C-2	<ul style="list-style-type: none"> • Engrais vert précédent+ mode de destruction: • Culture(s) avec période présence:
C-3	<ul style="list-style-type: none"> • Engrais vert précédent + mode de destruction: • Culture(s) avec période présence:
C-4	<ul style="list-style-type: none"> • Engrais vert précédent + mode de destruction: • Culture(s) avec période présence:

Description de l'ITK innovant choisi

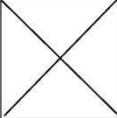
Dans les deux tableaux suivants on décrira l'ITK innovant choisi pour une culture. Doivent y figurer toutes les opérations culturales avec leur **date**, leurs **caractéristiques (dose traitement, matériel utilisé, densité semis...)** et leur **règle de décision (RDD)** y compris pour le choix des cultures et inter-cultures.

On notera en **bleu** les opérations culturales « routines » qui ne font pas l'objet d'un diagnostic particulier de l'exploitant (ex : passage de vibroculteur trois semaines avant la mise en place de la culture peut importe celle-ci) et en **rouge** les opérations culturales soumises à des RDD qui s'appliquent ou non suivant des critères particuliers (ex : passage de bineuse si levée d'adventices, si non pas de passage)

On notera également l'échelle de temps de l'effet de l'opération culturale selon le producteur: long terme = à + de 5 ans, moyen terme = à partir de la deuxième culture suivante, court terme = sur la culture suivante

Culture(s) : asso de cultures : noter les opérations pour les deux	Inter-culture précédente <i>(choix espèce(s), créneaux de présence, dates, modes de destruction et d'incorporation)</i>	Fertilisation et amendement <i>(type d'apport, date, origine, matériel utilisé pour épandage)</i>	Travail du sol - Préparation semis Faux semis <i>(outils utilisés avec largeur, profondeur de travail, nombre de passages, dates)</i>	Semis/plantation et irrigation <i>(semis ou plantation, densité, matériel utilisé, dates, matériel d'irrigation, fréquence, dose d'eau)</i>
Description				
Règles de décision				
Impact sur ...	<input type="checkbox"/> à +5ans <input type="checkbox"/> autres cultures de la rotation <input type="checkbox"/> directement culture suivante	<input type="checkbox"/> à +5ans <input type="checkbox"/> autres cultures de la rotation <input type="checkbox"/> directement culture suivante	<input type="checkbox"/> à +5ans <input type="checkbox"/> autres cultures de la rotation <input type="checkbox"/> directement culture suivante	<input type="checkbox"/> à +5ans <input type="checkbox"/> autres cultures de la rotation <input type="checkbox"/> directement culture
Précisions de l'impact attendu (logique du producteur)				

7

	Mise en place matériel (voiles, filets et paillage) <i>(type matériel ou matériau et fonction visée, date de mise en place)</i>	Désherbage <i>(dates, matériel utilisé, conditions nécessaires, nombre de passages)</i>	Lutte ravageurs et maladies (traitements, lâchers auxiliaires, autre) <i>(OAD, cible, type produit, dose, matériel utilisé, dates)</i>	Récolte et destruction de la culture <i>(date, matériel utilisé, si récolte fractionnée -> temps d'étalement et nombres de passage ; gestion des résidus de culture)</i>
Description				
Règles de décision				
Impact sur le...	<input type="checkbox"/> à +5ans <input type="checkbox"/> autres cultures de la rotation <input type="checkbox"/> directement culture	<input type="checkbox"/> à +5ans <input type="checkbox"/> autres cultures de la rotation <input type="checkbox"/> directement culture	<input type="checkbox"/> à +5ans <input type="checkbox"/> autres cultures de la rotation <input type="checkbox"/> directement culture	<input type="checkbox"/> à +5ans <input type="checkbox"/> autres cultures de la rotation <input type="checkbox"/> directement culture suivante
Précisions de l'impact attendu (logique du producteur)				

8

Interventions sur les cultures précédentes

Interventions essentielles dans les cultures précédentes pour permettre la mise en place de l'ITK innovant ou qui en font partie intégrante						
Type opération culturelle						
Culture(s)						
Description et explication de l'effet attendu						
Règles de décision et remarques						

9 |

Impact de l'ITK innovant sur les cultures suivantes

Interventions dans les cultures suivantes qui sont impactées par l'ITK innovant en cours ou qui en font partie intégrante						
Type opération culturelle						
Culture(s)						
Description et explication de l'effet attendu						
Règle de décision et remarques						

10 |

- Cet ensemble de pratiques innovantes est-il utilisé de manière comparable sur d'autres cultures que celle décrit précédemment ?

