



LA PROTECTION DE L'EAU PAR LE RETOUR DES MATIERES ORGANIQUES A LA SURFACE DU SOL

Etude dans le cadre d'un captage Grenelle d'Estang (32)

Sylvain BARON

Mémoire d'Ingénieur
92^{ème} promotion

Mai 2013



Projet réalisé en partenariat avec :



Institut de l'Agriculture Durable,
38 rue des Mathurins,
75008 PARIS



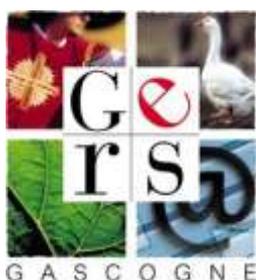
Coopérative Agricole Vivadour,
Malartic Route d'Agen,
32000 AUCH



Arbre & Paysage 32,
10 avenue de la Marne,
32000 AUCH



GABB 32,
Maison de l'agriculture,
32003 AUCH Cedex



Conseil Général du Gers,
81 Route de Pessan, BP20569
32022 AUCH Cedex 9



AGENCE DE L'EAU
ADOUR-GARONNE

Agence de l'eau Adour-Garonne,
90 rue de Férétra
31078 TOULOUSE Cedex 4

Ainsi que le Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable (SIAEP) d'Estang
SIAEP d'Estang, Rue principale, 32240 Estang

Résumé

La gestion de l'eau constitue un enjeu majeur à tous les niveaux. La réglementation évolue régulièrement, mais il n'y a pas vraiment de résultat : la qualité de l'eau se dégrade en France. Les solutions proposées par les pouvoirs publics ne sont sûrement pas adaptées. Les seuls outils disponibles pour inciter à la préservation de l'eau sont les mesures agro-environnementales (MAET). Cela consiste seulement à une indemnisation pour une réduction d'intrant systématique. L'objectif de cette étude était de proposer des solutions concrètes aux agriculteurs afin qu'ils puissent répondre aux demandes du Plan d'Action Territorial (PAT) du Captage Grenelles d'Estang (32). L'hypothèse stipule qu'un changement de pratiques agricoles favorables au retour de matières organiques particulières en surface du sol aide à l'amélioration de la qualité de l'eau. Les enquêtes qualitatives réalisées auprès des agriculteurs d'Estang soulèvent les points d'améliorations possibles de leurs pratiques agricoles. Ensuite les enquêtes réalisées auprès d'agriculteurs « experts » ont permis d'identifier des pratiques de gestion des sols différentes. Les analyses de sols réalisées sur la zone du PAT d'Estang montrent que les pratiques agricoles ont un impact sur la qualité du sol. Les résultats permettent de conclure que les sols « naturels » sont de meilleures qualités que les sols agricoles qui apparaissent dégradés. Il ressort de l'étude qu'il existe un lien entre le retour de matière organique au sol, la qualité du sol et la qualité de l'eau. Les résultats obtenus ont permis d'élaborer différentes propositions : des expérimentations pour comparer la qualité des sols gérés par différentes pratiques, la qualité de l'eau de ruissellement, des indicateurs pour évaluer la durabilité des systèmes, et une proposition pour le suivi des agriculteurs.

Mots-clés : matière organique, pratiques agricoles, gestions des sols, pollution des eaux, couverture des sols

Abstract

Water management is an important stake at all levels. Regulations are constantly evolving, but there are no tangible improvements in the actual water quality yet: quite the reverse, water quality is actually decreasing overall in France. The solutions suggested by government agencies are not adapted to the field situation. The only tools available as incentives for water protection are the agro-environmental measures (MAET), which are in the form of a financial compensation to farmers who reduce their use of agro-chemicals. The aim of this study was to propose practical solutions to farmers in order to facilitate their compliance with the objectives of the "*Plan d'Action Territorial (PAT) du Captage Grenelles d'Estang (32)*". The hypothesis stipulates that changing agricultural practices to increase the levels of organic matter in farm soil is correlated with an improvement in water quality. The qualitative surveys realized with the farmers in the Estang zone formed the basis of a working document which outlined all the technical points susceptible to have a positive effect on their good agricultural practices. The surveys realized with a panel of expert farmers also allowed us to identify different soil management practices. The soil analyses made on the PAT d'Estang zone demonstrate that agricultural practices can have a direct positive impact on soil quality. The study results allow us to conclude that « natural » soils have a better quality than farm soils which are degraded. This study proves that there is a direct link between the organic matter content of the soil and the soil and water quality. Several proposals have been suggested: 1) experimental protocols designed to make a comparison between soil qualities in the context of management with different farming practices; 2) the assessment of the quality of water run-off in different soil management contexts; 3) a list of practical indicators to evaluate the sustainability of different farming systems and 4) a proposal for a personalized follow-up of the different farmers involved in the study.

Keywords : organic matter, agricultural practices, soil management, water pollution, soil cover crops

Remerciements

Je tiens à remercier Konrad Schreiber pour son encadrement tout au long de ce stage, pour toutes les connaissances qu'il m'a transmis, cela m'a permis de bien évoluer durant ces 6 mois. J'ai particulièrement apprécié son ouverture d'esprit et sa manière d'aborder cette étude.

Je remercie également Javier Scheiner pour son accompagnement et ces conseils précieux pendant toute la rédaction de ce mémoire.

Un grand merci à Gilbert Lagnies, Michel Herbach et Mickael Gayemetou avec qui j'ai travaillé sur le projet du PAT d'Estang tout au long de ce stage.

Je remercie chaleureusement tous les agriculteurs qui m'ont accordé du temps pour la réalisation de mes enquêtes et les rencontres ultérieures.

Merci à toute l'équipe de Lucante pour son accueil et son aide précieuse au quotidien.

Je tiens également à remercier l'ensemble des personnes qui m'ont, de près ou de loin, aidé au cours de ces six mois et lors de la rédaction de ce mémoire.

Je souhaite également remercier ma famille et mes amis pour leur soutien durant ces cinq années d'études.

Table des matières

Table des matières.....	V
Sigles et abréviations.....	VIII
Introduction.....	1
PARTIE 1 : Contexte de l'étude.....	2
1 L'eau : une préoccupation grandissante.....	3
1.1 Dans le monde.....	3
1.2 En Europe.....	4
1.3 En France.....	4
2 Le captage Grenelle d'Estang : un cas particulier à l'image de la situation nationale.....	4
2.1 Le captage de la Fontaine Sainte à Estang.....	4
2.2 Captage prioritaire « Grenelle » et gestion de l'eau.....	5
2.2.1 Définition d'un captage « Grenelle ».....	5
2.2.2 La gestion de l'eau en France.....	5
2.2.2.1 Organisation des structures de gestion de l'eau.....	6
2.2.2.2 Réglementation autour de l'eau.....	7
2.3 Les objectifs sont-ils atteints ?.....	8
2.4 Le plan d'action territorial d'Estang.....	9
2.4.1 Description.....	9
2.4.2 Les partenaires du PAT.....	10
2.4.3 Constat.....	11
3 Une nouvelle approche pour le PAT.....	13
4 La qualité de l'eau sous l'influence de la qualité du sol ?.....	15
4.1 La qualité de l'eau.....	15
4.2 La qualité du sol.....	16
4.2.1 Pourquoi la qualité des sols est-elle si importante ?.....	17
4.2.2 Ce que le sol fait pour nous !.....	17
4.2.3 Composants du sol.....	18
4.2.4 Quelques indicateurs de qualité.....	18
4.2.5 Mesure de la qualité des sols : propriétés physiques et physico-chimiques.....	19
4.2.5.1 Texture.....	19
4.2.5.2 Structure.....	19
4.2.5.3 Densité apparente.....	21
4.2.5.4 Porosité.....	22
4.2.5.5 La température.....	22
4.2.5.6 Le complexe argilo-humique.....	23
4.2.5.7 Les échanges ioniques dans le sol.....	23
4.2.5.8 La capacité d'échange cationique.....	23
4.2.5.9 Le pH des sols.....	24
4.2.6 Propriétés biologiques.....	25
4.3 Il existe un lien entre la qualité du sol et la qualité de l'eau.....	25
5 La qualité du sol en lien avec la gestion de la matière organique.....	26
5.1 La place de la matière organique dans le sol.....	26
5.2 Caractéristiques des matières organiques des sols.....	27
5.2.1 Les matières organiques particulières.....	28
5.2.2 Organismes vivants du sol (Matière organique vivante).....	28
5.2.2.1 Faune du sol.....	30
5.2.2.2 Microorganismes du sol.....	30
5.2.3 Matières organiques moléculaires.....	31
5.2.3.1 Les matières organiques à dégradation rapide.....	31
5.2.3.2 Les matières organiques à dégradation lente.....	32

5.3	Le lien matière organique et qualité des sols	33
5.4	Le lien matière organique et qualité de l'eau	34
6	Problématique, hypothèse et objectif.....	35
	PARTIE 2 : Matériel et méthode	38
1	Phase d'enquête.....	41
1.1	Agriculteurs du PAT d'Estang	41
1.1.1	Guide d'entretien semi-directif	41
1.1.1.1	Structure du guide d'entretien	41
1.1.1.2	Test du guide d'entretien.....	41
1.1.2	Échantillon	42
1.1.2.1	Choix des agriculteurs.....	42
1.1.2.2	Représentativité de l'échantillon	42
1.1.3	Méthode d'enquête	42
1.1.4	Traitement des données.....	42
1.2	Agriculteurs experts.....	43
1.2.1	Guide d'entretien semi-directif	43
1.2.2	Choix des agriculteurs.....	43
1.2.3	Méthode d'enquête	45
1.2.4	Traitement des données.....	45
2	Suivi et implication des agriculteurs	45
3	Analyse de sol	46
3.1	Localisation des prélèvements.....	46
3.1.1	Choix des parcelles.....	46
3.1.2	Localisation : Bordure et centre parcelle	47
3.2	Profils de sols.....	47
3.2.1	Protocole.....	47
3.2.2	Résultats attendus	48
3.3	Mesures physiques	48
3.3.1	Méthodes de prélèvements	48
3.3.2	Analyse.....	50
3.3.3	Résultats attendus	51
3.4	Déterminants chimiques	51
3.4.1	Méthodes de prélèvements	51
3.4.2	Analyses de sol.....	52
3.4.3	Résultats attendus	52
4	Chiffrage des expérimentations proposées :.....	52
	Partie 3 : Résultats et discussion.....	54
1	Agriculteurs et pratiques locales.....	55
1.1	Typologie des exploitations de la zone d'étude	55
1.2	Identification des pratiques agricoles du PAT.....	56
1.2.1	Grandes cultures.....	56
1.2.1.1	Blé.....	57
1.2.1.2	Maïs	58
1.2.1.3	Tournesol	59
1.2.1.4	Les cultures menées en agriculture biologique	59
1.2.1.5	Les rotations	61
1.2.2	Vigne	63
1.3	Les problèmes rencontrés	64
1.4	Les motivations et pistes d'évolutions	65
1.5	À Estang, des pratiques agricoles « sans matière organique ».....	66
2	Identification de nouvelles pratiques possibles	66
2.1	Les « réseaux du Sud-Ouest »	66

2.1.1	Agriculteurs.....	66
2.1.2	Organismes	67
2.1.3	Associations.....	67
2.2	Typologie des exploitations enquêtées	68
2.3	Pratiques des agriculteurs « experts »	70
2.3.1	Grandes cultures.....	70
2.3.1.1	Pratiques utilisées par les agriculteurs enquêtés	70
2.3.1.2	Objectif recherché et constat des agriculteurs	74
2.3.1.3	Identification des pratiques.....	75
2.3.2	Vigne	76
2.4	Le potentiel des nouvelles pratiques	78
3	État des lieux des sols du PAT :	79
3.1	Les profils de sol	79
3.2	Analyses physiques.....	81
3.2.1	Densité apparente.....	81
3.2.2	Porosité	83
3.2.3	Quantité d'eau.....	85
3.2.4	Water Filed Pore Space (WFPS) ou porosité utile à l'eau	87
3.3	Analyse chimique	89
3.3.1	Teneur en matière organique	89
3.3.2	Teneur en azote.....	91
3.3.3	Capacité d'échange cationique.....	93
3.3.4	pH eau	95
3.4	Conclusion des analyses de sol.....	96
3.5	Synthèse des résultats	96
4	Limite de l'étude	100
4.1	Les enquêtes du PAT	100
4.2	Les enquêtes des agriculteurs experts.....	100
4.3	Les prélèvements de terre	100
4.3.1	Le nombre d'échantillons.....	100
4.3.2	La localisation des prélèvements.....	101
4.3.3	Des analyses complémentaires nécessaires	101
Partie 4 : Propositions		102
1	Propositions d'expérimentations	103
1.1	Expérimentation 1 : Suivi en champs de comparaison	103
1.1.1	Suivi du sol par analyses de terre.....	104
1.1.2	Valise de test Soil Quality Test Kit (SQTk)	105
1.2	Expérimentation 2 : Suivi de la qualité de l'eau de ruissellement.....	107
2	Évaluation de la durabilité des systèmes de production.....	109
3	Évolution du suivi des agriculteurs	111
4	Bilan des propositions.....	112
4.1	Bilan technique.....	112
4.2	Bilan Temps	114
4.3	Bilan Coût	114
5	Perspectives de l'étude.....	115
Conclusion générale		117
Références bibliographiques		119
Glossaire		127
Table des figures		128
Table des tableaux.....		131
ANNEXES		132
Table des annexes.....		148

Sigles et abréviations

AAC : Aire d’Alimentation de Captage

AB : Agriculture biologique

AFNOR : Association Française de Normalisation

AOC sol : Association Occitane de Conservation des Sol

APAD : Association pour la Promotion d’une Agriculture Durable

A&P32 : Arbre et paysage 32

Bio : Agriculture biologique

C : Cavaillon

Ca : Calcium

CEC : Capacité d’échange cationique

CG32 : Conseil Générale du Gers

CIEAU : Centre d’Information sur l’eau

CIPAN : Culture Intermédiaire Piège à Nitrate

CIRAD : Centre de Coopération internationale en Recherche Agronomique pour Développement

CNE : Comité National de l’Eau

Conv. : Agriculture conventionnelle

CREAB : Centre Régional de Recherche et d’Expérimentation en Agriculture Biologique

CUMA : Coopérative d’Utilisation de Matériel Agricole

CV : Couvert Végétal

DCE : Directive Cadre sur l’Eau

DDT32 : Direction Départementale du territoire du Gers

ETA : Entreprise de Travaux Agricole

FAO : Organisation des Nations Unies pour l’alimentation et l’agriculture

GABB32 : Groupement des Agriculteurs Biologique et Biodynamique du Gers

GC : Grande Culture

ha : hectare

IAD : Institut de l’Agriculture Durable

IR : Inter-rang

K : potassium

LADES : Laboratoire de Datation des eaux souterraine

LEMA : Loi sur l’Eau et les Milieux Aquatiques

MAET : Mesures Agro-Environnementales Territoriales

Mg : Magnésium

MO : Matière Organique

N : Azote
NRCS : Natural Resources Conservation Service
OMS : Organisation mondiale de la Santé.
ONEMA : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques
ONU : Organisation des Nations Unies
P : Phosphore
PAC : Politique Agricole Commune
PAT : Plan d'action territorial
q : Quintal
Qté : Quantité
R&D : Recherche et Développement
Rdt : Rendement
SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SAU : Surface Agricole Utile
SCV : Semis direct sous couvert végétale
SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SIAEP : Syndicat Intercommunal d'Adduction d'Eau Potable
SQTK : Soil Quality Test Kit
T°C : Température
TTSI : Techniques Très Simplifiées d'Implantation
UN : Unité d'azote
USDA : United States Department of Agriculture
UTH : Unité de Travail Humain
WFPS : Water Filled Pore Space
ZSCE : Zone Soumises à Contraintes Environnementales

Introduction

Depuis près de 40 ans, la préoccupation autour de l'eau ne cesse de s'accroître. L'eau est une ressource naturelle fragile à préserver. Sensible aux pollutions, son utilisation est très encadrée. De multiples réglementations ont été instaurées depuis la première loi sur l'eau en 1964. Malgré un cadre réglementaire strict et de multiples adaptations de la réglementation, la qualité de l'eau en France continue à se dégrader. Les sources de pollutions sont diverses, cependant pour la partie agricole ce sont les nitrates et les pesticides que l'on retrouve le plus fréquemment dans les eaux.

Aujourd'hui l'enjeu prioritaire est la préservation à long terme des ressources en eau potable. Suite au Grenelle de l'environnement en 2007, de nombreux captages ont été désignés comme prioritaires. Ces derniers, appelés « captages Grenelle » font l'objet d'une surveillance toute particulière des agences de bassin. Ils font partie de leurs priorités d'action. Le but est de préserver la qualité de l'eau de ces captages, puisque leurs ressources sont stratégiques pour les territoires desservis.

Dans le Gers, il y a un seul captage « Grenelle », celui de la Fontaine Sainte à Estang. Afin de mobiliser les acteurs de l'eau autour d'un projet de conservation de cette ressource, l'agence de l'eau Adour-Garonne a mis en place en 2010 un plan d'action territorial (PAT). Ce dernier propose des mesures agro-environnementales territorialisées (MAET) pour inciter les agriculteurs à modifier leurs pratiques.

Face aux faibles aides compensatoires des MAET et des objectifs difficilement atteignables avec les pratiques actuelles, les agriculteurs ne s'engagent pas dans la démarche. Ces derniers sont à la recherche de solutions concrètes pour garder leur niveau de production et de revenu tout en respectant les objectifs environnementaux.

L'objectif de ce mémoire est de proposer des actions concrètes pour les agriculteurs afin de faire évoluer le PAT. Il s'agit d'évaluer l'impact des pratiques agricoles sur la qualité de l'eau et d'identifier des pratiques favorables à l'environnement et aux revenus agricoles. La recherche se penche plus spécifiquement sur les relations qui existent entre la matière organique, sa gestion, la qualité des sols et la qualité de l'eau.

Afin d'atteindre cet objectif, la méthodologie suivante a été appliquée. Dans un premier temps les agriculteurs du PAT ont été enquêtés pour faire l'état des lieux des pratiques locales. Ensuite une étude exploratoire sur de nouvelles pratiques agricoles améliorant la gestion des matières organiques des sols a été réalisée pour identifier de nouvelles pistes pour améliorer la qualité de l'eau. Puis des analyses de sols ont été faites pour faire un état des lieux sous différents mode de gestion des sols du PAT. Enfin, tout au long de ce stage de fin d'études, un suivi des agriculteurs a été réalisé pour bien cerner leurs motivations pour la protection de l'eau et identifier les freins.

Dans cette étude, le contexte local d'Estang sera présenté ainsi que l'importance des matières organiques dans le sol. Ensuite, les moyens mis en œuvre pour parvenir aux objectifs de l'étude seront développés dans une deuxième partie. Puis les résultats seront présentés et discutés. Une quatrième partie sera consacrée aux propositions formulées pour la suite du projet du PAT d'Estang en vue d'essayer de diminuer fortement la pollution de l'eau sans nuire à la productivité et la rentabilité des systèmes agricoles.

PARTIE 1 : Contexte de l'étude

Cette étude est réalisée dans le cadre du Plan d'Action Territorial (PAT) d'Estang. Son objectif consiste à faire une investigation autour des pratiques agricoles en vue de préserver la qualité de l'eau du captage. Le but est de comprendre la relation de cause à effet entre les pratiques agricoles et la qualité de l'eau, afin de répondre aux attentes du PAT.

Dans cette première partie, après avoir développé brièvement les préoccupations autour de l'eau et le contexte du captage Grenelle d'Estang, le PAT ainsi que son évolution récente seront présentés. Ensuite le lien entre la qualité de l'eau et la qualité du sol sera abordé. Puis pour finir, une investigation sur la qualité du sol sera menée en étudiant les matières organiques des sols et leurs impacts.

1 L'eau : une préoccupation grandissante

L'eau joue un rôle majeur, il s'agit en tant que tel d'un bien primordial à la vie humaine sous forme directe pour l'alimentation en eau potable ou bien indirecte pour la production de denrées alimentaires (FAO, 2011). Cette préoccupation est plus que jamais d'actualité, il s'agit d'une ressource à préserver. Aujourd'hui cela constitue un enjeu majeur à tous les niveaux.

1.1 Dans le monde

La terre est bien la planète de l'eau, en effet cette dernière recouvre 72% de la surface du globe et cela représente un volume de plus de 1400 millions de milliards de m³, mais 97,2% de ce volume est de l'eau salée. L'eau douce ne représente que 2,8% et une grande partie de ce pourcentage n'est pas accessible. Les glaces et neiges permanentes représentent 2,15%, les eaux souterraines 0,63%, les eaux de surface 0,019% et l'atmosphère 0,001% (CIEAU, 2012).

L'eau douce n'est donc pas accessible partout en quantité suffisante pour les populations. Malgré d'importants progrès durant ces dernières années, il y a encore au moins 11% de la population mondiale, soit 783 millions de personnes, qui n'ont pas encore accès à l'eau potable (WHO et UNICEF, 2012). L'eau fait donc l'objet d'une préoccupation prioritaire des grandes organisations internationales telles que l'OMS, l'ONU et la FAO.

L'importance de l'eau s'observe en effet par l'implication de plus en plus importante ces dernières années des politiques, sur ce sujet. En effet, de nombreuses actions sont menées, à l'image des deux exemples suivants. Depuis 1993, l'ONU a déclaré le 22 mars en tant que « journée mondiale de l'eau », tous les états sont donc invités, à faire des actions sur des thèmes différents autour de l'eau ce jour-là. De plus, cette année, 2013 est déclarée comme l'année internationale de la coopération dans le domaine de l'eau (ONU, 2013).

Tous ces éléments soulignent l'importance des préoccupations grandissantes autour de l'eau.

1.2 En Europe

L'accès à l'eau est un élément préoccupant. La situation en Europe est variable selon les pays, mais dans l'ensemble il y a près de 120 millions de personnes qui n'ont pas accès à l'eau potable (WWDR, 2012).

