Mémoire de fin d'études

présenté pour l'obtention du diplôme d'Agronomie de Montpellier SupAgro
Option : Production Végétale Durable

Problèmes culturaux en maraîchage : état structural du sol et possibilités offertes par les plantes de service

par Sébastien Passarieu

Année de soutenance : 2013

Organisme d'accueil : Groupement Régional CIVAM Provence-Alpes-Côte d'Azur

Mémoire de fin d'études

présenté pour l'obtention du diplôme d'Agronomie de Montpellier SupAgro
Option : Production Végétale Durable

Problèmes culturaux en maraîchage : état structural du sol et possibilités offertes par les plantes de service

par Sébastien PASSARIEU

Année de soutenance : 2013

Mémoire préparé sous la direction de : Alain CAPILLON
Maître de stage : Mathieu ESPERT
Présenté le : 19 juillet 2013
devant le jury :
Alain CAPILLON
Rémi GAUDIN
Raphaël METRAL

Remerciements

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à tous les membres du GR-CIVAM-PACA qui m'ont accueilli au sein de leur structure, durant les six mois de stage entre Mars et septembre 2013. Un remerciement particulier à Mathieu ESPERT, animateur du GR-CIVAM, qui a assuré mon encadrement de stage et participe fortement à la bonne ambiance régnant dans le bureau. Je remercie aussi mon tuteur SupAgro, Alain Capillon, pour son accompagnement et ses conseils judicieux le long du stage.

Je remercie surtout les agriculteurs qui ont accepté de prendre du temps au téléphone ou en me recevant, sans qui ce mémoire n'aurait pas vu le jour. Je remercie particulièrement Valérie DUDON, maraîchère à l'Isle sur la Sorgue qui a accepté de m'héberger durant le stage. De même, je remercie les différentes personnes rencontrées durant le stage (instituts techniques ou de recherche, chambre d'agriculture, autres CIVAM, conseillers indépendants…) qui ont pu m'aiguiller dans mon cheminement, me donner des contacts ou de la bibliographie.

Au sein du CIVAM, je remercie aussi Annick, François, Patricia et les différents membres du Conseil d'Administration pour les discussions et échanges le long du stage.

Au-delà des CIVAM, je souhaite dire le plaisir que j'ai eu à rencontrer toutes les autres personnes travaillant dans ce bâtiment du MIN de Cavaillon : Fred, Anne et Annie d'Agribio 84, Manon et Solène de l'ADEAR 84, pour tous les bons moments passés ensemble, notamment pendant les repas le midi. J'en profite aussi pour remercier les stagiaires d'autres structures rencontrés dans le cadre du stage (FR-CIVAM-Languedoc Roussillon, ADEAR84, Parc du Lubéron…) ainsi que ma famille pour les corrections du mémoire et le soutien ces derniers mois.

Sommaire

Remerciements *5*

Sommaire *6*

Introduction *8*

1 Démarche générale *9*

1.1 Elaboration de la problématique de stage **10**
1.1.1 Le Groupement Régional CIVAM Provence-Alpes-Côte-D'azur 10
1.1.2 Le réseau Agricultures Durables en Méditerranée 11
1.1.3 Une première phase de réflexion sur la gestion de la fertilité du sol 12
1.1.3.1 L'offre de stage 12
1.1.3.2 La zone d'étude 12
1.1.3.3 Définition des termes 12
1.1.3.4 Problèmes rencontrés par les agriculteurs 12
1.1.4 Un approfondissement : les plantes de service et l'état structural du sol en maraîchage 14

1.2 Méthodologie **15**
1.2.1 Des entretiens et profils de sol 15
1.2.1.1 Des entretiens afin de mieux comprendre le fonctionnement des fermes 15
1.2.1.2 Des fosses pour analyser l'état structural du sol 15
1.2.2 Traitement de l'information 16

1.3 Systèmes de culture recensés **17**
1.3.1 De grandes fermes non labellisées et vendant en gros, le groupe des C 19
1.3.2 Du maraîchage de petite surface, labellisé AB et très diversifié, le groupe des BDP 19
1.3.3 Diversifiés sur une surface plus grande, le groupe des BDG 20
1.3.4 Labellisés et spécialisés, le groupe des BS 20
1.3.5 Une exploitation sous serres, l'exemple de CS1 21
1.3.6 Profils de sols et systèmes de culture 21

2 Besoins bibliographiques *22*

2.1 Usages et utilisation des plantes de service **22**
2.1.1 Quels rôles pour les plantes de service ? 22
2.1.1.1 Diminution du lessivage des nitrates 22
2.1.1.2 Amélioration de la structure du sol et apport fertilisant 22
2.1.1.3 Limitation du ruissellement et de l'érosion 23
2.1.1.4 Diminution de la pression en maladies et pathogènes 23
2.1.1.5 Etouffement des adventices 24
2.1.1.6 Amélioration du paysage et de la biodiversité 24
2.1.1.7 Stockage de Carbone et d'azote 24
2.1.2 De l'implantation à la destruction d'une plante de service 24
2.1.2.1 L'implantation, atteindre rapidement une couverture du sol 24
2.1.2.2 Le temps de culture et les différents objectifs 25
2.1.2.3 Destruction et incorporation 25
2.1.3 Quelle diversité en plantes de service ? 26
2.1.3.1 Les plantes de service adaptées au maraîchage dans le Sud-Est de la France 27
2.1.3.2 Des plantes de service, oui, mais à quel prix ? 27

2.2 Le profil du sol comme outil d'observation de l'état structural du sol au service de la remise en cause de l'itinéraire technique **28**
2.2.1 Les conséquences d'un tassement de sol 28
2.2.2 Le profil cultural à l'interface du rendement et de la conduite culturale 29

3 Résultats 30

3.1 Les plantes de service en maraîchage 30

3.1.1 Diagnostic préalable 30

3.1.1.1 Analyse des problèmes culturaux rencontrés chez les agriculteurs 30

Maraîchage et sols limoneux 30

La fertilisation sous forme de bouchons organiques déshydratés 31

Des temps de retour sur parcelle durs à maîtriser 31

Des adventices récalcitrantes 31

Lixiviation hivernale 31

3.1.1.2 Quelles plantes de service pour répondre aux problèmes culturaux ? 31

Système racinaire et biomasse pour améliorer la structure du sol 31

Récupérer de la fertilisation à partir des PDS : légumineuses, CIPAN et autres plantes productrices de biomasse 32

Des plantes de service pour couper la rotation 32

Compétition pour la lumière, l'eau et les minéraux : ces plantes de service qui « étouffent » les adventices 32

Sol nu victime de pluies hivernales : des plantes de service en guise de protection 33

3.1.2 Quels systèmes maraîchers utilisent des plantes de service ? 33

3.1.2.1 Des essais chez les BDP 33

3.1.2.2 Une surface plus grande facilite l'implantation de plantes de service, le cas des BDG 33

3.1.2.3 Plante de service et systèmes spécialisés, le cas des CS 34

3.1.3 Quels blocages rencontrés ? 34

3.1.3.1 Une limite de taille pour les petites structures 34

3.1.3.2 Des structures diversifiées plus grandes, moins intensives 35

3.1.3.3 Blocage chez les bio spécialisés ? 35

3.1.3.4 Importance de la rotation chez les non labellisés spécialisés 36

3.1.4 Conclusion et pistes de réflexions 36

3.2 Le travail du sol 37

3.2.1 Regards croisés sur des profils de sol et des itinéraires techniques 37

3.2.1.1 Des limons qui prennent en masse en profondeur 37

3.2.1.2 Une structure de surface à risque, sol limoneux et rotavator 39

3.2.1.3 Un décompacteur peu efficace dans un sol sableux 40

3.2.1.4 Croûte de battance et passage en condition humide sur des limons 41

3.2.1.5 Un profil sous serre 42

3.2.2 Quelques pistes de réflexion à propos du travail de sol en maraîchage 43

4 Analyse critique du projet 45

4.1 Limites de la méthode 45

4.1.1 Définition de la problématique 45

4.1.2 Un territoire Méditerranéen non homogène 45

4.1.3 L'échantillonnage 46

4.1.4 Des agriculteurs très sollicités 47

4.2 Une structure associative de développement du monde rural et agricole, le GR-CIVAM-PACA 47

4.3 Perspectives 49

Conclusion 51

Liste des figures 52

Liste des références bibliographiques 53

Liste des annexes 55

Abstract 67

Résumé 68

Introduction

L'agriculture est actuellement en pleine évolution. Après avoir demandé aux agriculteurs de produire l'alimentation en quantité, ce sont actuellement des produits plus qualitatifs qui sont réclamés par le consommateur. Ces dernières années ont aussi vu se développer de nouveaux concepts qui peu à peu s'appliquent à toutes les strates de notre société. Ainsi, le développement se doit maintenant d'être durable. Pour cela, il ne faut pas seulement une pérennité économique à un projet mais il lui faut aussi remplir des conditions sociales et environnementales pour être considéré comme durable et donc acceptable pour un développement harmonieux de la société. Cette dernière prend de plus en plus en compte l'empreinte qu'elle a sur le milieu et ce qu'elle va laisser comme ressources aux générations futures.

Ainsi, l'agriculture s'approprie peu à peu ces différents concepts et son rôle ne se limite plus uniquement à la production d'alimentation. L'agriculture et les hommes et femmes qui la font vivre sont au cœur du maintien du milieu rural qui a été longtemps le théâtre d'un exode vers les villes. Ce rôle s'applique autant à la structuration du paysage qu'à la création d'un tissu rural vivant. Ces rôles se structurent à travers des démarches de commercialisation qui privilégient de plus en plus le lien direct entre producteurs et consommateurs ou l'accueil touristique et pédagogique à la ferme. L'objectif est de recréer un lien entre citadins, ruraux et agriculteurs. Le Groupement Régional CIVAM Provence-Alpes-Côte-D'azur (GR-CIVAM-PACA) est au cœur de ces changements avec une volonté de redynamiser le monde rural et soutenir le monde agricole. Dans ce cadre, le projet Agricultures Durables en Méditerranée est un support à l'exploration de thématiques nouvelles dans le monde agricole.

Le fondement d'une agriculture durable est le maintien de la capacité des parcelles à répondre sur le long terme à leurs objectifs de production. Ainsi, la gestion de la fertilité du sol se retrouve au centre des débats et des questionnements autour d'une agriculture durable. Nous allons approfondir cette problématique de la gestion de la fertilité du sol en contexte méditerranéen en nous focalisant sur les structures maraîchères.

Le maraîchage peut prendre la forme de structures très différentes en termes de taille et de fonctionnement. Quels sont les problèmes culturaux rencontrés par ces différentes structures ? En quoi les pratiques de l'agriculteur peuvent-elles impacter sur l'état structural du sol ? Les plantes de service peuvent-elles répondre aux besoins des agriculteurs ? Nous allons décortiquer ces différentes questions en cherchant à savoir quels sont les blocages rencontrés par les différentes structures maraîchères dans l'utilisation de plantes de service comme outil de résolution de problèmes culturaux. Dans un même temps nous allons questionner le sol grâce à des profils pour mieux appréhender le lien entre l'itinéraire technique et les effets provoqués par le travail du sol particulièrement intensif en maraîchage.

1 Démarche générale

La démarche est divisée en deux phases. Une première qui a conduit à l'élaboration de la problématique de travail et une seconde destinée à y répondre. Chacune des phases a été subdivisée chronologiquement. Afin de simplifier la compréhension du déroulement, le schéma qui suit résume les différentes étapes allant de la demande initiale du stage à la réponse à la problématique choisie.

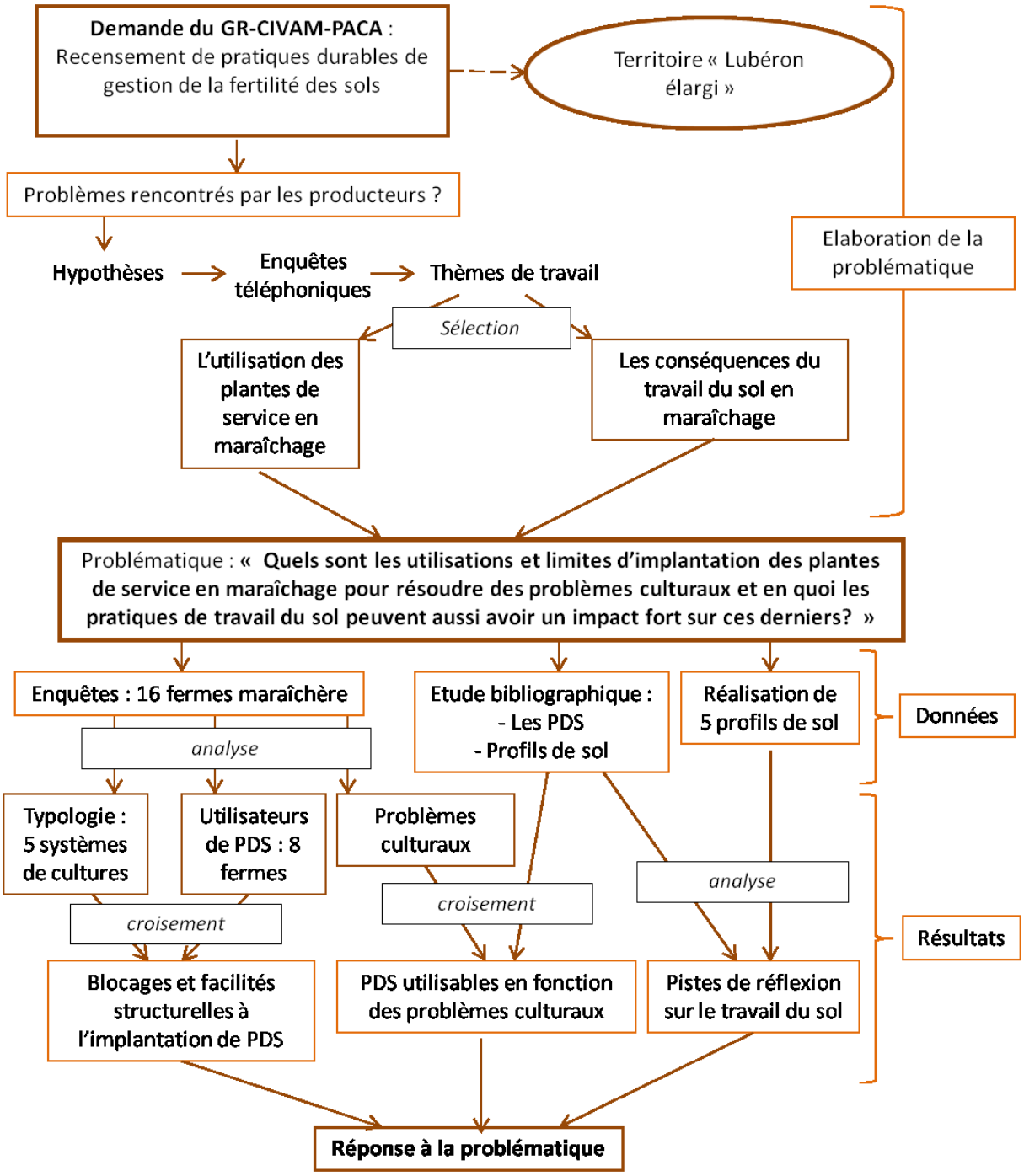


FIGURE 1 : SCHEMA RECAPITULATIF DE LA DEMARCHE DU STAGE

Les différentes étapes visibles sur ce schéma vont être détaillées dans les paragraphes suivants.

1.1 Elaboration de la problématique de stage

1.1.1 Le Groupement Régional CIVAM Provence-Alpes-Côte-D'azur

Né dans les années 1950, le mouvement associatif des CIVAM (Centre d'Initiatives pour Valoriser l'Agriculture et le Milieu rural) s'est construit sur les valeurs de laïcité et de défense de l'égalité des chances pour tous grâce à la diffusion du savoir. C'est un mouvement d'éducation populaire sans activité politique ni syndicale. Les excès du productivisme et la volonté de résister à l'exode rural ont progressivement conduit les CIVAM à vouloir mieux maîtriser le développement agricole. Aujourd'hui, si le maître-mot des CIVAM reste la solidarité, leurs actions cherchent avant tout à aller vers une agriculture durable. Les CIVAM participent au développement agricole et rural par l'animation, l'information, la vulgarisation et la formation, destinées aux agriculteurs, aux professions gravitant autour et aux porteurs de projets. Toujours basés sur les échanges et la réflexion collective, les actions menées concernent : l'agriculture durable, les circuits courts, la création d'activités agri-rurales, l'éducation à l'alimentation et à l'écologie, l'accueil éducatif à la ferme, l'agriculture biologique et la protection de l'environnement.

Les CIVAM sont des associations Loi 1901, présentes sur tout le territoire français. Animé par une fédération nationale et par des commissions nationales, ce réseau agit dans quinze régions (douze d'entre elles sont dotées d'une fédération régionale) et totalise 15000 adhérents, 200 groupes locaux et 200 salariés.

En Provence Alpes Côte d'Azur (PACA) le groupement régional, dit GR-CIVAM-PACA, regroupe depuis 1979 trois fédérations départementales (Vaucluse, Bouches-du-Rhône et Alpes-de-Haute-Provence), une dizaine de groupes locaux et 17 salariés, pour un total de 1800 adhérents. Les ressources financières du GR-CIVAM sont en partie constituées par des subventions publiques départementales et régionales (DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement), d'une part et par le fond de développement agricole national (CasDAR) et le FEADAR (Fond Européen Agricole pour le Développement Rural) d'autre part. Des subventions proviennent aussi d'autres structures, avec lesquels les CIVAM établissent des conventions. L'association obtient en outre des fonds en assurant des actions de formation ou d'autres prestations. Enfin, bien que négligeables, les cotisations des membres contribuent aux ressources financières.
Quatre axes principaux structurent le GR-CIVAM-PACA :

- Le programme Agricultures durables en Méditerranée (ADméd) que nous allons détailler par la suite,
- L'égalité hommes/femmes en milieu rural,
- L'accueil éducatif en milieu rural,
- La coordination, l'animation et l'appui méthodologique des groupes locaux.

1.1.2 Le réseau Agricultures Durables en Méditerranée

Dans la suite du Réseau Agriculture Durable (RAD), qui travaille depuis une vingtaine d'années à la compréhension du fonctionnement des systèmes bovins-lait herbagers, d'autres réseaux ont vu le jour. Le réseau Grande Cultures Economes (il y a une dizaine d'années), le réseau Agriculture durable de Moyenne Montagne (2010) et le réseau Agricultures Durables en Méditerranée (2011). La Fédération Nationale des CIVAM (FN-CIVAM) coordonne ces différents réseaux au sein d'un pôle nommé SPEA (Systèmes de Production Economes et Autonomes).
Le projet AD-Med est porté par deux structures que sont la Fédération Régionale CIVAM Languedoc Roussillon (FR-CIVAM-LR) et le GR-CIVAM-PACA.

En 2011, ces deux structures ont lancé conjointement une dynamique de réflexion collective des systèmes de production méditerranéens auprès de 30 exploitations (utilisation des méthodes IDEA, DIALECTE et DIA'TERRE).

Ce travail a permis de mettre à jour des expériences de terrain considérées comme remarquables du point de vue de la durabilité économique, sociale ou environnementale. Celles-ci ont été capitalisées sous forme de fiches thématiques.

Les agriculteurs rencontrés ont par ailleurs été amenés à identifier collectivement les problématiques à traiter de façon prioritaire. La question de l'amélioration de la fertilité des sols est ressortie comme un point central au cours des débats.

Un forum interrégional « S'organiser et échanger pour des Agricultures Durables en Méditerranée » a par ailleurs rassemblé plus de 170 personnes de divers champs professionnels à Avignon le 5 avril 2012, autour des questions de la gestion du foncier agricole, de la fertilité des sols, et des organisations collectives.
Ces actions ont permis un élargissement des partenariats avec les acteurs professionnels et institutionnels agricoles et environnementaux, de la recherche, de l'enseignement agricole, et des collectivités territoriales.

La suite du projet ADméd a pour objectif d'accompagner des agriculteurs et d'organiser des évènements liés aux problématiques identifiées précédemment. Cela a fait l'objet d'une demande CASDAR en 2013. Trois actions ont été particulièrement mises en avant :
- Réalisation d'un état des lieux sur la fertilité des sols en et hors contexte Méditerranéen,
- Accompagnement de projets en émergence et proposition de nouvelles modalités de gestion de la fertilité des sols agricoles en territoires Méditerranéens,
- Valorisation des enseignements et des pratiques, et poursuite des projets d'accompagnement.

Concrètement, au GR-CIVAM-PACA, ces actions sont mises en pratique à travers un stage de 6 mois sur la recherche de pratiques innovantes en gestion de la fertilité des sols, sur l'organisation de journées techniques et visites de ferme, sur l'accompagnement à la création de deux groupes de maraîchers qui veulent s'unir pour mettre en commun les réflexions sur leurs pratiques (zones Val de Durance et Parc du Lubéron) ainsi que sur l'organisation de journées de réflexions/échanges entre le grand public et des professionnels sur l'agriculture et les différents enjeux gravitant autour. La communication vers les agriculteurs et le public est assurée par le site internet du GR-CIVAM (ainsi qu'un site ADméd

en cours de construction) et par l'élaboration de différents supports de diffusion (plaquettes, compte- rendus, fiches thématiques, fiches expériences…).

Un grand nombre d'acteurs différents se retrouve au comité de pilotage du projet ADméd (voir liste en annexe 1) et celui-ci est financé (en plus de l'autofinancement GR-CIVAM-PACA et FR-CIVAM-LR) par le Conseil Régional Provence-Alpes-Côte-D'azur, le Conseil Régional Languedoc Roussillon, un CASDAR et l'Europe à travers le FEADER (Fonds Européens Agricoles pour le Développement Rural).

1.1.3 Une première phase de réflexion sur la gestion de la fertilité du sol

1.1.3.1 L'offre de stage

La demande initiale du stage était la suivante : *« A partir du recensement, en régions PACA et Languedoc-Roussillon, de pratiques durables de gestion de la fertilité des sols et de l'étude du fonctionnement des organisations impliquées (agricoles ou multi-acteurs), il s'agira de donner aux agriculteurs des pistes de réflexion sur les moyens d'expérimentation et de mise en œuvre de ces pratiques, ainsi que sur les modes d'organisation collective possibles pour favoriser un changement de pratiques. »* (ESPERT, 2012).

1.1.3.2 La zone d'étude

La zone d'étude a été limitée au territoire du parc du Lubéron étendu au Sud et à l'Ouest (voir annexe 2). Il sera possible d'aller chercher des expériences complémentaires hors de ce territoire. Le choix de cette zone se justifie par les réseaux d'agriculteurs déjà existants proches du GR-CIVAM couplé aux moyens humains et financiers permettant d'accompagner ou d'organiser des actions sur ce territoire.

1.1.3.3 Définition des termes

Nous avons d'abord défini ce qu'étaient des pratiques durables de gestion de la fertilité du sol. Le mot durable, dans son utilisation la plus courante, met en avant un respect de trois piliers : économique, social et environnemental.