Matériel et intrants utilisés pour les opérations culturales

- Liste par le producteur des matériels/intrants essentiels* pour la mise en place des pratiques innovantes de l'ITK

Coût = matière première
+ prix formation

Nom matériel/intrant	Coût	Type opération culturale	Nb cultures avec utilisation	Neuf	Occasion	Modifié	Auto-construit	Temps formation+ fabrication
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

* matériel servant à des opérations réalisées dans l'ITK de la pratique (exemple : un cultivateur pour les planches permanentes mais pas forcément le semoir tracté qui est plus confortable en PP ; pour un système de rotations pas de matériel propre à cette pratique)

- Identifiez-vous du matériel que vous ne possédez pas et qui représenterait un réel coup de pouce dans la réalisation de l'ITK décrit ?

Élaboration et évolution

- Quelles ont été les éléments déclencheurs qui vous ont poussé à développer ce système de culture autour des pratiques innovantes identifiées ?

À garder en tête si pas de proposition du producteur : problème technique, optimisation, durabilité, viabilité, vivabilité

- Pendant combien de temps avez-vous utilisé un itinéraire plus classique avant la mise en place de ces pratiques

- Où avez-vous collecté les connaissances et idées pour mettre en place cette pratique ?

À hiérarchiser pour chaque catégorie (1 = critère le plus important)

- chez d'autres maraîchers
- auprès de conseillers techniques (GAB, Chambre d'Agriculture, coopérative, ...)
- dans de la documentation technique (livre, revues)

sur internet via des sites, blogs, forum, groupes facebook, etc.

autre :

- **Combien de temps s'est-il écoulé entre le début de la phase de réflexion et la mise en œuvre concrète de la pratique ?**
- **Avez-vous toujours procédé de la sorte pour la mise en place de ces pratiques ?**
Oui / Non
- **Si non, quels ont été les changements majeurs apportés à l'ITK depuis sa mise en place et pourquoi en quelques mots?**

Résultats obtenus en fonction des attentes et constats du producteur

Impact sur le sol

- **Avez-vous constaté des changements sur la qualité de votre sol depuis que vous mettez en place la pratique ? (structure, qualité des agrégats, rapidité de ressuyage, humidité, enracinement, battance, érosion, présence résidus organiques grossiers, etc.)**
- **Avez-vous constaté une possibilité d'avancement des dates d'implantation des cultures concernées par l'ITK innovant par rapport à un ITK plus classique ?**
 - Implantation plus précoce
 - Pas de changement
 - Implantation plus tardive
- **Avez-vous constaté une amélioration de la précocité des récoltes des cultures concernées par l'ITK innovant par rapport à un ITK plus classique ?**

- Implantation plus précoce
- Pas de changement
- Implantation plus tardive

Rendement

- **Comment qualifieriez-vous les rendements obtenus sur les cultures impactées par l'ITK innovant?**
 - Pas assez de recul
 - (1)** Décevants dans l'ensemble
 - (2)** Un peu en dessous des standards
 - (3)** Satisfaisants
 - (4)** Très bons

À quoi attribuez-vous ces résultats ? Précisions sur les résultats de certaines cultures ?

- De manière générale, avez-vous constaté une évolution des rendements depuis que vous expérimentez la pratique ? Et entre la situation avant et après sa mise en place ?

Pression sanitaire

- Comment jugez-vous la pression sanitaire sur les cultures concernées par l'ITK innovant ?

- Pas assez de recul
- (1) Très préoccupante
- (2) Dégâts variant beaucoup selon les années
- (3) Acceptable
- (4) Quasiment aucun problème sanitaire

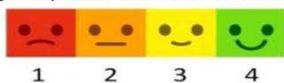
- Quels problèmes sont selon vous engendrés par la mise en place de cet ITK ?

Problème rencontré	Niveau de pression (faible, moyen ou fort)	Espèce(s) concernée(s)	Période	Solution/traitement

- Y-a-il eut une évolution de la pression sanitaire sur ces mêmes cultures avant et après la mise en place de l'ITK innovant et au fil des années? Si oui, sur quelles cultures ? Quel ravageur ? Et à quelle échelle de variation (forte – significative – faible amélioration) ?