Ainsi, l'Europe se préoccupe de plus en plus de la qualité de l'eau. Elle tente de la préserver en établissant un cadre d'utilisation et de préservation de l'eau. Cela passe par l'instauration, par exemple, de la directive « nitrate », élaborée en 1991 et qui en est aujourd'hui à l'élaboration de son 5^{ème} programme, ou bien la directive-cadre sur l'eau de 2000. L'Union européenne considère que « L'eau n'est pas un bien marchand comme les autres, mais un patrimoine qu'il faut protéger, défendre et traiter comme tel. » (FONTAINE et GLAVANY, 2000). Cela montre bien la prise de conscience de l'enjeu à l'égard de la préservation de l'eau.

1.3 En France

La France est plutôt bien pourvue par rapport au reste de l'Europe. Les réseaux d'eau potable sont développés sur tout le territoire.

Il y a tout un cadre autour de l'eau pour essayer de réglementer son utilisation. Cependant, la qualité de l'eau en France se dégrade. De nombreux captages voient la qualité de leurs eaux se détériorer. Certains sont fermés puisque l'eau est trop polluée. C'est le cas pour environ cent captages tous les ans. L'eau, prélevée sur ces derniers, est récupérée soit sur la création de nouveaux captages, soit sur le report des captages voisins (MIQUEL, 2003).

2 Le captage Grenelle d'Estang : un cas particulier à l'image de la situation nationale

L'évolution du captage d'Estang correspond à la tendance nationale de baisse de qualité de la ressource en eau. De plus, ce captage a été désigné prioritaire, il s'inscrit d'autant plus dans le schéma national de gestion de l'eau en France.

2.1 Le captage de la Fontaine Sainte à Estang

La source de « la Fontaine Sainte » est exploitée depuis plus de 20 ans. Il s'agit d'une ressource stratégique puisque le captage alimente 14 communes, cela représente plus de 5000 habitants. Face aux problèmes de pollution rencontrés sur les captages des communes voisines, le syndicat intercommunal d'adduction d'eau potable (SIAEP) devrait fournir de nouvelles communes prochainement.

La qualité de la ressource est relativement bonne, une teneur en nitrate de 35 mg/L est observée, ce qui est bien inférieur à la norme et aux teneurs mesurées sur les ressources des communes voisines. Néanmoins, l'étude sur l'évolution des teneurs en nitrates met en évidence une augmentation de 20mg/L depuis les années 80. Également, sur cette même période débutant en 1980, un grand nombre d'hectares de prairies a été labouré, phénomène amplifié par la PAC de 1992 (CG32, 2011).

Pour ce qui est de la pollution due aux produits phytosanitaires, de faibles teneurs sont détectées pour les molécules suivantes : la simazine, l'atrazine et ses dérivés. Il s'agit de

contaminations anciennes puisque ces dernières sont interdites depuis 2002. Compte tenu de la vitesse de transfert de l'eau (200m/an) et du temps de résidence de l'eau dans le réservoir qui est de 15 ans (+/- 5 ans), une évolution significative de la qualité de l'eau au captage pourrait être observée environ 5 à 10 ans après la mise en place d'actions efficaces. Une amélioration notable est donc attendue dans les prochaines années, concernant les molécules interdites à l'utilisation depuis 2002 (LADES, 2009).

Pour les autres molécules utilisées actuellement aux champs, elles ne sont pas encore détectées dans les eaux souterraines du captage, mais elles le sont dans les eaux de surface. Plusieurs molécules sont retrouvées dont certaines (le glyphosate, l'AMPA ou bien le métholachlore) dépassent le seuil de 0,1µg/L avec des doses allant jusqu'à 0,3µg/L pour certains prélèvements (CG32, 2012).

Bien qu'ayant régulièrement quelques écarts vis-à-vis des exigences réglementaires, la qualité de l'eau du réservoir d'Estang apparaît relativement bonne. Le principal enjeu autour de ce captage réside à empêcher sa dégradation et, si possible, à revenir à un bon état de la ressource, conforme aux exigences européennes soit 25 mg/L de nitrates en 2015. Ainsi, ce captage devient prioritaire et bénéficie d'un classement « Grenelle ».

2.2 Captage prioritaire « Grenelle » et gestion de l'eau

Les captages « Grenelle » instaurés en 2007 sont un outil supplémentaire pour gérer la ressource en eau. Ces derniers sont complémentaires à toutes les structures déjà présentes qui permettent de cadrer la gestion de l'eau.

2.2.1 Définition d'un captage « Grenelle »

Il s'agit des captages d'eau potable les plus menacés par les pollutions diffuses, notamment les nitrates et les produits phytosanitaires. C'est suite au Grenelle de l'environnement (2007) qu'il y a eu plus de 500 captages désignés comme prioritaires lors d'un processus de concertation locale. Ils ont été identifiés selon trois critères :

- La qualité de leur eau à préserver ou à reconquérir principalement par rapport aux pollutions par les nitrates ou par les pesticides.
- Le caractère stratégique de la ressource par rapport à la population desservie.
- La volonté de reconquérir certains captages abandonnés pour sécuriser la ressource en eau potable.

Cette désignation « captage Grenelle prioritaire » induit une surveillance plus importante et l'instauration du dispositif des zones soumises aux contraintes environnementales (ZSCE), (MINISTERE DE L'ECOLOGIE DU DEVELOPPMENT DURABLE ET DE L'ENERGIE, 2013).

2.2.2 La gestion de l'eau en France

Les captages « Grenelle » s'inscrivent dans un schéma de gestion de l'eau très complexe. De multiples structures sont présentes à différents niveaux d'actions. L'unité de référence du niveau d'action est le bassin hydrographique. En France, il y a 7 bassins en métropole et 5 en outre-mer (Figure 1).

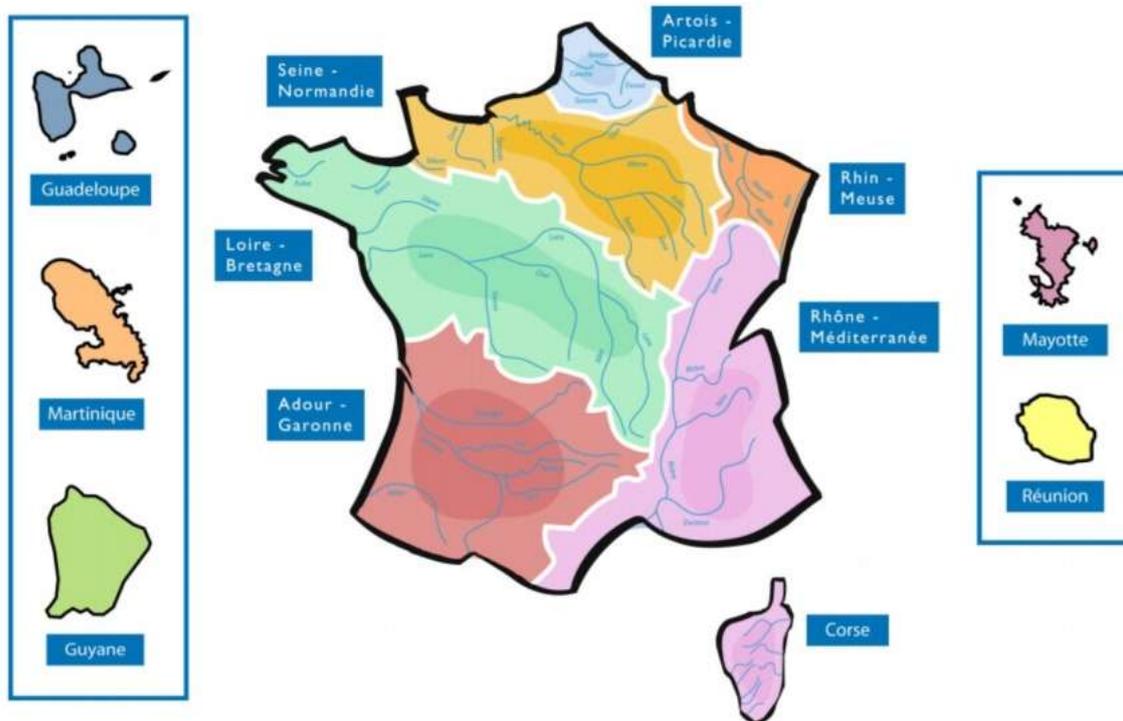


Figure 1 : Carte des bassins hydrographiques en France

Source : LESAGENCESDELEAU, 2012.

2.2.2.1 Organisation des structures de gestion de l'eau

Afin d'optimiser la gestion de l'eau en France, des structures sont créées à tous les niveaux : National, Bassin hydrographique, Territoire. Les différentes structures sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Structures de gestion de l'eau en France

Source : FONTAINE et GLAVANY, 2000 ; ONEMA, 2012 ; RUNEL, 2009 ; VERDIE, 2009.

Structure	Niveau d'action	Rôle
ONEMA (Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques)	National	Organiser les actions scientifiques et techniques Informer sur le domaine de l'eau Contrôler les usages de l'eau et mener des actions territoriales.
CNE (Comité National de l'Eau)	National	Donne son avis d'expert sur les grandes décisions sur l'eau
Agence de l'eau	Bassin	Percevoir les redevances des usagers de l'eau Redistribuer des aides pour la lutte contre les pollutions
Comité de bassin	Bassin	Organiser la concertation et la solidarité entre tous les acteurs de l'eau de son bassin
Préfet coordonnateur de bassin	Bassin	Animer et coordonner la politique de l'Etat sur l'eau Approuver les SDAGE Présider la commission administrative de bassin
SDAGE (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux)	Bassin	Programmer un plan d'action sur tout le bassin Créer un cadre légal et obligatoire pour tous les acteurs du bassin lié à l'eau.
SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux)	Territoire	Il fixe des objectifs généraux d'utilisation, de mise en valeur, de protection quantitative et qualitative de la ressource en eau sur un territoire.
PAT (Plan d'Action Territorial)	Territoire	Rassemble tous les acteurs d'un captage d'eau potable dans le but de mener un projet commun pour préserver la qualité de l'eau.

2.2.2.2 Réglementation autour de l'eau

Pour cadrer la gestion de l'eau, une réglementation est imposée depuis plus de 40ans. Cette dernière a bien évolué depuis la première loi sur l'eau. De multiples directives et lois ont été instaurées (Tableau 2) et celles-ci ont subi de nombreuses modifications.

Tableau 2 : Évolution des lois et directives sur l'eau

Année	Directives, lois sur la gestion de l'eau.
1964	Loi-cadre sur l'eau (France)
1991	Adoption de la Directive Nitrates (Europe)
1992	Loi sur l'eau (France)
2000	DCE : Directive-cadre européenne sur l'eau (Europe)
2006	LEMA : Loi sur l'eau et les milieux aquatiques (France)
2007	Grenelle de l'environnement (France)
2009	Lois Grenelle (France)
2009	Directive nitrates 4 ^{ème} programme d'action
2013	Directive nitrates 5 ^{ème} programme d'action

Face à cette multitude de structures et une réglementation complexe en forte évolution, il apparaît difficile de s'y retrouver. Depuis l'adoption de la directive « Nitrates » en 1991, de nombreuses mesures ont été adoptées avec notamment le lancement du 5^{ème} programme de mesures en 2013. Le programme d'action est adaptatif et corrige, au fur et à mesure de sa réécriture, les problèmes identifiés dans l'action précédente. Cette méthode permet une concertation permanente entre les parties prenantes. La principale question autour de l'eau est relativement simple : le contexte réglementaire et administratif permet-il la protection de l'eau ?

2.3 Les objectifs sont-ils atteints ?

Le déploiement d'une forte structuration publique doit théoriquement permettre la restauration de la qualité de l'eau. Il ne s'agit pas ici de polémiquer, mais force est de constater que la qualité de l'eau en général ne s'améliore pas. Un exemple classique est celui de la Bretagne. La seule lecture de la presse soulève fréquemment des problèmes liés aux nitrates.

Sur la zone de l'Agence Adour Garonne, dont dépend le captage d'Estang, les résultats sont aussi mitigés. En effet, une étude a été menée sur l'évolution de la qualité de l'eau entre 1978 et 2002. Cette dernière montre dans l'ensemble une dégradation de la qualité de l'eau sur le bassin Adour-Garonne (FERRADOU, 2010).

Ces résultats mitigés autour de la qualité de l'eau sont aussi une réalité à Estang. Le graphique de la Figure 2 montre une très forte augmentation des taux de nitrates dans l'eau entre 1980 et 2000, puis une stagnation les années suivantes.

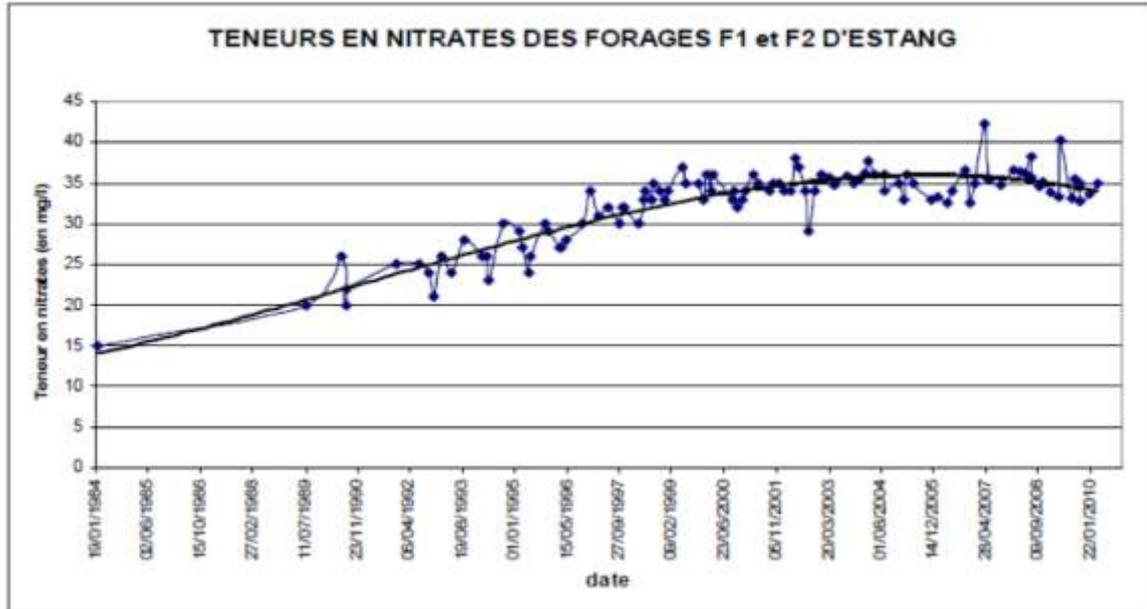


Figure 2 :Évolution des teneurs en nitrates à la Fontaine Sainte 1984-2010

Source : CG32, 2011

La principale question posée par l'évolution des concentrations en nitrates de l'eau concerne les mesures réglementaires appliquées à l'agriculture. Sont-elles réellement efficaces ? Auront-elles réellement un effet sur la qualité de l'eau ? Peut-on espérer une amélioration ? À quelle échéance ? À ce stade, un doute traverse l'organisation publique responsable de la démarche administrative et réglementaire.

2.4 Le plan d'action territorial d'Estang

Le PAT d'Estang est situé sur une zone assez restreinte. Il est alors plus facile de mettre en place des actions. Pourtant, malgré la diversité des partenaires, les agriculteurs manquent de solutions pour répondre aux objectifs du PAT.

2.4.1 Description

Suite à la délimitation de l'aire d'alimentation du captage (271ha), (Annexe 1) par l'agence de l'eau et au diagnostic territorial mené par le conseil général du Gers, le PAT d'Estang a été mis en place par l'agence de l'eau Adour-Garonne en 2011. Cette action se déroule sur 5 ans et est financée par l'agence de l'eau. On distingue 4 volets d'actions :

- Le volet « zone agricole »
- Le volet « zone forestière »
- Le volet « zone non agricole »
- Le volet « suivi qualité de l'eau ».

Il s'agit de rassembler tous les acteurs liés au captage de la Fontaine Sainte, dans le but de mener un projet commun pour préserver la qualité de l'eau. Cela passe par une partie d'animation pour mettre en relation tous les acteurs, une partie d'analyse pour suivre l'évolution de la qualité de l'eau et enfin des aides financières pour inciter à changer les

pratiques actuelles sur la zone. Cette dernière partie s'applique sous forme d'une contractualisation volontaire de mesure agroenvironnementale territoriale (MAET). Il s'agit d'aides financières versées pour le respect des contrats signés pour une durée de 5 ans. La pollution des nitrates est le principal problème (CG32, 2011). Un exemple de MAET est la baisse de 30% des apports d'azote pendant les 5 ans sur la zone engagée dans le contrat. L'objectif de cette MAET est de gérer mieux l'azote.

Généralement, les propositions de MAET suivent une logique de réductions des apports d'intrants. Un raisonnement particulier apparaît : la réduction d'intrants, par exemple l'apport d'azote ou la pulvérisation de produits phytosanitaires, permet de réduire la pollution de l'eau. Ainsi, les changements des pratiques agricoles ne concernent que des ajustements « à la marge » sur la gestion des intrants, mais n'abordent jamais de front le bien-fondé des pratiques elles-mêmes : couvertures des sols, place de la prairie, CIPAN, couverts végétaux, assolements, rotations des cultures, intensité du travail du sol, gestion phytosanitaire, érosion, transferts... Or les MAET proposées sur le PAT d'Estang n'incluent pas une réflexion de fond autour des pratiques agricoles (DDT32, 2012).

2.4.2 Les partenaires du PAT

Il y a 7 partenaires principaux dans le PAT d'Estang (CG32, 2011) :

- **L'Agence de l'Eau Adour Garonne**

Le PAT est le seul outil développé par l'agence pour encourager les agriculteurs à changer leurs pratiques. C'est elle qui finance le PAT. L'Agence de l'eau Adour Garonne est très sensible et impliquée dans le projet, car le résultat de cette initiative l'intéresse fortement pour l'ensemble de ces actions sur le bassin.

- **Le Conseil Général du Gers (CG 32)**

Il a mené le diagnostic territorial agricole ce qui a abouti à la création du PAT. Le représentant du CG32 est Mickael Gayemetou. C'est par son intermédiaire que les agriculteurs sont mobilisés.

- **Le Syndicat Intercommunal d'Adduction d'Eau Potable d'Estang (SIAEP)**

C'est le syndicat de l'eau local qui gère le captage de la Fontaine Sainte et le consensus autour de la réglementation.

- **La Coopérative agricole Vivadour**

Elle est positionnée dans ce projet en tant qu'animatrice du groupe agricole. L'ensemble des agriculteurs du captage est adhérent chez Vivadour. Ses représentants ont le rôle d'animateurs locaux, Michel Herbach et Gilbert Lanies (Responsable Services aux Agriculteurs dans le pôle agronomie-environnement).

- **Arbre et Paysage 32**

C'est une association affiliée au Conseil Général du Gers (CG32). Elle travaille sur l'aménagement du territoire avec les haies champêtres et l'agroforesterie. Elle anime aussi toute la thématique environnementale au niveau de la région Midi-Pyrénées. Elle s'implique dans les projets autour de la qualité de l'eau. Les représentants de l'association en lien avec le PAT d'Estang sont Alain Canet et Bruno Sirven.

- **GABB32**

Groupement des Agriculteurs Biologiques et Biodynamiques du Gers. C'est une association, créée en 1994. Depuis 2008, elle fédère aussi les consommateurs, transformateurs et distributeurs. Le GABB32 intervient dans le projet en complément dans l'équipe d'animation puisqu'un agriculteur biologique est présent sur la zone d'étude.

- **Institut de l'Agriculture Durable (IAD)**

L'IAD est une entité de droit privé qui porte un projet d'Agriculture Durable (Annexe 2). L'axe central du projet de l'Institut s'organise sur la compréhension du fonctionnement du couple sol/plante. Il s'agit du lien, des interactions entre les plantes et le sol. L'objectif est de restaurer la fertilité des sols et d'élaborer une démarche de progrès vers de meilleurs résultats économiques, environnementaux et sociaux. L'IAD organise des formations sur la gestion des sols agricoles. Cet institut est entré dans le projet du PAT d'Estang pour informer et former les agriculteurs sur la gestion des sols afin de les aider dans leurs démarches agronomiques.

2.4.3 Constat

Face aux attentes du PAT, les agriculteurs se remettent en question. Des mesures ont été proposées afin de protéger l'environnement : les MAET (Tableau 3). Elles ont été contractualisées par certains agriculteurs de la zone. Elles sont cependant vécues comme des contraintes lourdes, car restrictives dans les choix de solutions techniques et économiques à engager. Aujourd'hui, certains se demandent s'ils doivent souscrire à des MAET et d'autres se demandent comment atteindre les objectifs fixés par les MAET déjà contractualisées.

Tableau 3 : Liste des MAET proposés pour le PAT d'Estang

Source : DDT32, 2012

Code de la mesure	Type de couvert et/ou habitat visé	Objectifs de la mesure
MP_ES01_HE1	Surface en herbe	Réduction de l'azote sur les prairies à vocation de pâturage à 60 U.N/Ha
MP_ES01_HE2	Surface en herbe	Absence totale d'azote sur prairies
MP_ES01_HE3	Surface en herbe	Création de prairies pour limitation de la fertilisation
MP_ES01_GC1	Grandes cultures	Réduction de l'azote et des produits phytosanitaires (- 40%) sur grandes cultures
MP_ES01_GC2	Grandes cultures	Réduction de l'azote et des produits phytosanitaires (- 30%) sur grandes cultures
MP_ES01_GC3	Grandes cultures	Maintien de l'agriculture biologique sur le territoire
MP_ES01_GC4	Grandes cultures	Conversion des grandes cultures à l'agriculture biologique
MP_ES01_HA1	Haies	Entretien des haies localisées (sur 2 côtés 3 fois sur la période de 5 ans)
MP_ES01_F01	Fossés	Entretien des fossés (3 fois sur la période de 5 ans)
MP_ES01_TA1	Talus	Entretien des talus enherbés
MP_ES01_VI1	Vigne	Réductions progressives des traitements herbicides de 60%
MP_ES01_VI2	Vigne	Réductions des traitements herbicides de 30%
MP_ES01_VI3	Vigne	Conversion des vignes à l'agriculture biologique

Les MAET qui concernent les principales cultures ont toutes pour objectifs de réduire les intrants. Elles mettent une contrainte sur les pratiques, mais n'apportent pas de solutions concrètes pour atteindre les objectifs affichés tout en maintenant les productions rentables.