La gestion de la fertilité du sol quant à elle regroupe énormément de pratiques allant du travail du sol aux amendements en passant par la gestion de l'eau et de la rotation… Par gestion de la fertilité du sol nous engloberons toutes les pratiques visant à maintenir la capacité du sol à remplir son objectif de production sur du long terme.

On cherche donc à recenser des pratiques qui ont à la fois une influence agronomique positive dans le maintien d'un objectif de production sur le long terme mais aussi les conséquences de ces pratiques d'un point de vue économique, social et environnemental.

N'ayant pas les outils permettant d'évaluer la pertinence et les conséquences d'une pratique de ces différents points de vue, nous avons réalisé la démarche inverse, nous sommes partis des problèmes rencontrés par les agriculteurs pour remonter vers des pratiques à approfondir.

1.1.3.4 Problèmes rencontrés par les agriculteurs

Une recherche a été effectuée afin de définir les différents problèmes qui pouvaient se poser en terme de gestion de la fertilité des sols au sein des différentes productions rencontrées sur le territoire. On y retrouve le maraîchage, les grandes cultures, les cultures pérennes (arboriculture fruitière, oliviers et vigne) ainsi que l'élevage. Les hypothèses de

départ sont résumées dans l'annexe 3. On y trouve répertoriés par production les problèmes potentiels, leurs conséquences ainsi que les pratiques envisageables pour résoudre les difficultés rencontrées.

Afin de valider ou d'infirmer les hypothèses mais aussi de concentrer le travail sur un nombre limité de thèmes, une première vague d'enquêtes téléphoniques a été réalisée auprès d'une vingtaine d'agriculteurs ainsi que divers conseillers techniques, chambres d'agriculture, GRAB et instituts de recherches. Ces enquêtes téléphoniques ont permis de mieux saisir les priorités des fermes dans une optique d'amélioration de la fertilité de leurs sols. Les contacts avec les institutions agricoles ont permis de répertorier des travaux réalisés et problèmes rencontrés concernant la gestion de la fertilité des sols sur ce territoire.

Les problématiques les plus abordées suivant les productions sont les suivantes :

- Maraîchage : quelles conséquences de l'utilisation intensive des outils de travail du sol tel que le rotavator sur la structure de ce dernier ?
- Maraîchage : comment réussir à implanter des engrais verts dans les rotations maraîchères (le terme d'engrais vert, avec celui d'interculture sont souvent les plus utilisés dans le vocabulaire des agriculteurs mais au vu des différentes utilisations perçues derrière ceux-ci nous allons utiliser le terme plus large de plantes de service (abréviation PDS dans la suite de ce mémoire)).
- Grande culture : comment réduire le nombre de passages et la profondeur de travail du sol (questionnements autour des Techniques Simplifiées du Sol (TCS), Strip-Till et Semis Direct).
- Cultures pérennes : (Vigne, Arboriculture fruitière et Oléiculture) : quelle gestion de l'enherbement inter-rang pour une préservation de la structure du sol et d'amélioration de son taux de matière organique.

Il n'était pas possible de traiter les quatre problématiques ressorties de ces entretiens. Un choix a été réalisé en fonction de l'appropriation existante de réseaux d'agriculteurs de certaines de ces questions, ainsi que la capacité du GR-CIVAM à poursuivre le travail engagé.

Il y a peu d'adhérents du GR-CIVAM ou de groupes CIVAM locaux qui sont en grande culture et la problématique TCS, Semis-direct est déjà bien prise en considération par des réseaux tel que BASE (avec un pôle Sud-Est), l'institut technique Arvalis… Nous avons donc décidé de ne pas approfondir cette problématique.

La question de l'enherbement en vigne est actuellement très présente dans des instituts tels que l'IFV ou l'INRA. Du côté de l'arboriculture, la question semblait moins importante pour les agriculteurs (les entretiens ont montré que les questions phytosanitaires, de charges de structures et du coût de la main d'œuvre leur sont bien plus préoccupantes). Pour l'oléiculture, la demande semblait exister. Néanmoins, nous avons préféré ne pas traiter ces différentes questions afin de nous focaliser sur une unique production.

Le GR-CIVAM regroupe de nombreux maraîchers parmi ses adhérents et plusieurs formations précédemment organisées se rapportaient à la production maraîchère. De plus, les références sur les plantes de service sont bien présentes au niveau technique mais la question de leur intégration au sein de différentes fermes ne trouve pas d'écho dans la bibliographie. De même, la question des problèmes structuraux du sol se trouve bien plus

documentée sur des grandes cultures qu'en maraîchage. Il nous paraissait donc judicieux de traiter conjointement ces deux thèmes (intégration des PDS et conséquences de l'itinéraire technique sur la structure du sol) soulevés par des maraîchers.

1.1.4 Un approfondissement : les plantes de service et l'état structural du sol en maraîchage

En maraîchage, comme dans d'autres types de production, différents problèmes culturaux peuvent limiter une gestion durable de la fertilité des sols. L'enchaînement rapide des rotations, et donc du travail du sol, la pression de culture élevée (plusieurs récoltes par an sur une même parcelle) et parfois la grande diversité de cultures font du maraîchage une production où la plus grande attention est nécessaire si l'on veut préserver la qualité et la productivité des sols.

A partir des problématiques ressorties lors des enquêtes maraîchage, nous avons cherché à approfondir le lien qu'il pouvait y avoir entre la structuration du sol et l'enchaînement des différents travaux culturaux, et à approfondir la capacité des plantes de service à répondre à un ou plusieurs problèmes culturaux que l'on peut rencontrer en maraîchage.

Les réflexions sur la structure du sol, son utilisation assez intensive en maraîchage et surtout le type de mécanisation sont souvent ressortis comme problématiques dans les entretiens. La mécanisation pouvant avoir un impact très marqué sur la fertilité du sol, notre travail cherche à mieux visualiser l'impact du travail mécanique maraîcher sur la structure et donc la fertilité du sol.

Les plantes de services (PDS) sont l'ensemble des plantes cultivées dans un objectif autre que celui de la commercialisation. L'intérêt porté par les agriculteurs pour les PDS est important dans le cadre des productions maraîchères. Au cours de chacun des entretiens téléphoniques (11 maraîchers contactés), la question des PDS est systématiquement ressortie lorsqu'on évoquait la gestion de la fertilité des sols. Assez vite, à travers les entretiens, un décalage existait entre l'envie d'utiliser des PDS chez certains mais rencontrant des freins importants, et l'utilisation de PDS chez d'autres à qui cela ne semblait pas poser de problèmes particuliers. Les structures maraîchères peuvent revêtir des formes très différentes allant d'un maraîcher seul, extrêmement diversifié sur un hectare, au maraîcher employant dix personnes pour cinq à six espèces cultivées sur une vingtaine d'hectares. Les questions qui se posent dans ces deux structures extrêmes ne sont évidemment pas les mêmes. Il semble donc pertinent de chercher à savoir si les PDS peuvent être un outil intéressant dans la gestion d'une ferme maraîchère et surtout qu'est-ce qui peut limiter leur intégration dans les différents types de structures rencontrées.

A partir de cette double réflexion autour de problèmes culturaux, nous allons étudier la problématique suivante dans la suite de ce mémoire :
« Quels sont les utilisations et limites d'implantation des plantes de service en maraîchage pour résoudre des problèmes culturaux et en quoi les pratiques de travail du sol peuvent aussi avoir un impact fort sur ces derniers? »

1.2 Méthodologie

1.2.1 Des entretiens et profils de sol

Afin de récupérer l'information qui servira de support pour répondre à la problématique, des entretiens approfondis ont été réalisés dans des structures maraîchères du périmètre d'étude. Dans certaines de ces fermes un profil de sol a été réalisé.

1.2.1.1 Des entretiens afin de mieux comprendre le fonctionnement des fermes

Le territoire de recherche était centré sur la zone « parc du Lubéron étendu » voir annexe 4. Des entretiens complémentaires ont été réalisés en dehors de cette zone afin de compléter l'échantillon.

L'objectif initial était de récupérer un grand nombre de contacts afin de réaliser un échantillonnage représentatif des structures maraîchères de la région. Dans les faits, la récupération de ces informations a été difficile et les entretiens ont commencé avant d'avoir réalisé un échantillon représentatif de notre zone d'étude. Au fur et à mesure des entretiens et de la récupération des contacts, l'échantillon était complété par de nouvelles expériences avec l'objectif de faire augmenter sa diversité interne. Néanmoins, le petit nombre de contacts récupérés et les nombreux refus d'entretiens ont fortement limité la marge de manœuvre dans le choix des fermes de l'échantillon.

Les entretiens semi-directifs ont été réalisés afin de percevoir l'organisation globale de la structure, notamment concernant la gestion du temps et de l'espace cultivé tout au long de l'année. Ensuite, un focus a été réalisé sur la question des PDS afin de discuter des essais passés ou présents, des facteurs de réussite ou de blocage et surtout des problèmes culturaux rencontrés qui pourraient être plus ou moins résolus par des PDS.

Parallèlement aux entretiens réalisés dans les structures maraîchères, différents acteurs du développement agricole (GRAB, Bio de Provence, Agribio 84, CA 13, CA 84, consultants agricoles…) de la région ont été rencontrés afin de récupérer des contacts de fermes mais aussi de partager les différentes conclusions qui naissaient au fur et à mesure du traitement des entretiens. Ces échanges ont permis d'apporter une vision plus précise du fonctionnement de notre territoire et de valider la pertinence et l'orientation des travaux.

1.2.1.2 Des fosses pour analyser l'état structural du sol

Au fur et à mesure de l'approfondissement des connaissances sur les structures maraîchères, certaines étaient choisies afin de réaliser un profil de sol. Ces profils de sols ont été réalisés à partir de l'observation d'une fosse de 60cm de profondeur et de la largeur des outils utilisés. Cette technique consiste à établir, à partir des observations de la fosse, un lien entre les outils maraîchers, leurs conditions de passage et l'impact sur le sol.

Le choix des fermes pour les profils visait à ce que chacun des systèmes recensés soit représenté. La disponibilité des agriculteurs n'a pas toujours permis d'effectuer ce travail.

1.2.2 Traitement de l'information

A partir des entretiens et des descriptifs obtenus, un premier travail de division de l'échantillon en groupes homogènes a été réalisé. Cela a permis de mieux cerner les caractéristiques et la répartition des fermes suivant les critères choisis (labellisation, surface cultivée, pourcentage de culture sous abris, diversification). Le choix des critères a pour but de créer des groupes ayant des caractéristiques suffisamment homogènes pour être confrontés à des contraintes équivalentes. Dans un même temps, ce travail a permis de positionner les fermes utilisant des PDS dans notre échantillon mais aussi de choisir les fermes sur lesquelles nous allions réaliser un profil cultural (malheureusement, cette demande n'a pas toujours été acceptée). Ce travail préliminaire a permis de créer cinq grands groupes de travail correspondant à différents systèmes de cultures.

Par la suite, les entretiens et les profils de sol ont été analysés indépendamment.

A partir des entretiens, nous avons divisé le travail d'analyse en trois étapes.

Tout d'abord, chaque enquête a été analysée afin de faire ressortir les problèmes culturaux qui peuvent se poser à l'agriculteur. Certains étaient conscientisés par l'agriculteur lui-même alors que d'autres ressortaient par l'analyse du discours de l'entretien couplée aux observations sur place. Ceci a permis de réaliser un diagnostic des principaux problèmes culturaux rencontrés. L'importance de la problématique selon les agriculteurs a été mesurée suivant le nombre d'entretiens révélant le problème.

Ensuite, un retour sur la bibliographie a permis de mettre en relation les problèmes relevés au cours du diagnostic et les solutions potentiellement offertes par les PDS pour répondre à ces problèmes.

Une fois les enquêtes synthétisées sous forme de tableau résumant les points importants de leur structure et de leur organisation, un travail de regroupement a été réalisé avec pour objectif de créer des groupes.

Parmi l'échantillon général, l'analyse des agriculteurs utilisant des PDS a permis de comprendre les clés de réussite de ces pratiques. Les situations ont ensuite été confrontées groupe par groupe pour permettre de ressortir les points de blocage des structures maraîchères dans la mise en place de PDS.

En même temps que ce travail d'analyse d'entretien, nous avons analysé les observations tirées des profils de sol

Les profils ont été réalisés dans cinq situations différentes. L'observation et l'analyse des profils de sol ont été couplées à la récupération de l'itinéraire technique de la parcelle afin de pouvoir entamer une discussion sur les pratiques de travail du sol.

1.3 Systèmes de culture recensés

Durant la phase d'enquête, 16 fermes ont été recensées sur les départements du Vaucluse et des Bouches du Rhône. Ces fermes ont été répertoriées puis classées suivant différents critères que nous allons développer ci-dessous. L'objectif est de faire apparaître des groupes de fermes ayant des caractéristiques suffisamment homogènes pour pouvoir définir les grandes lignes de leur système de culture.

Le tableau ci-dessous résume les critères choisis pour chacune des exploitations. Le choix des critères est détaillé par la suite.

référence	AB	nombre d'espèces cultivées	% de serres	surface maraîchère (ha)
BDG1	oui	>25	25	6
BDG2	oui	>25	18	4
BDP1	oui	>25	0	0,79
BDP2	oui	>25	4	2
BDP3	oui	>25	8	3
BDP4	oui	>25	6	3,5
BDP5	oui	>25	8	2,4
BDP6	oui	>25	8	3,5
BDP7	oui	>25	5	3,5
BS1	oui	12	2,5	3
BS2	oui	2	0	8
BS3	oui	10	2,3	8,7
C1	non	3	0	11
C2	non	9	0	15
C3	non	8	13	21
CS1	non	2	100	2,5

FIGURE 2 : CRITERES DE DISCRIMINATION DES EXPLOITATIONS ENQUETEES

Le premier critère choisi a été la labellisation. Les exploitations étaient soit labellisées Agriculture Biologique (12) dont une cumulait le label biodynamique DEMETER, soit non labellisées. Ce critère est très influant sur la structuration de l'exploitation car le cahier des charges Agriculture Biologique ne permet pas l'utilisation de fertilisants ou phytosanitaires synthétisés chimiquement. De même les prix de commercialisation ne sont pas les mêmes. Les contraintes de deux systèmes maraîchers évoluant dans le même environnement sont donc fortement influencées par la labellisation. Ce critère permet de distinguer deux groupes qui sont les labellisés Agriculture Biologique (B) et les non labellisés (C) appelés conventionnels en opposition au label AB au développement relativement récent.

Le nombre d'espèces cultivées va ensuite être un autre critère de séparation des exploitations enquêtées. La diversité d'espèces cultivées impacte de manière considérable des choix d'exploitation tels que l'organisation de l'espace à travers la rotation, du temps de travail, de la commercialisation… Nous allons donc choisir le nombre d'espèces cultivées afin de séparer les différents groupes que l'on cherche à définir. On remarque que l'échantillon présente nettement deux catégories : les maraîchers ayant plus de 25 espèces et ceux allant de 2 à 12. La séparation se fera donc à 15 espèces afin d'isoler ces deux types de structures considérées comme diversifiées (D) ou spécialisées (S).

En maraîchage, on distingue deux types de cultures, les pleins champs et le maraîchage sous serre. On pourrait rajouter le maraîchage hors-sol mais la question de la gestion de la fertilité du sol est très différente (le sol est dans ce cas un substrat inerte) et ne sera pas traitée. Le maraîchage sous abris permet de concentrer la chaleur (très utile en début de saison) qui sera reçue par la plante. La serre permet aussi une maîtrise plus précise de l'environnement de la plante tels que la température (encore plus poussée dans le cas des serres chauffées), l'irrigation (pas de précipitations extérieures), la luminosité, l'aération… Ce critère possède donc un fort impact sur la structure de l'exploitation. Le pourcentage de serres (comprenant serres chauffées, tunnels, serres en verre) a une forte variation dans l'échantillon. Néanmoins on remarque que ce pourcentage ne dépasse pas les 25% avec une moyenne à 6 et un écart type de 7 pour ceux qui possèdent des cultures sous abris et en pleins champs. Une exploitation ressort parmi les structures conventionnelles avec un pourcentage de 100% et ouvrira une catégorie (s) pour serres. Les autres groupes d'exploitations présentent une trop forte variation pour être séparés selon ce critère.

Enfin, le dernier critère choisi est la taille des surfaces maraîchères des fermes. On retrouve une grande diversité allant de 0,79 à 21 hectares. Ce sont surtout les exploitations labellisées bio et diversifiées que nous cherchons à subdiviser. Nous ne trouvons pas de saut marqué entre les différentes exploitations de ce groupe (entre 0,79 et 6,5ha). Afin d'interpréter les surfaces, des discussions avec un technicien sur les grandes et petites surfaces ont fait ressortir une surface de 4ha comme une limite importante en terme de taille des structures maraîchères diversifiées (MESGUEN.J-P, 2013). Cette limite a été confirmée par certaines différences marquantes entre le groupe du dessus et celui du dessous, ainsi que par une vision des agriculteurs se considérant comme des « petits » maraîchers ou non, qui concordait avec la division en groupes de grands (g) et petits (p). La limite des 4 ha nous permet donc de faire ressortir deux exploitations diversifiées situées au-dessus alors que les 7 autres sont en dessous des 4 ha (voir tableau récapitulatif des taille d'exploitations en annexe 5).

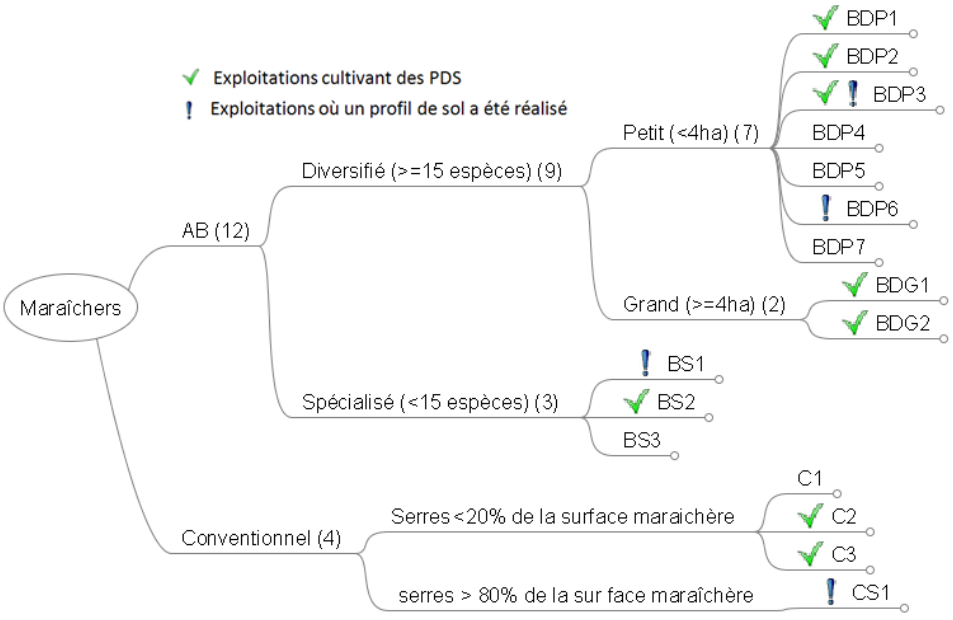


FIGURE 3 : CLASSIFICATION DES DIFFERENTES EXPLOITATIONS ENQUETEES AVEC POSITIONNEMENT DES PROFILS DE SOL ET DES UTILISATEURS DE PDS

En figure 3, un diagramme qui résume les critères de classification des exploitations, leurs références ainsi que celles qui cultivent des PDS et celles où a été réalisé un profil de sol. On remarque que, mis à part le groupe des C, un profil de sol a été réalisé dans chacun des groupes. Chacun des groupes présente aussi des agriculteurs cultivant des PDS et d'autres n'en cultivant pas. Seul le groupe CS, représenté par un seul agriculteur, ne présente pas de profil de ferme utilisant des PDS.

A partir des différents critères retenus, différents groupes ont été créés. Nous allons maintenant définir plus précisément leur système de culture et les exceptions parmi les groupes.

1.3.1 De grandes fermes non labellisées et vendant en gros, le groupe des C

Nous retrouvons ici trois exploitations (C1, C2, C3) dont deux sont localisées dans le Sud des Bouches du Rhône (proche d'Hyères) et une dans le Vaucluse, à l'Est d'Avignon.
Le nombre d'espèces cultivées est assez faible (3, 6 et 9), la commercialisation se fait tout en gros ou demi-gros, la diversité d'outils pour le travail du sol est élevée, la structure a plus de 15 ans et le nombre d'hectares par UTH est supérieur à 3,5. Une autre caractéristique commune est l'apport en grande quantité (>15T/ha) de fumier composté ou de compost de déchets verts tous les ans. Deux des fermes ont fait le choix d'avoir une fertilisation 100% organique (complètent la fumure de fond avec des bouchons organiques).

Deux de ces structures ne possèdent pas de serre et l'une (C1) travaille avec 8000m² de serres (soit 4% de la surface) et 20000m² de tunnels chauffés (soit 10% de la surface). Les deux structures proches d'Hyères sont sur des terres sablo-limono-argileuse profondes (>4m) et la ferme Vauclusienne est sur des terres légèrement plus limoneuses, aussi profondes mais avec la nappe d'eau qui oscille entre 0,5 et 1m (présence d'argiles hydro-morphes bleues en dessous).

Suite à une discussion avec un technicien de la chambre d'agriculture des Bouches du Rhône (MESGUEN.J-P, 2013), il apparaît que ces fermes sont assez représentatives des maraîchers non labellisés de la région et cultivant en pleins champs. Ce qui les différencie sûrement le plus des autres fermes étudiées est le fait que la technique ainsi que la commercialisation sont très rodées.

1.3.2 Du maraîchage de petite surface, labellisé AB et très diversifié, le groupe des BDP

Nous retrouvons ici 7 exploitations situées dans la plaine de Cavaillon ainsi que dans la zone entre la Durance et le Grand Lubéron. Une ferme est située dans l'agglomération Marseillaise. Ces 7 fermes sont labellisées (AB ou DEMETER), possèdent une surface maraîchère inférieure à 4ha, et cultivent un nombre d'espèces supérieur à 15. Ce groupe est composé de maraîchers récemment installés (6/7 installés il y a moins de 4 ans) et souvent néo-ruraux (6/7). Le système de commercialisation est uniquement dirigé vers les circuits courts (vente à la ferme, paniers et marchés), le nombre d'hectares par UTH est faible (inférieur à 1,5ha/UTH) et chacune des fermes possède un autre atelier en diversification

(poules pondeuses ou de chairs, vigne, verger, céréale) représentant de 10 à 25% du revenu. Les terres sont toutes limono-argileuse ou limono-sableuse profondes, avec principalement des variations dans la teneur en limon (suivant l'éloignement par rapport au cœur du bassin d'alluvions). Le niveau de mécanisation est assez faible avec une petite diversité d'outils concentrée autour des emblématiques Rotavator, Cultirateau et décompacteur.