Rentabilité

- Sur une échelle de 1 à 4, jugez-vous que cet ITK innovant permette, tout en intégrant des pratiques durables sur le plan agronomique, de générer une rentabilité acceptable ? (bien faire passer la notion de balance entre richesse créée et charges)



Commentaires :

Pénibilité

➤ **Avez-vous remarqué un gain de temps depuis la mise en place de l'ensemble des pratiques identifiées ?**

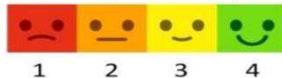
- Pas assez de recul
- Oui
- Statu quo
- Rajouté du temps

Si oui, sur quel(s) postes(s) en particulier (préparation de sol, désherbage, récolte,...) ? Sur certaines cultures en particulier ?

➤ **Jugez-vous que ces pratiques innovantes engendrent des aspects de pénibilité physique ? Si oui de quels types sont-il ?**

- Répétition de tâche
- Charges lourdes
- Position de travail
- Autres :

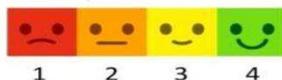
➤ **Sur une échelle de 1 à 4, comment évaluez-vous la pénibilité physique générée uniquement par la mise en place de ces pratiques ?**



➤ **Jugez-vous que la mise en place de cet ITK innovant engendre des aspects de « charge mentale » (pénibilité morale) ? Si oui de quels types sont-il ?**

- Organisation du travail plus complexe qu'un ITK « classique »
- Temps de travail trop important
- Risques liés au caractère innovant de la pratique et au manque d'infos
- Nécessité de faire passer l'intérêt de la pratique auprès des employés
- Phase d'élaboration très complexe mais une fois lancé moins pénible
- Autre(s) :

➤ **Sur une échelle de 1 à 4, comment évaluez-vous la charge mentale générée uniquement par la mise en place de cet ITK ?**



➤ **Avec le temps, avez-vous constaté une diminution de la pénibilité (physique et/ou morale) générée par les pratiques qui composent l'ITK innovant ? Si oui, à quoi l'attribuez-vous ?**

- **D'un autre côté, la mise en place de ces pratiques vous procure-t-elle un sentiment de satisfaction personnelle ? Si oui, de quel type ?**
 - Aspect stimulant de toujours chercher à s'améliorer
 - La pratique est plus en adéquation avec votre vision de l'agronomie que des pratiques plus « classiques »
 - Satisfaction personnelle d'avoir mis au point de A à Z quelque chose d'assez complexe
 - La pratique amène un certain esthétisme sur la ferme
 - Autres :

Autonomie

- **Avez- vous constaté une diminution des quantités de fertilisants et amendements achetées depuis la mise en place de ce nouvel ITK ?**
 - Pas assez de recul
 - (1) Non, plutôt une augmentation
 - (2) Aucun changement
 - (3) Oui, une légère diminution
 - (4) Oui, une diminution très nette
- **Avez- vous constaté une diminution des quantités de produits phytosanitaires achetées depuis la mise en place de ce nouvel ITK ?**
 - Pas assez de recul
 - (1) Non, plutôt une augmentation
 - (2) Aucun changement
 - (3) Oui, une légère diminution
 - (4) Oui, une diminution très nette
- **Avez- vous constaté une évolution de la consommation de ces autres intrants et fournitures depuis la mise en place de ce nouvel ITK ?**

<input type="checkbox"/> Carburant	<input type="checkbox"/> +	<input type="checkbox"/> -
<input type="checkbox"/> paillage plastique	<input type="checkbox"/> +	<input type="checkbox"/> -
<input type="checkbox"/> eau d'irrigation	<input type="checkbox"/> +	<input type="checkbox"/> -
<input type="checkbox"/> autres :	<input type="checkbox"/> +	<input type="checkbox"/> -

Satisfaction générale

- **Sur une échelle de 1 à 4, êtes-vous globalement satisfait de la pratique innovante que vous avez-mis en place ?**



1 2 3 4

- **À quoi est principalement dû ce niveau de satisfaction**
-

Points de vigilance

Pour cette partie, on peut la compléter en même temps que la description de l'ITK si le producteur insiste directement sur certains points. Sinon, il faut se remémorer les points sur lesquels il a insisté et lui refaire confirmer pour cette partie.

- **Identifiez-vous un contexte favorable propre à votre cas qui permette la mise en place de l'ITK innovant ?**

.....
.....
.....

- **De manière synthétique, sur quels aspects principaux la pratique innovante pourrait avoir des effets négatifs et sur lesquels il faut donc être vigilant ?**

Exemple : temps de travail, enherbement, dates de récoltes et de semis, pression sanitaire, etc.

.....
.....
.....

- **Sur quelles opérations culturales et les règles de décisions associées pensez-vous qu'il est nécessaire d'être le plus rigoureux ? Et quelles sont les recommandations que vous feriez pour garantir leur efficacité ? (conditions climatiques, état du sol, type de matériel à préférer)**

.....
.....
.....
.....
.....