Il existe une inadéquation entre l'offre MAET pour l'évolution des pratiques agricoles et la demande des agriculteurs. Ces derniers, bien qu'ils soient sensibilisés à la nécessité de produire sans polluer, souhaitent assurer la viabilité de leurs exploitations leur permettant de vivre dignement de leur travail d'agriculteur, en générant des rendements acceptables. Cette contradiction entre la proposition de MAET visant à faire évoluer les pratiques et les restrictions qu'elles imposent, engendre un frein important à l'évolution. De plus, le fait d'envisager la diminution de la production pour protéger l'environnement n'est jamais pris en compte, car, en entreprise, la partie économique prévaut sur la partie

environnementale. En effet, il est illusoire de vouloir construire une activité durable si les revenus ne sont pas assurés. La problématique environnementale n'est généralement pas prioritaire par rapport à la dimension économique.

Les agriculteurs doivent finalement résoudre deux problèmes majeurs : faire évoluer leurs pratiques pour protéger la ressource hydrique tout en préservant leurs revenus. Ils voient dans les MAET un frein fort au développement économique, car, jusqu'à ce jour, aucun agriculteur ne sait produire des denrées agricoles sans l'aide des intrants que les MAET tendent à supprimer. La question centrale qui survient est simple : est-il possible de produire des cultures rentables sans avoir recours aux intrants ?

Force est de constater que le projet de l'agriculture biologique propose une telle démarche. Mais celle-ci ne semble pas séduire les agriculteurs de la zone. Peut-être que la promesse d'une moindre production sans intrant fait craindre une perte économique plus importante que la compensation des subventions...

Le constat de la situation du PAT est relativement simple : il existe une réelle incohérence entre les solutions apportées par les MAET et la demande des agriculteurs.

3 Une nouvelle approche pour le PAT

Au vu de la situation actuelle, une nouvelle approche est nécessaire dans le PAT. L'objectif est bien de mener à terme un projet commun autour de la qualité de l'eau. L'agriculture doit être durable, c'est-à-dire répondre à une demande de production, d'économie et d'environnement. C'est la demande des agriculteurs. Sensibles à l'environnement et soucieux de produire durablement, ils veulent aujourd'hui repenser leurs itinéraires culturaux d'un point de vue agronomique. Ils sont à la recherche de solutions techniques et concrètes afin de répondre aux demandes du PAT.

Les réflexions des partenaires et leurs complémentarités techniques (Connaissance du territoire avec VIVADOIR ; gestion de l'arbre et du paysage avec A&P32 ; développement de l'agriculture biologique avec le GABB 32, changement des pratiques agricoles et mesure des résultats avec l'IAD) conduisent à identifier de nouvelles pistes jusque-là restées inexplorées sur la zone.

Compte tenu d'une absence quasi générale de résultats sur l'amélioration de la qualité de l'eau en France avec une stratégie réglementaire de baisse des intrants, revisiter certaines approches agronomiques s'avère nécessaire. Il paraît intéressant d'approfondir l'approche régissant le fonctionnement du couple sol/plante, celui-ci aurait l'avantage d'être peu onéreux, productif de rendement et bénéfique pour l'environnement.

La réflexion agronomique portant sur la gestion et la maîtrise des intrants est un premier pas, mais insuffisant pour maîtriser la pollution. Un autre axe de recherche se focalise sur la couverture du sol par l'implantation de couverts végétaux. C'est une idée intéressante à plus d'un titre ; elle permet de couvrir le sol pendant la période hivernale, de lutter contre le ruissellement de l'eau et donc, de limiter l'érosion. Enfin, la plante de couvert est capable de réduire le lessivage en piégeant 60 à 100 unités d'azote à l'automne lorsque la minéralisation du sol est importante (ANDA, 2001).

Depuis 2002, il existe de sérieuses craintes sur l'inefficacité des actions classiques en faveur de la reconquête de la qualité de l'eau (COUR DES COMPTES, 2002). La non-prise en compte des risques agronomiques liés aux successions culturales simplifiées et au travail intensif du sol laisse planer beaucoup de doutes (FARDEAU et *al.*, 1988).

Contrairement à ces pratiques culturales dites « conventionnelles », la couverture des sols est quant à elle, une pratique qui permettrait de résoudre de multiples problèmes. Cette pratique est possible, mais il faut savoir que l'efficacité d'un couvert végétal, pour limiter l'érosion et piéger des nitrates, est proportionnelle au taux de recouvrement du sol (SARRANTONIO, 1998). Les premiers effets bénéfiques peuvent se mesurer à partir d'un taux de 40 % et sont réellement efficaces à partir de 70 % (STURNY et MEERSTETTER, 1990).

Cette réflexion sur la gestion des sols est aussi menée par les politiques. En effet, depuis 2001, l'Europe développe une stratégie thématique de protection des sols qui traite 8 thèmes complémentaires : l'érosion, la diminution des teneurs en matières organiques, la contamination, la salinisation, le phénomène de tassement du sol, l'appauvrissement de la biodiversité des sols, l'imperméabilisation, les inondations et les glissements de terrain. Tout cela conduit à la rédaction d'une communication qui propose une stratégie thématique de protection des sols en vue de créer une directive-cadre de protection des sols (COMMISSION-EUROPEENNE, 2002).

La gestion durable des sols et plus précisément la gestion durable du carbone dans le système sol/plante a des effets à tous les niveaux : aussi bien d'un point de vue global que local (IZAC, 1997). À l'échelle nationale, la gestion durable du carbone génère à la fois une grande capacité des sols à protéger les ressources en eau tout en produisant localement pour l'agriculteur des gains en fertilité et en productivité des sols (Figure 3).



Figure 3 : Principaux bénéfices de la gestion durable du carbone du sol à diverses échelles Source : IZAC, 1997.

Ainsi, il apparaît un faisceau d'avis scientifiques permettant de penser qu'il existe un lien fort entre l'amélioration de la qualité des sols par leur recharge en matières organiques et l'amélioration de la qualité de l'eau par la restauration du filtre humique que constituent les terres arables.

Tout repose sur un changement de pratiques validant le rôle fondamental de la couverture des sols et une gestion appropriée du couple sol/plante.

4 La qualité de l'eau sous l'influence de la qualité du sol ?

La qualité de l'eau ainsi que la qualité du sol sont développées dans cette partie. Cela permet de mieux comprendre le lien qui existe entre ces deux éléments.

4.1 La qualité de l'eau

La directive européenne sur l'eau (2000) établit un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau et définit ce qu'est le bon état de l'eau.

On distingue deux types d'eau : les eaux de surfaces et les eaux souterraines.

De plus pour chaque caractéristique, la directive européenne classe l'état de l'eau selon trois catégories : le très bon état, le bon état et l'état moyen.

Ainsi, le bon état d'une eau de surface est « l'état atteint par une masse d'eau de surface lorsque son état écologique et son état chimique sont au moins bons » (FONTAINE et GLAVANY, 2000).

- Il est admis que l'état écologique d'une eau de surface est bon, quand les valeurs des éléments de qualité biologique (phytoplancton, macrophytes, faune benthique invertébrée et ichtyo faune), applicables au type de masse d'eau de surface, montrent de faibles niveaux de distorsion résultant de l'activité humaine, mais ne s'écartent que légèrement de celles normalement associées à ce type de masse d'eau de surface, dans des conditions non perturbées.
- L'état chimique est considéré comme bon lorsque l'eau de surface ne dépasse pas les normes de qualité applicables au titre des dispositions législatives communautaires.

Le bon état d'une eau souterraine est aussi défini comme « l'état atteint par une masse d'eau souterraine lorsque son état quantitatif et son état chimique sont au moins bons » (FONTAINE et GLAVANY, 2000) :

- L'état quantitatif est considéré comme bon quand le niveau de l'eau souterraine est tel que le taux annuel moyen du captage à long terme ne dépasse pas la ressource disponible de la masse souterraine.
- L'état chimique quant à lui est considéré comme bon lorsque l'eau répond aux deux critères suivants : premièrement, lorsque les changements de conductivité n'indiquent pas d'invasion d'eau salée ou autre dans la masse d'eau souterraine et deuxièmement, lorsque les concentrations de polluants ne dépassent pas les normes de qualité applicables au titre des dispositions législatives communautaires.

Les principales pollutions agricoles sont dues aux nitrates et aux pesticides. Les normes tolérées pour les nitrates sont de 50 mg/L, mais le seuil à atteindre, fixé par l'OMS, est 25mg/L (CONSEIL DES COMMUNAUTÉS EUROPEENNES, 1991). Pour les pesticides, il ne faut pas plus de 0,1µg/L par substance active et la somme de toutes les substances ne doit pas dépasser 0,5µg/L (CONSEIL DE L'UNION EUROPEENNE, 1998).

Ici, un simple constat s'impose : la pollution de l'eau par des substances agricoles pose la question des fuites de ces produits apportés à la surface du sol. Cette fuite est une perte économique. Les nitrates sont de l'azote que les cultures ne récupèrent pas et les produits phytosanitaires sont des molécules inactives sur leurs cibles, les plantes. Les fuites identifient aussi un défaut de gestion des relations qui régissent le couple sol/plante à la surface du sol. Ce constat alimente la réflexion globale des liens existants entre gestion et qualité des sols et qualité de l'eau.

4.2 La qualité du sol

Le sol est un système complexe. Tous ses composants interagissent entre eux, ils sont interdépendants. Afin de mieux comprendre ce système, l'intérêt de conserver la qualité du sol ainsi que les différentes caractéristiques de ce dernier sont ainsi développés dans cette partie.

4.2.1 Pourquoi la qualité des sols est-elle si importante ?

Une gestion qui améliore la qualité des sols est bénéfique pour toutes les plantes (NRCS, 2001), sans exception. La qualité des sols va influencer sur les coûts apparents ou cachés liés à l'érosion des sols, sur l'usage efficient de l'eau et des intrants, sur la durabilité de la ressource. Améliorer la qualité des sols influencera positivement la qualité de l'eau, de l'air et de la biodiversité.

4.2.2 Ce que le sol fait pour nous !

Le sol produit tous les services écologiques que la société nécessite (FAO, 2007) : la nourriture bien sûr, mais aussi les fibres, les matériaux, l'énergie, l'eau, l'épuration de l'eau, la régulation de l'eau et des climats, la pollinisation, les ressources génétiques, les paysages, les lieux de cultures, les lieux spirituels...

S'il est évident que le sol supporte la croissance des plantes, il produit aussi un environnement physique, chimique et biologique qui favorise les échanges avec l'eau, les nutriments, l'énergie et l'air.

À propos de l'eau, un sol de bonne qualité et en bon état répartit les quantités de pluies ou d'irrigation entre infiltration ou ruissellement, régule les flux et le stockage des masses liquides, régule les nutriments et leur concentration, y compris l'azote, le phosphore et les pesticides dissous.

Le sol se présente comme un régulateur des flux et un recycleur des éléments minéraux pour les plantes. Les agronomes américains présentent le sol comme une unité de recyclage parfaite (Figure 4).

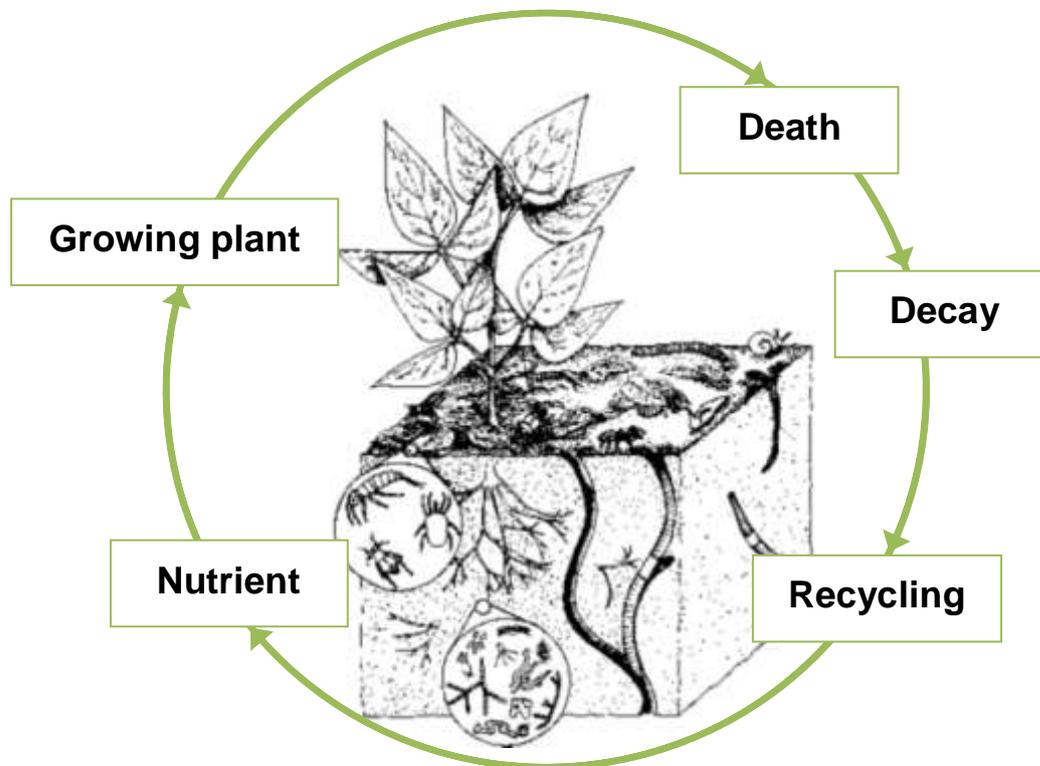


Figure 4 : Cycle de la matière organique dans le sol

Source : SULLIVAN, 2004

Toute matière organique fraîche qui arrive au sol est dégradée en éléments chimiques simples (N, P, K, Ca, Mg, Oligo, ...), (SULLIVAN, 2004).

4.2.3 Composants du sol

Le sol est constitué de quatre composants : les éléments minéraux, l'air, l'eau et la matière organique. Dans la majorité des sols, la partie minérale représente environ 45% du volume total, l'eau et l'air environ 25% chacun et la matière organique est à hauteur de 1 à 5% (SULLIVAN, 2004). La partie minérale est constituée de 3 types de particules : les sables, les limons et les argiles.

4.2.4 Quelques indicateurs de qualité

Un sol de bonne qualité permet le maintien de tous ses composants afin de produire durablement. Il s'agit d'avoir un sol fertile qui va permettre de produire à court terme (à l'échelle d'une année), mais surtout à long terme sans augmenter l'utilisation des intrants. Les qualités recherchées d'un sol en bon fonctionnement sont les suivantes (KARLEN et *al.*, 1997) :

- Un réchauffement et un ressuyage rapide au printemps ;
- Un sol ne formant pas de croûte de battance après le semis ;
- Un sol capable d'infiltrer rapidement beaucoup d'eau ; et de la stocker durablement ;
- Une bonne résistance à l'érosion et au lessivage ;
- Une capacité de filtrer, de retenir et de dégrader les matières organiques et inorganiques
- Stocker et recycler les substances nutritives (comme l'azote par exemple)
- Le maintien d'une activité biologique importante ;
- Un recours modéré aux engrais chimiques pour un rendement élevé ;
- Une capacité à produire des plantes en bonne santé et des produits sains;
- Une bonne odeur ;
- L'absence de compaction ;
- Une structure stable et grumeleuse.

Toutes ces caractéristiques correspondent à un sol en bon fonctionnement qui permet une production sur le long terme. Afin de rassembler tous ces aspects, il est nécessaire d'utiliser des pratiques de gestion des sols permettant de conserver ou d'augmenter leur fertilité (SULLIVAN, 2004).

Pour améliorer la gestion des sols, il est important de prendre en compte le fait que le sol fonctionne comme un système et que toutes actions affectent plus ou moins ses caractéristiques. Il a de multiples propriétés et ces dernières sont interdépendantes les unes des autres. Elles sont de natures physiques, chimiques et biologiques (CARTER et *al.*, 1997).

4.2.5 Mesure de la qualité des sols : propriétés physiques et physico-chimiques

4.2.5.1 Texture

Il s'agit de la caractérisation de la partie minérale du sol. Cela correspond à la distribution du mélange des trois matériaux : les sables, les limons et les argiles. Elle est définie à partir du triangle de texture (Figure 5).

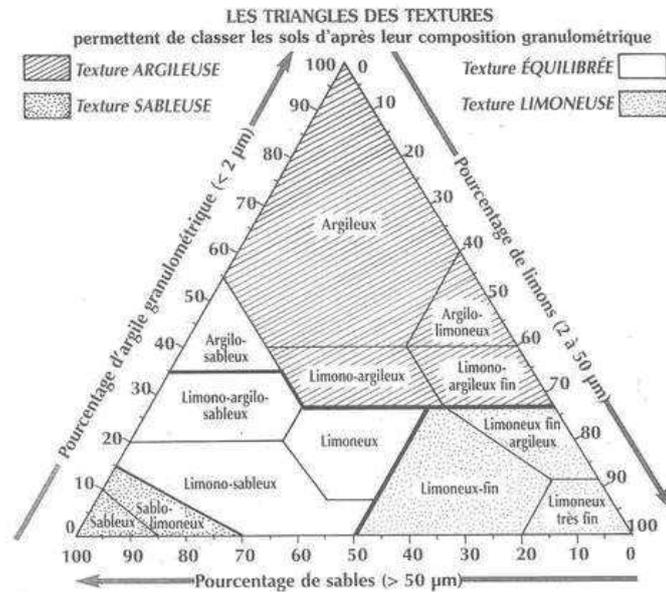


Figure 5 : Triangle des textures

Source : USDA, 1975

La texture est un élément qui est défini par la pédogenèse des sols, il s'agit d'une des propriétés du sol la plus stable dans le temps. Il n'est donc pas nécessaire de la mesurer très régulièrement. Toutefois, elle peut être légèrement modifiée dans le cas où le travail du sol réalisé va mélanger des horizons du sol dont la texture est très différente.

4.2.5.2 Structure

La structure du sol est l'arrangement et l'organisation des différentes particules du sol (sables, limons, argiles) entre elles. Lorsque plusieurs de ces particules sont liées, on parle d'agrégat (Figure 6).

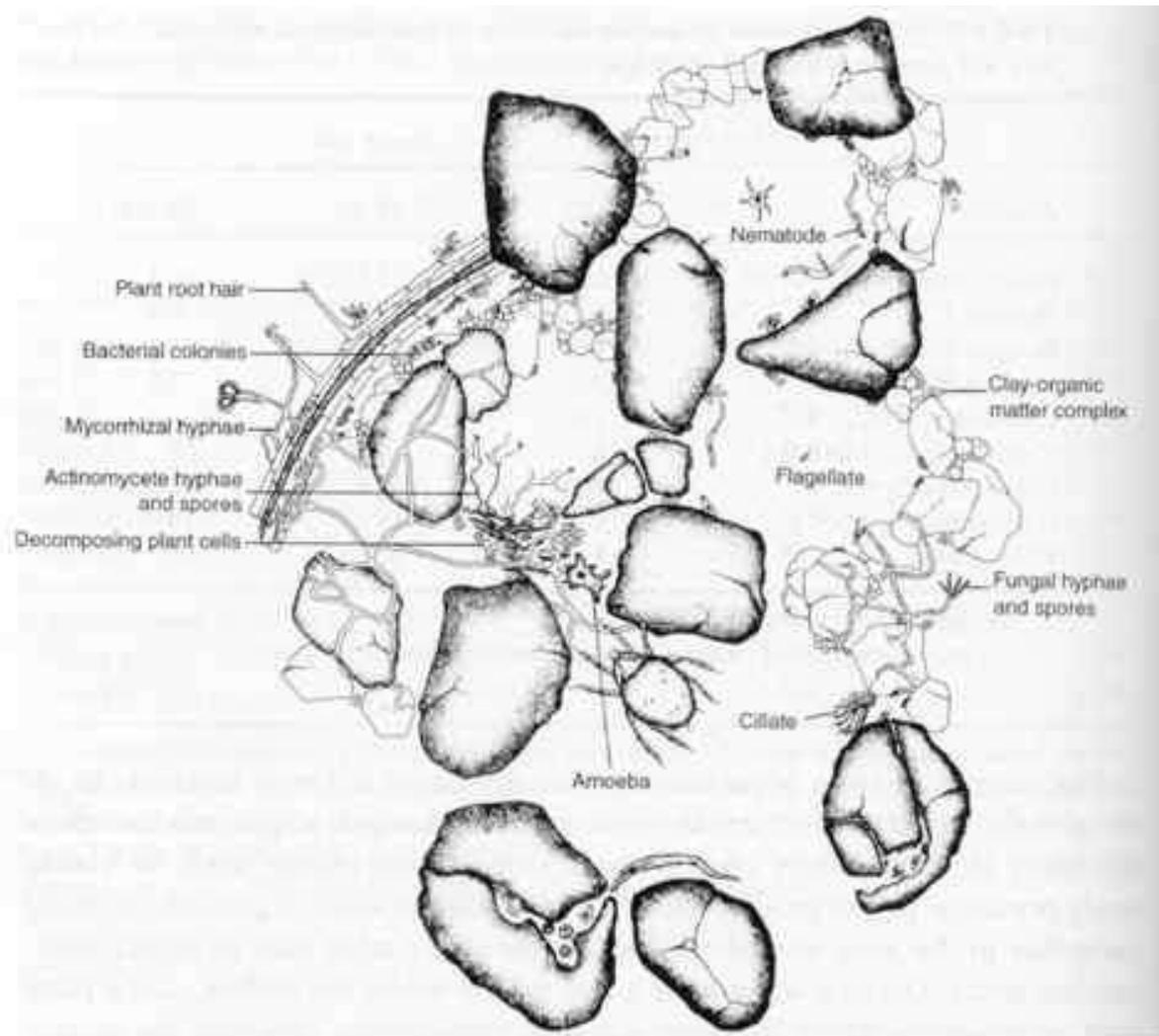


Figure 6 : Composition d'un agrégat

Source : ROSE et ELLIOT, 1999

Une bonne structure est traduite par une organisation des composants du sol qui permettent une bonne stabilité des agrégats. C'est-à-dire qu'en fonction des liaisons entre les particules, l'agrégat est plus ou moins stable. Ainsi, la structure du sol est liée à la stabilité des agrégats.