La plupart possèdent des tunnels froids (5/7) allant de 5 à 15% de leur surface maraîchère. La fertilisation est assez hétérogène avec une grande diversité de produits utilisés mais un usage redondant de bouchons organiques (de différentes marques et formulations) ainsi que de tourteau de Ricin. La fumure de fond à partir de compost de fumier ou de déchet vert est moins présente (4/7) et moins régulière.

Ce groupe correspond bien à l'image véhiculée par le terme de «petits maraîchers », très présents sur les marchés de la région avec une petite surface, un besoin élevé de main d'œuvre, une faible mécanisation, une grande diversité et une commercialisation en circuit court.

1.3.3 Diversifiés sur une surface plus grande, le groupe des BDG

Les deux producteurs enquêtés sont labellisés et possèdent une grande diversité d'espèces cultivées (>25 espèces) sur une surface moyenne (4,5 et 6ha). Les fermes sont situées dans la plaine de Cavaillon et le long de la Durance. Ces systèmes sont en place depuis 15 et 40 ans, assez intensifs en main d'œuvre (0,8 et 2 ha/UTH), possèdent une grande surface de serre (18 et 25% de la surface maraîchère), cultivent sur des terres limono-argileuses profondes et privilégient une fumure de fond importante (>15 T/ha/an de compost de fumier), complétée par 2T/ha/an de tourteau de ricin puis ajustée avec des bouchons d'engrais organique.

La grande différence entre les deux fermes est le système de commercialisation. L'une revend tout en gros ou demi-gros à un grossiste Bio alors que la seconde écoule toute la production sous forme d'AMAP à Marseille.

Ces deux systèmes sont techniquement et économiquement stables avec deux choix différents de commercialisation.

1.3.4 Labellisés et spécialisés, le groupe des BS

Ce groupe de producteurs est assez particulier : ils partagent la labellisation, une faible diversification (de 2 à 12 espèces), des terres limono-argileuses profondes ; mais les autres critères sont assez différents.

En terme de commercialisation, BS2 ne fait que du Gros alors que BS3 travaille en gros et demi-gros et BS1 en demi-gros et vente directe. Les SAU varient de 2,5 à 8 ha avec une intensité de la main d'œuvre allant de 1,2 à 14UTH/ha. Une des fermes n'a pas de tunnel alors que les deux autres ont respectivement 3% et 8% de leur surface maraîchère sous tunnels froids. Tout comme le groupe BDP, la fertilisation est assez diversifiée avec une présence assez marquée d'engrais sous forme de bouchon organique.

Ces trois fermes, ont chacune un historique qui les place actuellement dans un état de transition. L'une est proche de la faillite, une seconde est en train de faire une transition d'un système qui était très diversifié avec une part beaucoup plus importante de vente en direct vers le système actuel, et la troisième, installée depuis 4 ans cherche encore ses marques techniquement mais aussi à travers ses réseaux de distribution non encore stables.

1.3.5 Une exploitation sous serres, l'exemple de CS1

Nous retrouvons ici une exploitation dont la surface cultivée est entièrement recouverte de serres. Nous retrouvons un peu plus de 25000m² de serres chauffées. La production est spécialisée autour des tomates de février à août puis ce sont les salades qui prennent le relai durant l'automne et l'hiver. Toute la production est vendue en gros dans des Marchés d'Intérêt National (Cavaillon et Châteaurenard). L'exploitation fonctionne avec 7 personnes à plein temps et existe depuis 1971 (grand père de l'actuel exploitant). Cette ferme est caractérisée par de très gros frais de structures et une utilisation intensive d'intrants avec un volume produit remis par UTH très élevé comparé aux autres exploitations enquêtées.

1.3.6 Profils de sols et systèmes de culture

Les profils de sols ont été réalisés dans seulement quatre des seize fermes rencontrées et ne représentent que trois des cinq groupes identifiés. Les observations effectuées ne permettent pas de relier celles-ci aux groupes issus de la typologie. Les observations sont plus dépendantes des pratiques et le nombre insuffisant ne permet pas d'approfondir le lien entre les états structuraux rencontrés et les systèmes de culture recensés.

2 Besoins bibliographiques

Afin de pouvoir traiter la problématique, un approfondissement des connaissances bibliographiques est nécessaire. La recherche comporte une première partie ayant trait aux PDS, leur rôle et utilisation, et une seconde partie sur les profils culturaux et leur intérêt.

2.1 Usages et utilisation des plantes de service

2.1.1 Quels rôles pour les plantes de service ?

D'une manière générale, l'intérêt des PDS (couramment appelées engrais vert ou CIPAN - Culture Intermédiaire Piège à Nitrate - suivant leurs utilisations) ne se limite pas à la première utilisation plus connue de piège à nitrate. Elles peuvent avoir un impact important sur l'amélioration de l'état structural du sol ainsi que sa protection contre l'érosion (DABNE.S-M, et al., 2001) En plus de ces effets, les PDS peuvent jouer un rôle dans la diminution de la pression des ravageurs, maladies, adventices mais ont aussi un impact sur le paysage et la biodiversité. Enfin, les PDS peuvent aussi avoir un rôle dans le stockage du carbone, sujet d'actualité lorsqu'on mentionne les services écosystémiques de l'agriculture.

2.1.1.1 Diminution du lessivage des nitrates

La plante assimile majoritairement l'azote sous forme de nitrate (NO3-) qui est aussi la forme soluble dans l'eau la moins retenue par le sol. Le climat méditerranéen, caractérisé par de fortes pluies au printemps et à l'automne, peut tendre à faire diminuer drastiquement le stock de nitrates présent dans le sol entre deux cultures. On cumule à la fois une perte de fertilisant et un risque environnemental par l'entraînement des nitrates dans les rivières ou les nappes (eutrophisation des rivières, potabilité de l'eau…). Une PDS, si elle se développe assez rapidement durant l'interculture, va permettre de piéger le reliquat azoté en l'utilisant pour sa croissance et par la suite le restituer lors de sa dégradation. (VANNIER.J-M., et al., 2007).

2.1.1.2 Amélioration de la structure du sol et apport fertilisant

Afin d'éviter le tassement, diverses solutions peuvent s'offrir à l'agriculteur. On retrouve l'amélioration de la structure du sol en augmentant le taux de matières organiques, le choix d'engins qui exercent une pression plus faible sur le sol ou bien le raisonnement des rotations culturales en fonction des risques de tassement (HAMZA.M.A., et al., 2005). Dans ce dernier cas, il s'agit d'éviter que les opérations culturales aient lieu à des moments où le sol est trop humide, avec des engins trop lourds. Certaines cultures ont également des systèmes racinaires qui peuvent pénétrer dans les zones tassées (systèmes racinaires des légumineuses, par exemple). L'exploration des racines, et leurs apports de matières organiques en profondeur permettent de recréer une macroporosité (REEVES.D-W., 1994), (DABNE.S-M, et al., 2001). Certaines PDS ont ainsi la capacité d'améliorer la résistance du sol au tassement et favorisent l'enracinement de la culture suivante, (dont les racines empruntent les conduits racinaires créés par la PDS et profitent d'une meilleure circulation de l'air et de l'eau). Néanmoins, la capacité des cultures intermédiaires à pénétrer les zones tassées est variable selon les espèces. Une comparaison entre radis fourrager, colza et seigle avec trois degrés de tassements différents montre que le seigle développe proportionnellement moins de racines sous la zone tassée que le radis ou le colza (CHEN.G, et al., 2010).

Lors du broyage et de l'enfouissement de la plante, les débris végétaux en dégradation dans la couche superficielle du sol améliorent la porosité tout en restituant en surface des éléments minéraux prélevés plus en profondeur (VANNIER.J-M., et al., 2007). En outre, certaines plantes (telles que les crucifères pour la potasse) peuvent utiliser des minéraux qui sont sous une forme insoluble, inutilisable pour d'autres plantes de la rotation. Elles restitueront ensuite ces minéraux lors de leur décomposition. (GONTIER.L, 2012).

Suivant la plante utilisée, la biomasse produite et sa date de broyage, l'effet recherché peut être plus orienté vers une libération d'éléments rapidement assimilables (broyage d'un couvert jeune) ou vers un apport de ressource carbonée (couvert au C/N plus élevé). Une biomasse plus carbonée (en général broyée plus tard) a pour objectif d'augmenter le taux d'humus avec un effet structurant à long terme car agissant directement sur le complexe argilo-humique (SOLTNER.D, 2005).

2.1.1.3 Limitation du ruissellement et de l'érosion

Les PDS sont traditionnellement définies comme des plantes cultivées pour éviter l'érosion sur les sols nus durant l'hiver. En effet, la présence d'un couvert végétal est la seule protection naturelle du sol contre l'érosion hydrique d'origine pluviale, qui est la forme d'érosion la plus fréquente en France (REEVES.D-W., 1994). Dans des contextes méditerranéens (pluies concentrées sur des laps de temps courts), l'érosion peut provoquer des pertes de fertilité par la perte du matériau sol lui-même (GONTIER.L, 2012). Une concentration des pluies va provoquer des dégâts si l'eau n'est pas rapidement absorbée par le sol. L'implantation d'une PDS en interculture va alors avoir deux fonctions. Une première de maintien de la capacité du sol à absorber l'eau grâce à une bonne porosité de surface (effet particulièrement important dans les sols limoneux où la moindre pluie sur sol nu entraîne une croûte de battance imperméable) (VANNIER.J-M., et al., 2007). Une seconde fonction de limitation de la vitesse du ruissellement par la partie aérienne, et du maintien de la cohésion du sol par la partie racinaire (POUSSET.J, 2011). L'intérêt est d'autant plus marquant dans des sols en pente, ou dont la structure est fortement atteinte.

2.1.1.4 Diminution de la pression en maladies et pathogènes

L'ajout d'une PDS dans la rotation permet de diversifier les espèces présentes dans l'agro-écosystème. Cette alternance permet parfois d'améliorer considérablement les conditions sanitaires d'une parcelle (VANNIER.J-M., et al., 2007). L'objectif visé est de rompre le cycle de développement d'un ravageur ou d'une maladie. Certaines plantes sont très prisées du fait de l'inexistence de plantes cultivées de la même famille dans la rotation. On peut citer le sarrasin, de la famille des polygonacées, qui ne possède aucun homologue cultivé en maraîchage dans sa famille (Gabriel GUET, Anaïs CHOTARD, Karim RIMAN, 2011). A l'inverse, il faut veiller à ce que les PDS semées ne soient pas apparentées avec une culture proche dans la rotation. (FiBL- BioSuisse, 2013) Par exemple, il faut éviter la moutarde si la rotation comporte des choux (crucifères ayant l'altise pour ravageur commun).

Certaines plantes ont par ailleurs une action sanitaire intéressante tel que le piégeage des nématodes ou l'émission (racinaire ou lors de leur dégradation) de molécules « désinfectantes ». Néanmoins, l'utilisation de ces plantes ne remplace pas une désinfection du sol qui peut être assurée par d'autres moyens (vapeur d'eau, solarisation, chimique…) (VANNIER.J-M., et al., 2007).

2.1.1.5 Etouffement des adventices

Les adventices présentes sur la parcelle peuvent être étouffées par des PDS à croissance rapide. Pour optimiser cet effet, l'utilisation de mélanges pouvant supporter une coupe de nettoyage peu de temps après la levée est vivement conseillée (lorsque le couvert a atteint 10cm environ) (FiBL- BioSuisse, 2013). Néanmoins, pour arriver à étouffer des adventices pluriannuelles telles que le chardon ou les liserons, seuls des mélanges de pluriannuelles graminées/légumineuses avec fauche régulière semblent donner de bons résultats (LA-FRANCE.D, 2010).

2.1.1.6 Amélioration du paysage et de la biodiversité

Dans une optique d'intégration des cultures, et de multifonctionnalité de l'agriculture, les rôles connexes des engrais verts ne sont pas à négliger (POUSSET.J, 2011). Aucune opération n'étant réalisée jusqu'au broyage, les PDS peuvent favoriser une biodiversité fonctionnelle : présence et reproduction de nombreuses espèces animales, dont certaines peuvent être des auxiliaires de cultures. Les plantes mellifères vont quant à elles avoir un impact important sur le développement de colonies d'insectes butineurs qui se trouvent être aussi les pollinisateurs d'un grand nombre de cultures. Une dernière fonction, à la fois à l'usage de l'agriculteur et des différents utilisateurs du territoire rural, est l'impact visuel sur le paysage de certaines espèces présentant des caractéristiques esthétiques reconnues (œillet d'inde, seigle dans un paysage maraîcher, phacélie…) (VANNIER.J-M., et al., 2007).

2.1.1.7 Stockage de Carbone et d'azote

La généralisation de PDS en interculture s'est justifiée au niveau législatif par leur intérêt dans la réduction de la lixiviation des nitrates. . Cependant, la pratique répétée des PDS peut également avoir un impact (positif ou négatif) sur le bilan carbone. Leur mise en culture peut provoquer une séquestration de carbone dans le sol ou bien l'émission de gaz à effet de serre (CO_2, N_2O, CH_4).

Malgré leur imprécision, les études d'inventaire faites sur des essais de longue durée (au moins 10 ans) montrent très majoritairement que les CI conduisent à séquestrer du carbone et de l'azote organique dans les sols (BERTUZZI.P, et al., 2012).

2.1.2 De l'implantation à la destruction d'une plante de service

La gestion d'une PDS entre deux cultures nécessite quelques spécificités techniques, celles détaillées dans les paragraphes suivants sont les considérations générales autour du semis, de la croissance et de la destruction de la plante. Il est bien sûr nécessaire de l'adapter au sol travaillé, au climat de l'année, à l'objectif choisi, à l'espèce et à la croissance réelle de notre plante.

2.1.2.1 L'implantation, atteindre rapidement une couverture du sol

L'objectif est d'obtenir rapidement un couvert homogène et dense (VANNIER.J-M., et al., 2007). Dans le cas où l'irrigation n'est pas possible, un sol encore frais est important pour assurer une germination rapide et il faudra donc semer dès l'enlèvement de la culture précédente. Le travail du sol est le même que pour n'importe quel semis avec une finesse du lit de semence en rapport avec la taille de la graine. Sur des parcelles petites, le semis peut être fait manuellement (malgré des résultats très hétérogènes suivant la technicité du semeur) mais nécessite le passage d'un outil à dents et d'un rouleau pour enterrer la graine

et appuyer le sol. Dans la plupart des cas, on privilégiera un semis en combiné voire avec un épandeur d'engrais. Dans un souci d'économie il n'y a pas d'apport de fertilisant ni de protections phytosanitaires et les apports d'eau doivent être restreints au strict minimum (VANNIER.J-M., et al., 2007). Néanmoins, certains conseillers agricoles préfèrent assurer le prix de la semence et la réussite de l'objectif par une irrigation ainsi qu'un engrais starter à la levée (Chambre d'agriculture 13, 2013).

2.1.2.2 Le temps de culture et les différents objectifs

Le stade de destruction est très dépendant de l'objectif (ou des objectifs) associé(s) à la PDS. En général, l'implantation d'une PDS n'est guère intéressante si l'on ne dispose pas de 4 mois d'interculture (sauf dans le cas des abris où la dégradation est plus rapide). Néanmoins, si l'on recherche un effet plutôt « pompe à nitrate », c'est la partie croissance en vert qui nous intéresse alors que si l'on recherche plutôt une grande quantité de biomasse pour produire de l'humus, c'est plutôt la fin de croissance (quand le taux de cellulose augmente considérablement) et la post-floraison que l'on veillera à atteindre avant la destruction (POUSSET.J, 2011). De même, certaines plantes nécessiteront une fauche précoce pour favoriser la prise de vitesse de l'espèce semée acceptant la fauche sur les adventices dont l'on veut diminuer la pression

2.1.2.3 Destruction et incorporation

L'objectif est de détruire la plante puis de l'incorporer au sol suffisamment rapidement pour ne pas gêner la mise en place de la culture suivante. C'est sûrement l'étape la plus importante car seule une destruction parfaitement maîtrisée permet une libération progressive des éléments stockés par la plante (VANNIER.J-M., et al., 2007).

Trois phases sont nécessaires pour une bonne destruction/incorporation de la plante.

Le broyage de la partie aérienne doit se faire avant la montée en graines afin de limiter les risques de repousses et avant que le sol ne soit trop sec (risque de ralentissement voire de blocage de la décomposition si manque d'humidité dans le sol) (POUSSET.J, 2011). Un broyeur à marteau est plus adapté qu'un girobroyeur : la fragmentation plus importante des résidus augmente la rapidité de décomposition.

Ensuite, il est nécessaire de laisser sécher les parties aériennes une à deux semaines pour engager la décomposition mais surtout éliminer l'excès d'eau de la matière fraîche (VANNIER.J-M., et al., 2007). Dans le cas des cultures sous abris, ce temps peut être ramené entre 3 et 7 jours.

Pour finir, il faut détruire la partie souterraine et incorporer la partie aérienne qui a perdu une partie de son humidité. Ce travail peut être réalisé par un ou deux passages d'outils superficiels (animés type rotavator, ou trainés type disque). Il faut ensuite attendre au moins quatre semaines en plein champ (deux semaines sous abri) pour une bonne dégradation de la matière avant de commencer l'implantation de la culture suivante (VANNIER.J-M., et al., 2007). Un mauvais broyage ou un temps de dégradation trop court (à adapter suivant le sol, le climat…) risque de créer une « faim d'azote » (pompage d'azote dans le sol pour permettre l'humification du carbone présent dans la matière fraîche), notamment si le couvert possède un C/N assez élevé (GUET.G, et al., 2011).

2.1.3 Quelle diversité en plantes de service ?

Le tableau ci-dessous (figure 4) présente quelques critères permettant de faire le choix à travers les différentes PDS couramment utilisées. On remarque que les Graminées (ainsi que le sarrasin) vont être plutôt utilisées pour leur effet sur la structure du sol alors que les Brassicacées seront plutôt utilisées pour leur effet CIPAN. Tous les objectifs que l'on peut rechercher à travers des PDS ne sont pas représentés ici car ils ne sont pas dépendants du seul choix de la variété. L'étouffement des adventices est plutôt dépendant de la rapidité d'implantation du couvert et des adventices visées, la facilité de levée est une des caractéristiques à prendre en compte. De même, la limitation du ruissellement et de l'érosion dépend du stade du couvert au moment des pluies. L'objectif de diminution de la pression des ravageurs et maladies est dû au choix de l'espèce utilisée en fonction de sa place dans la rotation ; on note l'attention particulière à garder sur les Brassicacées.

	facilité de semis	facilité de levée	effet CIPAN	effet structure	facilité de destruction	risques de repousses	sensibilités aux ravageurs et maladies
Graminée							
Sorgho	+	+	0	+	+	0	+
Moha de Hongrie	+	0	0	+	+	0	+
Seigle Grain	+	0	0	+	0	0	+
Seigle fourrager	+	+	0	+	0	0	+
Avoine	+	+	+	+	+	0	+
Brassicacées							
Radis fourrager	+	+	+	0	+	+	Altise, mouche du chou, rhizoctonia
Moutarde blanche	0	0	+	0	+	+	
Moutarde brune	0	0	+	0	+	+	
Navette fourragère	+	+	+	0	+	+	
Hydrophylacée							
Phacélie	0	0	0	0	+	-	thrips
Polygonacée							
Sarrasin	0	0	0	+	+	+	virus de la mozaïque
Fabacées							
Vesce	+	0	0	0	+	+	0
Astéracée							
tagètes	-	-	0	+	+	0	Sclerotinia
+ :	**effet positif ou risque faible**						
0 :	**effet ou risque moyens**						
- :	**effet médiocre ou risque fort**						

FIGURE 4 : RECAPITULATIF DES EFFETS, FACILITES D'IMPLANTATION, DE DESTRUCTION ET SENSIBILITE DES PRINCIPALES PDS UTILISEES DANS LA REGION

Les plantes présentées jusqu'à maintenant sont définies au niveau de leurs caractéristiques cultivées en monoculture, l'association judicieuse de celles-ci (exemple de l'association Graminée-Fabacées) permet de combiner les qualités des unes et des autres. Néanmoins, toutes les plantes ne peuvent pas cohabiter entre elles, certaines sont plus concurrentielles (Brassicacées alors que d'autres, plus lentes au démarrage telles que les Graminées prennent moins le dessus dans un mélange)

2.1.3.1 Les plantes de service adaptées au maraîchage dans le Sud-Est de la France

Les considérations ci-dessus sont d'ordre général et adaptées à différentes cultures. Dans le cadre du maraîchage, nous distinguons généralement deux types d'utilisation de PDS suivant la période (abris l'été ou pleins champs et abris en automne-hiver).

En cultures sous abris d'été, ce sont essentiellement le sorgho fourrager, le moha de Hongrie et le sarrasin qui ressortent comme les mieux adaptées (MAZOLLIER.C, et al., 2001), (VILLAIN, et al., 2002). Ces trois cumulent à la fois une bonne croissance, une bonne concurrence des adventices ainsi qu'une production de biomasse intéressante (>4T/ha) (MAZOLLIER.C, et al., 2001), (VILLAIN, et al., 2002).

Pour les cultures d'automne-hiver sous abris et plein champs, c'est surtout avec des mélanges que les effets sont intéressants. Concernant, la couverture du sol et l'étouffement des adventices, les mélanges de plus de dix espèces (couramment appelés « BioMax ») sont très efficaces. Les mélanges possèdent une grande concentration en Brassicacées ainsi que les mélanges type Ray-Grass Italien + seigle sont aussi très efficaces (VEDIE.H, et al., 2003). Pour la recherche d'un effet CIPAN, la Navette (malgré une destruction plus difficile) ainsi que la Moutarde Blanche sont bien adaptées (VEDIE.H, et al., 2004). Pour des durées de culture égales, les plantes cultivées sous abris vont se retrouver à un stade plus avancé ce qui va surtout modifier le rapport C/N (qui sera plus élevé), mais peu les éléments fertilisants prélevés (qui sont semblables remis à l'hectare) (VEDIE.H, et al., 2004). Les éléments absorbés par les couverts restent assez dépendants de la biomasse produite et de l'espèce employée ; mais on retiendra des doses moyennes (parties aériennes) autour 150 kg d'N, 34 kg en P205 et variant de 175 à 300 kg en K20 (VEDIE.H, et al., 2004).

2.1.3.2 Des plantes de service, oui, mais à quel prix ?

Le prix de la semence est un critère à prendre en compte dans le choix des espèces utilisées. Les prix varient d'une trentaine d'euros par hectare pour des Graminées tel que le seigle ou l'avoine à plus de 200 € par hectare pour des semences telles que le tagète ou le sarrasin. Pour les semences certifiées AB, il faut compter de 25 à 50 % supplémentaires. Quelques exemples de densités de semis préconisées et de prix sont visibles en annexe 6.
Au prix de la semence, il faut ajouter le coût de la main d'œuvre et de la mécanisation. Un exemple est disponible en annexe 7 (150 € de mécanisation et 70 € de main d'œuvre à l'hectare). Le coût final peut donc varier de 250 € à plus de 400 € à l'hectare. Celui-ci est à mettre en regard des différents services rendus par ces couverts végétaux, qu'ils soient directs (diminution du lessivage entraînant une diminution des besoins de fertilisation de la culture suivante), ou indirects (effet à long terme de la diminution de l'érosion ou de l'amélioration de la structure du sol).