- **Qu'est ce qui, aujourd'hui, vous bloque pour généraliser cette pratique à l'ensemble de vos cultures si ce n'est pas déjà le cas ?**

.....
.....
.....

- **Si cela était à refaire, qu'est ce que vous feriez différemment ?**

.....
.....
.....

Intérêt et attentes pour le projet PERSYST

- **Quelles formes de retour attendez-vous du projet PERSYST ?** (fiches synthétiques avec quel contenu ?, analyse transversale des pratiques, autres formes de rendu, etc.)

.....

.....

.....

- **Souhaitez-vous avoir plutôt :**

- des retours sur des techniques innovantes avec un certain recul pour avoir des références techniques
- des informations sur tous types de pratiques même si on possède assez peu de références sur le sujet
- les deux types d'information

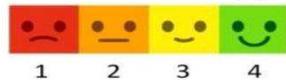
- **Identifiez-vous des essais à mettre en place prioritairement dans le cadre du projet ?**

.....

.....

.....

- **Sur une échelle de 1 à 4, quel intérêt portez-vous pour le projet ?**



Commentaires

.....

.....

.....

- **Etes-vous intéressé pour continuer à suivre le projet (ateliers de co-conception, observatoire piloté, visite de ferme, etc.)?**

- Oui
- Non

FIN

Annexe 1 : Tableau des espèces des légumes cultivé

	Classification des espèces	Production
1	Ail	<input type="checkbox"/>
2	Asperge	<input type="checkbox"/>
3	Aubergine	<input type="checkbox"/>
4	Artichaut	<input type="checkbox"/>
5	Betterave	<input type="checkbox"/>
6	Blettes	<input type="checkbox"/>
7	Carotte	<input type="checkbox"/>
8	Céleri branche	<input type="checkbox"/>
9	Céleri rave	<input type="checkbox"/>
10	Salade pièce (laitues, chicorées)	<input type="checkbox"/>
11	Salade de coupe (mesciun, salades coupées, jeunes pousses, pourpier, pissenlit, cresson)	<input type="checkbox"/>
12	Choux pommés (Bruxelles, cabus, milan, blanc rouge, frisé)	<input type="checkbox"/>
13	Choux branche non pommé (kale...)	<input type="checkbox"/>
14	Choux fleur (romanesco, fleur, brocoli)	<input type="checkbox"/>
15	Chou divers : ^{Chou} kave, Rutabaga chinois	<input type="checkbox"/>
16	Concombre, cornichon	<input type="checkbox"/>
17	Courges diverses (potisson, butternut, patimarron, musquée...)	<input type="checkbox"/>
18	Courgettes	<input type="checkbox"/>
19	Echalottes (echalion)	<input type="checkbox"/>
20	Endives	<input type="checkbox"/>
21	Epinard	<input type="checkbox"/>
22	Fenouil	<input type="checkbox"/>
23	Fraises	<input type="checkbox"/>
24	Autres fruits rouges (groseille, framboise cassis... dont rhubarbe)	<input type="checkbox"/>
25	Haricots frais & haricots mi secs	<input type="checkbox"/>
26	Fèves	<input type="checkbox"/>

27	Herbes aromatiques annuelles (persil, basilic etc)	<input type="checkbox"/>
28	Herbes aromatiques vivaces (thym, romarin...)	<input type="checkbox"/>
29	Mâche	<input type="checkbox"/>
30	Mais doux	<input type="checkbox"/>
31	Melons	<input type="checkbox"/>
32	Pastèque	<input type="checkbox"/>
33	Navet	<input type="checkbox"/>
34	Oignon frais (cebette, ciboule, oignon blanc)	<input type="checkbox"/>
35	Oignon de conservation	<input type="checkbox"/>
36	Panais	<input type="checkbox"/>
37	Poireau	<input type="checkbox"/>
38	Pois (petit pois, rame, mange tout)	<input type="checkbox"/>
39	Poivron, piment	<input type="checkbox"/>
40	Pomme de terre	<input type="checkbox"/>
41	Radis rave (noir, blanc, japonais)	<input type="checkbox"/>
42	Radis botte (rouge, bicolore)	<input type="checkbox"/>
43	Tomates (Tomates, cerises Tomates anciennes...)	<input type="checkbox"/>
44	Patate douce	<input type="checkbox"/>
45	Exotiques & divers (gingembre, safran, chayotte, physalis, oseille...)	<input type="checkbox"/>
46	Légumes anciens (topinambour, scorsonere, tétragone, salsifi, capucine tubereuse...)	<input type="checkbox"/>
47	Flours comestibles	<input type="checkbox"/>