Il existe deux types d'agrégats (les macro-agrégats et les micro-agrégats) qui ont des fonctions et des évolutions différentes (ANGERS et MEHUYS, 1993).

Les **macro-agrégats** ont les caractéristiques suivantes :

- Sensibles à la gestion du sol
- Formation rapide
- Peu d'influence du calcium
- Moins stable à l'eau
- Évoluent vers des micro-agrégats

Ils sont de bons indicateurs de changement de la qualité du sol, car dépendent directement du mode de gestion et traduisent la nature des agents de construction.

Les **micro-agrégats** ont les caractéristiques suivantes :

- Peu sensibles à la gestion du sol
- Formation lente
- Influence du calcium
- Plus stable à l'eau

Leur forte présence indique un sol stable. Ils ont le rôle de filtre humique. Ils permettent une gestion durable de l'eau et une épuration des pesticides jusqu'à 70%.

Les éléments du sol qui ont un impact sur la stabilité des agrégats sont les suivants (KEMPER et KOCH, 1966) :

- La teneur en matière organique du sol : La stabilité des agrégats augmente généralement avec la teneur en matière organique.
- La teneur en argile : La stabilité des agrégats est affectée par la quantité et le type d'argile du sol et généralement, elle augmente avec la teneur en argile. Cette dernière est toutefois relativement stable dans le sol. C'est un élément qui est défini par la pédogenèse du sol et qui évolue peu.
- La teneur en oxyde de fer : La stabilité des agrégats augmente avec la présence d'oxyde de fer libre.
- La teneur en carbonate de calcium : Elle n'affecte pas sensiblement la stabilité des agrégats.
- La teneur en sodium échangeable : La stabilité des agrégats baisse avec l'augmentation de la quantité de sodium échangeable.

La matière organique apparaît comme un point important que l'on peut faire évoluer pour augmenter la stabilité des agrégats et ainsi améliorer la structure du sol. Il s'agit d'un élément à suivre, puisque l'organisation des éléments texturaux en bonne structure détermine les propriétés : de circulation de l'air, de l'eau, la résistance à l'érosion, la résistance à l'impact des gouttes de pluie, la résistance au travail du sol et la pénétration des racines dans le sol. Avoir une bonne structure est donc nécessaire afin de préserver le bon fonctionnement et la qualité de son sol.

De plus, la structure est une propriété qui évolue dans le temps, elle peut être améliorée ou détériorée par les pratiques agricoles (le travail du sol, le piétinement des animaux, le passage des machines agricoles), mais aussi par le temps et l'impact des gouttes de pluie. Il est donc indispensable de porter une attention particulière aux pratiques de gestion des sols (ARSCHAD et *al.*, 1996).

4.2.5.3 Densité apparente

La densité apparente est définie par le ratio entre le poids sec de l'échantillon prélevé et son volume. Ce dernier comprend le volume des particules ainsi que le volume de l'espace poral entre les différentes particules.

La densité du sol dépend de la densité des particules qui le composent (sable, limon, argile et matière organique), mais aussi de l'organisation de ces particules. En général, les particules minérales ont une densité comprise entre 2,5 et 2,8g/cm³, tandis que les particules organiques sont en dessous de 1,0g/cm³.

La densité apparente est une propriété dynamique qui évolue avec l'état de la structure du sol. Cet état est principalement dû aux pratiques agricoles (ARSCHAD et *al.*, 1996).

Une mauvaise gestion des sols peut engendrer la création de couches de sol compacté qui ont une densité plus élevée. Les ruptures créées par ces couches impactent directement les fonctions du sol puisque cela limite la croissance des racines et empêche la circulation de l'air et de l'eau dans le sol.

4.2.5.4 Porosité

La densité apparente prend en compte le volume de l'espace poral, il est donc possible d'estimer la porosité du sol par simple calcul (USDA, 2012). La porosité donne des indications sur les capacités hydriques ou atmosphériques d'un sol en volume et en flux. Toutefois pour mieux appréhender la circulation de l'eau et de l'air dans le sol, il est préférable d'étudier l'effet combiné de la tortuosité et de la connectivité des pores (GISI et *al.*, 1997).

En général, il est considéré qu'un sol en bon état pour faire pousser des plantes possède 50% de porosité. La moitié de celle-ci environ est occupée par l'eau et le reste par de l'air (Figure 7).

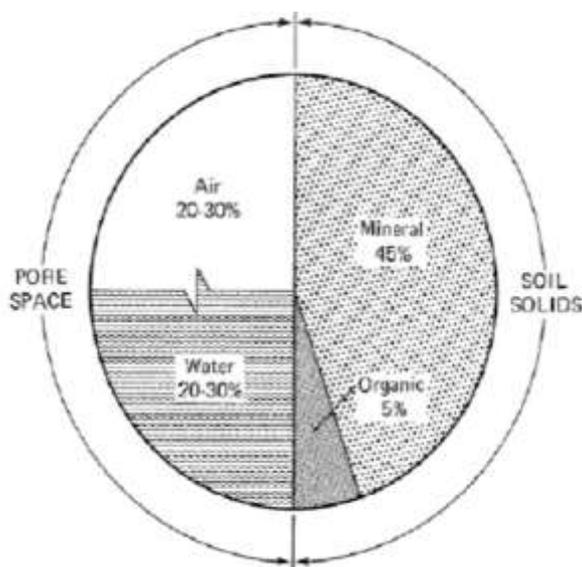


Figure 7 : Répartition des éléments d'un sol en bonne condition pour la croissance d'une plante.

Source : BRADY, 1974

4.2.5.5 La température

Dans le sol, différentes températures coexistent en raison de son hétérogénéité et de son épaisseur. « La structure, le taux d'humidité, la couleur ou la charge en éléments grossiers influencent la transmission de la chaleur ; pourtant, une seule source d'énergie calorifique est vraiment importante : le soleil. Il agit dans le sol de manière directe, en le chauffant, et de manière indirecte, via la photosynthèse », (GOBAT et *al.*, 2010).

La température du sol a un impact sur la germination et la croissance des plantes ainsi que sur l'activité biologique du sol.

4.2.5.6 Le complexe argilo-humique

Dans un agrégat structural, il y a des grains de sable, des débris de feuilles et de racines ainsi que de nombreux micro agrégats. C'est dans ces derniers que l'on retrouve les limons, des bactéries, des polysaccharides ainsi que le complexe argilo-humique qui permet la cohésion générale dans le micro agrégat.

Ce complexe argilo-humique est caractérisé par l'ensemble des substances du sol constituées par l'association des molécules organiques humifiées et des argiles (JABIOL et *al.*, 1995). Il s'agit d'une liaison chimique étroite entre des feuillets d'argile et de grosses molécules d'humus réalisée par un cation de calcium et de fer.

La formation et la stabilité du complexe argilo-humique dépendent de la quantité et de la qualité de la matière organique, de la présence de certaines argiles et de cations de liaison. De plus, elles sont favorisées par la faune et la microflore du sol.

Un complexe argilo-humique stable va procurer au sol des propriétés favorables à sa fertilité (GOBAT et *al.*, 2010) :

- La floculation des colloïdes argileux et humiques favorise une structure aérée et un stockage hydrique suffisant.
- La liaison argile-humus freine la minéralisation de la matière organique humifiée.
- Par cette liaison, l'humus empêche la dispersion de l'argile, évitant le colmatage et la compaction du sol.

L'intégration de l'argile et de l'humus dans un même composé augmente la capacité du sol à retenir les bioéléments indispensables aux plantes et à mieux gérer l'eau.

4.2.5.7 Les échanges ioniques dans le sol

Dans le sol, de nombreux échanges ioniques se réalisent. Cela passe toujours par l'intermédiaire de la solution du sol (partie liquide). Pour chaque échange, l'équilibre doit être maintenu entre les quantités d'ions dissous dans la solution du sol et ceux fixés sur le complexe. Autrement dit en cas d'apport extérieur, il y a un déplacement des ions de la solution du sol vers le complexe et il y a le phénomène inverse en cas de prélèvement par les plantes (GOBAT et *al.*, 2010).

4.2.5.8 La capacité d'échange cationique

La capacité d'échange cationique (CEC) d'un sol correspond à la quantité totale de cations que le sol peut stocker et restituer dans les conditions de pH tamponné proche de 7. Si elle est mesurée dans les conditions de pH du sol on parle alors de CEC effective. Dans tous les cas elle s'exprime en centimoles de charges positives par kilogramme de terre.

La CEC résulte des charges électriques négatives situées à la surface des argiles et des matières organiques. En général, on considère qu'un gramme de matière organique contribue quatre à cinq fois plus à la CEC d'un sol, par rapport à un gramme d'argile (BAIZE et JABIOL, 2011). Sa valeur est relativement stable, la quantité et la qualité de l'argile étant fixes. La CEC peut tout de même évoluer en fonction des pratiques de gestion de la matière organique. La CEC augmente avec le taux de carbone organique du sol, (Figure 8).

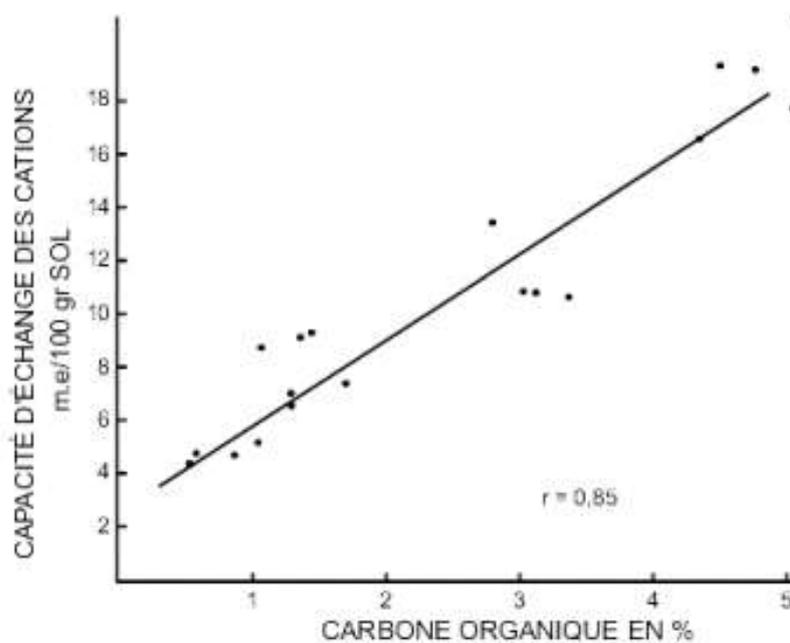


Figure 8 : Relations entre le carbone organique et la capacité d'échange en cations dans un sol expérimental.

Source : ROBERT, 2002

Avoir une CEC élevée et non saturée permet une bonne capacité d'échange. Cela est très important afin que le complexe argilo-humique soit capable de fixer beaucoup d'ions positifs comme l'azote ammoniacal (NH_4^+) par exemple, mais aussi la potasse. Dans le cas contraire, une CEC saturée uniquement d'ions Ca^{++} et Mg^{++} ne permettra pas de fixer des ions K^+ ou NH_4^+ , cela favorisera alors le lessivage des éléments (GOBAT et *al.*, 2010).

4.2.5.9 Le pH des sols

Il s'agit du potentiel Hydrogène (pH). Il caractérise l'activité chimique des ions hydrogènes en solution. La mesure du pH permet de définir l'acidité ou la basicité d'une solution.

Deux méthodes sont possibles, le pH_{KCl} ou le pH_{eau} .

- Le pH_{KCl} prend en compte des caractères physico-chimiques des solides du sol. C'est une mesure qui évalue le long terme. Elle considère les H^+ de la solution du sol et les H^+ absorbé sur la phase solide.
- Le pH_{eau} s'avère quant à lui très utile pour l'étude des relations sol-plante ou pour comprendre des processus fonctionnels à court terme, comme la lixiviation de cations très mobiles.

Globalement, la connaissance du pH permet d'évaluer le degré d'évolution d'un sol (GOBAT et *al.*, 2010). Le pH affecte la solubilité des minéraux du sol, l'activité biologique et la disponibilité des nutriments des plantes. Le pH a donc un impact sur le développement des végétaux. La majorité des plantes cultivées ont un optimum de croissance lorsque le pH est compris entre 6 et 7,5 (SOIL SURVEY STAFF, 1993 ; TROH et THOMPSON, 1993).

4.2.6 Propriétés biologiques

Les propriétés biologiques des sols font référence à l'abondance, la diversité et l'activité des organismes vivants qui participent au fonctionnement du sol (CHAUSSOD, 1996).

Cette activité biologique est déterminante dans le fonctionnement des sols puisqu'elle impacte ses propriétés à différents niveaux. En effet, elle a des influences sur les propriétés chimiques et aussi physiques du sol. Cela s'explique par la diversité des individus que l'on peut retrouver au sein de l'activité biologique. Cela va des microorganismes jusqu'à certains petits mammifères. Tous ces individus sont en interaction, leurs principales activités sont de manger et de se reproduire. Ces derniers constituent toute une chaîne alimentaire (Figure 9).

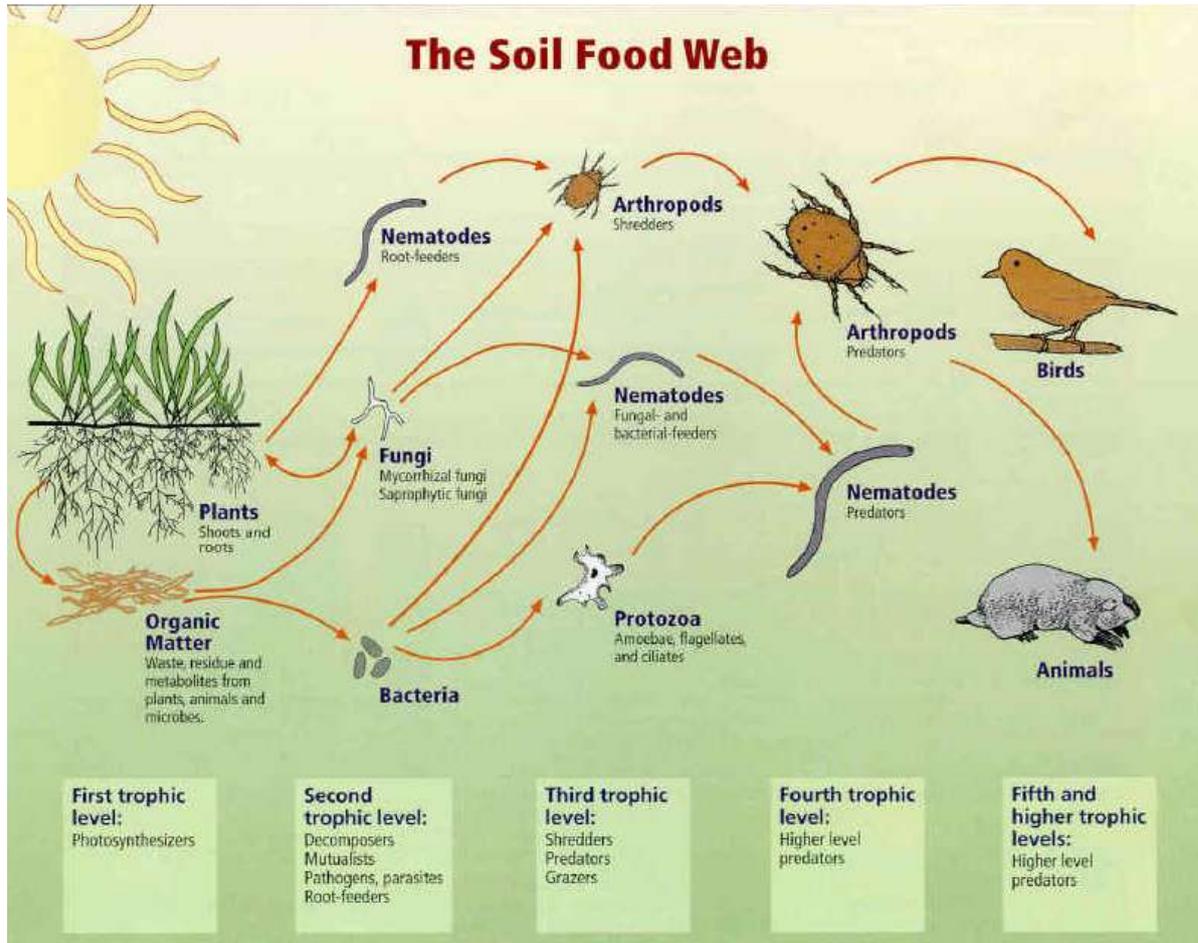


Figure 9 : Chaîne alimentaire de l'activité biologique des sols et interaction entre les différents types d'individus. Source : INGHAM, 2013

L'activité biologique décompose la matière organique. Cela permet de libérer des éléments chimiques simples qui servent de nutriments aux plantes. Les microorganismes et les plantes fonctionnent en symbiose. Les microorganismes fournissent des nutriments aux plantes comme l'azote et ces dernières fournissent du carbone aux microorganismes. Ce cycle est la base de la chaîne alimentaire de toute l'activité biologique.

4.3 Il existe un lien entre la qualité du sol et la qualité de l'eau

La bibliographie scientifique identifie pleinement le rôle des pratiques agricoles (gestion des sols) et les propriétés du sol favorables à la protection de l'eau. Il s'agit d'améliorer la

gestion des plantes pour laisser un maximum de résidus organiques à la surface du sol (ANDA, 2001 ; SARRANTONIO, 1998 ; STURNY et MEERSTETTER, 1990), puis une fois ces résidus présents, ils alimentent un système biologique structurant et améliorant les propriétés physicochimiques du sol favorables à l'épuration de l'eau (CHAUSSOD, 1996 ; ROSE et ELLIOT, 1999 ; ARSCHAD et *al.*, 1996 ; GOBAT et *al.*, 2010). Le fonctionnement organo-biologique du sol apparaît essentiel pour la fourniture de nombreux services écologiques, notamment l'épuration de l'eau (KARLEN et *al.*, 1997 ; IZAC, 1997 ; FAO, 2007 ; NRCS, 2001). À ce stade de la réflexion autour des pratiques, s'il est évident que les retours de matières organiques fraîches au sol auront un rôle primordial, il est aussi évident qu'il faudra fortement diminuer les pertes de matières organiques pour préserver la fertilité des sols (FARDEAU et *al.*, 1988 ; SULLIVAN, 2004).

Le travail de l'ONU (LEVREL, 2007) sur le « Millenium Ecosystem Assesment » réalisé en 2003 et repris par la FAO en 2007 le démontre clairement : tous les services écologiques que la société réclame (eau propre, alimentation, fibres, matériaux, énergie renouvelable, régulation du climat, régulation de l'eau, pollinisation, paysages...) ne peuvent être produits que par une agriculture qui produira un maximum de biomasse afin d'alimenter le cycle de nutriments et la formation des sols fertiles. Autrement dit, il existe une très forte suspicion que le retour de matière organique au sol améliore la qualité des sols et la qualité de l'eau. Ce constat issu de la bibliographie encourage une recherche plus poussée dans les différentes composantes et rôles de la matière organique.

5 La qualité du sol en lien avec la gestion de la matière organique.

La matière organique s'avère importante pour la qualité des sols. La quantité et le type de matière organique ont un impact sur les différentes propriétés des sols. Après une brève description de sa place dans le sol, les différents types et fonctions de la MO sont développés.

5.1 La place de la matière organique dans le sol

Le sol contient le plus grand stock de carbone organique de la biosphère continentale. Une variation de ce stock peut avoir des conséquences importantes sur la qualité et la fertilité des sols (CALVET et *al.*, 2011).

La Figure 10 représente les parts des matières organiques dans la partie solide du sol.

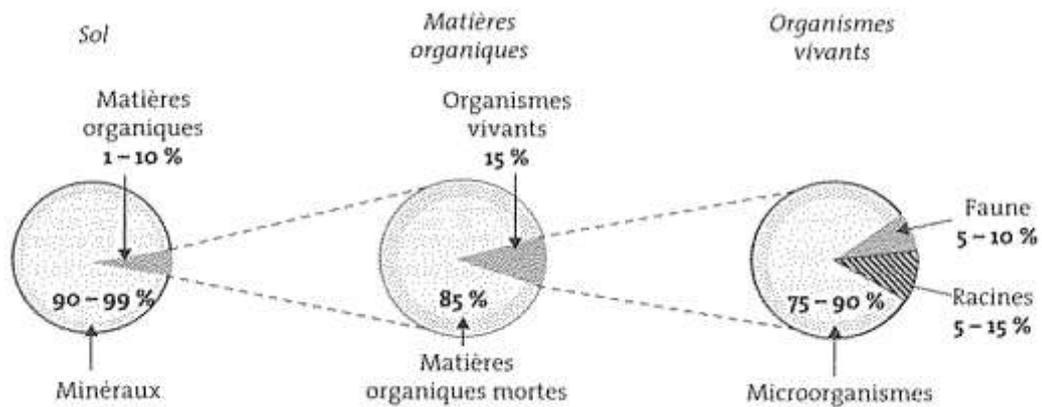


Figure 10 : Proportion approximative en masse des constituants organiques dans des sols cultivés

Source : VAN-CAMP et al., 2004

5.2 Caractéristiques des matières organiques des sols

Les matières organiques des sols sont d'origine animale, végétale et microbienne, mais la partie végétale est de loin la plus importante.

Les proportions entre les parties aériennes (les feuilles, les tiges, les écorces et les fruits) et les parties souterraines (racines mortes et rhizodépôts) sont variables selon les plantes, mais il ne faut pas négliger les parties souterraines qui sont un apport important de MO (CALVET et al., 2011).