2.2 Le profil du sol comme outil d'observation de l'état structural du sol au service de la remise en cause de l'itinéraire technique

Le travail du sol en maraîchage se révèle être assez intensif. Sur une même parcelle on assiste à un nombre élevé de passages par culture, d'autant plus que généralement plusieurs cultures se succèdent sur une même année. Quels sont les risques encourus par les agriculteurs lors d'une mauvaise gestion du travail du sol ? Quel outil permet d'étudier les problèmes de structure du sol et les relier à l'itinéraire technique ?

2.2.1 Les conséquences d'un tassement de sol

Afin de maintenir les objectifs de rendement d'une parcelle sur du long terme, il est nécessaire de permettre aux plantes à la fois une bonne levée et un bon enracinement. La colonisation du sol par les racines doit leur permettre d'explorer le plus grand volume possible afin d'optimiser leur capacité à se fournir en eau et éléments. Le problème de structure qui peut limiter ces phénomènes s'appelle le tassement.

Le tassement du sol est un processus qui aboutit à une augmentation de la masse volumique sous l'action d'une contrainte mécanique interne ou externe. Il y a un réarrangement des agrégats du sol qui vont se retrouver plus étroitement en contact, diminuant ainsi l'espace poreux (Soil Science Society of America, 1996). Différentes contraintes peuvent provoquer un tassement du sol ; elles sont liées au passage d'engins ou d'outils de travail du sol, aux animaux, au climat (pluie, gel, variation et hauteur de la nappe d'eau…) ou bien à l'activité biologique des sols (racines, lombrics…). Le tassement des sols agricoles est l'un des grands problèmes de l'agriculture moderne (HAMZA, et al., 2005) et affecterait 33 millions d'hectares en Europe (sur 170 millions d'hectares de SAU totale) (AKKER, et al., 2001).

Le facteur de tassement d'un sol sur lequel l'agriculteur va avoir le plus de poids est le passage d'engins. Dans ce cas, l'intensité du tassement va être dépendante du croisement de deux facteurs. D'une part les contraintes mécaniques appliquées par l'engin et d'autre part par la résistance mécanique du sol au moment du passage de l'engin. La résistance mécanique du sol dépend du type de sol, de son état hydrique et de sa teneur en matière organique. Les contraintes qui vont être appliquées au sol sont quant à elles dépendantes du poids de l'engin, de sa vitesse d'avancement, de la pression de contact entre les pneumatiques et le sol, du type de pneumatiques, de la fréquence des passages d'engins, de l'outil de travail du sol utilisé ainsi que de ses réglages (LARSON, et al., 1992).

De par les modifications importantes de structure qu'il engendre, le tassement peut avoir des conséquences sur la production végétale (HAMZA, et al., 2005). Le tassement va rendre plus difficile la levée des plantules et la colonisation racinaire (KIRKEGAARD.J-A., et al., 1992). Ces deux effets peuvent aboutir à une diminution du rendement ou à une augmentation compensatrice des apports d'eau et d'éléments minéraux provoquant une augmentation des coûts de production (RADFORD.B-J., et al., 2001). Une autre conséquence du tassement va être une plus grande difficulté dans le travail du sol qui va provoquer une augmentation d'énergie nécessaire à la re-fragmentation d'un sol tassé. Parmi les autres

effets néfastes que peuvent engendrer le tassement d'un sol, on peut noter le ruissellement qui entraîne des phénomènes d'érosion hydrique ou la modification des cycles biogéochimiques de l'azote et du carbone (SOANE, et al., 1994). Il semblerait aussi que la diminution de la diffusion de l'oxygène et de la conductivité hydraulique entraîne une augmentation de la dénitrification de l'azote sous forme gazeuse (et donc perdu pour le sol) (RENAULT.P, et al., 1994).

2.2.2 Le profil cultural à l'interface du rendement et de la conduite culturale

La démarche consistant à étudier des corrélations entre techniques culturales et rendements des cultures a été un échec mis à part dans des cas extrêmes (SEBILLOTTE.M, 1975). L'introduction d'une nouvelle variable intermédiaire « état du sol » a permis une compréhension plus fine du lien entre techniques culturales et rendement (MANICHON.H, 1992). Cette variable intermédiaire « état du sol », chaînon manquant entre les techniques culturales et le rendement, peut être étudiée grâce à la technique du profil cultural.

La structure du sol est le résultat, à un moment donné, de l'équilibre entre les phénomènes de tassement (passage d'engins, humidité du sol lors de l'intervention…), de fragmentation (climat, faune…), d'agrégation (compactions modérées, climat, faune…) et le déplacement du sol par le travail mécanique et l'érosion (ROGER-ESTRADE.J, et al., 2000). La structure du sol est donc très variable au sein des couches de sols cultivés. Cette variation se retrouve dans le temps (systèmes de cultures, climat…) mais aussi dans l'espace. Le sol présente donc une forte variabilité spatiale en termes de circulation d'eau, d'activité biologique et d'aération (DEFOSSEZ.P, et al., 2003).

Afin de caractériser la structure du sol, il est possible de réaliser une description de l'état structural grâce à la méthode du profil cultural (GAUTRONNEAU.Y, et al., 1987). Cette méthode permet de prendre en compte la variabilité spatiale de la structure du sol détaillée au paragraphe précédent. De plus, l'étude du profil cultural permet de relier la structure du sol observé aux opérations responsables de son évolution (ROGER-ESTRADE.J, et al., 2004). C'est précisément ce critère qui nous intéresse afin de relier des problèmes culturaux qui ont pour conséquence directe une diminution du rendement ou de la qualité, et des pratiques culturales réalisées par l'agriculteur qu'il est possible de faire évoluer.

La description du profil cultural repose sur un double partitionnement de la face à observer. Une partition latérale qui rend compte de l'effet des passages de roue (et donc les contraintes locales de tassement) et une partition verticale qui met en évidence la succession des horizons modifiés par le travail du sol suivant l'itinéraire technique et les conditions de passage (GAUTRONNEAU.Y, et al., 1987). Les observations réalisées au sein du profil cultural peuvent être extrapolées à la parcelle entière. En effet, plusieurs études ont montré que sa représentativité était satisfaisante (BOIZARD.H, et al., 2002). On a une répétition des phénomènes perpendiculairement au sens de passage des outils avec une périodicité dépendant de la largeur des outils utilisés (MANICHON.H, et al., 1990). Une fosse perpendiculaire au sens de passage et d'une largeur calculée en fonction de la largeur des outils permet donc une étude pertinente de l'état structurel du sol et du lien de celle-ci avec les pratiques culturales.

3 Résultats

3.1 Les plantes de service en maraîchage

3.1.1 Diagnostic préalable

3.1.1.1 Analyse des problèmes culturaux rencontrés chez les agriculteurs

Au cours des entretiens réalisés sur les différentes fermes, une attention particulière a été portée aux problèmes culturaux rencontrés par les agriculteurs. Les différents problèmes rencontrés ont ensuite été classés par priorité (en fonction de la fréquence dans les entretiens).

Maraîchage et sols limoneux

La préservation d'une bonne structuration du sol pour répondre à son objectif de production est un des enjeux importants en maraîchage. En effet, ce point a été cité au cours de 12 entretiens sur 16. Les enjeux de la préservation de la structuration du sol découlent à la fois de sa texture et des différentes opérations qui vont être effectuées dessus suivant le système de culture. La structuration correcte du sol doit permettre de fournir un support sans gêne à l'enracinement des plantes pour répondre aux besoins de fixation et d'alimentation hydrominérale de celles-ci.

Les structures très limoneuses dans les systèmes étudiés peuvent causer trois soucis. D'une part, si le sol n'est pas suffisamment couvert ou que le travail du sol est trop fin, la moindre pluie provoque des dégâts. Il y a création d'une croûte de battance imperméable à la pénétration de l'eau et pouvant facilement bloquer la germination des semis. Ensuite, les quantités plus modérées d'argile ne facilitent pas la présence d'un complexe argilo-humique solide qui stabilise le sol. Ce phénomène est accentué par le climat chaud (avec des sols qui se réchauffent vite) et l'irrigation en maraîchage qui entraîne une minéralisation rapide de la matière organique au déficit du complexe argilo-humique. Enfin, les sols limoneux vont être très sensibles à un passage en condition humide, le moindre tassement va provoquer une prise en masse des limons qui bloquera la pénétration des racines, de l'air et de l'eau indispensables à la croissance de la plante. De plus, les limons ne gonflant et ne se rétractant pas au fil des saisons (contrairement aux argiles), le seul moyen de casser cette prise en masse est le passage d'un outil de travail du sol type décompacteur.

Les systèmes maraîchers ont aussi certaines caractéristiques qui vont aller à l'encontre du maintien d'une bonne structure du sol. En terme de nombre de passages d'outils par an, les systèmes maraîchers sont les plus intensifs du fait de la succession de deux à trois cultures par an avec à chaque fois tous les passages nécessaires à la destruction du précédent, à la préparation du sol, au semis/plantation, binage ou buttage puis récolte… La diversification des espèces produites accentue encore plus ce phénomène car il devient difficile de gérer à la fois le calendrier de travail et les conditions de passages d'outils dans le sol. Une autre problématique du maraîchage est l'irrigation à dose assez élevée et presque continue sur la saison qui, sous nos latitudes chaudes, va entraîner une minéralisation bien plus forte de la matière organique qui est en partie responsable du maintien de la structure du sol. Enfin le semis de petites graines en maraîchage (exemple de la carotte) nécessite un travail très fin du sol qui l'expose d'autant plus aux problèmes de battance.

La fertilisation sous forme de bouchons organiques déshydratés

Une fertilisation gérée en grande partie grâce à des bouchons organiques déshydratés (« OvinAlp », « Orga6 »…) est évoquée par six fermes qui se retrouvent être toutes dans le groupe BDP (labellisées, diversifiées, petite surface). Deux types de problèmes ont été soulevés. Le coût de l'engrais organique qui s'avère être un poste de dépense trop important aux yeux de certains de ces agriculteurs. Il est à noter que ceux-ci sont basés en grande partie sur des fertilisants organiques en bouchons (type Ovin'Alp).D'autre part, certains maraîchers ressentent l'envie (en plus de la question du prix) d'aller vers une fertilisation fermière plus locale, à destination du sol (plutôt que des engrais organiques au taux de minéralisation rapide). Ce besoin résulte d'un problème éthique posé par les engrais organiques en bouchons où l'agriculteur (labellisé bio) a l'impression de gérer un système plus proche du conventionnel que du bio.

Des temps de retour sur parcelle durs à maîtriser

Deux agriculteurs ont fait part de leurs difficultés à couper les cycles de maladies sur leur rotation. Le temps de retour pour chacune des espèces sur la même parcelle est trop faible et la pression des maladies a tendance à augmenter. Le problème se pose à la fois pour un agriculteur cultivant un nombre faible d'espèces qui a du mal à respecter les temps de retour mais aussi pour l'autre agriculteur qui lui a une très grande diversité et rencontre des difficultés à la gérer spatialement, ce qui provoque des retours parfois inadéquats.

Des adventices récalcitrantes

Deux agriculteurs bios rencontrent des problèmes de gestion des adventices sur leurs parcelles. L'un a rencontré des problèmes d'infestation de chardons et joncs sur une ancienne jachère remise en culture et l'autre un problème plus global de gestion du salissement des parcelles au cours de ses rotations.

Lixiviation hivernale

Enfin, un agriculteur a fait part d'un problème rencontré durant l'hiver où l'eau remonte à 50 cm du sol. Les pluies automnales et de printemps ainsi que la proximité de la nappe d'eau durant l'hiver lui font redouter de grosses pertes de matières fertilisantes par lixiviation durant cette période si les sols sont laissés à nu.

3.1.1.2 Quelles plantes de service pour répondre aux problèmes culturaux ?

Pour chacune des problématiques soulevées dans la partie précédente, il existe des PDS pouvant en partie aider à résoudre les problèmes culturaux rencontrés.

Système racinaire et biomasse pour améliorer la structure du sol

En termes d'amélioration ou de maintien de la structure du sol, les PDS offrent deux alternatives. Certaines possèdent un système racinaire puissant et profond qui va explorer l'horizon cultivé puis l'aérer lors de sa décomposition. D'autres sont des plantes qui fournissent une biomasse importante et qui, lorsqu'elles sont réintégrées au sol vont apporter du carbone qui, une fois humidifié, renforcera le complexe argilo-humique. Suivant les périodes de plantations, nous avons différents choix résumé en annexe 8.

On note que ce sont principalement des céréales au système racinaire puissant qui vont être utilisées dans ce travail. On retrouve aussi le Sarrasin (Polygonacée) et la Phacélie (Hydrophylacée). Le choix va être dépendant du temps disponible (ex : sarrasin au cycle plus

court ou seigle pour une implantation d'automne tardive), des autres effets que l'agriculteur peut rechercher (étouffement des adventices), du matériel disponible (irrigation ou non), des facilités d'implantation ainsi que du prix (70 €/ha pour un seigle fourrager contre 180 €/ha pour un sarrasin).

Récupérer de la fertilisation à partir des PDS : légumineuses, CIPAN et autres plantes productrices de biomasse

Dans l'objectif de fournir, à la culture suivante, une partie de la fertilisation grâce à des PDS, on peut retrouver trois utilisations. Un effet piège à Nitrate qui accroît la fertilisation par non perte, un effet biomasse qui comprend à la fois l'effet CIPAN mais aussi l'emmagasinement de carbone durant la croissance de notre PDS et un effet légumineuse dans le piégeage d'azote de l'atmosphère grâce aux bactéries nitrifiantes présentes dans la Rhizosphère des Fabacées. Les plantes utilisables sont résumées en annexe 9.

On retrouve là une gamme variée de plantes pouvant répondre aux problématiques de fertilisation. On remarque que les Crucifères ont une place importante comme pièges à nitrate ; la difficulté en maraîchage est la présence assez systématique dans la rotation d'autres Crucifères ce qui est évidemment à proscrire si l'on considère les sensibilités de ces plantes.

Une nuance est à apporter sur les effets biomasse et légumineuse. Il n'est pas possible, étant donné les temps de croissance laissés à ces PDS, de remplacer toute la fertilisation azotée de plantes maraîchères ni d'espérer une remontée rapide du taux de matière organique. Ces pratiques permettent un maintien des taux de matière organique plutôt qu'une augmentation significative. L'apport significatif est envisageable sur des périodes plus longues (légumineuses pluriannuelles, prairie temporaire). On peut donc espérer un apport de fertilité pour la culture suivante si elle est peu exigeante (ex : légumes feuilles) mais surtout éviter les pertes provoquées par la lixiviation sur sol nu. Les doses préservées sont loin d'être négligeables (>100U d'azote, 15U de phosphore, >150U de Potassium pour une moutarde) (VEDIE.H, et al., 2004).

Des plantes de service pour couper la rotation

Il est agronomiquement établi que des rotations diversifiées et longues sont bénéfiques au niveau phytosanitaire et parasitaire. Dans le cadre du maraîchage, toutes les PDS peuvent servir à couper la rotation à partir du moment où elles sont d'une autre famille. Le choix de la PDS se fera ensuite en fonction d'un autre critère recherché. Certaines familles seront plus facilement utilisées pour cet usage : les Graminées (Seigle, Moha), les Hydrophyllacées (Phacélie) et les Polygonacées (Sarrasin) sont des familles qui ne sont presque pas utilisées en maraîchage (à part les cultivateurs de Rhubarbe…) et disposent de bonnes capacités pour « couper » la rotation. La Phacélie, malgré une famille différente, est néanmoins peu conseillée car elle est l'hôte de nombreux autres ravageurs des cultures maraichères (pucerons, thrips, aleurodes) et du virus Y de la pomme de terre.

Compétition pour la lumière, l'eau et les minéraux : ces plantes de service qui « étouffent » les adventices

Des PDS peuvent être utilisées pour limiter la pression des adventices dans la rotation. Leur mode d'action est soit de prendre le dessus sur l'adventice en remportant la compétition pour la lumière et les autres ressources du milieu (exemple du Sorgho) soit en émettant des substances qui bloqueraient la germination des adventices (exemple du Seigle).

On retrouve pour cet effet un grand nombre de plantes résumées en annexe 10. Les Crucifères sont très performantes dans le rôle de nettoyage si on arrive à les intégrer dans une rotation ne comportant pas d'autres Crucifères. Les plantes à biomasse type Moha ou Sorgho donnent aussi de très bons résultats si elles ne subissent pas de stress hydrique.
La recherche de l'un des agriculteurs était de limiter des Chardons et des Joncs ; il est peu probable que les PDS ci-dessous puissent avoir un effet significatif dans le cas de plantes vivaces. Une implantation plus longue de prairie temporaire ou d'un couvert de légumineuses (Vesce, luzerne) devrait donner de meilleurs résultats.

Sol nu victime de pluies hivernales : des plantes de service en guise de protection

L'objectif est de protéger le sol en hiver en évitant de le laisser nu. Ce sont donc des plantes qui ont soit un bon effet CIPAN, soit qui couvrent rapidement le sol. Dans le cas de récoltes tardives (exemple chou chinois en décembre), il peut être intéressant de laisser les adventices naturelles jouer le rôle de PDS durant l'hiver avant de les maîtriser par destruction avant la floraison au printemps.

Le choix est plus limité (voir résumé annexe 11) à cause des contraintes hivernales de cette problématique. Deux problèmes peuvent être assez difficiles à gérer : la famille pour les Crucifères ainsi que les repousses du Ray Grass Italien qui peuvent être très virulentes certaines années et difficile à limiter par la suite.

3.1.2 Quels systèmes maraîchers utilisent des plantes de service ?

Après le couplage des problèmes culturaux rencontrés et des PDS qui peuvent y répondre, focalisons-nous sur les structures maraîchères qui parviennent à utiliser les PDS dans leur fonctionnement.

3.1.2.1 Des essais chez les BDP

Dans le groupe des maraîchers labellisés, diversifiés, sur petite surface, trois fermes utilisent des PDS. Deux de ces exemples sont difficilement exploitables car l'une des fermes est trop jeune (moins d'un an) et de très petite taille (inférieure à la SMI) et l'autre ne permet pas pour l'instant à l'agriculteur d'en vivre. Nous allons donc détailler l'expérience de BDP3, maraîcher sur 3ha à 2,5UTH annuel, 2500m² de serres sur un sol limono-argileux profond.
En engrais vert d'hiver, BDP3 utilise un mélange d'orge et de vesce implanté mi-octobre puis détruit en février pour l'implantation des cultures de printemps. Le résultat est mitigé car le mélange, détruit trop tôt, n'a produit qu'une faible biomasse et ne justifie pas les coûts et le temps de travail, notamment pour répondre à l'objectif d'apport de fertilité recherché.
Durant l'été, c'est un sarrasin qui est implanté fin mai pour être détruit début septembre. Le résultat est satisfaisant et il répond bien à l'objectif de couper la rotation.
Néanmoins, les PDS ne sont utilisées que sur une partie minime de l'exploitation.

3.1.2.2 Une surface plus grande facilite l'implantation de plantes de service, le cas des BDG

Les deux fermes de ce groupe de maraîchers labellisés, diversifiés et d'une surface supérieure à 4ha réussissent à utiliser des PDS sur une grande partie de leur exploitation.
Durant l'hiver, BDG1 utilise en alternance un seigle ou une avoine. Cette culture a pour objectif de protéger et d'ameublir le sol durant l'hiver. Un tiers de sa surface pleins champs est couverte ainsi alors que le reste doit être libéré plus tôt pour les cultures de printemps

plantées en janvier et représentant une grosse part des productions de BDG1. Durant l'été, BDG1 met en alternance (d'une année à l'autre) du sorgho ou de la phacélie dans ses abris. L'objectif est d'apporter de la matière au sol tout en travaillant au mieux la structure de celui-ci. La phacélie supportant mal les grosses chaleurs, elle est implantée dans les serres libérées le plus tôt. Parmi les tunnels froids (25% de la surface maraîchère soit 15000m²), 80% reçoivent une PDS pendant l'été. Les 20% restants sont utilisés pour les tomates et les poivrons.

Durant l'hiver, BDG2 utilise du triticale pour travailler sur le sol et casser la rotation. Un quart des surfaces est semé tous les ans. Durant l'été, BDG2 utilise aussi du sorgho dans les tunnels froids à hauteur d'un quart de la surface des tunnels (qui représentent 20% de la surface maraîchère).

3.1.2.3 Plante de service et systèmes spécialisés, le cas des CS

Parmi les trois systèmes non labellisés pleins champs, deux mettent en place des PDS. Le maraîcher C2 cultive sur 11 hectares en pleins champs trois espèces que sont le céléri branche (3ha), le fenouil (6,5ha) ainsi que les patates douces (1,5ha). L'objectif recherché par l'utilisation de PDS est l'amélioration de la structure du sol. Pour cela, deux plantes rentrent facilement dans la rotation. Le sorgho qui est placé après le céleri branche sur une surface de 3 ha et le seigle qui suit la patate douce en précédent le sorgho lui aussi.
Le maraîcher C3 cultive sur 17ha pleins champs. Il réalise en moyenne deux hectares de seigle fourrager d'hiver tous les ans qui viennent se placer entre radis fourrager et fraise. L'objectif est de protéger ce sol durant l'hiver. Une grande surface (8ha) de chou chinois est récoltée fin décembre. L'implantation d'une PDS étant impossible à cette date, il préfère laisser germer les adventices afin qu'elles constituent un couvert protégeant le sol pour les premières pluies de printemps.

La ferme qui fonctionne complètement sous serres chauffées ne possède aucun temps dans sa rotation pour utiliser des PDS. Les tomates et les salades se succèdent avec pour seul temps d'interculture celui de détruire la culture précédente et de travailler le sol pour la suivante.

3.1.3 Quels blocages rencontrés ?

On a vu que dans les différents groupes d'étude, certains maraîchers arrivaient à utiliser des PDS pour répondre à des problématiques culturales alors que d'autres n'arrivent pas à en mettre en place. Quels sont les points de blocages rencontrés par les différentes structures ?

3.1.3.1 Une limite de taille pour les petites structures

Dans le cas des petites structures maraîchères bio diversifiées, un seul maraîcher arrive à mettre en place des PDS. Les autres rencontrent des problèmes culturaux qui pourraient être amoindris par l'utilisation des PDS ; le souhait d'en utiliser est présent mais nous retrouvons divers freins à leur utilisation.