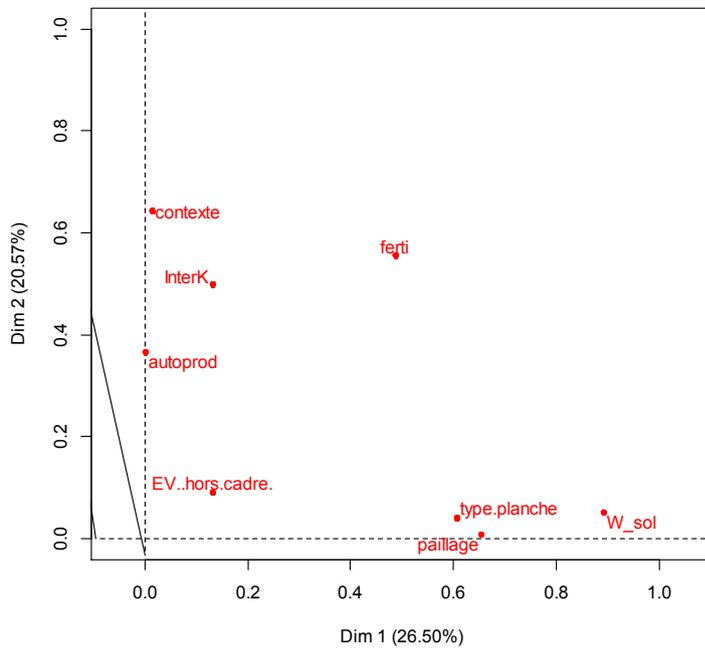
Annexe VII : Postulats formulés dans le cadre de la sélection des variables discriminantes pour la typologie de pratiques réalisée

Code	Description
P1	Le levier « rotations fixes et logiques sur le plan agronomique » n'a pas été retenu pour établir une variable car c'est un concept assez subjectif auquel il est difficile d'attacher des critères très stricts. La construction du questionnaire et le temps disponible pour la phase de traitement des données n'ont pas permis l'analyse en profondeur de la logique de rotation de chaque ferme. Par exemple on peut se demander selon quels critères en priorité juge-t-on qu'il s'agit d'une bonne rotation : délai de retour d'une même famille botanique ? Exigences en N des cultures qui s'enchaînent ?
P2	Toujours dans la thématique des rotations, certaines fermes visitées fonctionnent avec un « circuit » de blocs (ou parcelles) de même dimension sur lesquels s'enchaînent des groupes de cultures agrégées notamment en fonction de leur famille botanique et/ou besoins en nutriments (surtout N) et/ou période de présence des cultures au champ. Ce levier a également été écarté du fait qu'il est difficilement vérifiable puisque le questionnaire ne permet pas de récupérer la rotation à l'échelle de la ferme. De plus, nous avons tenté d'intégrer cette variable en fonction de notre ressenti et des réponses des producteurs affirmant fonctionner de la sorte mais les classes obtenus après traitement statistiques étaient très difficilement interprétables.
P3	Le leviers « introduction de couverts végétaux de service ou associations de culture » n'a été repéré que sur une seule ferme de l'enquête, on part donc du postulat qu'une variable définissant sa mise en œuvre ou non aura très peu d'influence sur la construction des groupes de fermes qui serviront à définir les types de pratique.
P4	Le levier « pratiques innovantes de fertilisation du sol (matière végétale fraîche, purins végétaux) n'a pas été retenu tel quel pour la construction d'une variable. Les enquêtes sur les fermes semblaient faire ressortir le fait que les exploitants utilisant de la matière végétale fraîche comme fertilisant l'autoproduisait dans tous les cas. De plus, par rapport aux objectifs du projet PERSYST, il semblait intéressant d'intégrer cet aspect d'autoproduction des matières fertilisantes aux variables discriminantes afin de voir si cette autoproduction était liée à certaines autres pratiques ou non. On a donc défini une variable « Autoproduction de matières fertilisantes ». Les purins végétaux quant à eux sont surtout utilisés dans le cadre de pratiques biodynamiques et seules deux exploitations enquêtées les mettaient en place dans des contextes assez différents. Il ne semblait donc pas essentiel de retenir un critère type « utilisation de purins » ou « pratiques biodynamiques » pour ne pas apporter de la variabilité supplémentaire à notre jeu de données et compliquer la construction de la typologie.
P5	Il semblait important de rajouter le contexte (plein champ ou sous abris) en tant que variable car il semblait ressortir de l'enquête que certaines pratiques étaient corrélées à ce paramètre.
P6	Concernant le levier « bonnes pratiques de gestion des engrais verts », il a été intégré dans une variable qui prend plutôt en compte le fait de mettre des engrais verts sur des périodes « hors cadre » classique des exploitations en maraîchage Bio diversifié (voir description du système maraîcher diversifié type). C'est-à-dire sur une période autre qu'automne/hiver en plein champ et sur n'importe quelle période sous surface abritée. En effet, tous les maraîchers rencontrés mettaient en place des engrais verts sur la période automne/hiver en plein champ et il apparaissait donc difficile de distinguer des « bonnes » ou « mauvaises » pratiques de gestion des engrais verts.