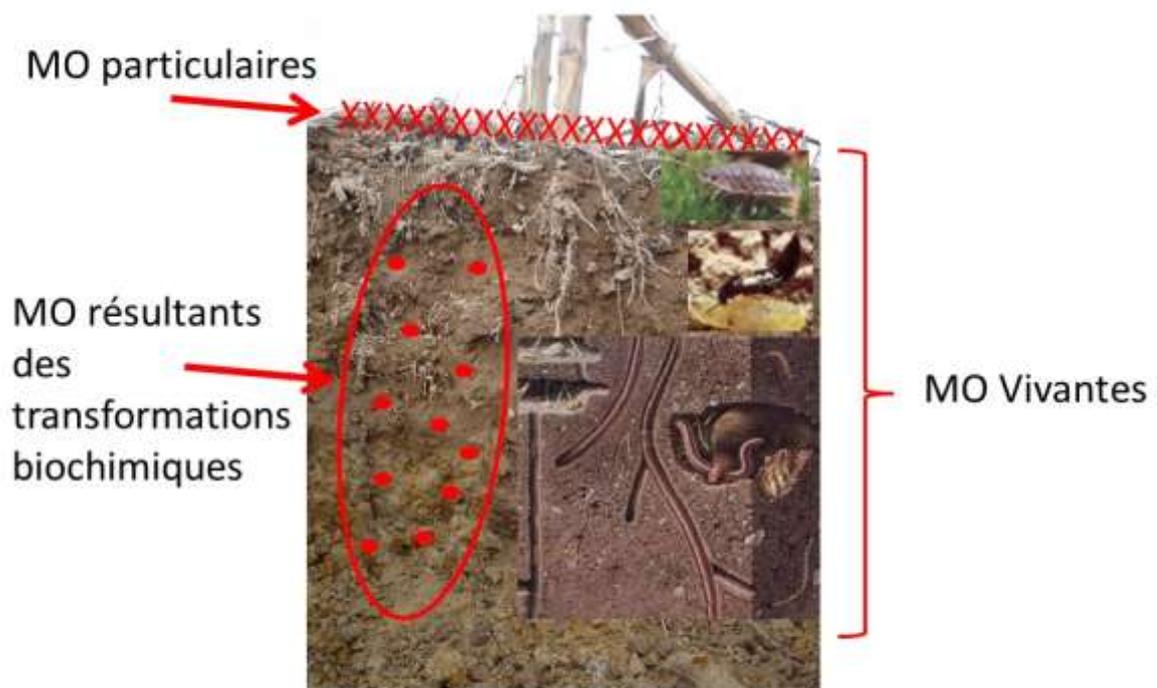


Figure 11 : Localisation des différents types de matières organiques dans un profil.

5.2.1 Les matières organiques particulières

Les matières organiques particulières se trouvent à la surface du sol. Il s'agit de l'accumulation des résidus végétaux à la surface qui constitue la litière. Ce sont des fragments de tissus végétaux de taille variable (du micromètre à quelques dizaines de millimètres), plus ou moins altérés où des structures cellulaires sont encore reconnaissables. Les plus grosses particules sont mélangées aux constituants minéraux et les plus petites sont dans les agrégats. Les matières organiques particulières représentent environ 3 à 10% du carbone organique total pour les terres cultivées contre 20 à 40% pour les sols de forêts ou de prairies (GREGORICH et JANZEN, 1996).

La composition des matières organiques particulières correspond à celle des résidus végétaux dont elle provient, ou du moins, elle en est très proche. Elle est donc dépendante de la nature des couverts végétaux et de leur composition.

Une des principales propriétés des matières organiques particulières est d'être rapidement biodégradable du fait de leur nature biochimique et de leur faible association aux minéraux du sol. Généralement, le temps de recyclage de leur carbone est inférieur à 20 ans. Ce temps est plus important pour les matières organiques incluses dans les agrégats que pour celles qui ne le sont pas (CHRISTENSEN, 1992; BALESSENT, 1996; BESNARD *et al.*, 1996). La faible part des matières organiques particulières des sols cultivés (3 à 10 %) par rapport aux sols de prairie ou de forêt (20 à 40 %) laisse supposer une très faible ressource nutritionnelle disponible pour les organismes vivants du sol dans les sols cultivés.

5.2.2 Organismes vivants du sol (Matière organique vivante)

La matière organique vivante est constituée des racines vivantes, des microorganismes et de la faune du sol. Tout cela représente une biomasse qui correspond à environ 15% du carbone total du sol. Il s'agit d'une part bien moins importante que celle des matières organiques mortes, mais les organismes vivants ont un rôle considérable sur les propriétés physiques et chimiques des sols, ainsi que sur les biotransformations des composés organiques.

Les organismes vivants du sol ont un rôle primordial sur la dynamique des éléments nutritifs et de la formation de la structure du sol (Tableau 4).

Tableau 4 : Principales interventions des organismes vivants dans la dynamique des éléments nutritifs et dans la formation de la structure des sols

Source : LINDEN et al. 1994

	Dynamique des éléments nutritifs	Formation de la structure des sols
Racine vivante	Absorption des éléments nutritifs Intervention sur la dynamique des éléments nutritifs par le pH et les composés organiques excrétés Milieu favorable aux microorganismes (rhizosphère)	Formation des pores Action de compression
Macrofaune	Fragmentation des résidus végétaux Interactions avec l'activité des microorganismes	Mélange des matières organiques et des minéraux Transport des matières organiques Formation des pores Production de matières fécales
Mésafaune	Régulation des populations bactériennes et fongiques Intervention dans le recyclage des éléments nutritifs Fragmentation des résidus végétaux	Action indirecte sur la structure par son influence sur les bactéries et les champignons Formation de pores Production de matières fécales
Microfaune	Régulation des populations bactériennes et fongiques Intervention dans le recyclage des éléments nutritifs	Action indirecte sur la structure par son influence sur les bactéries et les champignons. Production de matières fécales
Bactéries, champignons	Biodégradation des matériels organiques Minéralisation des formes organiques de C, N, P et S Immobilisation des formes inorganiques de C, N, P et S par l'organisation microbienne.	Production de composés organiques liants (polysaccharides) Production par les champignons d'hyphes qui agrègent des particules de sol (Colles humiques = Glomalines).

5.2.2.1 Faune du sol

- Mégafaune

C'est l'ensemble des espèces animales de grandes tailles, dépassant 80 mm de longueur. Cela comprend les vertébrés qui agissent sur le sol. Il s'agit de mammifères, de reptiles et d'amphibiens pour lesquels le sol est leur habitat.

- Macrofaune

Il s'agit des animaux dont la longueur est comprise entre 4 et 80mm environ. Les plus fréquents sont les vers, les mollusques, les arthropodes et les insectes.

La catégorie la plus importante est celle des vers. Ce sont eux qui ont la biomasse la plus importante et ils ont un rôle fondamental dans les processus de transport et de biotransformation dans les sols. Trois catégories de vers ont été distinguées en fonction de leurs propriétés physiologiques : les anéciques (qui se déplacent dans tout le profil du sol), les endogés (qui vivent en profondeur) et les épigés (qui sont localisés près de la surface du sol), (BOUCHE, 1972 ; LAVELLE, 1988). La proportion de chaque catégorie diffère en fonction de la nature du sol et du couvert végétal qui sert de nutrition. Ils creusent de nombreuses galeries, ils ont donc un impact sur la structure du sol. Ils créent une macroporosité qui permet de faire circuler l'air et l'eau. De plus, ils ingèrent de grandes quantités de terre ce qui permet le mélange des minéraux et des matières organiques. Par cette fonction, ils ont donc une influence sur l'activité des microorganismes du sol.

- Mésofaune

Elle est constituée d'animaux plus petits, dont leur longueur est comprise entre 0,2 et 4 mm. Ce sont des microarthropodes : il s'agit d'acariens, de collembolles, de diploures, de petits myriapodes et des nématodes de grande taille.

- Microfaune

Tous les animaux de petite taille, avec une longueur inférieure à 0,2 mm sont compris dans cette catégorie. Il s'agit de tous les protozoaires, les organismes unicellulaires : les amibes, les flagellés, les ciliés, les rotifères ainsi que certains nématodes.

5.2.2.2 Microorganismes du sol

Il s'agit des bactéries, des actinomycètes, des champignons et des algues. Ils représentent une biomasse de 1 à 4% du carbone total du sol, cette proportion étant souvent plus grande pour une prairie (un sol non travaillé) qu'un sol cultivé (SPRALING, 1998).

Les bactéries et les actinomycètes sont les microorganismes les plus nombreux. Ils se trouvent dans les micropores des agrégats et aussi en très grands nombres dans la rhizosphère au voisinage des racines.

Les champignons quant à eux sont moins nombreux, mais ils représentent une part très importante de la biomasse microbienne, parfois jusqu'à 80% (FOSTER, 1988). Les champignons sont situés dans les macropores.

Les microorganismes ont divers rôles. Ils participent notamment aux biotransformations des matières organiques et aux cycles biogéochimiques des éléments chimiques.

L'activité biologique du sol est responsable de la transformation biochimique de la matière organique.

5.2.3 Matières organiques moléculaires

Il s'agit des matières organiques résultant des transformations biochimiques. Elles n'ont pas de structures cellulaires visibles, elles sont constituées d'ensemble de molécules de tailles variées. Elles résultent des transformations biochimiques des matières organiques particulières et des molécules excrétées par les microorganismes du sol. Différents types de matières organiques dites « moléculaires » se distinguent, ces derniers peuvent être classés selon leur type de dégradation.

5.2.3.1 Les matières organiques à dégradation rapide

Il existe trois grands types de matières organiques dont la dégradation est rapide. Il s'agit des composés azotés, des hydrates de carbone et des lipides. Ces matières organiques sont minéralisées rapidement et permettent donc la nutrition des plantes.

- Composés azotés

Il existe trois grands types de composés azotés (STEVENSON, 1982).

Les acides aminés, qui proviennent de la dégradation des tissus végétaux et des parois cellulaires des microorganismes. En général, leur dégradation est rapide lorsqu'on les retrouve dans la solution du sol. Elles peuvent être davantage protégées de la dégradation si elles sont absorbées sur des substances humiques ou minérales d'où l'importance d'avoir une bonne structure.

Les protéines sont très abondantes dans la biomasse végétale et microbienne. Elles sont considérées comme des substances labiles puisqu'elles contiennent des liaisons peptidiques qui sont sensibles à l'action des enzymes. Elles peuvent malgré tout être plus résistantes à la dégradation si elles sont en interaction avec les minéraux argileux.

Les sucres aminés sont quant à eux localisés dans les parois cellulaires des bactéries et des mycéliums de champignons.

- Hydrate de carbone

Les hydrates de carbone sont très abondants dans les sols. Ils proviennent de la biodégradation des résidus végétaux, des synthèses microbiennes et des exsudats racinaires. Ils représentent entre 5 et 25% de la matière organique des sols.

Différents types d'hydrates de carbone sont identifiés : les petites molécules appelées les monosaccharides (ex: glucose), les grandes molécules nommées les polysaccharides (ex: cellulose). Toutes ces molécules sont rapidement biodégradées dans le sol à moins qu'elles soient liées à des minéraux ou des substances humiques.

- Lipides

C'est un ensemble de composés organiques qui sont solubles dans les solvants organiques. Ils représentent environ 2 à 6% de la matière organique des sols. Ce sont principalement des cires et des acides gras. Il n'existe pas d'information claire à propos

de leur biodégradabilité, mais il est admis qu'elle est assez faible pour les cires et élevée pour les acides gras.

5.2.3.2 Les matières organiques à dégradation lente

- Macromolécules biologiques (Lignine, Charbons,...)

Il s'agit de molécules insolubles dans l'eau qui résistent à la dégradation par hydrolyse enzymatique. Ils sont présents dans la fraction humine.

La lignine est un polymère macromoléculaire que l'on retrouve en grande quantité dans les végétaux. Il s'agit d'une substance très résistante à la dégradation. Elle est décomposée seulement en présence de réactifs très oxydants ou de certains champignons du sol.

Les tannins sont des molécules poly phénoliques très peu biodégradables dans les sols.

Les charbons sont des composés organiques constitués de macromolécules biologiques altérées par la chaleur. Ils représentent une grande quantité des matières organiques des sols, cela peut atteindre 45 à 85% dans des situations de feux de forêt récurrente.

- Substances humiques

Il s'agit d'un mélange complexe de molécules issues de la dégradation des tissus végétaux ainsi que de la synthèse microbienne. Les molécules sont liées par des liaisons covalentes ou par formation de structure supramoléculaire par des liaisons faibles comme la liaison hydrogène.

Trois types de substances humiques se distinguent : les acides humiques, les acides fulviques et les humines. Cette dernière catégorie correspond aux plus grandes molécules humiques. Il s'agit d'un assemblage d'acides humiques et d'acides fulviques.

La composition de ces acides dépend de la nature du sol (STEELINK, 1985).

Tableau 5 : Proportions (%) des éléments chimiques contenus dans les acides humiques et fulviques (STEELINK, 1985).

Élément	Acides humiques	Acides fulviques
C	53,8 - 58,7	40,7 - 50,6
O	32,8 - 38,3	39,7 - 49,8
H	3,2 - 6,2	3,8 - 7,0
N	0,8 - 4,3	0,9 - 3,3
S	0,1 - 1,5	0,1 - 3,6

De plus, il est à noter que d'un point de vue chimique les substances humiques ont une très grande réactivité. Cela explique leur forte implication dans la dynamique des fertilisants et des polluants, mais aussi l'impact sur la structure des sols. Ces propriétés sont reliées aux caractéristiques suivantes :

- L'existence possible de charges électriques portées par les agrégats moléculaires.
- La présence d'atomes capables d'établir des liaisons avec des cations métalliques.

- La présence de groupements chimiques hydrophiles et hydrophobes.
- La possibilité d'être dégradées par de nombreuses enzymes.

5.3 Le lien matière organique et qualité des sols

Les matières organiques particulières ont un impact important sur la qualité des sols. Elles servent de couverture et de réserve nutritionnelle. La couverture protège des gouttes d'eau, des brûlures et de la stérilisation du soleil, du vent. Cela permet de réduire l'érosion hydrique et éolienne. Elle se comporte comme une véritable couche isolante et une éponge qui permet de réduire les changements de température du sol. Ainsi, elle préserve l'activité biologique des sols (BRADY, 1974).

Les organismes vivants du sol ont un rôle primordial sur la dynamique des éléments nutritifs et sur la formation de la structure du sol.

Les matières organiques moléculaires à dégradation rapide permettent de subvenir aux besoins des plantes. Celles qui sont à dégradation lente permettent le stockage de carbone dans le sol et ainsi, une meilleure structure. Dans le sol, la proportion de ces deux types de matières organiques est équilibrée, alimentant ainsi régulièrement les différentes fonctions de nutrition ou de stabilisation de la structure (Figure 12).

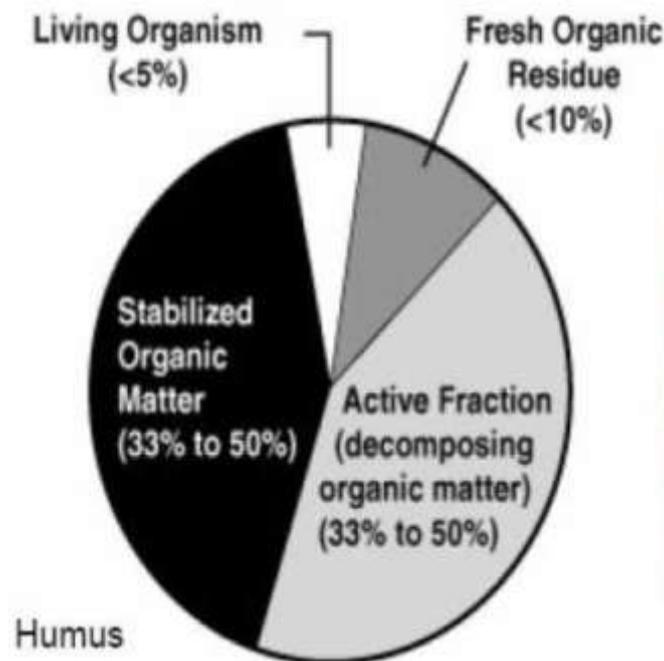


Figure 12 : Répartition des différents types de matières organiques

Source : BRADY et WEIL, 2004

Il est primordial d'entretenir les apports de lignine et de cellulose au sol pour garder le réservoir de MO en équilibre et en bon état de fonctionnement. Il faut équilibrer les entrées et les sorties. Dans ce but, il est nécessaire de réduire les sorties, c'est-à-dire de limiter l'oxydation de la matière organique. En effet en apportant de l'oxygène dans le sol, cela active la minéralisation des MO.

5.4 Le lien matière organique et qualité de l'eau

Les nitrates et les pesticides sont des polluants des eaux souterraines et superficielles. Concernant les nitrates, les matières organiques sont :

- Soit une source de pollution par la minéralisation des composés organiques azotés contenus dans les sols.
- Soit un puits dans le cas d'une organisation de l'azote par les microorganismes des sols.

Cette double caractéristique doit être prise en compte dans la gestion des matières organiques. La gestion des nitrates est directement sous la dépendance des microorganismes trouvant du carbone pour se nourrir. Ce phénomène est alors appelé la dénitrification microbienne. Cette dernière transforme les nitrates en azote gazeux (N₂) volatile, en consommant du carbone (DECONCHAT et BALENT, 1996). Cette dénitrification microbienne est considérée comme la voie principale d'élimination des nitrates, d'un point de vue quantitatif sur un cycle annuel (PETERJOHN et CORREL, 1984 ; JACOBS et GILLIAM, 1985 ; COOPER et *al.*, 1987 ; PINAY et DECAMPS, 1988 ; PINAY et *al.*, 1993). L'efficacité de ce processus biologique n'est par contre pas uniforme sur l'année (GROFFMAN et TIEDJE, 1989). Néanmoins, un autre mécanisme peut pallier à cette variation, il s'agit de l'absorption par les végétaux qui fixent les nitrates sous forme organique.

La déminéralisation du sol est donc systématiquement permise par la présence de 2 mécanismes biologiques complémentaires : le retour de matières organiques particulières sur le sol servant de nutrition aux microorganismes et l'absorption des nitrates par une plante vivante (HAYCOCK et *al.*, 1993). Il est important de tenir compte de ces connaissances pour construire les systèmes agricoles épurateurs de l'eau : retour de MO fraîche et présence permanente d'une plante vivante sur le sol.

Pour ce qui est des pesticides les MO ont une action de protection des eaux par leurs propriétés de rétention, sauf quand les sols subissent une érosion hydrique importante. Il faut donc chercher à réduire voire supprimer les événements d'érosion importants. L'accumulation de résidus organiques à la surface du sol crée un mulch. Ce dernier permet de limiter l'érosion, car cela diminue l'effet « splash » des gouttes d'eau. En général, il augmente l'interception des pesticides appliqués (LOCKE, 1992 ; NOVAK et *al.*, 1996 ; REDDY et LOCKE, 1998 ; REDDY et *al.*, 1997a ; REDDY et *al.*, 1997b). Mais cette interception dépend de la quantité et du type de résidus.

Il s'agit d'une notion très importante puisque le processus de rétention des pesticides dépend de la capacité d'interception de ces derniers. En effet, la capacité de rétention de débris végétaux est 10 à 60 fois plus importante que celle du sol. Donc, plus il y a de couverture végétale et plus les pesticides sont retenus (BOYD et *al.*, 1990 ; REDDY et *al.*, 1995).

La présence et la décomposition de ce mulch engendrent une augmentation de la matière organique en surface. Cette dernière permet de mieux retenir les pesticides et ainsi ils restent davantage à la surface du sol pour être mieux décomposés (ALLETTO et *al.*, 2010).

6 Problématique, hypothèse et objectif

Face aux problèmes techniques, économiques et environnementaux existant au sein du PAT et la réticence des agriculteurs à contractualiser des MAET, il s'agit de proposer des solutions concrètes en faveur du développement durable afin d'aider les agriculteurs dans leur démarche de reconquête environnementale.

La contrainte consiste à avancer conjointement sur les 3 piliers du développement durable (environnement, économique et social). En effet, le contexte local d'Estang laisse entrevoir que la volonté de réduire la pollution ne sera pas résolue simplement par la contractualisation des MAET, seule solution proposée aujourd'hui. Peu d'agriculteurs contractualisent, car l'aide compensatoire est trop faible par rapport aux contraintes qui leur sont imposées. De plus, les MAET ne permettent pas à elles seules un changement en profondeur des pratiques.

L'objectif est alors de faire apparaître les pratiques agricoles favorables à la protection de l'environnement. Il faut ensuite qu'elles soient adoptées et qu'elles survivent aux différents programmes. Il faut donc prendre le problème dans l'autre sens, repenser les itinéraires culturels, trouver des techniques alternatives favorables à la protection de l'environnement et au revenu agricole afin d'obtenir des solutions concrètes engendrant des résultats qui permettront de répondre aux objectifs fixés par les MAET.

L'analyse du contexte montre clairement qu'un fil rouge est à proposer aux agriculteurs. La matière organique y joue un rôle important. Le retour au sol des formes particulières (les résidus des cultures) viendrait favoriser le fonctionnement de la chaîne trophique que constitue l'activité biologique du sol. Celle-ci intervient dans l'amélioration de la qualité de l'eau, en participant à la gestion des matières organiques et de l'azote dans le sol. Depuis au moins les années 70, de nombreuses études et recherches scientifiques établissent un lien direct entre la nutrition carbonée de l'activité biologique et le rôle de cette dernière dans la nutrition des plantes par la minéralisation de la matière organique (DECONCHAT et *al.*, 1996).

À ce stade, le travail d'investigation autour du rôle de la matière organique établit un faisceau d'indices favorables permettant d'identifier le rôle important que jouent les pratiques agricoles dans le retour des résidus des plantes et la gestion des sols.