Tout d'abord la question économique semble être au cœur du blocage. Ce n'est pas uniquement le prix des semences ou du temps de travail pour implanter des PDS (même si certaines sont peu abordables tels que le sarrasin ou le tagète) mais plutôt la perte liée à la non utilisation des parcelles durant la croissance de la PDS. Intégrer des PDS dans la rotation signifie désintensifier la culture maraîchère ce qui engendre forcément une baisse de revenu (qui n'est pas envisageable sur des petites structures maraîchères).

Ensuite, les difficultés d'implantation et le temps consacré vont être deux autres freins. Le temps nécessaire à la gestion des PDS va être plus élevé que dans les structures plus grandes, car les fermes de ce groupe ont une mécanisation beaucoup plus faible et moins de marge de manœuvre pour acquérir des outils spécifiques (exemple d'achat d'un broyeur à marteau non rentable pour des petites surfaces de PDS).

L'utilisation de PDS ne peut se faire qu'à petite échelle dans ces systèmes et s'avère d'autant plus difficile à réussir techniquement que la grande diversité (>25 espèces) et les imprévus omniprésents empêchent une planification précise de l'utilisation de PDS. On assiste à un fractionnement des parcelles pouvant recevoir une PDS à un moment donné ce qui multiplie d'autant le temps nécessaire pour réfléchir à l'espèce adaptée, la mettre en place, la détruire…

3.1.3.2 Des structures diversifiées plus grandes, moins intensives

Les deux exemples que l'on retrouve dans les structures labellisées, diversifiées, plus grandes, permettent de rendre compte de la limite due à la taille de la structure. Ces deux fermes, de par une taille plus grande, peuvent se permettre de diminuer l'intensité des cultures maraîchères et faire le choix d'intégrer des PDS dans leur rotation. Néanmoins ces structures sont très diversifiées aussi et pourraient rencontrer des problèmes de gestion du temps de travail et des rotations. En fait, la gestion d'une ferme plus grande et diversifiée oblige l'agriculteur à avoir des débouchés stables (tout ne peut pas être écoulé par un marché). Cette stabilité commerciale ajoutée à une surface de production plus grande permet à l'agriculteur d'assumer financièrement une diminution de l'intensité de son système par l'implantation de PDS. D'ailleurs BDG2 considère qu'il a été un peu trop loin dans le nombre de paniers qu'il fournit (150 par semaine) et voudrait désintensifier légèrement son système afin d'augmenter sa surface en PDS. En outre, une surface plus grande permet aussi à l'agriculteur d'acquérir des outils plus spécifiques qui vont faciliter la mise en place et la destruction des PDS.

3.1.3.3 Blocage chez les bio spécialisés ?

D'après les pistes de blocage vues plus haut, on pourrait s'attendre à une utilisation plus importante des PDS dans les fermes maraîchères bio plus spécialisées. Dans notre cas, le blocage réside dans les configurations dans lesquelles se trouvent les trois fermes étudiées en ce moment. L'une est dans une recherche de stabilité commerciale qui l'empêche de prendre du recul et d'étudier les possibilités de mise en place de PDS. La seconde est en faillite (du fait de la situation familiale) mais utilise des engrais verts dans sa rotation, qui comporte deux espèces commerciales (blé tendre/seigle+Vesce/courge). La dernière effectue un grand virage en changeant sa commercialisation (orientation vers de la vente en gros et demi gros), en diminuant drastiquement le nombre d'espèces cultivées et en augmentant sa surface. Néanmoins, les trois structures (dans l'hypothèse où elles seraient arrivées à un équilibre au niveau commercial), auraient toutes les moyens matériels mais surtout la capacité de pouvoir faire le choix d'utiliser sur une partie de la surface cultivée une PDS qui ne rapporte pas de revenus à court terme. Les problèmes qui peuvent se poser à l'utilisation de PDS sont plutôt dans le choix des espèces cultivées qui vont laisser ou non des temps suffisamment long en interculture.

3.1.3.4 Importance de la rotation chez les non labellisés spécialisés

Parmi les fermes non labellisées et spécialisées, l'utilisation de PDS est très dépendante des cultures mise en place. Les fermes C2 et C3 utilisent quelques PDS dans leur rotation alors que les espèces cultivées par C1 et CS1 ne leurs permettent pas d'avoir une surface libre suffisamment longtemps pour pouvoir implanter une PDS. Les rotations pourraient être adaptées à l'objectif d'intégrer des PDS, mais ce sont en priorité les débouchés et la valorisation des cultures commerciales qui les déterminent.). C'est l'agencement spatio-temporel des cultures de ventes qui permet ou non d'intégrer une PDS dans la rotation.

3.1.4 Conclusion et pistes de réflexions

Les différents systèmes maraîchers rencontrent des problèmes culturaux qui peuvent être amoindris par l'utilisation de PDS adéquates. L'accès à ces PDS ainsi que les connaissances techniques à leur bonne gestion ne semble pas une difficulté majeure. Les principaux freins résident dans l'organisation structurelle des exploitations maraîchères.

Un des points principaux concerne l'intensité des rotations maraîchères dans les systèmes diversifiés. Cette pression qui est mise sur le sol est à la fois à l'origine de problèmes culturaux énumérés plus haut mais aussi empêche une implantation de PDS. Les solutions qui se présentent à l'agriculteur sont soit une diminution d'intensité de la rotation soit une augmentation de la surface cultivée. La première solution peut poser des problèmes économiques si le système est à sa limite financière et la seconde nécessite l'acquisition de nouvelles terres dans une région où le prix du foncier est proportionnel à l'afflux touristique durant l'été.

Le second point de blocage concerne le choix des espèces cultivées. Celui-ci concerne plutôt les maraîchers plus spécialisés (considérant qu'un maraîcher diversifié ne pourra pas établir de rotation stable tant les paramètres de semis / récolte et surtout pic de travail peuvent évoluer rapidement). Le choix des espèces et de leur assolement va aller vers une facilitation ou des difficultés à laisser l'espace nécessaire pendant un temps suffisamment long à l'implantation de PDS. Une autre alternative (qui peut aussi concerner des maraîchers diversifiés), qui n'a pas été rencontrée durant l'enquête, est de laisser un grand espace pendant un an ou deux avec une PDS puis de revenir dessus par la suite. Cette solution facilite la gestion de la PDS et permet aussi d'avoir des effets bien plus puissants que lorsqu'ils sont utilisés en interculture courte. Cette solution est valable sur la structure du sol, la coupure de la rotation, l'apport de fertilité ou l'étouffement d'adventices mais n'a pas de vocation à remplacer un effet CIPAN ce dernier doit être positionné entre deux cultures.

La mécanisation est aussi un point important dans la capacité des fermes à utiliser des PDS. L'utilisation d'outils adaptés (semoir à céréale, broyeur à marteau…) permet une bonne réussite technique des PDS (et donc une rentabilité de l'investissement en semences, mécanisation et temps de travail) et une simplification du travail de l'agriculteur. Si ces outils sont spécifiques à la gestion des PDS, une utilisation commune de ceux-ci peut être facile à mettre en place car la demande sera limitée à quelques jours par an et par des agriculteurs ayant des surfaces assez réduites.

Enfin, il faut garder à l'esprit que les PDS sont des outils intéressants à intégrer dans les rotations maraîchères pour répondre aux différents problèmes rencontrés, mais qu'une vision agronomique large permettrait de travailler sur différentes pistes de résolution des problèmes. Il est inutile d'implanter un seigle pour son effet structurant si des passages en conditions humides sur du limon sont effectués tous les ans. Un travail sur la gestion de l'itinéraire technique sera bien plus approprié que l'utilisation isolée de PDS. Néanmoins, toutes ces approches doivent être abordées comme complémentaires pour parvenir à un impact fort sur le problème cultural ciblé.

3.2 Le travail du sol

3.2.1 Regards croisés sur des profils de sol et des itinéraires techniques

3.2.1.1 Des limons qui prennent en masse en profondeur

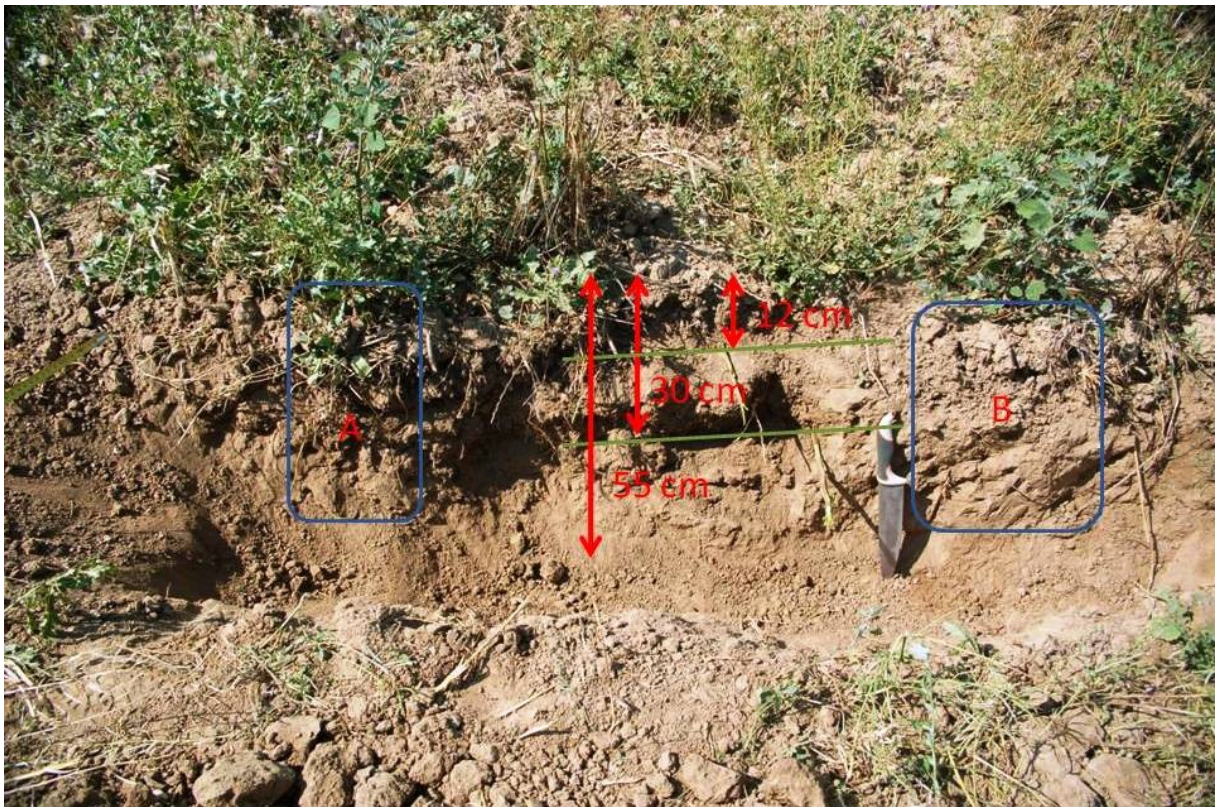


FIGURE 5 : Photo illustrée du profil de sol chez BDP3

Ce profil de sol a été réalisé dans l'exploitation maraîchère BDP3. Le profil mesure 2 mètres de long sur 55cm de profondeur et est orienté perpendiculairement au travail du sol dans la parcelle. La texture de la terre est limono-argileuse tout le long du profil. Nous pouvons distinguer plusieurs horizons.

Après les deux premiers centimètres de terre non structurée et débris végétaux, nous avons un premier horizon de 12 cm de terre très meuble, avec une grande densité de racines, des mottes qui se désagrègent très facilement et une grande quantité de galeries de vers de terre. On retrouve de nombreuses traces de matière organique provenant des bouchons de fertilisants organiques pas encore totalement décomposés.

Le second horizon présente une structure plus compacte, avec une forte présence de racines, des mottes qui se tiennent mieux que le premier horizon mais se désagrègent bien et présentent de nombreuses galeries de vers de terre. Entre les deux premiers horizons, la limite existe mais ne présente pas de croûte particulière qui pourrait bloquer l'enracinement.

Enfin, le troisième horizon qui part de -30cm jusqu'au fond du profil est lui bien plus compact. On assiste à une prise en masse de limon qui rend cette partie du sol presque imperméable aux racines. On retrouve seulement quelques fines racines de graminées dans cette zone. Néanmoins, il n'y a pas de lissage à la limite des 30 cm mais une augmentation forte de la densité qui réduit considérablement l'enracinement. On ne détecte presque aucune galeries de vers de terre au delà des 30cm.

Deux zones ressortent également sur le profil.

La zone A est très homogène jusqu'à 55cm et ne présente pas les couches limites vues plus haut. L'enracinement se fait régulièrement tout le long de cette zone sans l'augmentation de densité à 30 cm.

La zone B quant à elle présente un très fort tassement à partir de 15cm jusqu'au fond du profil. Nous avons une prise en masse des limons qui bloque toute possibilité d'enracinement à partir de 15cm de profondeur.

L'analyse de l'itinéraire technique nous apporte quelques éléments sur l'historique de cette parcelle. L'ail a été récolté en juin suivi d'un passage de rotobêche en sec (15-20cm), de sous-soleuse (en sec, 80cm) en août, des disques en conditions fraîches en octobre suivis d'un semis d'orge/vesce à l'épandeur d'engrais enterré par un vibroculteur peu profond (5cm). En février, du compost a été apporté 9 t/ha et le mélange orge/vesce a été détruit au vibroculteur en avril dans des conditions fraîches.

En comparant l'analyse du profil du sol et l'itinéraire technique nous pouvons retirer quelques enseignements.

La zone tassée en B correspond sûrement aux roues de l'épandeur d'engrais (engin très lourd passé en conditions humides). L'engin épandant sur 8m et le tassement représentant 40cm par roue, on peut imaginer un tassement de ce type sur 10% de la parcelle.

La zone A correspond au passage d'une dent de sous-soleuse. Le décompactage très local questionne sur l'efficacité de celui-ci malgré les conditions de passage (en sec courant août). On ne retrouve pas la seconde dent mais il est probable au vu de la taille de l'outil qu'elle tombe sur la zone B tassée par la roue de l'épandeur.

Enfin, la zone plus critique située à 30cm ne correspond pas forcément aux passages d'outils de l'itinéraire technique récent. Si l'on prend en compte un décompactage qui n'a pas atteint ses objectifs, cette zone ayant une prise en masse des limons en profondeur provient peut être de travaux plus anciens.

Ce profil du sol nécessite un décompactage profond avant l'implantation d'une nouvelle culture avec une vérification du travail effectif de l'outil (en croisant si nécessaire) afin de casser cette zone qui limite fortement l'enracinement et donc l'accès à l'eau et aux nutriments des cultures. Cela permettra dans le même temps d'annuler le tassement dû aux roues de l'épandeur de compost en février.

3.2.1.2 Une structure de surface à risque, sol limoneux et rotavator

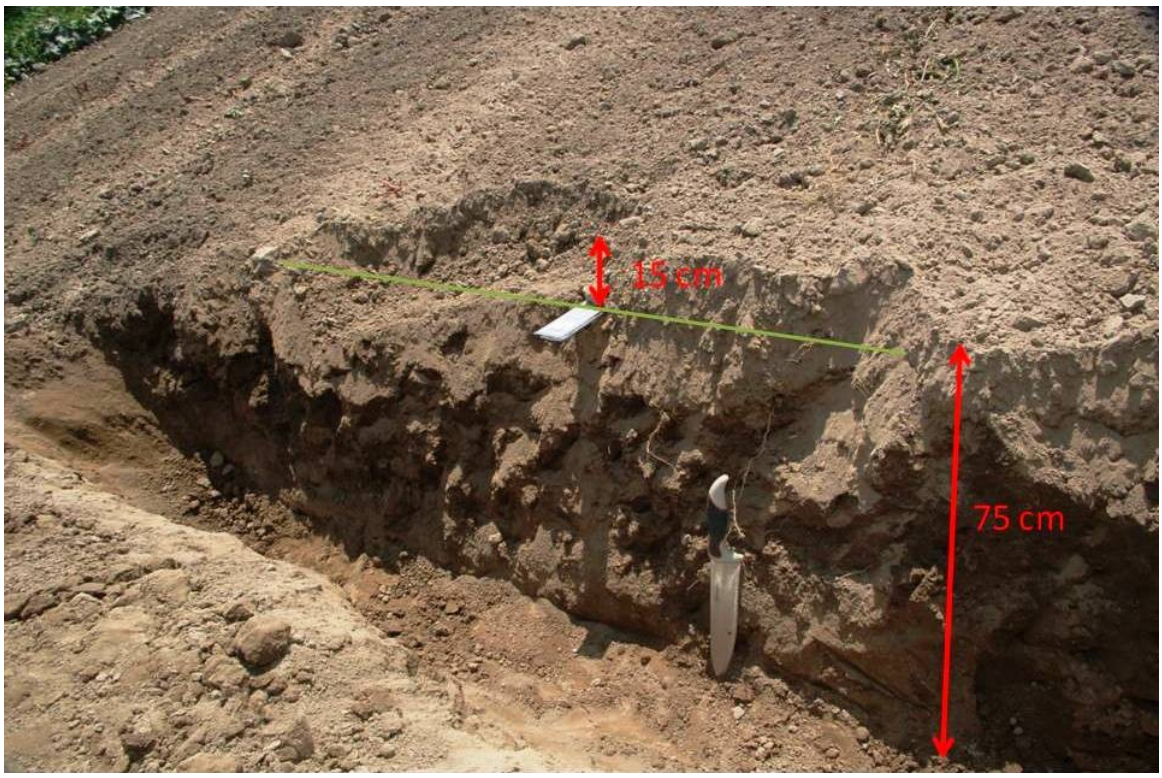


FIGURE 6 : Photo illustrée du profil de sol effectué chez BDP6

Ce profil de sol a été réalisé dans l'exploitation maraîchère BDP6. Le profil mesure 2,4 mètre de long sur 75cm de profondeur et est orienté perpendiculairement au travail du sol dans la parcelle. La texture de la terre est limono-sableuse tout le long du profil. Nous pouvons distinguer deux horizons.

Le premier horizon mesure 15cm et est constitué d'un sol n'ayant pas de tenue en motte (texture poudre), avec une forte densité de racines broyées.

Le second horizon part de 15cm et va jusqu'au fond du profil. On n'observe aucune prise en masse des limons, la densité augmente régulièrement avec la profondeur et l'humidité sans pour autant limiter l'enracinement. On observe quelques galeries de vers de terre et des résidus de matière organique jusqu'à 60 cm.

Enfin, le profil présente deux légers tassements de roues de 25cm de large chacun mais qui ne posent aucun problème à l'enracinement, les mottes se désagrégeant à la moindre pression.

Ce sol était en friche jusqu'en 2012 où un sous-solage profond (80 cm) suvi d'un rotavator et d'un semis de carottes ont été réalisés en mai 2012. Après les dernières récoltes en décembre, les carottes ont été laissées sur place avant qu'un déchaumage à l'aide d'une vigneronne et d'un rotovator les détruisent en février 2013. De l'engrais a été épandu à la suite (2 t/ha Veget Humus + 3 t/ha de tourteau de Ricin) avant un passage de vigneronne plus profond (40cm) en croisé fin avril 2013. Un melon a été planté sur bâche à la suite mais l'échec de la culture a déclenché un changement d'orientation et un rotavator a été passé mi juillet 2013 avant la réalisation du profil.

En comparant le profil et l'itinéraire, on constate que les passages ont été réalisés dans de bonne conditions car il n'y a aucun tassement particulier sur les deux horizons.

Néanmoins le premier horizon de 15cm questionne quant à sa structure inexitante qui provient de cet outil rotatif qu'est le rotavator. Une finesse de passage est nécessaire pour le futur semis mais une trop grande finesse sur des sols aussi limoneux risque de provoquer une crôute de battance bloquant la pénétration de l'eau et favorisant le ruissellement à la moindre pluie.

3.2.1.3 Un décompacteur peu efficace dans un sol sableux

Ce profil de sol a été réalisé dans l'exploitation maraîchère BS1. Le profil mesure 1,4 mètre de long sur 60cm de profondeur et est orienté perpendiculairement au travail du sol dans la parcelle. La texture de la terre est sablo-limoneuse tout le long du profil. Nous ne distinguons pas d'horizons nettement définis.

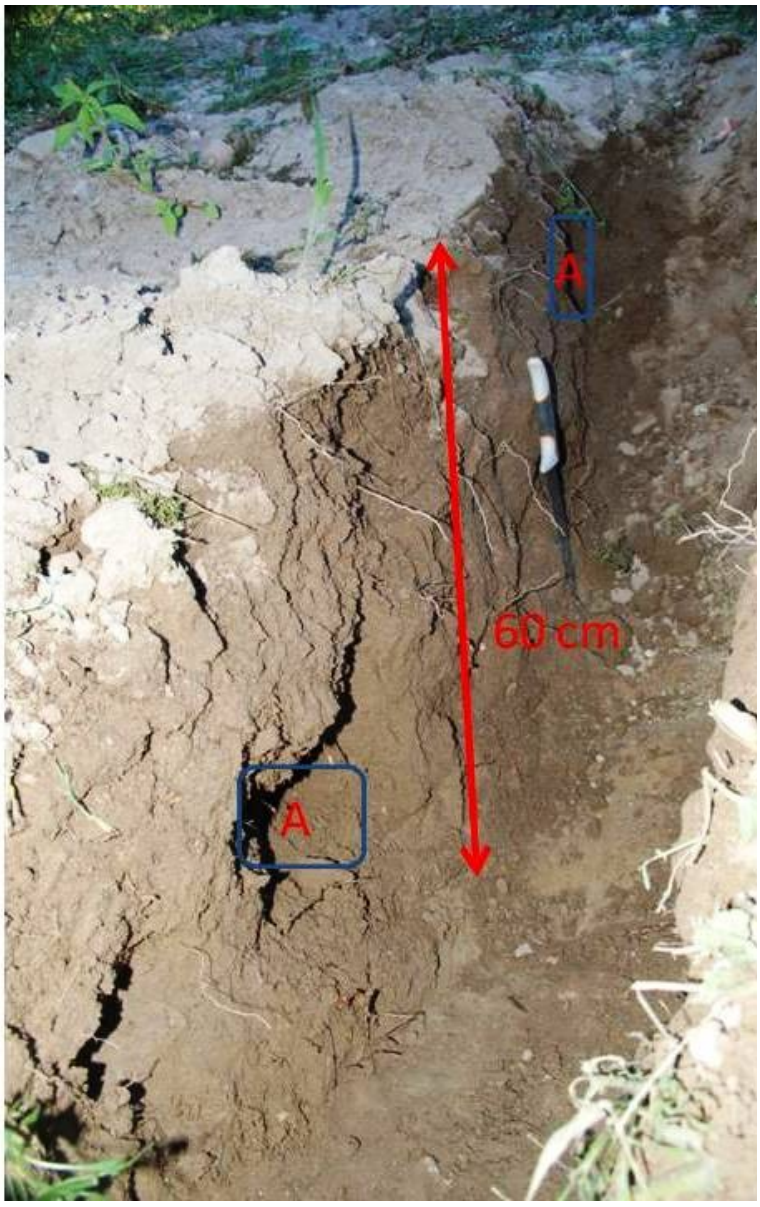


FIGURE 7 : Photo illustrée du profil de sol effectué chez BS1

L'horizon est d'une structure homogène tout le long du profil avec très peu de mottes (la terre s'effrite dès la prise en main), une densité de racines prononcée sur toute la longueur, de nombreuses galeries de vers de terre et une pierrosité nulle.