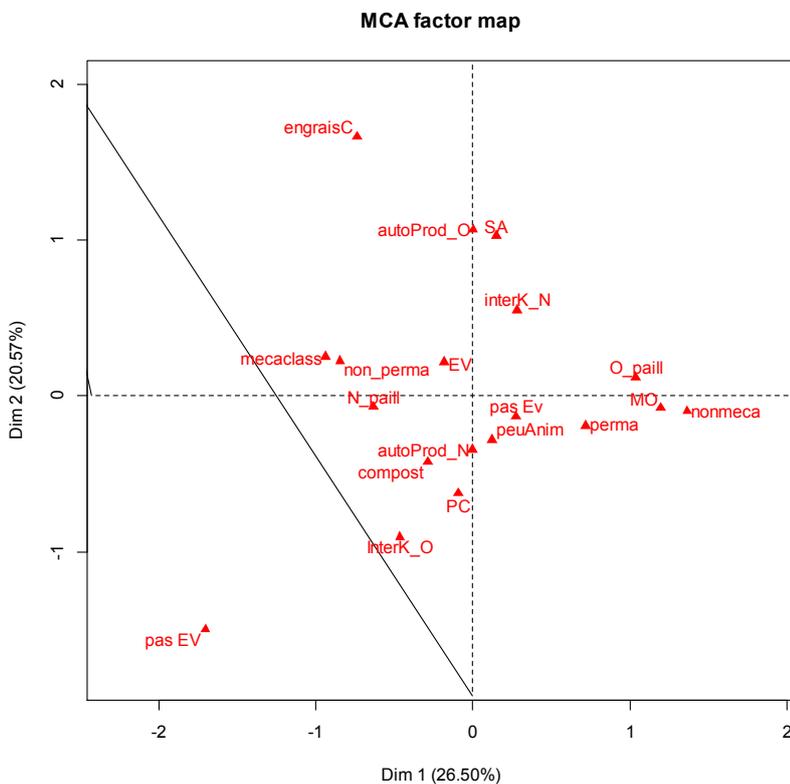
Annexe VIII : Liste des variables discriminantes retenues et définition de leurs différentes modalités