La bibliographie scientifique établit un lien fort entre qualité des sols et qualité de l'eau. Il s'agit de réaliser une investigation plus poussée sur cette thématique afin d'apporter aux agriculteurs des éléments simples, compréhensibles et pratiques à partir de résultats factuels. La création d'un état des lieux des pratiques et des connaissances sur le stockage de la matière organique en surface permet de répondre à la problématique suivante :

Objectif général

« En quoi l'enrichissement du sol en matière organique par une recharge en éléments particuliers en surface est un outil qui permet la réduction des fuites de nitrates et de produits phytosanitaires, et quels sont les éléments à mettre en place pour y arriver afin d'aider les agriculteurs à répondre aux demandes du PAT ? »

Hypothèse

Il existe un lien très étroit entre les pratiques agricoles, le retour de matières organiques au sol et la pollution de l'eau. Autrement dit, l'amélioration du taux de matière organique des sols conduira à éviter la pollution de l'eau. L'épuration de l'eau pourrait simplement se jouer par la bonne gestion des matières organiques particulières et de la couverture végétale des sols.

Ainsi, l'amélioration de la qualité de l'eau passera par une évolution des pratiques agricoles capables d'augmenter la restitution de matières organiques particulières au sol, afin de développer une forte activité biologique nourricière et épuratrice. L'augmentation du couvert végétal d'une parcelle liée à une gestion appropriée des sols en surface doit évoluer vers une réduction des pertes de matière organique afin d'entraîner une augmentation du taux de matière organique du sol. Les bonnes pratiques agricoles améliorant la couverture du sol par le rendement du couple plante/litière vont agir sur le bilan carbone en augmentant les entrées de carbone dans le sol. Il s'agit dès lors d'en diminuer les sorties pour que le sol devienne un véritable puits de carbone épurateur.

Cette hypothèse reliant l'amélioration organo-biologique des sols et l'amélioration de la qualité de l'eau, nécessite une investigation autour des pratiques agricoles capables d'augmenter les restitutions des résidus végétaux aux sols, tout en diminuant les sorties.

Vérifier l'hypothèse passe par l'identification de pratiques agricoles favorables à une bonne gestion des retours de matières organiques au sol, et par la vérification des relations existantes entre ce retour de MO et la réduction des fuites de nitrates, de produits phytosanitaires... Il s'agit d'identifier de bonnes pratiques agricoles sur le sujet étudié ainsi qu'une méthode capable de mesurer les résultats des nouvelles pratiques. Une telle approche permettrait de faire progresser les agriculteurs par une démarche interactive : d'un côté une amélioration des pratiques agricoles en faveur de la matière organique et, simultanément, la mesure des résultats environnementaux de ces pratiques.

Objectifs particuliers

- Faire un état des lieux des pratiques agricoles utilisées sur la zone du PAT par une étude exploratoire et vérifier si les agriculteurs sont prêts à faire évoluer leurs pratiques agricoles.
- Identifier des agriculteurs travaillant sur une gestion innovante du couple sol/plante avec un focus particulier autour des restitutions de matière organique.
- Vérifier par l'étude si l'augmentation de la teneur en matière organique des sols d'Estang permettrait de diminuer la présence de nitrates et de produits phytosanitaires dans l'eau.
- Proposer des expérimentations à mettre en place sur la zone d'étude afin de renseigner rapidement les agriculteurs, mais aussi tous les partenaires du PAT d'Estang sur les résultats des nouvelles pratiques agricoles envisagées. Cela pourrait soit confirmer, soit moduler ou bien permettre de reformuler l'hypothèse émise. En effet les observations sur le terrain peuvent être un peu différentes des preuves scientifiques amenées par la bibliographie.

Les expérimentationsdevront avoir un objectif pédagogique pour améliorer l'adaptation technique des agriculteurs. Cela passera par un transfert rapide des résultats obtenus dans les innovations identifiées comme transposables localement. Avant de lancer un approfondissement de l'hypothèse identifiée par l'analyse bibliographique, il s'agit de lui donner une certaine robustesse par une expérimentation locale. Le contexte s'y prête bien, les agriculteurs sont peu nombreux et les partenaires sont en accord sur la démarche initiée par ce travail.

PARTIE 2 : Matériel et méthode

Afin d'améliorer les pratiques agricoles de la zone d'Estang, une recherche sur la gestion de la matière organique a été réalisée. Dans un premier temps, il était nécessaire d'identifier les pratiques de la zone d'étude, puis celles qui permettent un enrichissement de la surface du sol en matière organique. Ensuite, il fallait faire un état des lieux des sols. Puis des propositions d'expérimentation ont été faites.

L'ensemble de la méthodologie utilisée pour l'étude est représenté par le schéma de la page suivante (Figure 13).

Pour parvenir aux objectifs de l'étude, les moyens suivants ont été mis en œuvre :

- Enquêtes qualitatives :

Dans un premier temps, les agriculteurs de la zone d'étude ont été enquêtés pour mieux connaître les pratiques agricoles et le contexte de la zone d'étude. Puis dans un second temps, on a réalisé des enquêtes extérieures, auprès d'agriculteurs qui sont en avance sur un domaine précis. Le but était d'aller chercher de l'information à l'extérieur pour enrichir les connaissances déjà présentes sur la zone d'étude et pour vérifier que d'autres techniques sont possibles.

- Suivi et implication des agriculteurs

Plusieurs réunions en salle ont été organisées au cours de cette étude exploratoire, ainsi que des rencontres individuelles sur les fermes afin d'impliquer les agriculteurs, le but était de les sensibiliser à la démarche puisque ce sont eux le noyau nécessaire à la réussite du projet.

- Analyses de sols

Une série d'analyse a été réalisée pour caractériser les sols de la zone d'étude. Cette étape comprend 3 types d'analyses : la création de profils de sol, des mesures physiques, et des mesures chimiques.

- Proposition d'expérimentation et évaluation des coûts

Après avoir bien identifié les pratiques agricoles sur la zone du PAT et réalisé les analyses de sols, des expérimentations ont été proposées et validées avec les agriculteurs. Il fallait alors chiffrer ces expérimentations pour les proposer à l'agence de l'eau.

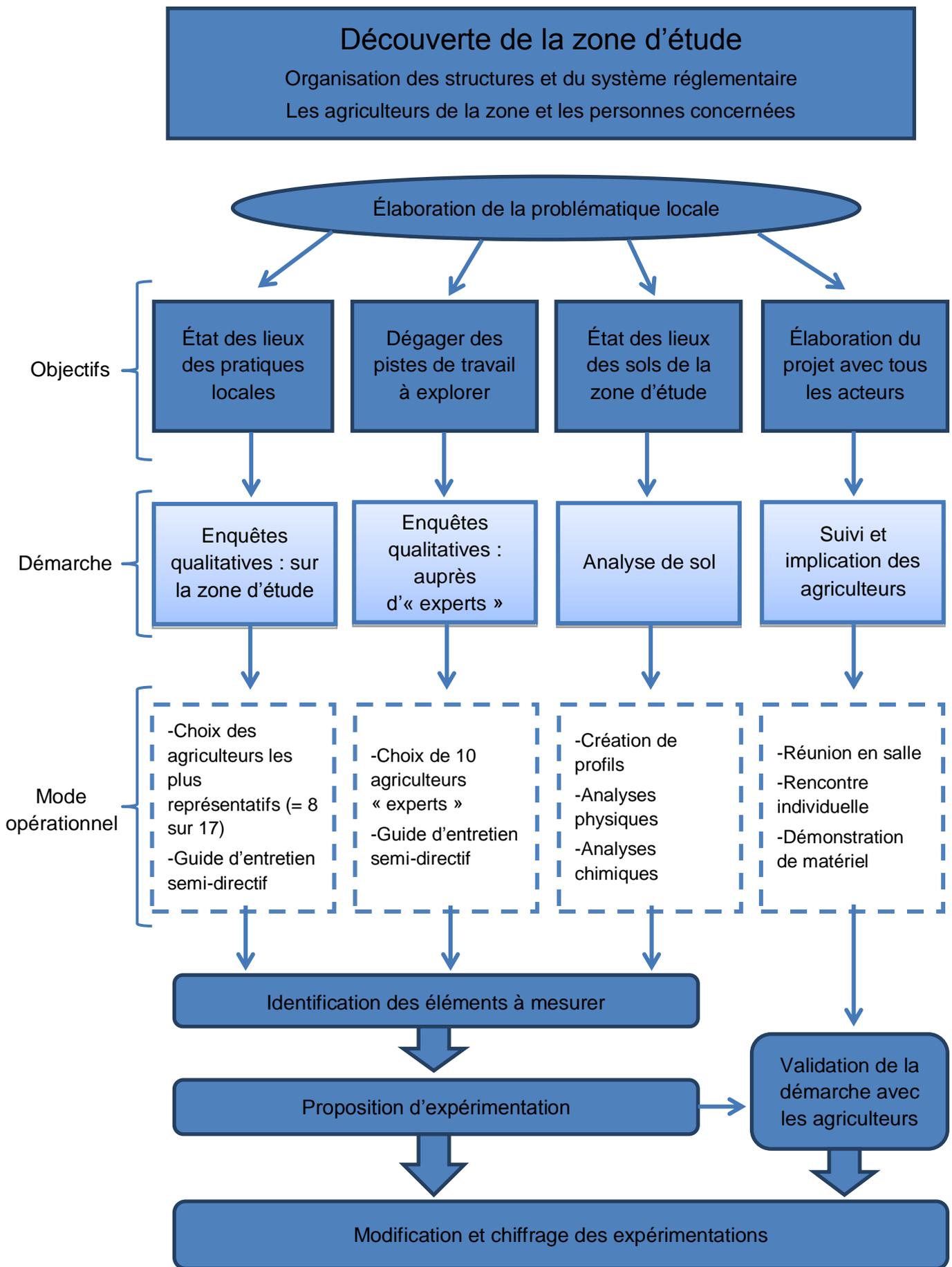


Figure 13 : Schéma de la méthodologie utilisée

1 Phase d'enquête

La phase d'enquête s'est déroulée en deux temps. Tout d'abord, les agriculteurs de la zone d'étude ont été enquêtés afin d'identifier leurs pratiques et les possibilités d'évolution. Ensuite une enquête a été réalisée auprès d'agriculteurs dits « experts » pour identifier de nouvelles pratiques de gestions des sols et des matières organiques.

1.1 Agriculteurs du PAT d'Estang

Le but de ces enquêtes était de mieux connaître les agriculteurs et les exploitations situées sur le périmètre de protection du captage d'Estang. Il fallait bien cerner les motivations de chacun et les possibilités sur le terrain en vue de la mise en place d'actions dans le cadre du PAT.

1.1.1 Guide d'entretien semi-directif

1.1.1.1 Structure du guide d'entretien

Le guide d'entretien comprend deux grandes parties : une phase descriptive et une phase exploratoire (Annexe 3).

La phase descriptive permet de faire dans un premier temps une typologie des exploitations et ensuite dans une seconde partie, un état des lieux des pratiques agricoles utilisées.

La phase exploratoire est elle aussi composée de deux étapes. La première permet d'explorer les motivations, les contraintes des agriculteurs et leurs perceptions du projet du PAT. Puis la dernière partie était là pour évaluer les possibilités d'action pour le projet, de voir s'ils étaient prêts à essayer de nouvelles pratiques. En effet, il était essentiel de voir si les agriculteurs étaient prêts à faire des essais dans l'évolution des pratiques avant de continuer l'étude.

1.1.1.2 Test du guide d'entretien

Avant de commencer les enquêtes, le guide d'entretien a été testé en condition réelle. Ces essais ont été réalisés sur le terrain à trois reprises. Face au petit échantillon du PAT, le guide d'entretien a été testé hors de la zone d'étude. Toutefois pour se rapprocher le plus possible de la réalité, les tests ont été faits avec des agriculteurs cultivant des céréales et de la vigne.

Cette étape a permis d'adapter au mieux le guide d'entretien et surtout la manière d'aborder certains thèmes. Les réactions des personnes enquêtées ont permis de déceler les faiblesses du guide d'entretien. Par la suite, certains thèmes ont été réorganisés, ajoutés, ou bien supprimés.

La réalisation de ces tests était nécessaire pour être opérationnel dès le départ et ne pas perdre les premières enquêtes sur la zone d'étude.

1.1.2 Échantillon

1.1.2.1 Choix des agriculteurs

La population totale des agriculteurs exploitants sur l'aire d'alimentation du captage (AAC) représente 17 personnes. Face à cet échantillon restreint, il était envisageable techniquement d'enquêter tout le monde. Or après l'étude des surfaces de chaque exploitant concerné par l'AAC, l'implication de ces derniers depuis le début du projet et le premier contact téléphonique avec chaque exploitant, il a été décidé en accord avec les partenaires du PAT d'Estang d'enquêter les agriculteurs répondant aux moins à 2 des 3 critères suivants :

- Exploiter sur l'AAC une surface supérieure à 5ha
- Être éligible aux programmes d'actions proposées par le PAT, c'est-à-dire avoir moins de 65 ans.
- Être impliqué dans le projet.

Sur les 17 agriculteurs potentiels à enquêter, seulement 8 ont finalement été retenus. Le principal problème pour les autres était qu'ils ne se sentaient pas concernés puisqu'ils cultivaient une surface inférieure à 5ha sur la zone. Ils ne veulent donc pas entamer une démarche de changement de leurs pratiques agricoles dans le but de contractualiser une MAET sur une surface inférieure à 5ha, l'effort demandé serait trop important face à la compensation versée.

1.1.2.2 Représentativité de l'échantillon

Il y a eu 8 agriculteurs enquêtés sur une population totale de 17 exploitants, soit quasiment la moitié. De plus, cet échantillon peut être considéré comme représentatif puisque les 8 agriculteurs enquêtés exploitent plus de 85% des terres cultivées de la zone.

1.1.3 Méthode d'enquête

L'enquête était planifiée plusieurs jours avant avec l'agriculteur. Il fallait bien prévoir le jour afin que l'agriculteur soit disponible et qu'il prenne le temps de répondre à toute l'enquête. Une demi-journée était consacrée pour chaque agriculteur.

Cela commençait par la réalisation de l'entretien semi-directif. Au départ une brève explication de l'intérêt de l'enquête pour le PAT était faite. Puisqu'ils étaient impliqués, cela les concernait directement. Les thèmes étaient annoncés au fur à mesure pour relancer la personne interrogée. L'enquêteur essayait de parler le moins possible pour ne pas influencer les réponses données.

À la fin de l'entretien semi-directif, les parcelles de l'exploitation étaient répertoriées avec l'agriculteur. Cette étape permettait de discuter et de choisir en collaboration avec lui les parcelles pour réaliser les prélèvements. Puis pour finir, l'exploitation était visitée, pour voir le matériel de l'agriculteur et une ou deux parcelles choisies pour les prélèvements.

1.1.4 Traitement des données

Face au faible nombre d'enquêtes, il ne s'avèrerait pas intéressant de réaliser un traitement statistique sur les résultats obtenus. Une analyse descriptive a alors été réalisée.

Les données sur les agriculteurs et les exploitations ont été compilées pour faire une typologie des enquêtes sous forme de tableau.

Les itinéraires techniques étant assez homogènes sur la zone, l'état des lieux de ces derniers a ainsi été fait par la constitution d'un itinéraire type pour chaque culture.

Les deux dernières parties du guide d'entretien ont été analysées par un classement thématique des données pour en faire une synthèse. Une analyse descriptive a ensuite été réalisée.

1.2 Agriculteurs experts

Le but de ces enquêtes était de voir s'il existait d'autres pratiques de gestions des sols et de gestions des matières organiques. L'objectif était de comprendre la démarche de ces agriculteurs, de découvrir leurs pratiques.

La méthode utilisée s'appuie sur la réalisation d'enquêtes exploratoires. Ces dernières « présentent une grande souplesse d'application comme les entretiens semi-directifs ou les méthodes d'observation où un degré de liberté important est laissé à l'observateur. Le motif en est très simple : les entretiens exploratoires servent à trouver des pistes de réflexion, des idées et des hypothèses de travail [...]. Il s'agit donc d'ouvrir l'esprit, d'écouter et non de poser des questions précises, de découvrir de nouvelles manières de poser le problème », (QUIVY et CAMPENHOUDT, 2006).

Cela a alors été fait par l'intermédiaire d'un entretien semi-directif pour récolter des éléments auxquels l'enquêteur n'aurait pas pensé puisqu'il ne connaît pas forcément les pratiques utilisées.

1.2.1 Guide d'entretien semi-directif

Le guide d'entretien pour les agriculteurs « experts » a été fait à partir du guide d'entretien pour les enquêtes du PAT. Toutefois, ce dernier a été adapté (Annexe 4). Les agriculteurs « experts » n'avaient pas d'intérêt pour le projet du PAT. Il était alors nécessaire de réduire le temps d'enquête pour que cela soit réalisable et acceptable par les agriculteurs « experts ».

Le guide d'entretien est alors simplifié, la précision demandée pour les itinéraires techniques est moins importante. Le détail de tout le programme phytosanitaire n'est pas demandé. Les thèmes développés sont orientés davantage vers la gestion des sols et des matières organiques.

Le guide d'entretien pour les agriculteurs « experts » se compose d'une partie sur la description de l'agriculteur et de l'exploitation puis d'une seconde partie sur l'exploration des pratiques agricoles utilisées par l'agriculteur avec un focus sur la gestion des sols et des matières organiques.

1.2.2 Choix des agriculteurs

Les agriculteurs « experts » ont été repérés par l'intermédiaire de tout un réseau d'entreprises, d'organismes et d'associations. De multiples spécialistes des structures

suivantes ont été contactés pour obtenir des adresses d'agriculteurs ayant une approche spécifique de gestion des sols :

- La Chambre d'Agriculture 31 et 32
- Arbre et Paysage 32
- L'Institut de l'Agriculture Durable
- L'Institut Français de la Vigne et du Vin
- L'AOC'Sol

Tout d'abord, un maximum d'information sur les agriculteurs était cherché sur internet. Puis si besoin un premier contact téléphonique était fait pour compléter les informations obtenues. Ensuite les agriculteurs ont été choisis selon 3 critères :

- Faire des retours de matières organiques au sol
- Être dans une démarche de couverture des sols
- Avoir une gestion du couple sol/plante différente

En fonction de ces critères, du temps imparti et des déplacements possibles, 11 agriculteurs ont été enquêtés.

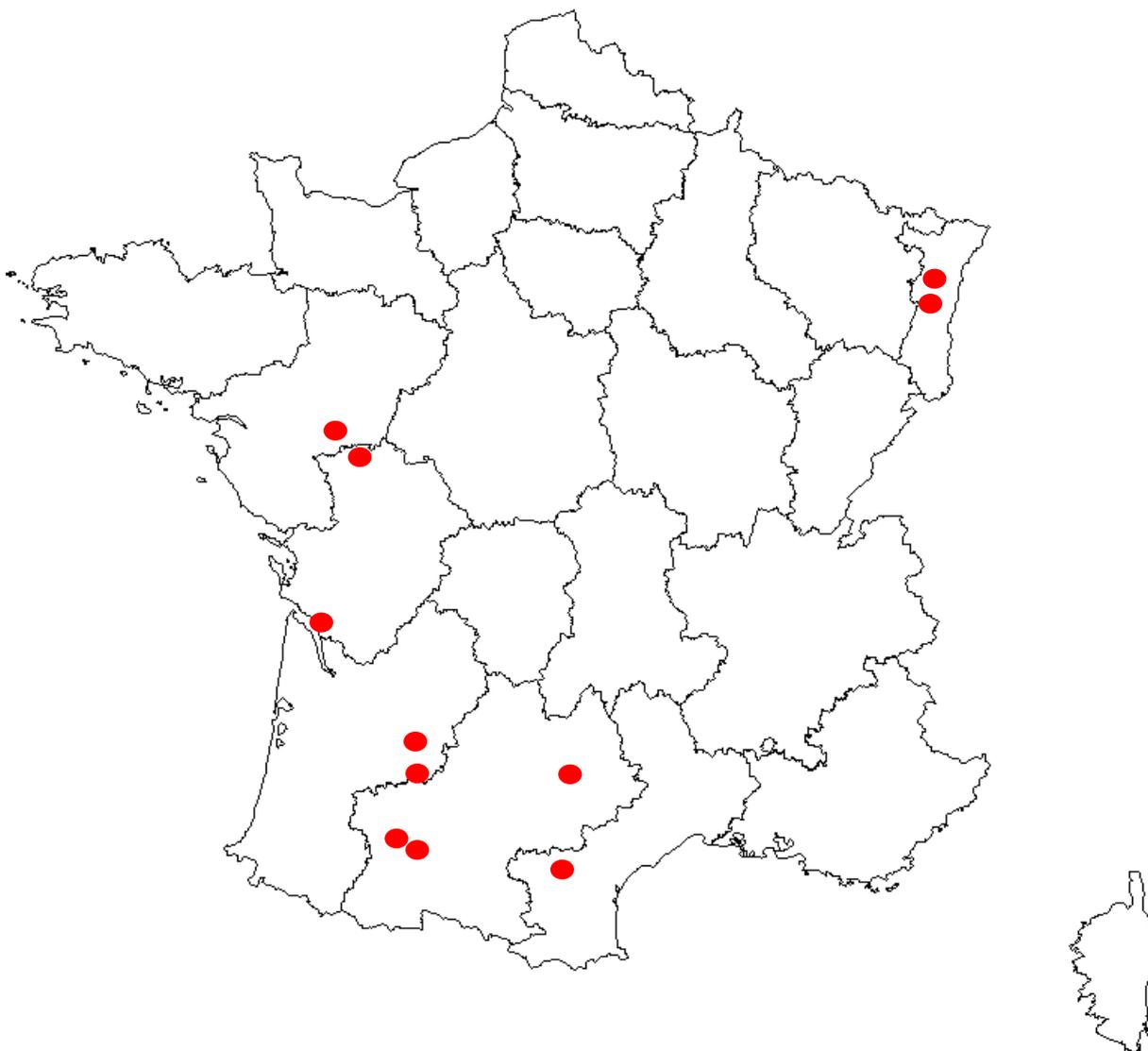


Figure 14: Carte de représentation des enquêtes réalisées

1.2.3 Méthode d'enquête

Ces enquêtes nécessitaient une organisation particulière puisque cela impliquait des déplacements plus importants. Pour limiter ces derniers, les enquêtes étaient réalisées en général à raison de deux agriculteurs par jour. Il fallait prévoir longtemps à l'avance pour s'assurer de la disponibilité des agriculteurs le même jour.