Les deux zones A sont des galeries de terre meuble entourées de terre tassée qui courent perpendiculairement au profil dans l'alignement exact des anciens rangs de carotte. La terre située au-dessus de ces trous est moins tassée que sur le reste du profil.

La parcelle, après un arrachage des haricots verts en septembre 2012 a été laissée nue durant l'hiver puis a été reprise en mars 2013 par deux passages de disques afin d'éliminer le couvert d'adventices puis de l'engrais a été épandu avant un passage de rotavator qui a précédé le semis de carotte fin mars 2013. Les dernières récoltes de carottes ont été effectuées en août 2013 et un passage de sous-soleuse patte d'oie (une derrière chaque roue du tracteur) a été fait au ras des rangs de carottes pour faciliter leur récolte.

L'itinéraire technique ne semble pas avoir causé de problèmes structuraux mais deux questions se posent.

- Que deviennent les reliquats azotés durant les fortes pluies d'automne et toute la période hivernale ? Ce sol très sableux ne retient que très peu les éléments (du fait de la capacité d'adsorbtion du complexe argilo-humique limité par le taux d'argile) et filtre rapidement toute l'eau qui entraîne avec elle les reliquats de minéraux qui pourraient servir aux cultures suivantes.

- On observe une très mauvaise efficacité du passage de décompacteur (même si l'objectif était ici de faciliter la récolte) qui a pourtant été passé en condition sèche l'été. Comment réagir sur cette parcelle en cas d'apparition d'un tassement ?

3.2.1.4 Croûte de battance et passage en condition humide sur des limons

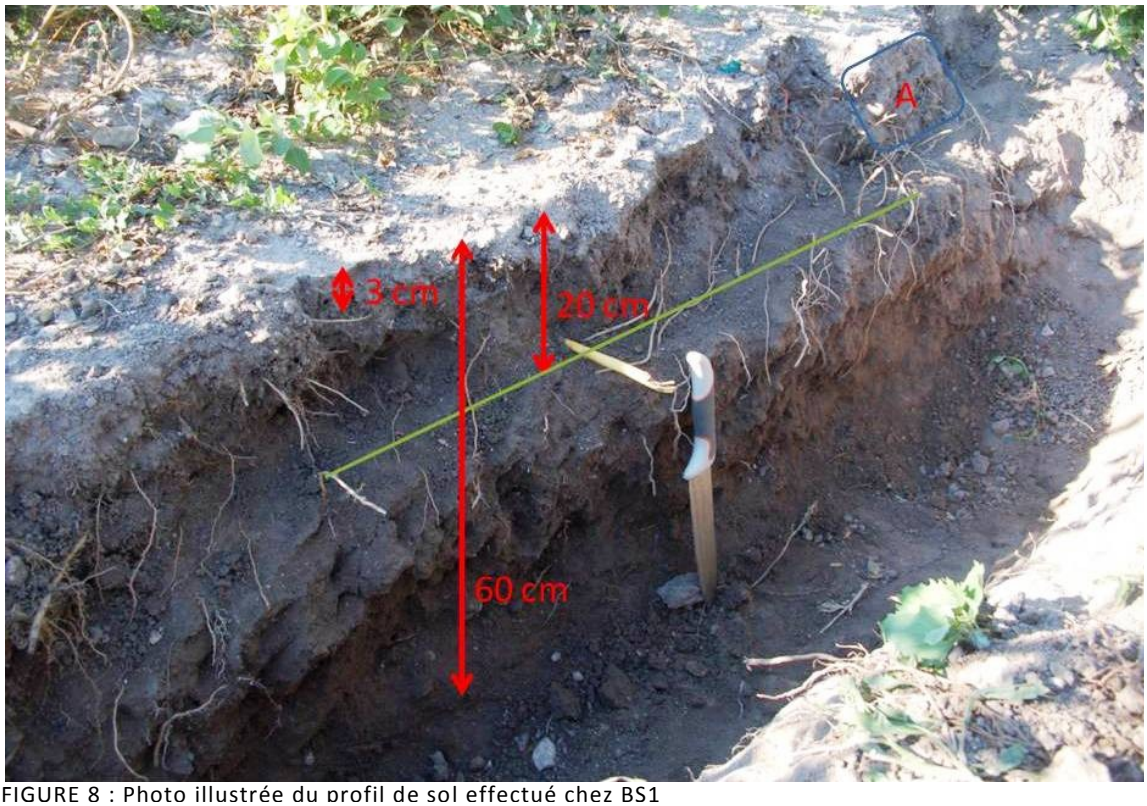


FIGURE 8 : Photo illustrée du profil de sol effectué chez BS1

Ce profil de sol a été réalisé dans l'exploitation maraîchère BS1. Le profil mesure 2 mètres de long sur 60cm de profondeur et est orienté perpendiculairement au travail du sol dans la parcelle. La texture de la terre est limoneuse tout le long du profil. Nous distinguons deux horizons.

Le premier possède en surface une croûte de battance d'environ 3cm très compacte puis descend jusqu'à 20cm avec une terre très meuble, beaucoup de racines, de nombreuses galeries de vers de terre et une pierrosité moyenne.

En-dessous se situe un horizon plus compact, avec une légère prise en masse des limons et un nombre très limité de racines. L'interface entre les deux horizons présente une zone de lissage qui provoque un arrêt des racines qui se mettent à courrir horizontalement le long de cette interface. La pierrosité est plus importante dans ce second horizon. On retrouve néanmoins quelques galeries de vers de terre et quelques fines racines.

On constate aussi un léger tassement dans la zone A, à la hauteur d'un passage de roue. Néanmoins, celui-ci ne semble pas poser de problème d'enracinement marqué.

Ce sol n'a pas connu de cultures durant l'année 2012. En mars 2013, le sol a reçu deux passages de disques dans des conditions humides suivis d'un décompactage croisé (60cm), d'un épandage d'engrais et d'un rotovator avant la plantation du fenouil en avril. Le fenouil a ensuite été récolté fin juillet sans travail du sol avant la réalisation du profil.

L'itinéraire technique pose quelques questions sur l'efficacité et les conditions de passage. Le lissage que l'on constate à 20cm a été provoqué soit par le passage de rotovator soit par les disques utilisés en conditions humides. On constate aussi que le passage de la sous-soleuse (même si le lissage aurait pu apparaître après celui-ci avec le passage de rotavator) n'a pas eu une grande efficacité sur le second horizon qui reste assez compact.

3.2.1.5 Un profil sous serre

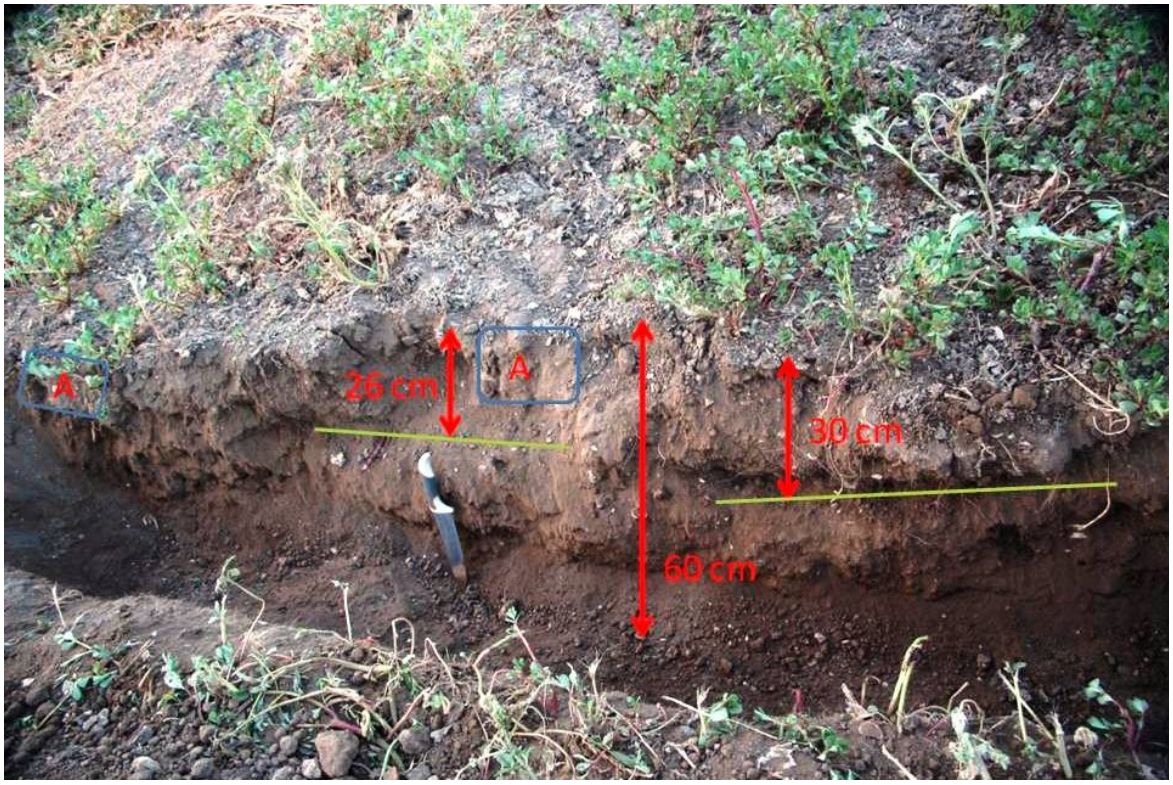


Figure 9 : Photo illustrée du profil de sol effectué chez CS1

Ce profil de sol a été réalisé dans l'exploitation maraîchère CS1 sous serre chauffée. Le profil mesure 3 mètres de long sur 60cm de profondeur et est orienté perpendiculairement au travail du sol dans la parcelle. La texture de la terre est limoneuse tout le long du profil.

Nous pouvons distinguer deux zones avec une limite qui varie suivant les portions du profil.

Le premier horizon part de la surface jusqu'à 26 et 30 cm. On trouve un sol qui ne se tient pas en motte, une pierrosité nulle et un fort enracinement.

Le second horizon est plus compact, avec une pierrosité plus élevée (mais restant assez faible malgré tout), et une présence plus faible de racines. La différence de compactage se retrouve à plusieurs hauteurs suivant les portions du profil. Néanmoins, l'interface entre les deus horizons ne présente pas de lissage prononcé.

Nous retrouvons dans les zones A trois compactions à la hauteur des passages de roues (une n'est pas visible sur la photo) qui provoquent un frein à l'enracinement sur 30 cm de large. La parcelle étant travaillée en permanence de façon croisée, on peut estimer que ces zones de passage de roues représentent un peu moins de 50% de la parcelle ce qui est loin d'être négligeable (3 passages de roues de 25cm sur 3m de profil et le tout croisé perpendiculairement donne 50% de recouvrement).

Précédemment la parcelle a subi un passage de rotovator puis un sous-solage et une herse rotative avant l'implantation des salades fin octobre 2012, salades qui ont été récoltées jusqu'à mars 2013. Ensuite, la parcelle a été nettoyée par un passage de rotovator suivi d'un passage de herse rotative. L'enherbement spontané a ensuite été limité par girobroyage début août.

Il semblerait que les différentes limites d'horizons aient pu être provoquées par des passages de rotovator ou de herse rotative qui ont suivi la culture des salades. Les compactions de passages de roues proviennent plus probablement du passage du girobroyeur qui n'avait aucun outil de travail ou décompaction derrière les roues.

3.2.2 Quelques pistes de réflexion à propos du travail de sol en maraîchage

A travers les profils de sol étudiés et mis en regard de l'historique de l'itinéraire technique, nous avons pu soulever différents problèmes structuraux et interpréter les causes probables de ces problèmes. Cette étude n'a pas vocation à être exhaustive sur les problèmes que l'on peut rencontrer en travail du sol maraîcher mais poser quelques questions sur les pratiques afin d'intéresser les agriculteurs lors de futures formations et évènements organisés par le GR-CIVAM-PACA.

Un des problèmes que l'on retrouve dans plusieurs profils est celui de l'efficacité des sous-solages ayant pour objectif de décompacter le sol en profondeur. L'état actuel du sol au regard de l'historique des passages nous indique une efficacité limitée dans le passage d'outils décompactants dans ces sols limoneux. Les décompacteurs ayant eu une faible efficacité étaient à dents droites. La vigneronne semble avoir donné de meilleurs résultats sur le profil de BDP6 malgré un historique (parcelle reprise il y a peu) qui a sûrement limité les tassements de cette parcelle. Plusieurs agriculteurs rencontrés semblaient satisfaits des décompacteurs à dent Michel (profil incurvé). Il serait intéressant d'approfondir les comparaisons chez des maraîchers utilisant cet outil.

Un autre point qui ressort est la caractéristique des sols maraîchers étudiés qui sont en général très limoneux. Ces sols ont une forte tendance à prendre en masse en profondeur lors qu'il y a un tassement et contrairement aux argiles qui peuvent gonfler puis se rétracter durant l'hiver, le seul moyen de diminuer le tassement va être un passage de décompacteur efficace. Une autre problématique des sols limoneux est leur tendance à réaliser une croûte imperméable en surface dès les premières pluies, la croûte de battance. Le seul moyen de limiter ce phénomène est d'augmenter le taux de matière organique du sol pour lui redonner de la structure par un renforcement du complexe argilo-humique. La minéralisation rapide de la matière organique ne facilitant pas cet objectif en maraîchage méditerranéen (chaleur et humidité accélèrent la minéralisation), d'autres moyens peuvent être utilisés comme une couverture la plus permanente possible du sol et éviter un travail

trop fin du sol en surface. Un outil de travail vertical non rotatif comme la rotobêche serait certainement moins dommageable à cette première couche sensible du sol qu'un outil rotatif à fraise tel que le rotavator.

Le dernier point qui ressort de ces profils de sols est la nécessité de limiter les passages d'outils (rotatifs ou non) en condition humide car ceux-ci provoquent obligatoirement des lissages qui vont limiter la capacité des racines à explorer tous les horizons du sol. L'alimentation hydrique et minérale des plantes dépend directement de leur capacité à coloniser le sol. Les discussions autour des outils de travail du sol avec les maraîchers font apparaître une capacité plus ou moins grande des outils à travailler en conditions humides. Par exemple, alors que le rotavator est à garder pour des conditions très sèches, la rotobêche ou le cultirateau sont plus adaptés à des conditions limites.

4 Analyse critique du projet

4.1 Limites de la méthode

4.1.1 Définition de la problématique

La structuration de la problématique a nécessité l'exploration de nombreux champs afin de mieux cerner les demandes de la structure d'accueil et celle des agriculteurs mais elle a aussi été tributaire du temps et des moyens disponibles durant le stage. Ainsi, d'une demande très large de réflexion sur la gestion de la fertilité du sol en contexte Méditerranéen nous arrivons à une problématique très spécialisée sur l'analyse de l'état structural du sol et les PDS en maraîchage. Cette problématique a été construite à partir de questionnements posés par un petit nombre d'agriculteurs interrogés sur les problèmes rencontrés dans la gestion de la fertilité du sol.

Les premiers entretiens téléphoniques ont été effectués auprès d'un petit nombre d'agriculteurs. Le risque est de traiter un problème qui ne concerne qu'une petite partie des maraîchers du territoire.

Néanmoins, les entretiens réalisés dans plusieurs structures maraîchères durant le travail d'enquête ont montré la pertinence de ces questionnements que partageaient la plupart des agriculteurs.

Avec le recul et au regard des différents temps passés à mieux comprendre le territoire et la structure du GR-CIVAM-PACA, il me semble qu'un travail différent aurait été plus pertinent encore. Le problème a été de vouloir garder certains critères très larges (inclusion de tous les maraîchers quelles que soient les structures, travail sur un territoire le plus étendu possible…) alors que d'autres étaient très restrictifs (tel que les PDS comme outil de résolution de problèmes culturaux). *« Quels outils agronomiques à la disposition des petites structures maraîchères biologiques afin de répondre aux problèmes culturaux rencontrés»* me semble une problématique, si elle est traitée sur un territoire plus défini, plus adaptée aux besoins des agriculteurs qui se reconnaissent dans cette étude (étude ciblée sur un type de structure) et présente l'avantage de pistes multicritères plutôt que centrées sur un des moyens mis à disposition (en l'occurrence les PDS ici).

4.1.2 Un territoire Méditerranéen non homogène

A l'origine, le projet a pour ambition de travailler sur le territoire Méditerranéen, ce qui en France est représenté par les régions Languedoc Roussillon et Provence-Alpes-Côte d'Azur (ainsi que la Corse). Il n'était pas possible de travailler sur un territoire aussi grand qui, malgré la dénomination commune de territoire Méditerranéen présente une grande diversité interne (côtes Méditerranéennes et zones de montagnes, grande amplitude des altitudes, zone de plaines alluviales et coteaux pierreux…). Cette diversité empêche l'extrapolation ou la définition d'une zone représentative de ce grand ensemble.

Afin d'avoir une zone d'étude pertinente, le territoire d'étude a été défini par un croisement du réseau historique existant du GR-CIVAM-PACA ainsi que des possibilités de la structure à s'investir sur le territoire dans les années à venir. Ces notions ne peuvent pas être définies géographiquement avec précision. L'étude et ses conclusions n'est donc pas représentative du territoire Méditerranéen mais plutôt du territoire d'action porté par le CIVAM. Les conclusions de l'étude ne doivent pas être regardées d'un point de vue territorial mais plutôt d'un point de vue structurel (des exploitations agricoles).

4.1.3 L'échantillonnage

Afin de répondre à la problématique, des enquêtes sur les fermes, sous forme d'entretiens, ont été réalisées auprès de plusieurs agriculteurs. Techniquement, cette méthode a posé plusieurs problèmes.

Durant la première phase de récupération des coordonnées d'agriculteurs, nous avons été confrontés à des difficultés plus ou moins importantes selon que ces agriculteurs sont labellisés ou non. En effet, les contacts d'agriculteurs bios sont assez simples à récolter auprès de l'AgenceBio ou auprès des fédérations d'agriculteurs biologiques. En revanche, le carnet d'adresses d'agriculteurs dit « conventionnels » passe presque obligatoirement par des contacts avec la chambre d'agriculture qui, en région PACA, a eu tendance à distribuer les contacts au compte-goutte, voire pas du tout. Les contacts ont été plus faciles à obtenir auprès des techniciens de terrain.

La construction de l'échantillonnage aurait été plus pertinente par la création d'un jeu de données sur les fermes avant le choix de l'échantillon. Ainsi, il aurait été possible de créer un échantillon représentatif de notre ensemble initial d'agriculteurs. Les conclusions de l'échantillon (à condition que celui-ci soit suffisamment grand et équilibré) auraient alors été extrapolables à notre ensemble premier. L'analyse et les conclusions de ce rapport sont représentatives de l'échantillon enquêté mais n'assurent pas une extrapolation hors de cet échantillon.

L'échantillon a été construit au fur et à mesure de la récupération des contacts et de l'acceptation des entretiens par les maraîchers. L'objectif visé était d'atteindre la plus grande diversité possible au sein de l'échantillon. Néanmoins, certaines classes d'échantillons de la typologie auraient été intéressantes à développer telle que celle des maraîchers labellisés et spécialisés dont les trois expériences sont assez atypiques de par leur situation du moment. De même, un approfondissement des structures maraîchères non labellisées aurait été souhaitable. On observe un grand déséquilibre dans la typologie en faveur des structures maraîchères AB de petite taille et diversifiées.

Le choix des exploitations où ont été réalisés les profils de sol avait pour objectif de comparer les résultats des profils et le type de structure. Le nombre de profils est bien trop faible et chaque type de structure maraîchère n'ayant pas été étudié, le croisement des structures et de leur profil n'est pas exploitable. Une campagne plus large de profils de sol est à envisager dans la suite du projet afin de pouvoir vérifier s'il existe réellement des liens entre types de structure, parc de matériel et structure du sol.

.

4.1.4 Des agriculteurs très sollicités

Appels téléphoniques, enquêtes, questionnaires, entretiens… les étudiants en agronomie ou agriculture saturent les agriculteurs de la région. C'est un sentiment qui est ressorti maintes fois durant les entretiens ou les prises de rendez-vous avec les agriculteurs. Un sentiment de trop forte sollicitation par les études diverses dont ils ne perçoivent pas toujours l'intérêt ou l'aboutissement. Entre les écoles, DUT, lycées agricoles, formations pro, BTS qui viennent visiter les fermes durant l'année et ensuite les nombreuses structures (Chambre d'Agriculture, GRAB, CIVAM, Parc, ADEAR, Associations diverses, instituts de recherche…) qui prennent un ou plusieurs stagiaires par an, la pression dans la région est très élevée. Enormément de stages nécessitent de réaliser des entretiens. Nous nous sommes trouvés face à des agriculteurs déjà très sollicités par des stagiaires leur demandant peu ou prou la même chose peu de temps avant et qui seront de nouveau questionnés l'an prochain pour raconter des choses similaires (description de leur structure avec des petites variations suivant les thèmes de stage). On arrive donc à un certain mécontentement qui est plus que palpable lors de la prise de contact et entraîne de nombreux et légitimes refus de leur part. Cela intensifie d'autant plus la pression sur les agriculteurs qui veulent aider les stagiaires et acceptent malgré tout. Une réflexion entre les structures sur une base de données d'entretiens pourrait être un réel plus pour éviter ce problème.

4.2 Une structure associative de développement du monde rural et agricole, le GR-CIVAM-PACA

Le GR-CIVAM-PACA est une structure associative qui est née à l'origine d'une volonté de regroupement des groupes locaux et départementaux à une échelle plus grande que celle de la région. Ce regroupement, en plus de pouvoir créer du lien entre les groupes ou porter des thématiques transversales, permet de capter les subventions qui arrivent au niveau régional et n'ont pas vocation à descendre à une échelle locale. Ce regroupement de structure CIVAM permet d'avoir un poids plus important et aussi une plus grande reconnaissance de la part du monde extérieur (institutions d'état, autres structures agricoles …).
Historiquement, l'idée est intéressante mais le contexte actuel place la structure en face de divers questionnements.

Le GR-CIVAM-PACA est organisé en trois groupes. D'un côté le conseil d'administration composé d'agriculteurs (actifs ou non), d'un autre l'équipe salariée (et les stagiaires) avec une secrétaire, un animateur et un coordinateur, et enfin le réseau des adhérents (agriculteurs ou non).