Variables	Modalités
Contexte de mise en place	Plein champ : pour des cultures qui sont cultivés à l'extérieur
	Sous abris : sur des cultures conduites sous abris froid (type tunnel ou multi-chapelle)
Type de planche maraîchère	Permanente : ce qui implique que le passage des roues ou des pieds se fait toujours exactement au même endroit d'une année sur l'autre et que les planches ne sont pas retracées d'une année sur l'autre avec des outils rotatifs après une reprise totale de la parcelle avec un travail de sol en profondeur
	Non permanente : ne respecte pas les principes cités précédemment
Intensité du travail de sol pratiqué	Mécanisé classique : défini par ce qui est observé en général sur les fermes maraîchères bio diversifiées (cf I.2.a) ce qui correspond à un travail de sol où les outils rotatifs animés comme le rotavator ou le cultivateur sont utilisés dans les préparations de sol de quasiment toutes les cultures de la ferme, parfois à la suite d'un labour où d'une reprise très profonde du sol sans retournement
	Mécanisé mais avec pas ou peu d'outils rotatifs animés : correspond à un travail de sol essentiellement avec des outils tractés mais non animés (ex : cultivateurs, outils cultibutte et vibroplanche de l'Atelier Paysan) qui remplacent totalement ou très majoritairement l'utilisation des outils rotatifs animés
	Non mécanisé : le sol n'est pas travaillé ou s'il l'est, ce n'est que très superficiellement avec des outils manuels
Mise en place d'inter-culture longue dans la rotation de légumes	Présence d'inter-culture longue : implique que les maraîchers mettent en « pause » certaines parcelles de leur rotation en y implantant une culture autre que des légumes (mélanges céréaliers ou prairies principalement) et ce pendant au moins un an (durée retenue pour faire la distinction avec les engrais verts d'hiver implantés de la fin d'été au printemps suivant et qui sont assez communs sur les fermes maraîchères Bio diversifiées)
	Non présence d'inter-culture longue
Autoproduction de matières fertilisantes	Autoproduction pratiquée : la ferme met en place différentes stratégies pour autoproduire une partie ou la totalité des apports dont elle a besoin pour fertiliser ses cultures, cela va de la production de matière végétale de légumineuse épandue sur les terres à la présence d'un atelier d'élevage sur la ferme
	Autoproduction non pratiquée
Mise en place d'engrais vert « hors cadre classique »	EV « hors cadre » : cela veut dire que le maraîcher met en place des cultures d'engrais verts hors des contextes classiques en maraîchage Bio diversifié, c'est-à-dire en plein champ hors de la période automne/hiver et sous abris quelle que soit la période
	Pas d'EV « hors cadre »
Type d'apport fertilisant majoritairement utilisé sur les cultures concernées par les pratiques innovantes	Compost : utilisation principalement de fumier plus ou moins composté et/ou de compost de déchets verts
	Matière organique végétale non compostée : utilisation de matière organique végétale non compostée (paille, foin, résidus de cultures, luzerne broyée, etc.) comme apport majoritaire ;
	Engrais du commerce : correspond aux apports de type engrais achetés dans le commerce qui prennent souvent la forme de granulés, d'où le terme souvent employé d'engrais « bouchons »
Utilisation de paillage organique	Paillage organique pratiqué : la ferme met en place du paillis d'origine organique (foin, paille, herbe de tonte, etc.) sur une partie ou toutes les cultures concernées par les pratiques innovantes
	Paillage organique non utilisé

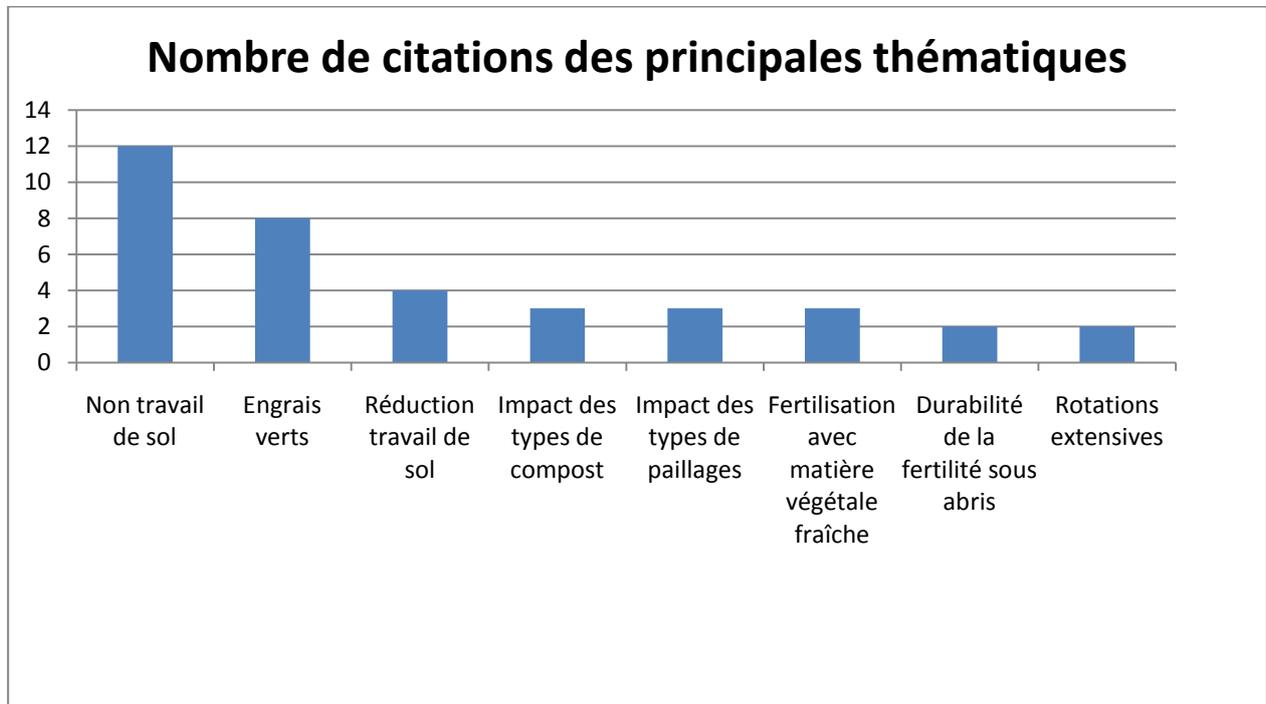
Annexe IX.a : Représentation graphique des variables selon les deux dimensions principales de l'ACM réalisée pour la typologie de pratiques rencontrées