Contrairement aux enquêtes des agriculteurs du PAT, celles-ci se déroulaient sur une durée plus courte de 1 à 2 heures. Pour que la personne enquêtée comprenne bien l'intérêt de la démarche d'enquête réalisée, le projet du PAT était détaillé rapidement. Cela était nécessaire pour qu'elle prenne le temps de répondre à l'enquête. L'entretien pouvait ainsi commencer. Tout comme la partie exploratoire des enquêtes du PAT, le but était d'écouter au maximum et de parler le moins possible pour ne pas influencer la personne enquêtée.

Les conditions de l'entretien étaient très variables. Ils pouvaient se dérouler dans le bureau de l'exploitant, autour de leur matériel, ou bien dans leurs parcelles. Cela était libre, l'objectif était de les faire parler dans leurs lieux de travail où ils se sentent le plus dans leur élément.

1.2.4 Traitement des données

Avec seulement 11 exploitations enquêtées, l'analyse descriptive a été privilégiée face à l'analyse statistique qui aurait eu peu d'intérêt. Les données de la première partie du guide d'entretien ont été utilisées pour faire une description de la typologie des exploitations enquêtées. Les données ont alors été répertoriées dans un tableau avant d'être décrites.

La seconde partie qui était plus exploratoire a permis de décrire les pratiques des agriculteurs. Les données ont été rassemblées puis les idées ont été réécrites sous forme de mots clés. Ensuite le classement de ces mots clés par thématique a permis de réorganiser les pratiques découvertes. Celles-ci ont ensuite été décrites et discutées.

2 Suivi et implication des agriculteurs

L'adhésion des agriculteurs au projet est primordiale. Ce sont eux le moteur et la clé de réussite du nouveau projet commun mené par tous les partenaires au sein du PAT. C'est donc pour cela qu'il était nécessaire de les suivre et de les impliquer au maximum.

Afin de tenir tout le monde au courant des évolutions de l'étude, 4 réunions en salle ont été réalisées durant les 6 mois. De plus, depuis janvier 2 autres réunions ont été faites. Cela continue dans la même dynamique, pour garder tout le monde actif dans le projet.

Ces réunions ont pour but de tenir au courant des évolutions, des avancés, mais aussi de profiter de ce moment pour développer un travail de groupe, une réflexion commune sur leurs pratiques agricoles. Ainsi, différents sujets ont été abordés : la réflexion sur la gestion de la matière organique, l'implantation et la destruction de couverts, le matériel... Tout cela avec différents intervenants, pour apporter des témoignages sur ce qu'ils ont fait ou sur des études, des expérimentations déjà réalisées.

De plus, des rencontres individuelles ont eu lieu, de par la réalisation des enquêtes, mais aussi à d'autres occasions au cours des 6 mois. Cet échange individuel est aussi

important, cela permet de capter le ressenti de chacun, de découvrir des éléments qui ne sont pas forcément énoncés lors des échanges en groupe.

La proximité et l'accompagnement des agriculteurs sont essentiels au bon fonctionnement du projet. Ils ne doivent pas se sentir abandonnés. Il faut au contraire, chercher à les valoriser pour avancer encore plus vite ensemble. Ainsi lors de la dernière réunion, les propositions de ce mémoire ont été présentées afin de les valider ensemble. L'objectif est bien de proposer des actions concrètes, qui leur correspondent.

3 Analyse de sol

Les prélèvements de terre ont été réalisés dans le but de créer des références locales, ce qui était nécessaire afin de motiver les agriculteurs sur des exemples qui leur sont propres. L'objectif était de leur montrer que sur leurs parcelles, d'importantes différences existaient selon le type de gestion des sols : un endroit travaillé et un autre où le sol n'est pas travaillé et toujours couvert.

De plus, la réalisation de ces prélèvements permettait de créer un point « zéro » pour le projet, c'est-à-dire de faire un état des lieux des sols actuels afin de pouvoir observer par la suite, l'évolution des sols en fonction des techniques de culture mises en place.

Trois types de mesures ont été effectués : un suivi photographique de profil, des mesures physiques et des analyses chimiques.

3.1 Localisation des prélèvements

3.1.1 Choix des parcelles

Pour être le plus pertinent et efficace, les prélèvements ont été réalisés après la phase d'enquête des agriculteurs. Ainsi, il était plus facile de cibler les parcelles à suivre en fonction des itinéraires techniques appliqués. L'objectif était de prendre une série de parcelles représentant au mieux les cultures présentes sur la zone d'étude. En fonction des moyens alloués à la réalisation des analyses et à l'état des lieux des pratiques réalisés, il a été décidé de suivre au maximum une douzaine de parcelles (Annexe 5).

Le choix des parcelles a donc été réalisé en fonction des cultures, mais aussi de la répartition spatiale sur la zone et en fonction de l'exploitant. Ce dernier critère est tout de même à prendre en compte puisque le but des analyses est de mobiliser les agriculteurs impliqués dans le PAT autour d'une démarche agronomique.

Il y avait donc :

- 3 parcelles de Maïs
- 3 parcelles Blé-Tournesol
- 3 parcelles en vigne
- 1 parcelle en agriculture biologique
- 1 prairie
- 1 en forêt

Le prélèvement en forêt a été réalisé pour observer un sol qui n'a jamais été travaillé ou du moins depuis plus de 150 ans.

3.1.2 Localisation : Bordure et centre parcelle

Le prélèvement au centre de la parcelle permettait de mesurer les caractéristiques du sol sous l'influence des pratiques agricoles actuelles, et l'autre a été réalisé en bordure de parcelle pour montrer les caractéristiques d'un sol qui n'est pas travaillé. L'idée de faire deux prélèvements dans une même parcelle était d'avoir le même type de sol, mais avec deux pratiques différentes. Cette méthode de prélèvement permet d'obtenir déjà quelques résultats exploitables que l'on peut rapporter aux pratiques des exploitants du PAT (centre de la parcelle) et aux pratiques découvertes dans les enquêtes extérieures (bordure de parcelle = sol non travaillé et couvert).

3.2 Profils de sols

3.2.1 Protocole

Les profils de sols ont été réalisés en même temps que les autres prélèvements.

Il s'agissait de creuser un trou de 40cm de profondeur, 50cm de largeur pour le profil et 60cm de longueur. Ces dimensions ont été établies après avoir fait un test pour caler l'appareil photo. En effet c'était un paramètre important pour avoir un bon rendu photo.

Les outils qui ont été utilisés sont les suivants

- Une fourche-bêche
- Une pelle étroite et tranchante
- Un sceau
- Un couteau
- Un marteau (de 40cm de longueur)
- Un appareil photo

Le trou était creusé grossièrement avec la pelle et la fourche-bêche. Ensuite les finitions étaient réalisées à l'aide du couteau afin d'avoir un profil frais qui n'a pas subi de frottement. Puis le marteau était positionné à l'envers. Il servait d'unité de mesure pour se rendre bien compte de l'échelle lors de la prise de vue (Figure 15).



Figure 15 : Étape de la réalisation des profils de sols

3.2.2 Résultats attendus

En creusant ces profils, l'objectif était de comparer visuellement les sols. L'opérateur pouvait le faire en creusant. Afin de montrer ce travail aux agriculteurs et aux différents partenaires du projet, il était nécessaire de faire des prises de vue (Figure 16).



Figure 16 : Photos de deux profils d'une même parcelle.

La finalité de ce travail était de pouvoir visualiser sur un diaporama le même sol, géré différemment, pour faire de la sensibilisation. Le but est de comparer visuellement l'état des sols du centre de la parcelle avec celui des bordures de champs.

3.3 Mesures physiques

Pour les mesures physiques, il n'y a qu'un prélèvement réalisé. Il va permettre de connaître la densité du sol. Mesurer cette dernière permet de déduire la porosité du sol et l'occupation de cette dernière par l'eau. Cela nous informe sur la compaction du sol, sa capacité à faire circuler l'eau et l'air correctement et la capacité du sol à retenir l'eau dans la porosité (USDA, 2012).

3.3.1 Méthodes de prélèvements

Pour les mesures physiques, les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'un cylindre de volume connu dans le but de calculer la densité du sol.

Les outils qui ont été utilisés sont les suivants :

- Marteau
- Cylindre en inox de 814,3cm³ (20cm (h) et 7.2cm (diamètre))
- Un tasseau de bois
- Une fourche-bêche
- Un couteau
- Un sceau
- Des poches de prélèvements de terre
- Une glacière

La méthode de prélèvement utilisé est décrite par les étapes suivantes (Figure 17):

Tout d'abord, il était nécessaire de nettoyer brièvement la surface sur laquelle le prélèvement était réalisé. C'est-à-dire qu'il fallait enlever les parties aériennes des plantes qui étaient présentes afin de faciliter le prélèvement et de ne pas fausser les résultats.

Ensuite, le cylindre pouvait être mis en place et enfoncé à l'aide d'un marteau et d'un tasseau de bois afin d'exercer une pression de façon homogène. Il fallait introduire le cylindre dans le sol le plus verticalement possible pour éviter les phénomènes de compaction.

Puis, il était nécessaire d'extraire le cylindre ainsi qu'une motte de terre autour à l'aide d'une fourche à bêcher. Le dégagement du cylindre de sa motte de terre était une opération à faire avec précision pour ne pas arracher une partie contenue dans le cylindre. Par la suite l'extrémité du cylindre était arasée délicatement à l'aide d'un couteau.

Enfin, il suffisait donc de vider le contenu du cylindre dans un seau propre, de placer la terre récoltée dans un sac de prélèvement. Par la suite ce dernier était conservé au frais dans une glacière avant d'être amené au laboratoire.





Figure 17 : Méthode utilisée pour les prélèvements au cylindre.

Connaitre le volume exact du cylindre était nécessaire pour réaliser les calculs de densité et de porosité par la suite (USDA, 2012), en utilisant le poids de l'échantillon humide et le poids sec après le passage à l'étuve.

Remarque : Les prélèvements de terre ont été réalisés sur la section 0-20cm. Le but de l'étude était d'observer ou non l'accumulation de matières organiques en surface. Ce choix a donc été fait afin de ne pas trop diluer l'effet d'accumulation de surface, s'il a lieu. De plus, la tarière utilisée pour les autres prélèvements permettait de prélever aussi 20 cm de terre. Ainsi, les résultats des deux prélèvements pouvaient être mis en relation.

3.3.2 Analyse

Après la réalisation des prélèvements, les échantillons ont été pesés puis conservés au congélateur. Ensuite, l'analyse consistait à mettre la terre à l'étuve (Figure 18) afin de la faire complètement sécher.



Figure 18 : Séchage des échantillons

Le protocole suivant a été appliqué :

Tout d'abord, la barquette en aluminium a été pesée. Ensuite, l'échantillon de terre a été versé dans cette dernière. Il fallait reporter aussitôt la codification de l'échantillon sur la barquette afin d'avoir une bonne traçabilité.

Puis les échantillons ont été placés à l'étuve à 105°C pendant 48h, selon la norme NF ISO 11465 pour la faire sécher (AFNOR, 2012).

Enfin, une fois le temps écoulé, les échantillons secs ont été pesés dès leurs sorties de l'étuve.

3.3.3 Résultats attendus

Les poids humides et secs des échantillons, ainsi que le volume du prélèvement de terre ont été récoltés. Ces données ont été utilisées pour calculer la densité, la porosité, la quantité d'eau présente dans le sol et la porosité utile à l'eau. Ces résultats seront analysés et permettront normalement de comparer les sols cultivés et les sols non travaillés.

3.4 Déterminants chimiques

3.4.1 Méthodes de prélèvements

Les outils qui ont été utilisés sont les suivants :

- Une pelle
- Une tarière
- Un couteau
- Un seau
- Des poches de prélèvements de terre
- Une glacière

Les prélèvements ont été réalisés en suivant la procédure suivante :

Tout d'abord, il était nécessaire de nettoyer brièvement la surface sur laquelle le prélèvement était réalisé, de la même manière que pour le prélèvement au cylindre. Ensuite, la tarière était introduite en tournant jusqu'à ce que le niveau de terre arrive en haut de la partie de prélèvement de l'outil. Puis il fallait retirer la tarière en tournant légèrement dans le sens inverse. Ainsi, on pouvait récupérer la terre à l'aide du couteau. Le prélèvement était stocké dans le seau. Toutes ces étapes étaient réalisées plusieurs fois et à la fin il fallait homogénéiser la terre afin d'avoir un échantillon représentatif de la parcelle (AFNOR, 2013).

Enfin une partie de la terre a été placée dans le sac de prélèvement avant de le conserver au frais (Figure 19).



Figure 19 : Tarière et conservation au frais des sacs de prélèvement

3.4.2 Analyses de sol

En attendant l'analyse, les échantillons ont été conservés au congélateur. Puis la réalisation des mesures a été effectuée au laboratoire départemental d'Eauze.

Dans le Tableau 6 sont répertoriés les éléments analysés ainsi que le type d'extraction et de dosage utilisé par le laboratoire.

Tableau 6 : Types d'analyses réalisées

	Extraction	Dosage
MO	Oxydation sulfochromique	Spectrophotométrie UV visible automatisée
pH eau	eau	Potentiométrie
CEC	Metson	Spectrophotométrie UV visible automatisée
Azote	Kejldahl	Titrimétrie

3.4.3 Résultats attendus

Le laboratoire d'Eauze va permettre de mesurer le taux de matière organique, le pH eau, la capacité d'échange cationique et le taux d'azote des échantillons. Ainsi, les valeurs obtenues pourront être mises sous forme de graphiques pour les analyser.

L'analyse statistique n'est pas appropriée ici, puisqu'il y a très peu de valeurs. Les résultats seront comparés par lecture graphique pour analyser les différences entre les sols travaillés et ceux qui ne le sont pas.

4 Chiffrage des expérimentations proposées

Afin de proposer des actions concrètes pour le PAT, il était important d'évaluer le temps nécessaire et le coût des expérimentations proposées.

La réalisation des prélèvements de terre sur l'AAC, a permis de mesurer le temps nécessaire pour les réaliser. Pour les autres mesures proposées, des spécialistes ont été contactés. Le temps a ainsi été évalué par des opérateurs qui avaient déjà pratiqué les tests. Cela permettait de se rapprocher au mieux des conditions réelles pour la réalisation des propositions.

Le chiffrage du coût des fournitures ainsi que des analyses d'eau a nécessité un travail de recherche d'entreprises et de laboratoires qui répondaient aux différentes demandes. Afin de reconstituer la mallette de test, des entreprises qui vendent du matériel de laboratoire ont été contactées. Ensuite, des devis ont été réalisés.

Pour les analyses d'eau, plusieurs devis ont été réalisés par différents laboratoires.

Partie 3 : Résultats et discussion

Dans cette partie, les résultats de l'étude seront présentés. Dans un premier temps, la typologie des exploitations ainsi que les itinéraires techniques types des agriculteurs seront décrits. Puis les nouvelles pratiques de gestion des sols identifiées par les enquêtes extérieures seront développées. Enfin, les résultats des analyses de sol seront étudiés.

1 Agriculteurs et pratiques locales

1.1 Typologie des exploitations de la zone d'étude

L'échantillon des exploitations enquêtées est constitué de 8 agriculteurs. Il s'agit d'un échantillon très hétérogène puisqu'il comprend aussi bien de petites structures (30ha), mais aussi une très grande (1050ha). La typologie des exploitations est détaillée dans le Tableau 7.

Tableau 7 : Typologie des exploitations enquêtées sur le PAT.

Exploitation	SAU (ha)	GC (ha)	Prairie (ha)	Vigne (ha)	Age	Type de travail	Conv. Bio.	Rdt Blé q/ha
1	70	41	10	19	52	Indiv/CUMA/ETA	Conv.	60
2	85	63,5	13	8,5	58	Indiv/CUMA	Conv.	55
3	30	24,5	4	1,75	56	Indiv/CUMA/ETA	Bio.	15-25
4	84,5	42,3	7,3	34,9	51	Indiv/CUMA/ETA	Conv.	/
5	62	26	26	10	39	Indiv/CUMA/ETA	Conv.	50
6	80	12	59	9	47	Indiv/CUMA/ETA	Conv.	50
7	209	88,5	49,5	26	45	Indiv/CUMA/ETA	Conv.	55
8	1050	0	0	1050	/	Indiv	Conv.	/

La répartition des différentes activités est très hétérogène. Les productions sont tournées vers de la polyculture élevage ou des grandes cultures, avec de la vigne.

L'âge des agriculteurs est assez élevé, la moitié des agriculteurs ont plus de 50 ans.

Les agriculteurs travaillent tous en individuel, mais 7 agriculteurs sur 8 travaillent aussi avec une CUMA pour la machine à vendanger. De plus, sur les 7 agriculteurs qui ont des grandes cultures, un seul possède sa propre moissonneuse batteuse, les autres fonctionnent pour les moissons avec une entreprise de travaux agricole (ETA), ils sont donc moins libres pour la date d'intervention.

L'agriculture conventionnelle est pratiquée dans 7 cas sur 8. Une seule ferme est en agriculture biologique (AB) depuis plus de 10 ans.

Le rendement du blé est la référence pour cette typologie puisqu'il s'agit d'une culture bien présente dans 6 situations sur 8. Le rendement varie entre 15 et 60q. Selon les années, le rendement est entre 2 et 4 fois plus faible en agriculture biologique qu'en conventionnelle.

Le rendement de paille étant proportionnel au rendement de grain (BOLINDER et al, 1997), il peut en être déduit que dans le cas de retour complet des pailles, il y a moins de retour de biomasse en agriculture biologique qu'en conventionnelle.

La variation de rendement de biomasse entre les différents types d'agriculture est confirmée par les études portées sur l'importance des racines en système céréalière (BOLINDER et al, 1997). En effet, il apparaît que le rendement de biomasse racinaire est variable selon les céréales et le type de conduite. Le rendement racine varie de 15 à 40% par rapport à la biomasse totale (grain, paille, racine). D'autre part, lorsqu'on augmente la fertilisation, on baisse la biomasse racinaire. De plus, il faut noter que dans une culture, la rhizodéposition est équivalente à la biomasse racinaire de la plante.

En ce qui concerne le retour de matière organique des pratiques des agriculteurs d'Estang, on constate par calcul qu'entre l'agriculture biologique et l'agriculture conventionnelle, on pourrait avoir des biomasses racinaires équivalentes et des rhizodépositions équivalentes. Par contre, la quantité de pailles sera bien différente dans un système fertilisé. En prenant comme référence le travail de BOLINDER et al. (1997), on peut conclure que les retours de biomasse au sol sont plus importants en agriculture conventionnelle, qu'en agriculture biologique. La fertilisation permet d'augmenter le retour de MO particulaire au sol si les pailles ne sont pas exportées.

1.2 Identification des pratiques agricoles du PAT

Les principales cultures présentes sur l'Alimentation de l'Aire du Captage (AAC) sont : la vigne, les grandes cultures (blé, maïs, tournesol...) et les prairies. Sur les 282ha déclarés à la PAC en 2012, la répartition de ces cultures correspond environ à 1/3 de vigne, 1/3 de grandes cultures et 1/3 de prairies, bois, gel (Figure 20).

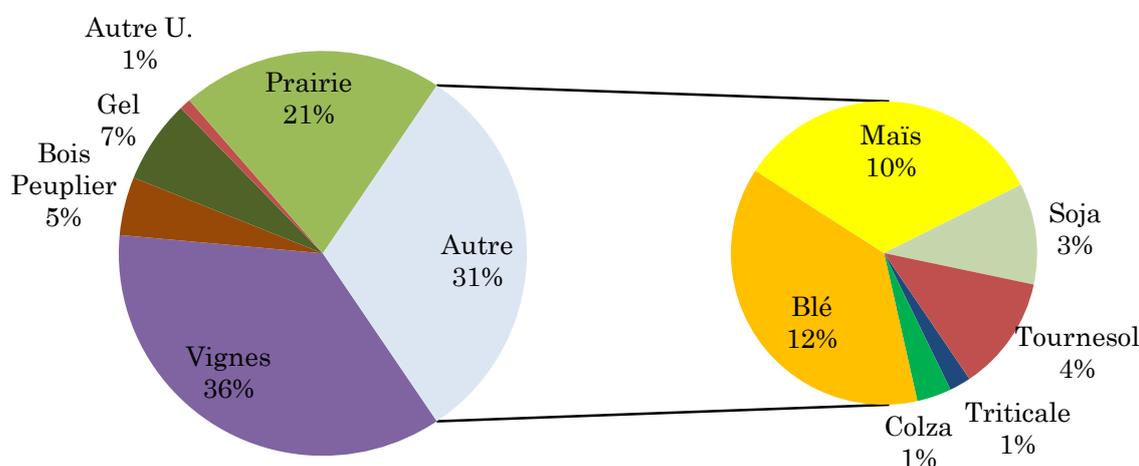


Figure 20 : Diagramme des productions présentes sur l'AAC en 2012.

1.2.1 Grandes cultures

Les itinéraires techniques des principales cultures ont été représentés sous forme de frise chronologique pour une meilleure visualisation, néanmoins le détail des itinéraires

culturels est disponible sous forme de tableaux (Annexe 6). Ensuite les rotations principales réalisées sur l'AAC sont étudiées.

1.2.1.1 Blé

L'itinéraire cultural du blé est représenté sur la Figure 21.



Figure 21 : Itinéraire technique type du blé sur l'AAC

Avant l'installation du blé, le sol est préparé à plusieurs reprises. Il y a deux applications de désherbage, une en septembre et une autre juste après le semis. Ces applications sont faites sur un sol nu ou du moins un sol dont la couverture est faible généralement. Il y a alors de sérieux risques de transfert des produits phytosanitaires en cas d'importants épisodes pluvieux.

Une fertilisation avec un engrais de fond (phosphore et potasse) est réalisée aussi lorsque le sol est nu. Ce dernier est incorporé dans le sol par la suite.

En l'espace d'un mois, le sol est travaillé à trois reprises sur une profondeur allant de 10 à 40cm. Le sol étant nu et travaillé, il y a alors des risques d'érosions en cas de fortes pluies.

Il faut noter que les agriculteurs n'utilisent pas d'insecticide. N'ayant pas une pression de ravageur forte généralement, cette impasse permet de limiter les coûts. C'est important puisque les rendements ne sont pas très élevés (entre 50 et 60q).