Au conseil d'administration, une place est réservée à un représentant de chacun des groupes locaux. Dans les faits cette place est peu utilisée. Le conseil d'administration est donc composé des éléments les plus motivés depuis longtemps mais qui se retrouvent à devoir prendre des décisions pour un groupe plus grand qui n'utilise pas son droit de représentation. De même, le renouvellement du conseil d'administration est très difficile et ce sont encore les mêmes personnes qui portent la structure à bout de bras avec le risque réel d'arriver un jour à saturation. Sans en savoir la cause, on assiste à un désintéressement d'agriculteurs plus jeunes pour s'investir dans cette structure. Le risque encouru par la continuité de ces différents phénomènes est une prise de décision sur l'orientation des projets par un très petit nombre de « passionnés », qui peut être assez éloignée de la

demande d'agriculteurs ou de groupes locaux. L'appartenance des membres du conseil d'administration au milieu agricole devrait limiter ceci mais comment se fait-il qu'il n'y ait plus de jeunes agriculteurs qui prennent la relève ?

Dans l'organisation du CIVAM, on retrouve aussi les salariés qui sont les « moteurs » au jour le jour de l'association. Ceux-ci sont confrontés aux différents projets de la structure en permanence et doivent prendre des décisions au fur et à mesure de l'avancée des projets. Certaines décisions entraînent des prises de position importantes pour la structure. Néanmoins il est très difficile d'impliquer dans ces processus de décision les administrateurs qui ont aussi leur métier à gérer et s'impliquent bénévolement dans la structure. Paradoxalement, la prise de décision revient à ceux qui ne sont pas au cœur du projet et ne peuvent pas y investir un temps très important alors que ceux qui y travaillent tous les jours n'ont pas ce pouvoir de décision. Des incompréhensions peuvent exister entre ces deux mondes et les temps d'échanges que sont les conseils d'administration sont bien trop courts et espacés pour régler toutes les questions en suspens.

Le statut d'association crée aussi un poids certain pour les salariés qui se doivent d'assurer en permanence les subventions qui leur permettent de garder leur emploi… Quel est alors l'indépendance de ceux-ci pour travailler sur des projets où l'on ne trouve pas de subventions ou bien pour prendre le temps nécessaire à la réalisation d'une action suivant ses propres convictions et observations et non pas suivant le catalogue des actions qui se doit d'être le plus alléchant possible lors des réponses aux appels à projets ? Par exemple, les objectifs du projet Agricultures durables en Méditerranée sont très louables en soit mais la structure GR-CIVAM-PACA a-t-elle réellement les moyens de répondre aux objectifs de ce projet à grande échelle ? Il y a une incohérence entre un projet qui veut travailler avec l'agriculture avec un grand A (toutes productions confondues), sur un territoire Méditerranéen et des moyens disponibles qui sont en terme humain (cette année) réduits à un stagiaire de six mois et un animateur qui en parallèle doit gérer d'autres projets engagés par la structure. Le projet est sûrement très vendeur pour acquérir des subventions mais peut-il vraiment remplir ses objectifs au vu des différents points abordés ci-dessus ?

Une autre question qui se pose à travers les projets actuels portés par la structure est celle de la capacité à pouvoir arrêter une action lorsqu'on se rend compte qu'elle n'est pas pertinente. Le revers des subventions est aussi l'obligation de résultats et une action en partie subventionnée et réalisée se doit d'être finalisée. On empêche par ce jeu tout regard critique au fur et à mesure de l'avancée et du déroulement d'un projet car il n'est pas possible de remettre en question le projet lui-même. Heureusement, des marges de manœuvre existent pour pouvoir travailler sur des projets non subventionnés et aussi faire évoluer un petit peu les actions en cours. Les actions réalisées par le GR-CIVAM peuvent tout à fait avoir leur raison d'être mais il y a une grande différence entre les objectifs affichés (vocation régionale, travail sur la gestion de la fertilité du sol…) et ce que peut réaliser la structure actuellement. Ne serait-il pas plus judicieux de limiter les territoires et problématiques de travail pour mieux les approfondir ? La complexité du monde agricole et des enjeux liés à son évolution nécessite beaucoup de compétences pour minimiser les erreurs de choix ; donner des pistes pour aller vers une agriculture durable demande de multiples précautions quant à ce que l'on veut proposer aux agriculteurs.

4.3 Perspectives

La problématique de départ était **« Quels sont les utilisations et limites d'implantation des plantes de service en maraîchage pour résoudre des problèmes culturaux et en quoi les pratiques de travail du sol peuvent aussi avoir un impact fort sur ces derniers? ».** Afin de répondre à cette interrogation, nous nous sommes basés sur seize entretiens réalisés dans des structures maraîchères les plus diverses possibles. Après avoir scindé les fermes étudiées en groupes partageant des caractéristiques structurelles communes, nous avons cherché quels étaient les problèmes culturaux (partagés ou propres à un groupe) et si les PDS, à travers les différentes fonctions qu'elles peuvent remplir, pouvaient répondre à ces problèmes. Dans un même temps, un travail a été réalisé sur le lien entre l'état structural du sol et les pratiques culturales en maraîchage. Nous avons ensuite détaillé comment des structures arrivaient à mettre en place des PDS et aussi mis en évidence les blocages à leur implantation.

En terme de promotion de solutions dites écologiques à des problèmes culturaux, nous avons engagé des réflexions et approché des limites intéressantes que l'on ne retrouve pas dans la bibliographie. En effet la bibliographie autour des PDS est très orientée sur les questions de services rendus, la mise en place technique et le choix d'espèces à implanter. Nous ne trouvons que très peu de références sur les limites liées aux caractéristiques des structures agricoles elles-mêmes. Cette étude s'avère innovante dans ce domaine. Les conditions de travail du sol en maraîchage engagent aussi de nombreuses questions au vu des profils culturaux réalisés. La question des conditions de passages (risque de tassement bien plus élevé en condition humide) est à coupler avec l'utilisation des plantes de service. Quel va être l'impact des plantes de service sur l'état hydrique et donc les conditions de passage pour la culture suivante? Quels sont les risques pour le semis suivant ? Comment détruire les PDS d'hiver assez tôt pour permettre l'implantation des cultures de printemps sans risquer de provoquer un tassement ? De nombreuses questions se posent suite à cette étude et méritent d'être approfondies.

Dans un même temps, les conclusions qui sont ressorties de l'étude doivent être confrontées aux réalités quotidiennes de la gestion d'une exploitation agricole pour tester leur domaine de validité et vérifier que, par les limites de la méthode de construction de l'échantillonnage, nous n'avons pas omis des éléments importants dans l'analyse. Le territoire de validité de l'étude est pour le moment limité et mériterait d'être élargi pour qu'un outil de réflexion et de travail commun puisse servir à une échelle plus large. Dans la continuité de cette étude, un point important est de coupler le diagnostic des problèmes culturaux et les conclusions ressorties des profils culturaux à une étude qui ne se restreint pas aux PDS mais ouvre sur l'ensemble des solutions agronomiques envisageables par l'agriculteur. Une approche par un seul facteur n'est plus suffisante et l'approfondissement de problèmes culturaux se doit d'être travaillé de manière systémique.

Enfin, ce travail ne s'est pas limité à l'établissement de réflexions sur les limites rencontrées par les structures maraîchères à l'implantation des PDS et aux questionnements soulevés par les profils culturaux. Il a aussi été l'occasion de renforcer un réseau d'acteurs et d'agriculteurs sur le territoire. Cela a contribué à l'émergence de deux groupes territoriaux de travail constitués au total d'une vingtaine d'agriculteurs voulant améliorer leur gestion de

la fertilité sur leurs exploitations maraichères. Leurs objectifs à travers ces regroupements sont les suivants : mener une réflexion collective de questionnement et d'échanges sur leurs pratiques, se former, analyser conjointement leurs sols et réaliser des essais en collectif. Le travail auprès de ces groupes ouvre une phase d'accompagnement destinée à appuyer le développement de pratiques et modes d'organisation bénéfiques en termes de fertilité des sols. Le travail mené au cours de ce stage est ainsi à replacer dans la démarche plus globale du GR-CIVAM pour ses actions ADméd : il aura permis de défricher la réflexion sur la fertilité des sols en contexte méditerranéen, de recenser un certain nombre de préoccupations formulées par les agriculteurs, de les décomposer en problématiques et de dégager des axes prioritaires de travail. Il aura ensuite permis de faire la synthèse de connaissances, observations et analyse sur le travail du sol et l'utilisation des PDS en maraîchage en fonction des différentes structures d'exploitation. Enfin il aura permis d'identifier des expériences à valoriser auprès d'autres agriculteurs. Ces différents éléments serviront d'appuis pour les journées de formations et d'échanges prévues à l'automne ainsi que pour le travail d'accompagnement des groupes. Les différents supports créés pendant le stage serviront à la diffusion des acquis du projet ADméd (fiches témoignages, outils d'analyse, articles, rapports, liens avec les différents acteurs…). La valorisation de ce stage pour le GR-CIVAM et ses adhérents passe alors par une restitution territoriale pour les agriculteurs et acteurs de la zone d'étude prévue fin septembre 2013.

.

Conclusion

Maintenir ou améliorer les pratiques de gestion de la fertilité du sol est au cœur de la production végétale. De plus, ainsi que le demande la société actuelle, les systèmes ne doivent plus être seulement productifs ou économiquement rentables ; ils se doivent d'intégrer les trois piliers du développement durable.

Le maraîchage est une culture très exigeante pour les sols car plusieurs cultures peuvent s'enchaîner dans l'année et la quantité de matière exportée est conséquente. Parmi les problèmes culturaux que l'on peut rencontrer en maraîchage, les questions de structure du sol occupent une place prépondérante aux côtés des questions de fertilité. Dans le registre des solutions écologiques qui peuvent être intéressantes pour limiter ces problèmes, les plantes de service offrent une large gamme d'utilisations dont celles de décompaction, de piège à nitrate ou d'apport de biomasse et minéraux au sol et à la culture suivante.

Les enjeux techniques autour de l'implantation, la destruction et le choix des espèces sont assez bien documentés. Néanmoins, la réussite de l'utilisation de plantes de service dans de petites exploitations maraîchères diversifiées risque d'être limitée par le besoin de rentabilisation maximum de leur surface. A l'inverse, des exploitations de taille plus grande possèdent plus de marge de manœuvres pour utiliser des plantes de service afin de répondre à leurs problèmes culturaux. La taille et la spécialisation des exploitations sont deux critères influençant de manière conséquente les capacités des structures à utiliser des plantes de service dans leurs rotations.

Certaines plantes de service peuvent travailler à réduire les effets de problèmes structuraux mais ceux-ci sont aussi fortement influencés par le travail mécanique du sol. Les sols limoneux de la région présentent des risques forts de tassement avec une prise en masse de limon ou de création d'une croûte de battance imperméable en surface. Le choix des outils utilisés, le contrôle de leur efficacité réelle sur le sol et les conditions de passage sont d'une importance primordiale en maraîchage où la fréquence d'utilisation de ces outils est très élevée.

Les résultats obtenus ci-dessus sont limités par la diversité et le choix des exploitations enquêtées. Néanmoins, ces résultats vont pouvoir servir de base de travail et de discussion au cours des prochaines formations et évènements du projet Agricultures Durables en Méditerranée. La solution ou la réponse unique n'existant pas en agriculture, les premières conclusions autour du travail du sol et de l'utilisation des plantes de service a pour vocation d'intriguer et questionner les maraîchers pour provoquer une réflexion sur leurs propres systèmes.

Il faut garder en tête que les plantes de service et le travail mécanique du sol ne sont qu'un petit fragment des différentes pratiques à intégrer pour aller vers une gestion pérenne de la fertilité du sol. Le champ agronomique connu et inconnu à mobiliser ne doit pas se limiter à quelques techniques mais doit utiliser un maximum de leviers différents pour trouver des solutions efficaces et créer des systèmes à la fois productifs, résilients et environnementalement, économiquement et socialement performants. La gestion de la fertilité du sol est un sujet bien vaste qui ne peut pas être figé à des pratiques à un moment donné mais nécessite une remise en question constante de la pratique pour s'adapter aux changements de contextes à la fois techniques et sociétaux.

Liste des figures

Figure 1 : Schéma récapitulatif de la démarche du stage 9
Figure 2 : Critères de discrimination des exploitations enquêtées 17
Figure 3 : Classification des différentes exploitations enquêtées avec positionnement des profils de sol et des utilisateurs de PDS 18
Figure 4 : Récapitulatif des effets, facilités d'implantation, de destruction et sensibilité des principales PDS utilisées dans la région 26
Figure 5 : Photo illustrée du profil de sol chez BDP3 37
Figure 6 : Photo illustrée du profil de sol effectué chez BDP6 39
Figure 7 : Photo illustrée du profil de sol effectué chez BS1 40
Figure 8 : Photo illustrée du profil de sol effectué chez BS1 41
Figure 9 : Photo illustrée du profil de sol effectué chez CS1 42

Liste des références bibliographiques

AKKER et CANARACHE. 2001. Two European concerted actions on subsoil compaction. 2001.

BERTUZZI.P, et al. 2012. Effets des cultures intermédiaires sur l'érosion, les propriétés physiques du sol et le bilan carbone. s.l. : INRA, 2012.

BOIZARD.H, et al. 2002. Cumulative effects of cropping systems on the structure of the tilled layer in northern France. s.l. : Soil and Tillage research n°64, 2002.

Chambre d'agriculture 13. 2013. communication personnelle. 2013.

CHEN.G et WEILL.R. 2010. Penetration of cover crop roots through compacted soils. s.l. : Plant and Soil n°10, 2010.

DABNE.S-M, DELGADO.J-A et REEVES.D-W. 2001. Using winter cover crops to improve soil and water quality. s.l. : Soil Science n°32, 2001.

DEFOSSEZ.P, et al. 2003. Modelling change in soil compaction due to traffic as function of soil water content. s.l. : Geoderma n°116, 2003.

ESPERT, Mathieu. 2012. Offre de stage GR CIVAM PACA : Techniques culturales durables et gestion de la fertilité des sols : état des lieux des savoirs et des pratiques en Méditerranée et pistes de progrès au vu des préoccupations concrètes des agriculteurs. Cavaillon : s.n., 2012.

FiBL- BioSuisse. 2013. Les principes de la fertilité des sols, construire sa relation avec le sol. 2013.

Gabriel GUET, Anaïs CHOTARD, Karim RIMAN. 2011. *Memento d'agriculture biologique.* Paris : Editions France Agricole, 2011. p. 368.

GAUTRONNEAU.Y et MANICHON.H. 1987. Guide méthodique du profil cultural. s.l. : Paris/Lyon, 1987.

GONTIER, Laure. 2012. Les engrais verts en viticulture. s.l. : IFV Sud Ouest, 10 mai 2012.

GONTIER.L. 2012. Les engrais verts en viticulture. s.l. : IFV Sud Ouest, 2012.

GUET.G, CHOTARD.A et RIMAN.K. 2011. *Memento d'agriculture biologique.* Paris : Editions France Agricole, 2011. p. 368.

HAMZA et ANDERSON. 2005. Soil compaction in cropping systems. A review of thenature, causes and possible solutions. 2005.

HAMZA.M.A. et ANDERSON.W-K. 2005. Soil compaction in cropping systems. s.l. : Soil and Tillage research n°82, 2005.

Jean Michel CRESTIN, Sophie VANNIER. 2007. Les engrais verts en maraîchage, le guide. s.l. : APREL, CA-Vaucluse, agence de l'eau, 2007.

KIRKEGAARD.J-A., et al. 1992. The effect of compaction on the growth of pigeonpea on clay soils. s.l. : Soil Tillage Res. 24, 1992.

LA-FRANCE.D. 2010. *La culture biologique des légumes.* Québec : Editions Berger A.C. inc., 2010.

LARSON, et al. 1992. Control and avoidance of soil compaction in practice. s.l. : Elsevier Science, 1992.

MANICHON.H et ROGER-ESTRADE.J. 1990. Caractérisation de l'état structural et étude de son évolution à court et moyen terme sous l'action des systèmes de culture. Paris : INRA, 1990.

MANICHON.H. 1992. Le profil cultural, une perspective nouvelle pour l'analyse du travail du sol. s.l. : Cirad, 1992.

MAZOLLIER.C et TAULET.A. 2001. Amélioration de la fertilité : collection d'engrais verts sous abris. Avignon : GRAB, 2001.
MAZOLLIER.C. 2009. Les engrais verts d'été-automne dans le Sud-Est en Maraîchage Biologique. Avignon : GRAB, Juin 2009.
MESGUEN.J-P. 2013. Communication personnelle avec un technicien de la Chambre d'Agriculture 83. 29 mai 2013.
POUSSET.J. 2011. *Engrais vert et fertilité des sols.* Paris : Gfa-éditions, 2011.
RADFORD.B-J., et al. 2001. Crop response to applied soil compaction and to compaction repair treatments. s.l. : Soil Tillage Res. 61, 2001.
REEVES.D-W. 1994. Cover crops ans erosion. s.l. : Soil Science, 1994.
RENAULT.P et STENGEL.P. 1994. Modelling oxygen diffusion in aggregated soils. s.l. : Soil Science, 1994.
ROGER-ESTRADE.J, et al. 2000. Modelling structural changement of croppin system. s.l. : Soil Science 51, 2000.
ROGER-ESTRADE.J, et al. 2004. Morphological characterisation of soil structure in tilled fields: from a diagnosis method to the modelling of structural changes over time. s.l. : Soil & Tillage Research, 2004.
SEBILLOTTE.M. 1975. Comment aborder et suivre l'introduction dans un système de culture de nouveaux procédés de travail du soL. s.l. : Bull. Tech., 1975.
SOANE et OUWERKER. 1994. Soil compaction problems in world agriculture. s.l. : Elsevier, 1994.
Soil Science Society of America. 1996. Glossary of Soil Science Terms. Madison, USA : s.n., 1996.
SOLTNER.D. 2005. *Les bases de la production végétale.* Bressuire : collection Sciences et Techniques Agricoles, 2005. Vol. Tome I, le sol et son amélioration.
VANNIER.J-M. et CRESTIN.S. 2007. Les engrais verts en maraîchage, le guide. s.l. : APREL, CA-Vaucluse, agence de l'eau, 2007.
VEDIE.H et TAULET.A. 2004. *engrais verts en interculture d'automne-hiver.* Avignon : GRAB, 2004.
—. 2004. *engrais verts en interculture d'automne-hiver, compte-rendu.* Avignon : GRAB, 2004.
VEDIE.H, MAZOLLIER.C et TAULET.A. 2002. Amélioration de la fertilité : étude d'engrais verts sous abris. Avignon : GRAB, 2002.
VEDIE.H, TAULET.A et MAZOLLIER.C. 2003. lutte contre les adventices et amélioration de la fertilité : différents engrais verts en interculture d'automne-hiver en pleins champs. Avignon : GRAB, 2003.
VILLAIN, et al. 2002. Comparaison de différentes espèces d'engrais verts sous abris. Avignon : GRAB, 2002.

Liste des annexes

Annexe 1 : liste des personnes et structures représentées au comité de pilotage du projet ADméd……p56

Annexe 2 : zone de réalisation d'entretiens prioritaires et ouvertures possibles……p58

Annexe 3 : tableau résumant les hypothèses de départ sur les problèmes culturaux rencontrés dans différentes productions……p59

Annexe 4 : situation géographique des 16 fermes enquêtées……p61

Annexe 5 : Répartition des exploitations par surface et limite des 4 hectares.....p62

Annexe 6 : densité de semis préconisée et coût de la semence (Jean Michel CRESTIN, Sophie VANNIER, 2007)……p63

Annexe 7 : estimation du coût de main d'œuvre et de mécanisation pour la mise en place d'une PDS (Jean Michel CRESTIN, Sophie VANNIER, 2007)……p63

Annexe 8 : Compilation des PDS ayant un effet structure ou biomasse intéressant (JEAN MICHEL CRESTIN, SOPHIE VANNIER, 2007) ET (POUSSET, 2011) ……p64

Annexe 9 : Compilation des PDS ayant un effet fertilisant (JEAN MICHEL CRESTIN, SOPHIE VANNIER, 2007) ET (POUSSET, 2011)……p64

Annexe 10 : Compilation des PDS ayant un effet concurrentiel aux adventices (JEAN MICHEL CRESTIN, SOPHIE VANNIER, 2007) ET (POUSSET, 2011) ……p65

Annexe 11 : Compilation des plantes ayant un effet piège à nitrate hivernal (Jean Michel CRESTIN, Sophie VANNIER, 2007) et (POUSSET, 2011) ……p65

<u>Annexe 1</u> : liste des personnes et structures représentées au comité de pilotage du projet ADméd

Nom	Prénom	Fonction
ARMAND	Denis	Agriculteur
AUGER	Gérard	CIVAM Humus du Vidourle Agronome, agriculteur
BATLLE-FONT	Raoul	FRCIVAM LR Administrateur
BAURY	Claude	Chambre d'Agriculture 13 Chef service eau, environnement
BEAUVOIS	Claire	FRCIVAM LR Stagiaire matières organiques
BLOCHET	Laurent	CIVAM Humus du Vidourle Administrateur
BONNAUD	Thierry	MAAF Chargé de mission CASDAR
BOULAHOUAT	Nordine	BEDE Coordinateur PRG
BRODU	Christophe	FRCIVAM LR Président
CARLIN	Antoine	FDCIVAM 30 Directeur
CASTAGNET	Marie	Chambre d'Agriculture 34 Chargée épandage déchets orga
CHABAS	Roland	GRCIVAM PACA Administrateur
CHARLES	Nathalie	PNR du Luberon Chargée d'études
DELPUECH	Xavier	IFV Ingénieur correspondant DD
ESPERT	Mathieu	GRCIVAM PACA Animateur agriculture durable
HOUSSARD	Claudie	CEN LR Directrice
JAVELLE	Aurélie	INRA - UMR Innovation Ingénieure de recherche
MARCADE	François	GRCIVAM PACA Coordinateur
MARCEL	Anne	REGION LR - DRAEL Chargée de mission élevage
MOREAU	Michel	FRCIVAM LR Administrateur
MOULIN	Yves	CIVAM Humus du Vidourle Administrateur
NOUET	Yves	Chambre d'Agriculture 30 Animateur captages prioritaires
PAYEN	Daniel	CIVAM du Vidourle Administrateur
PERES	Juliette	FRCIVAM LR Coordinatrice
QUERTIER	Pierre	CIVAM Humus du Vidourle Agriculteur
RAPETTI	Nicola	MICRO-TERRA Entrepreneur
RENOU	Philippe	CIVAM Humus du Vidourle Administrateur
ROBAST	Anne-Sophie	FRCIVAM LR Animatrice agriculture durable
SIMOENS	Aude	FRCUMA Coordinatrice régionale
SINGLA	Jacques	CG34 Chargé de mission déchets
SINOIR	Françoise	GRCIVAM PACA Présidente, maraîchère
UMBACH	Marc	SITDOM Prévention
VEYRAT	René	FRCIVAM LR Administrateur
ALLAYA	Yezid	FDCIVAM 34 Président
BAUVINEAU	Christophe	Bio de Provence Directeur
BOU	Laure	Pays d'Arles Chargée de mission
CAIZERGUES	Cécile	CC Pays de Sorgue Chargée de mission
CHABBERT	Michel	DRAAF LR - SRFD
CHAUVET	Gérard	GDCIVAM 11 Administrateur