Annexe IX.b : Représentation graphique des modalités selon les deux dimensions principales de l'ACM réalisée pour la typologie de pratiques rencontrées



Annexe X : Thématiques principales à traiter dans la suite du projet PERSYST-Maraîchage selon les producteurs interrogés



	Diplôme : Ingénieur Spécialité : Horticulture Spécialisation / option : Ingénierie des productions et des produits de l'horticulture Enseignant référent : René Guénon
Auteur(s) : Vincent Le Cam Date de naissance* : 19/01/1995	Organisme d'accueil : Groupement des Agriculteurs Biologiques du Morbihan (GAB56) Adresse : Z.A de Keravel 56390 Locqueltas, FRANCE
Nb pages : 76 Annexe(s) : 10	
Année de soutenance : 2019	Maître de stage : Maëla Peden
Titre français : Gestion durable de la fertilité des sols : étude des pratiques innovantes des maraîchers biologiques diversifiés du Grand Ouest	
Titre anglais : Sustainable management of soil fertility: study of the innovative practices of organic market gardeners from western France	
Résumé (1600 caractères maximum) : L'enjeu d'une gestion durable de la fertilité des sols apparaît aujourd'hui comme primordial à l'échelle mondiale pour limiter l'amplification des changements climatiques à venir, tout comme à l'échelle des systèmes agricoles pour préserver leur « capital sol ». Les fermes maraîchères biologiques diversifiées, objet de cette étude, n'échappent pas à cet enjeu, surtout qu'ils sont bien souvent le cadre d'une utilisation intensive du sol. Le projet PERSYST-Maraîchage, dont cette étude est l'une des premières étapes, a vocation à développer de nouveaux systèmes de cultures à l'impact positif sur cette fertilité des sols tout en intégrant d'autres problématiques propres aux fermes maraîchères diversifiées (comme l'organisation du travail). L'objectif de cette étude était d'identifier et de caractériser des pratiques considérées « innovantes » permettant d'atteindre le maintien et l'amélioration de la fertilité des sols. Ce travail a été réalisé sur la base d'une enquête réalisée sur une trentaine de fermes maraîchères biologiques du Grand Ouest de la France. On peut alors se demander de quelles manières et selon quels objectifs les maraîchers bio du Grand-Ouest innovent-ils dans la gestion de la fertilité de leur sol ? Comment ces pratiques répondent-elles à leurs attentes ? Ce travail a mobilisé la démarche de la « traque à l'innovation » et une typologie réalisée a permis de définir 4 types de pratiques innovantes. Une analyse des objectifs, temps de recul, ancienneté des producteurs et de leurs retours critiques selon certaines attentes a pu ensuite être réalisée sous l'angle des types de pratiques pour mieux les caractériser.	
Abstract (1600 caractères maximum) : The issue of a sustainable management of soil fertility could be considered today as essential at global scale to limit the climate changes amplification, just like for the agrosystems to preserve their "soil resources". Market gardening organic farms, the focus of this study, are also concerned by this issue, especially because their use of the land is frequently intensive. The "PERSYST-Maraîchage" project, whose this study is one of the first parts, is designed for to develop new cropping systems with a positive impact on this soil fertility while integrating other specific issues of market gardening farms (such as labour organization). The main goal of this study was to identify and characterize practices considered as "innovative" allowing the maintenance and improvement of soil fertility. This work has been achieved on the basis of a survey of some thirty organic market gardening farms from western France. We can then wonder in what ways and with which objectives do the organic market gardeners from Western France are innovating in soil fertility management? How do these practices meet their expectations? This work has mobilized the "innovation tracking" approach and a typology has ended in a definition of 4 types of innovative practices. Then, an analysis of the objectives, experience duration of the practices, years of experience of the farmers and their feedbacks about certain expectations could be executed from the perspective of the practices types to obtain a better characterization of them.	
Mots-clés : fertilité des sols - maraîchage biologique diversifié – pratiques culturale - innovation	
Key Words: soil fertility – organic market gardening farm – cultivation practices - innovation	