DEGACHE	Françoise	CRIPT PACA Chargée de mission
DOMERGUE	Marjorie	INRA UMR MOISA
EYNAUD	Jean-Louis	Agribio 13 Président
FLORES	Denis	CIVAM Bio 30 Président
FREZEL	Julia	RRR PACA
GALAND	Nathalie	PNR Les Alpilles Chargée de mission
GAZEAU	Gérard	Chambre d'Agriculture 84
GRAAFLAND	Léa	FDCIVAM 34 Coordinatrice
HEBRAULT	Alexia	GERES Mission compost PACA
HOUZE	Mathilde	RRR PACA Animatrice
JAMMES	Didier	Bio de Provence Chargé de mission
JAUBERT	Max	FDCUMA 84 Chargé de mission
JEZEQUEL	Stéphane	Arvalis
LAUNAY	Frédéric	Agence de l'Eau RMC
LAZARE	Franck	FDCUMA 84 Administrateur
LEZAUD	Alain	Agriculteur
METRAL	Raphaël	INRA UMR System
MOURON	Christophe	FDCUMA 13 Chargé de mission
PAPET	Charlaine	Conseil Général 34
PONS	Thierry	TRAME Chargé de mission
PUYGRENIER	Samuel	ADEME LR
RAVET	Stéphane	DDTM 30
ROMANET	DUCREY	Christelle SITDOM
ROUSSIER	Robert	Les Paniers Marseillais Administrateur (maraîcher 84)
ROUX	Michel	Agence de l'eau RMC
SAUTEREAU	Natacha	Chambre d'Agriculture 84 Chargée de mission
SCHILL	Marie	DRAAF
SOULARD	Christophe	INRA - UMR Innovation
THULLIER	Fabrice	DRAAF PACA Chargé de mission
THURIET	Thierry	MAAF Chargé de mission CASDAR
VEDIE	Hélène	GRAB Chargée de mission fertilité
VIGNAUD	Pierre	ADEME
WERY	Jacques	INRA UMR System

<u>Annexe 2</u> : zone de réalisation d'entretiens prioritaires et ouvertures possibles

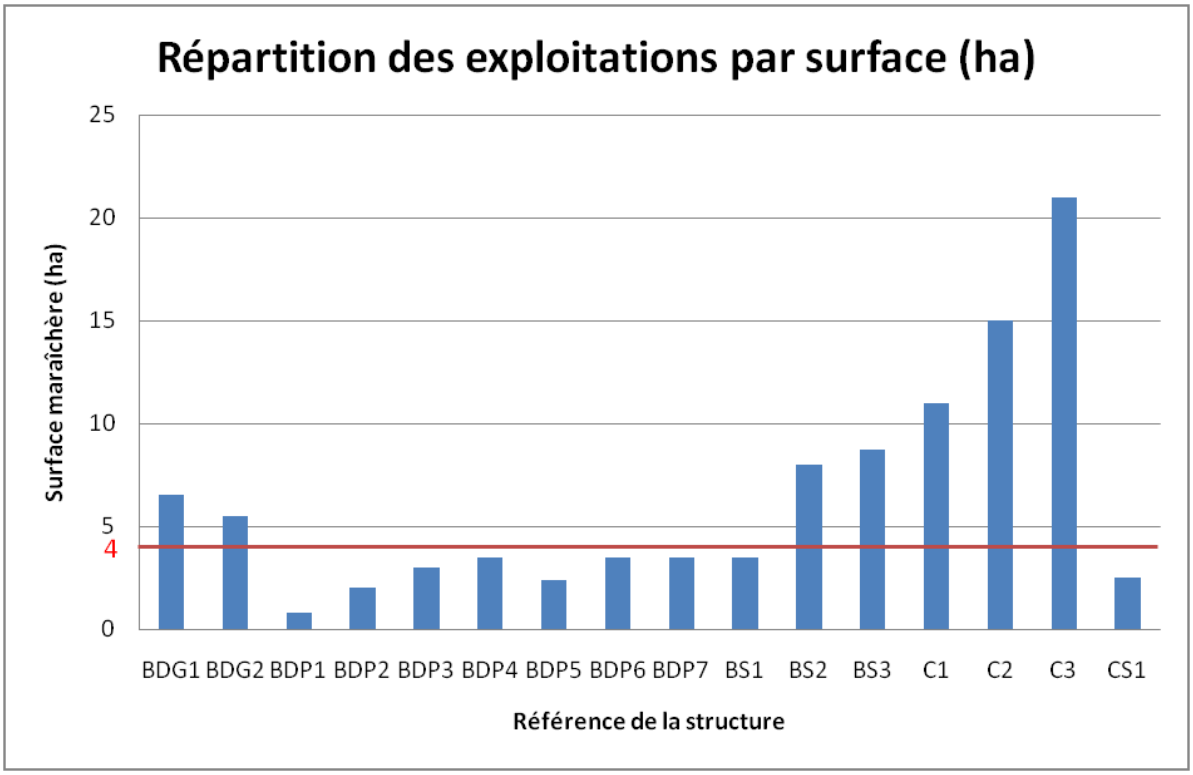
<u>Annexe 3</u> : tableau résumant les hypothèses de départ sur les problèmes culturaux rencontrés dans différentes productions

hypothèses prioritaires		hypothèses secondaires		
Type de culture	**thème**	**problème cultural probable**	**conséquences**	**solutions possibles**
maraîchage	rotation intensive des cultures	carence provoquée par la rotation	besoin en minéraux de la plante	engrais verts / apports d'engrais minéraux ou organiques
maraîchage	rotation intensive des cultures	faible restitution à la parcelle	chute du taux de MO	engrais verts / apports de ferti orga / restitution à la parcelle
maraîchage	érosion	érosion éolienne	perte d'éléments minéraux	haies brise vents
maraîchage	érosion	érosion hydrique (climat/irrigation)	perte d'éléments minéraux	couverture permanente du sol / gestion précise de l'irrigation
maraîchage	fertilisation minérale	prix de la fertilisation	marge/ culture	
maraîchage	fertilisation minérale	quantitées apportées	maîtrise technique de la fertilisation	références techniques précises
maraîchage	fertilisation uniquement minérale	non maintien du taux de MO	diminution de la structure du sol, battance	apports de matières organiques
maraîchage	fertilisation organique	approvisionnement en quantité	disponibilité, capacité transport, matériel de compostage	
maraîchage	fertilisation organique	approvisionnement en qualité	C/N, K2, boues d'épuration	
maraîchage	fertilisation organique	incorporation de la MO	quel matériel pour le maraîchage? / taille des résidus	
maraîchage	travail du sol	nombre de passages élevé	tassement / conditions de passages?	
maraîchage	travail du sol	quel matériel?	adapté? / prix du matériel	fournisseurs ? / CUMA?
maraîchage	complémentarité avec d'autres ateliers	élevage	organisation du calendrier de travail / utilisation des terres?	
maraîchage	complémentarité avec d'autres ateliers	plantes pérennes	compétition (lumière, eau, minéraux)?	
maraîchage	complémentarité avec d'autres ateliers	grandes cultures	déplacement de l'irrigation / serres? / équipement spécialisé	
maraîchage	irrigation	quantité et qualité	lixiviation / tassement	
Elevage	intensité du système	surpâturage ou fermeture du milieu	perte d'une partie des surfaces	
Elevage	autonomie en fourrage	quelle surface / fertilisation / qualité		
Elevage	autonomie en céréales	cf problèmes de l'atelier grande culture		

grande culture	fertilisation minérale	prix?	marge brute/culture	
grande culture	fertilisation minérale	maintien du taux de MO	diminution de la structure du sol, battance	engrais verts / apports de ferti orga / restitution à la parcelle?
grande culture	érosion	éolienne	perte d'éléments minéraux	haies brise vents
grande culture	érosion	hydrique	perte d'éléments minéraux	couverture permanente du sol
grande culture	fertilisation organique	approvisionnement en quantité	disponibilité, capacité de transport, matériel de compostage	
grande culture	fertilisation organique	approvisionnement en qualité	C/N, K2, boues d'épuration	
grande culture	travail du sol	nombre de passages et conditions	tassement	maîtrise technique (réssuyement, profondeur, réglage) / matériel adapté / TCS et SCV
grande culture	travail du sol	matériel non adapté	tassement	roues jumelées/pneus basse pression
grande culture	travail du sol	prix de la mécanisation	marge brute de l'atelier	TCS / SCV
grande culture	association à d'autres ateliers	plantes pérennes	adaptation du matériel	réflexion sur les largeurs et le type d'outils
grande culture	association à d'autres ateliers	plantes pérennes	compétition (lumière, eau, minéraux)?	
grande culture	association à d'autres ateliers	élevage	calendrier de travail / gestion de la rotation	
arbo/vigne	fertilisation minérale	prix?	marge brut/culture	
arbo/vigne	fertilisation minérale	maintien du taux de MO	diminution de la structure du sol, battance	engrais verts / apports de fertilisant organique / restitution à la parcelle?
arbo/vigne	travail du sol	nombre de passages et conditions	tassement	limitation du nombre de passages / conditions
arbo/vigne	travail du sol	matériel non adapté	tassement / gestion des racines	roues jumelées/pneus basse pression / profondeur de travail
arbo/vigne	érosion	éolienne	perte d'éléments minéraux	haies brise vents / sens d'implantation des vignes - vergers
arbo/vigne	érosion	hydrique	perte d'éléments minéraux	couverture permanente du sol
arbo/vigne	absence de rotations	carences minérales	nécessité d'apports d'engrais	
arbo/vigne	fertilisation organique	approvisionnement en quantité	disponibilité, capacité de transport, matériel de compostage	
arbo/vigne	fertilisation organique	approvisionnement en qualité	C/N, K2, boues d'épuration	
arbo/vigne	fertilisation organique	incorporation de la MO	matériel adapté à l'enfouissement en vigne-arbo	
arbo/vigne	irrigation	qualité/quantité	problèmes de lixiviation / tassement	

<u>Annexe 4</u> : situation géographique des 16 fermes enquêtées

<u>Annexe 5</u> : Répartition des exploitations par surface et limite des 4 hectares



Annexe 6 : densité de semis préconisée et coût de la semence (Jean Michel CRESTIN, Sophie VANNIER, 2007)

	Densité (kg/ha)	Coût €/ha
Sorgho	30 à 60	50 à 110
Moha de Hongrie	30	30 à 40
Seigle fourrager	30	60 à 80
Seigle grain	120	20 à 30
Avoine	100 à 150	20 à 30
Radis fourrager	15	70
Moutarde blanche	15	30
Moutarde brune	15	30
Navette fourragère	15 à 20	42 à 56
Phacélie	15	105
Sarrasin	60 à 80	160 à 230
Vesce	60	52
Tagète	2 à 4	200 à 400

Annexe 7 : estimation du coût de main d'œuvre et de mécanisation pour la mise en place d'une PDS (Jean Michel CRESTIN, Sophie VANNIER, 2007)

POSTE	PRIX UNITAIRE	QUANTITE	TOTAL/HA
FOURNITURES	Euro/kg	Kg/ha	€/ha
• Seigle grain	0,20	120	24,00
TOTAL Fournitures			**24,00**
MAIN D'ŒUVRE	Coût horaire	Heure/ha	Total €HT
• Sous-soleuse 5 dents porté	16	0,8	12,80
• Covercrop + rouleau	16	0,5	8,00
• Semis	16	1	16,00
• Broyeur à couteaux	16	1	16,00
• Covercrop 2 passages	16	1	16,00
TOTAL main d'œuvre		**4,3**	**68,80**
MECANISATION	Coût horaire	Heure/ha	Total €HT
• Sous-soleuse 5 dents porté avec tracteur 130 ch	32,90	0,8	26,32
• Covercrop + rouleau avec tracteur 130 ch	36,14	0,5	18,07
• Semoir avec tracteur 130 ch	38,79	1,0	38,79
• Broyeur à couteaux avec tracteur 130 ch	35,04	1,0	35,04
• Covercrop 2 passages avec tracteur 130 ch	35,77	1,0	35,77
TOTAL charges mécanisation		**2,3**	**153,99**
TOTAL CHARGES			**246,79**

** Coûts mécanisation Chambre d'Agriculture 13 club de progrès Blé dur 2002-2003.*

Annexe 8 : Compilation des PDS ayant un effet structure ou biomasse intéressant (JEAN MICHEL CRESTIN, SOPHIE VANNIER, 2007) ET (POUSSET, 2011)

espèce	effet attendu	autres effets intéressants	problèmes éventuels	facilité d'implantation
plantes de service d'été				
Seigle Fourrager	bon effet structure		concurrence moyenne avec les adventices / destruction pouvant être difficile au rotobroyeur	++
Moha de Hongrie	effet biomasse	bonne résistance à la chaleur	irrigation obligatoire	+
Sorgho Fourrager	effet biomasse			++
Sarrasin	effet structure intéressant	plante nettoyante, adaptée aux sols pauvres, cycle court (100 à 120 jours)		0
plantes de service d'automne				
Seigle Fourrager	bon effet structure	implantation tardive possible	concurrence moyenne avec les adventices / destruction pouvant être difficile au rotobroyeur	++
Triticale	effet structure intéressant		couverture moyenne du sol	++
Phacélie	bon effet structure		résiste mal aux excès de température ou de froid / héberge de nombreux prédateurs commun d'autres cultures maraîchères + virus Y de la pomme de terre	0
plantes de service sous abris				
Moha de Hongrie	effet biomasse	bonne résistance à la chaleur	irrigation obligatoire	+
Sorgho Fourrager	effet biomasse			++
Sarrasin	effet structure intéressant	plante nettoyante, adaptée aux sols pauvres, cycle court (100 à 120 jours)		0

Annexe 9 : Compilation des PDS ayant un effet fertilisant (JEAN MICHEL CRESTIN, SOPHIE VANNIER, 2007) ET (POUSSET, 2011)

espèce	effet attendu	autres effets intéressants	problèmes éventuels	facilité d'implantation
plantes de service d'été				
Moutarde	très bons pièges à nitrates	se développent très rapidement, étouffent les autres adventices, cycle court	très sensibles aux maladies - à éviter absolument si crucifères dans la rotation	0
Radis fourrager				++
Navette				++
Moha de Hongrie	effet biomasse	bonne résistance à la chaleur	irrigation obligatoire	+
Sorgho fourrager	effet biomasse			++
plantes de service d'automne				
Moutarde	très bons pièges à nitrates	se développent très rapidement, étouffent les autres adventices, cycle court	très sensibles aux maladies - à éviter absolument si crucifères dans la rotation, plantes gélives	0
Radis fourrager				++
Navette				++
RGI + Vesce	effet légumineuse	très bonne couverture du sol du RGI	repousse du RGI, développement limité de la Vesce par rapport au RGI	+
Seigle fourrager + Vesce	effet légumineuse	effet structure		++
Vesce d'hiver	effet légumineuse	bonne couverture du sol		+
plantes de service sous abris				
Moha de Hongrie	effet biomasse	bonne résistance à la chaleur	irrigation obligatoire	+
Sorgho fourrager	effet biomasse			++
Radis fourrager	très bon piège à nitrate	se développe très rapidement, étouffe les autres adventices, cycle court	très sensible aux maladies - à éviter absolument si crucifères dans la rotation	++

<u>Annexe 10</u> : Compilation des PDS ayant un effet concurrentiel aux adventices (JEAN MICHEL CRESTIN, SOPHIE VANNIER, 2007) ET (POUSSET, 2011)

espèce	effet attendu	autres effets intéressants	problèmes éventuels	facilité d'implantation
plantes de service d'été				
Moha de Hongrie	effet biomasse	bonne résistance à la chaleur	irrigation obligatoire	+
Sorgho Fourrager	effet biomasse			++
Sarrasin	plante nettoyante	effet structure intéressant , adaptée aux sols pauvres, cycle court (100 à 120 jours)		0
Moutarde	se développent très rapidement, étouffent les autres adventices	cycle court,très bons pièges à nitrates	très sensibles aux maladies - à éviter absolument si crucifères dans la rotation	0
Radis fourrager				++
Navette				++
plantes de service d'automne				
Moutarde	se développent très rapidement, étouffent les autres adventices	cycle court,très bon piège à nitrate	très sensibles aux maladies- à éviter absolument si crucifères dans la rotation, plantes gélives	0
Radis fourrager				++
Navette				++
RGI + Vesce	très bonne couverture du sol du RGI	effet légumineuse	repousse du RGI, développement limité de la Vesce par rapport au RGI	+
plantes de service sous abris				
Moha de Hongrie	effet biomasse	bonne résistance à la chaleur	irrigation obligatoire	+
Sorgho fourrager	effet biomasse			++
Radis fourrager	se développe très rapidement,	cycle court,très bon piège à nitrate	très sensible aux maladies - à éviter absolument si crucifères dans la rotation	++
Sarrasin	plante nettoyante	effet structure intéressant, adaptée aux sols pauvres, cycle court (100 à 120 jours)		0

<u>Annexe 11</u> : Compilation des plantes ayant un effet piège à nitrate hivernal (Jean Michel CRESTIN, Sophie VANNIER, 2007) et (POUSSET, 2011)

espèce	effet attendu	autres effets intéressants	problèmes éventuels	facilité d'implantation
plantes de service d'automne				
Moutarde	très bons pièges à nitrates, se développent très rapidement	étouffent les autres adventices, cycle court	très sensibles aux maladies - à éviter absolument si crucifères dans la rotation, plantes gélives	0
Radis fourrager				++
Navette				++
RGI + Vesce	très bonne couverture du sol du RGI	effet légumineuse	repousse du RGI, développement limité de la Vesce par rapport au RGI	+

Abstract

Management of soil fertility is agricultural systems administration central preoccupation. Today, soil and agronomy come back to the foreground and farmers are looking for reply at their crop problems.

In this context, the Regional Group CIVAM Provence-Alpes-Côte-d'Azur created a project called “Sustainable Mediterranean Agricultures” to identify problems and share interesting management practices of soil fertility. This year, after some research to define areas having priority, they have made deep work about integration service plants and consequences of tillage related to vegetable crops. The problematic was: « How can we use implantation services to solve cropping problem and what is their limit and how tillage’s practices can also have a strong impact on these? ».

To reply, we have made data base from bibliographical research emphasize, questioned sixteen vegetable farmers and made five soil profiles. Analysis of research can be divided in three types of results: a list of service plants which can resolve cropping problems, a study concerning facilities and technical limits of service plant’s establishment and some remarks and thought about tillage practices in vegetable farms.

The main crop problems mainly concern the structure of the soil (loamy in most of the farms), the fertilization needs and the rotation cycles not adapted anymore. Bibliographical research emphasis how many plants can be used to resolve these problems whether it’s in autumn, summer or in greenhouses intercropping. Implantation of service plants inside the vegetable farms depends of the farm structure and can be treated individually. Globally, in the questioned farms, the biggest ones have some advantages to welcome into this system because they can offer some spaces for service plants, even without benefits in short term. In addition to that, they also allow a greater range of equipment to facilitate the management of service plants, from implantation to destruction. Then, species diversification can be problematic, implying heavy organization and compromising the efficient and conscientious management that service plants need.

Soil profiles give us various questions about the effectiveness of subsoiler, the caking risk of loamy soils during wet season and surface problems when the topsoil is crumbled by a soil rotary working tool.

Adméd project continue to go further into this questions. Information sheet will be produced, meetings and trainings will be organized to reply to the farmers cropping problems and support them.

Key Words : *CIVAM, vegetable farm, service plants, intercrop, soil structure*

Résumé

La gestion de la fertilité du sol est au cœur du fonctionnement d'un système agricole. A l'heure où le sol et l'agronomie reviennent au premier plan, de nombreuses questions se posent à l'agriculteur pour répondre aux différents problèmes culturaux rencontrés.

Dans ce contexte, le Groupement Régional CIVAM Provence-Alpes-Côte-D'azur s'intéresse au recensement et au partage de pratiques intéressantes de gestion de la fertilité du sol dans le cadre du projet Agricultures Durables en Méditerranée. Cette année, à la suite d'un premier travail visant à définir des axes d'études pertinents, un approfondissement a été réalisé pour les cultures maraîchères autour des questions de l'intégration de plantes de service et des conséquences de l'itinéraire technique. Cet approfondissement a été formulé comme suit : **« Quels sont les utilisations et limites d'implantation des plantes de service en maraîchage pour résoudre des problèmes culturaux et en quoi les pratiques de travail du sol peuvent aussi avoir un impact fort sur ces derniers? »**

Afin de répondre à cette problématique, l'acquisition de données s'est faite sous la forme d'une étude bibliographique, de seize entretiens chez des maraîchers et de cinq profils de sol. L'analyse de ces différentes données a abouti à trois types de résultats : une confrontation des problèmes culturaux et des plantes de service pouvant y remédier, une étude sur les facilités et blocages structurels à l'implantation de plantes de services, ainsi que des pistes de réflexions sur le travail du sol.

Les principaux problèmes culturaux concernent principalement la structure du sol (limoneux chez les agriculteurs enquêtés), le besoin en fertilisation et celui de couper les rotations. La bibliographie nous apprend que de nombreuses plantes peuvent répondre à ces questions, que ce soit en interculture d'automne, d'été ou bien sous abris. la question de l'implantation des plantes de service dans l'organisation maraîchère est, elle, bien plus dépendante de la structuration de la ferme. Ainsi, parmi les fermes enquêtées, les structures plus grandes sont avantagées. Leur taille plus importante permet de réserver des surfaces pour les plantes de service qui ne sont pas rentables à court terme contrairement à une autre plante dont la récolte serait commercialisée. D'autre part, la taille de ces structures permet aussi un plus grand parc de matériel facilitant la gestion des plantes de service, de l'implantation à la destruction. Enfin la diversification des espèces peut s'avérer un frein car elle implique un calendrier bien plus compliqué qui laisse alors peu de temps à la gestion sereine de plantes de service.

Des profils de sols sont ressortis divers questionnements sur l'efficacité réelle des passages de décompacteurs, le risque de prise en masse sur les sols limoneux lors d'un travail en condition humide ainsi que les problèmes de surfaces lorsque la couche superficielle du sol se retrouve émiettée par un outil de travail du sol rotatif.

Les différents résultats apportés par cette étude vont faire l'objet d'approfondissement dans le cadre du projet ADméd à travers des fiches d'informations, de l'accompagnement de producteurs, des rencontres et des formations.

Mots clés : *CIVAM, maraîchage, plantes de service, engrais verts, CIPAN, problèmes culturaux, profil de sol*

Pour citer cet ouvrage : Passarieu, Sébastien, 2013. Problèmes culturaux en maraîchage : état structural du sol et possibilités offertes par les plantes de service. Mémoire, ingénieur agronome option Production Végétale Durable, Montpellier SupAgro, 68p

Montpellier SupAgro, Centre international d'études supérieures en sciences agronomiques de Montpellier, 2 place Pierre Viala, 34060 Montpellier cedex 02. http://www.supagro.fr