Les deux apports d'azote réalisés pendant le cycle végétatif du blé sont raisonnés et n'apportent pas de risque majeur. Néanmoins, il faut noter que les apports d'azote sont faits en fonction du calcul des exportations prévues. Autrement dit pour un blé, si le rendement espéré est de 60q, 180 unités d'azote sont apportées (3 UN/q). Or ce rendement n'est pas toujours atteint, une partie de l'azote est donc potentiellement lessivable si rien ne permet de le retenir. De plus, la minéralisation des matières organiques du sol n'est pas toujours prise en compte dans le plan de fumure. Il y a alors un excès d'azote même si le rendement espéré est atteint. Cela engendre alors une pollution si rien ne permet de retenir l'azote issu de la minéralisation des matières organiques des sols.

Il s'avère important d'installer une couverture végétale vivante en fin d'été puisque la minéralisation automnale de la matière organique représente 60% du total annuel (SIMON, 1999). Ainsi une fois les récoltes faites et l'azote apporté dans les plans de

fumure, il pourrait y avoir un excès. L'automne apparait comme un facteur à risque, où les techniques agricoles doivent être mises en œuvre pour soustraire l'azote au lessivage. L'introduction d'un couvert végétal à croissance rapide en été et en automne permet de récupérer un excès de nitrate, de même avec l'apport qu'on peut faire avec un résidu de culture (DECONCHAT et BALENT, 1996).

1.2.1.2 Maïs

L'itinéraire cultural du maïs est représenté sur la Figure 22.

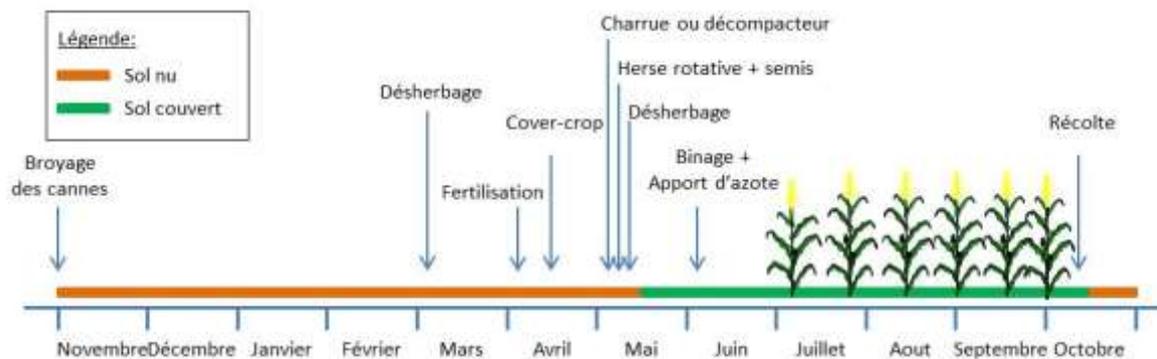


Figure 22 : Itinéraire technique type du maïs sur l'AAC

Des désherbages ainsi qu'une fertilisation sont réalisés sur un sol presque nu, il y a alors des risques de transferts de produits phytosanitaires en cas de gros épisodes pluvieux. La formation des croûtes de battances est le principal problème dans les sols limoneux déstructurés et affinés par un travail intensif du sol. À la première pluie, la terre se prend en masse et produit une couche asphyxiante et imperméable sur laquelle l'eau ruisselle. Cette formation de surfaces imperméables est très problématique et constitue la 1^{ère} cause de transfert des produits phytosanitaires. Le ruissellement s'apparente à un véritable lavage des sols. En même temps que ce lavage, le ruissellement induit aussi l'érosion du sol. Il y aura à nouveau un risque de transfert par l'entraînement des molécules adsorbées sur les particules d'argile et de matière organique. Si cette situation est particulièrement présente avec le climat local (pluie de printemps et orages l'été) et potentiellement problématique pour le maïs si le sol est mal géré, les mécanismes de transferts des produits phytosanitaires sont identiques pour toutes les autres cultures (blé, tournesol, soja, vigne). Ainsi, il apparaît que la gestion des sols est primordiale pour réduire les fuites en produits phytosanitaires. De même que pour le blé, le lit de semence pour le maïs est préparé avec 3 outils de travail du sol (10 à 40cm de profondeur).

De plus, le maïs a un cycle végétatif relativement court. Il est présent sur la parcelle seulement 5 mois de l'année. Après la récolte, le sol est légèrement couvert par les résidus de culture qui sont laissés sur place. Cependant, cela ne permet pas de couvrir le sol jusqu'à la prochaine culture. Le sol est exposé à de multiples risques : l'érosion, les problèmes de lessivage, la perturbation du cycle de l'activité biologique...

1.2.1.3 Tournesol

L'itinéraire culturel du tournesol est représenté sur la Figure 23.

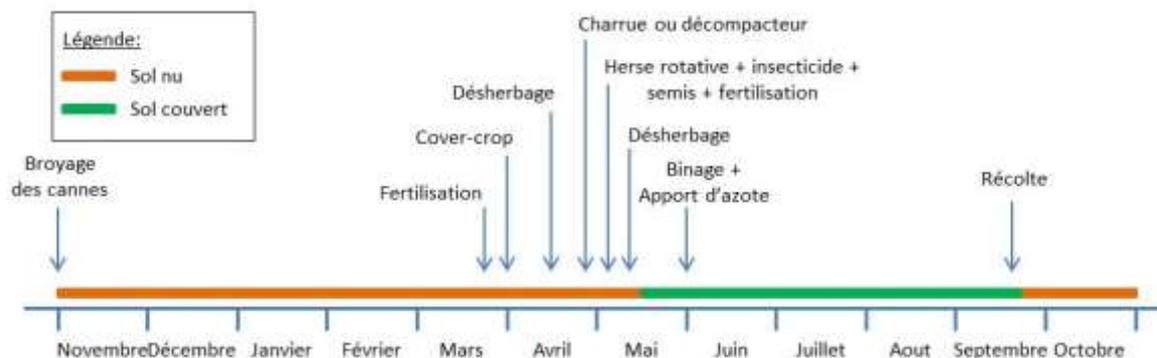


Figure 23 : Itinéraire technique type du tournesol sur l'AAC

Le constat pour le tournesol est identique au maïs. Le cycle végétatif du tournesol étant légèrement plus court et ayant moins de résidus de culture que le maïs, le sol est encore moins couvert. Les risques évoqués précédemment peuvent être alors amplifiés.

1.2.1.4 Les cultures menées en agriculture biologique

L'exploitant qui travaille en agriculture biologique cultive principalement trois cultures : le soja, le tournesol et le blé. Leurs itinéraires techniques sont représentés respectivement sur les frises chronologiques de la Figure 24, Figure 25 et Figure 26.

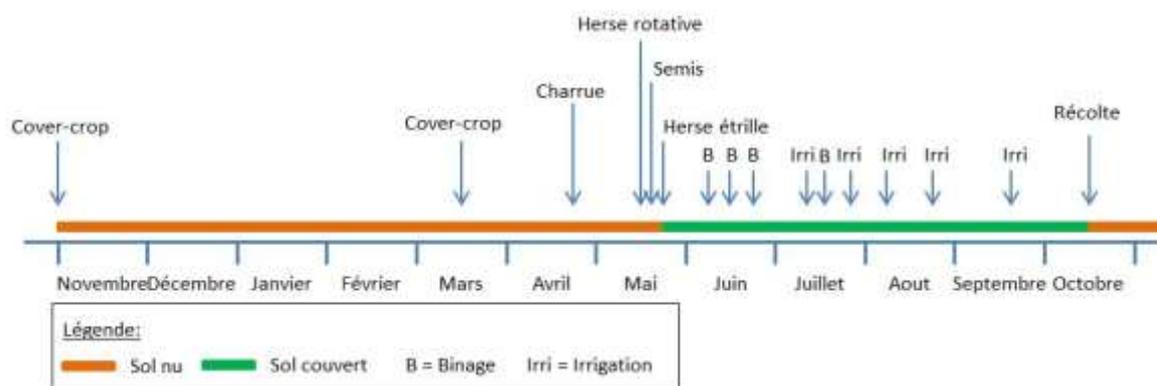


Figure 24 : Itinéraire technique du soja en agriculture biologique

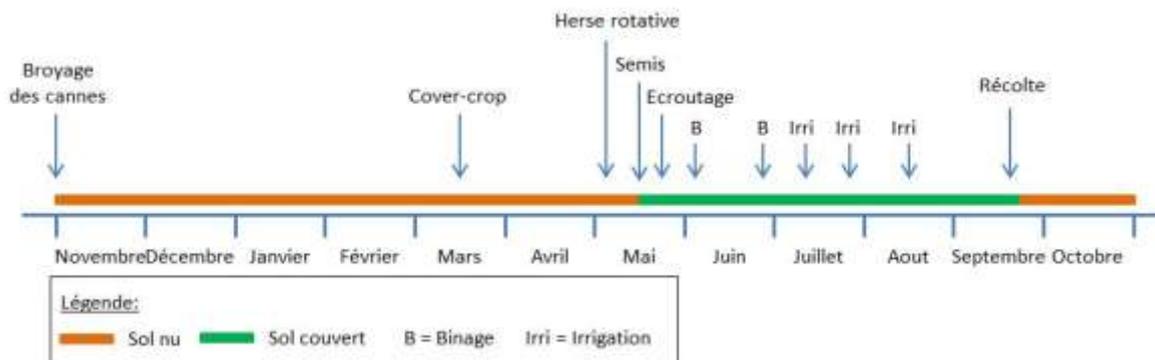


Figure 25 : Itinéraire technique du tournesol en agriculture biologique

Pour le soja et le tournesol, le constat est quasiment le même. Le travail du sol est bien présent. Les cultures étant conduites en agriculture biologique, le désherbage se fait de façon mécanique.

Le travail du sol est intense et réalisé sur une profondeur allant de 2 à 40 cm.

Ces pratiques impliquent une fréquence élevée de passage d'outils agricoles sur la parcelle. Pour le soja il y a 11 passages de tracteur par an et pour le tournesol il y en a 8. Ces différents passages mécaniques peuvent avoir des conséquences sur la compaction du sol.

De plus, le sol est exposé à des risques d'érosion et de lessivage puisqu'il est laissé nu pendant 7 mois dans l'année. Si en AB le lessivage ne concerne pas les produits phytosanitaires, il est tout aussi présent pour l'azote et pour les éléments fins de la texture. Les sols limoneux de « boulbènes » sont constitués de limons fins sensibles à la compaction. Ainsi, la fluidification du sol et sa déstructuration, dues notamment à un travail intensif du sol, vont provoquer une dégradation de la structure et une perte de matière organique par minéralisation rapide. À ce stade des pratiques, il n'est pas sûr que l'AB protège l'environnement ni sécurise durablement la production. Ici aussi, l'amélioration des pratiques devra intervenir, le sol étant souvent nu avec peu de retour de matière organique.

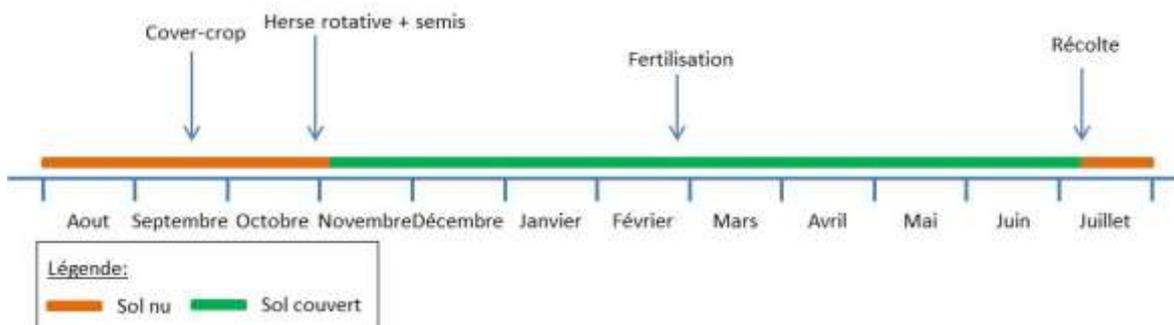


Figure 26 : Itinéraire technique du blé en agriculture biologique

Pour le blé, le travail du sol est plus faible et cette culture a un cycle végétatif plus long que les cultures précédentes. Néanmoins, on peut considérer qu'il laisse le sol découvert pendant 4 mois puisque le rendement en paille est faible.

1.2.1.5 Les rotations

Sur l'AAC, les 4 principaux types de rotation sont observés : monoculture de maïs (Figure 27), Maïs-blé (Figure 28), Blé-tournesol (Figure 29), Soja-Blé (Figure 30).

La monoculture de maïs

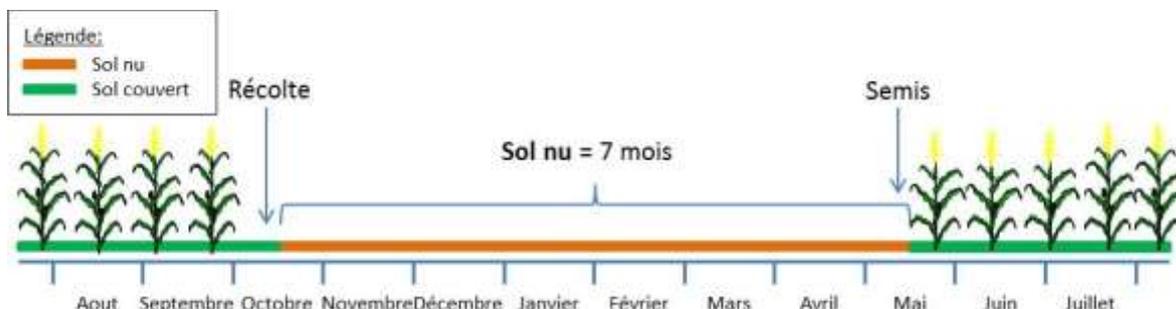


Figure 27 : Monoculture de Maïs

La monoculture de maïs implique une couverture du sol de seulement 5 mois. Il y a donc plus de la moitié du temps où le sol n'est pas couvert par une plante vivante. La seule couverture est présente après la récolte, il s'agit des résidus végétaux. Ces derniers ne permettent pas de couvrir le sol jusqu'à la prochaine culture, ils sont dégradés avant.

Ce système de culture ne permet pas une diversité d'espèces végétales. Il s'agit toujours de la même culture. Les agriculteurs rencontrent des problèmes de désherbage dans ce système.

La rotation Maïs – Blé

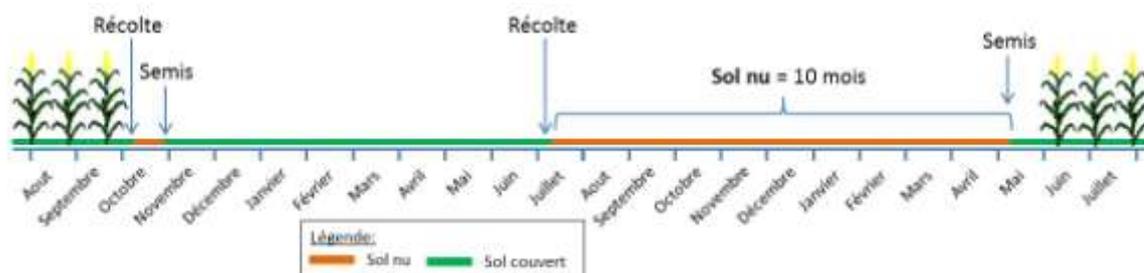


Figure 28 : Rotation Maïs-Blé

La rotation maïs-blé comporte une culture de printemps et une culture d'hiver. L'alternance permet de mieux lutter contre les problèmes de désherbages.

On observe une courte période entre la récolte du maïs et du blé, en revanche le sol est laissé nu pendant 10 mois consécutifs entre la récolte du blé et le semis du maïs. Une telle période n'est pas sans conséquence pour le sol, les risques d'érosion et de lessivage sont réels.

Entre le maïs et le blé, il y a un bon retour de matière organique. Le blé restitue certes de la biomasse, mais cette dernière est dégradée pendant les 10 mois sans couverture

végétale vivante. La dégradation de la paille mobilise de l'azote. L'implantation du prochain maïs nécessite donc des apports d'intrants conséquents.

La rotation Blé– Tournesol

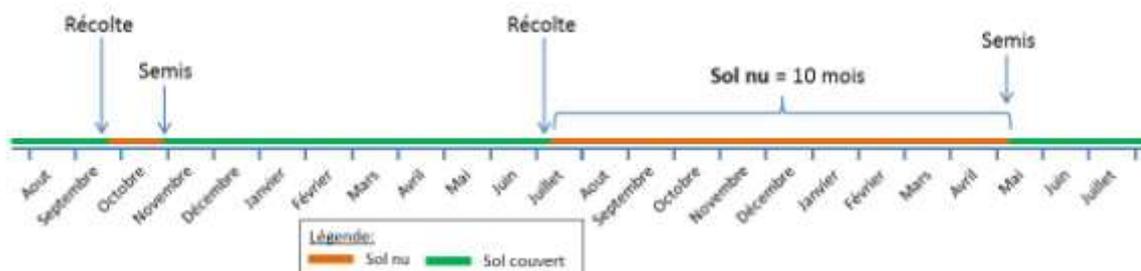


Figure 29 : Rotation Blé-Tournesol

Le fonctionnement de la rotation blé-tournesol est très proche de la rotation maïs-blé. Cependant, il est important de noter que la restitution de résidus de culture est faible dans ce système. Les résidus de tournesol sont inférieurs à ceux du maïs. Cette rotation nécessite beaucoup d'intrants pour être performante.

Le problème de couverture du sol est identique à la rotation précédente.

La rotation Soja – Blé en agriculture biologique

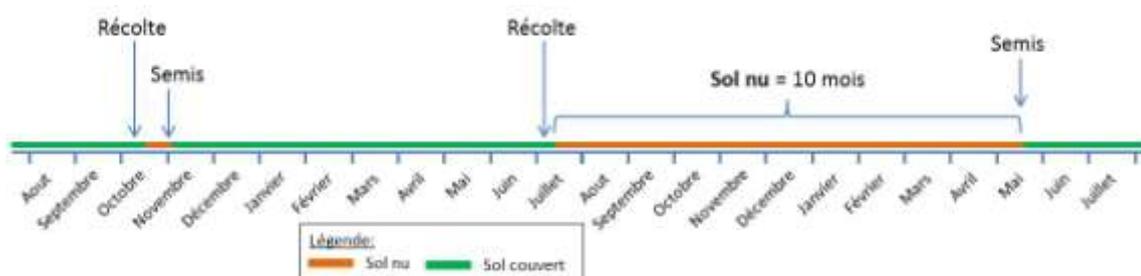


Figure 30 : Rotation Soja - Blé

Comme les rotations précédentes, on observe dans celle-ci aussi une longue période où le sol n'est pas couvert. Cela représente environ 11 mois sur 24, soit quasiment la moitié du temps de la rotation. Le sol est donc exposé à de multiples risques (érosion, lessivage, ...) et cela est amplifié par le fréquent travail du sol. En effet cette rotation étant en agriculture biologique, les herbicides ne sont pas utilisés et sont remplacés par un désherbage mécanique.

De plus, le soja est une culture qui apporte très peu de résidus au sol. Malgré la restitution des pailles de blé, cela ne fait pas un apport conséquent puisque la production est relativement faible.

Cette rotation engendre un très faible retour de matière organique et laisse le sol découvert pendant plus de 10 mois consécutifs.

Le travail du sol est réalisé en général par un passage de cover-crop fin mars et deux passages de rotavator (fin avril et début juin). La profondeur de travail est d'environ 10cm. Dans l'autre inter-rang, la végétation spontanée est laissée, puis gérée par broyage. En général, il y a trois passages de broyeur (fin avril, fin juin et courant juillet). Un autre passage peut être réalisé selon les conditions climatiques. Bien que l'enherbement de l'inter-rang soit concurrentiel d'un point de vue hydrique d'après les agriculteurs, ils le conservent pour garder une bonne portance 1 inter-rang sur 2. Cela permet de mieux passer avec les outils agricoles en conditions humides.

Pour ce qui est du cavaillon, l'entretien du sol est réalisé par un désherbage chimique au mois de mars et si besoin un autre passage est réalisé en juin ou juillet.

Les retours des sarments au sol se font sur le rang qui va être travaillé par la suite. Ils sont broyés, puis incorporés par le cover-crop.

1.3 Les problèmes rencontrés

Les agriculteurs rencontrent différents problèmes techniques :

- Seulement un agriculteur a un lac colinéaire. Cela lui permet de stocker l'eau pour irriguer ses cultures. Les autres n'ont pas de système d'irrigation et ce n'est plus autorisé pour le moment de créer de nouvelle réserve d'eau sur l'AAC. La gestion de l'eau est finalement un problème sur ce territoire : il y a beaucoup d'eau dans la nappe, mais pas assez, en théorie, pour irriguer des systèmes de cultures avec des plantes d'été : soja, maïs, tournesol.
- Ils s'interrogent pour savoir comment réduire les intrants sans pénaliser le rendement. Ils n'ont pas de pratique agricole qui leur permet de produire en réduisant les apports et les fuites d'intrants.
- Il y a très peu d'effluents d'élevage disponibles sur le territoire du PAT et les communes voisines d'Estang.
- En vigne, les maladies des plantes sont le plus gros problème. Pour la maladie du bois, l'esca, certains agriculteurs relèvent plus de 10% de mortalité des ceps. Il y a aussi le mildiou qui cause d'importants dégâts.
- La contrainte hydrique en vigne est marquée, autant sinon plus qu'en grandes cultures.
- Le temps de travail est important.
- Le nombre élevé d'interlocuteurs sur le PAT n'arrange rien, ils semblent sans solutions concrètes face aux problèmes des agriculteurs...

Outre des soucis techniques, des problèmes sociaux sont relevés lors des enquêtes. Le débat autour de la pollution agricole apparaît comme très pesant. En général quand ils entendent parler de l'agriculture à la télé, dans les journaux, c'est quasiment toujours pour parler de pollution. Cette stigmatisation des agriculteurs leur laisse l'impression d'être de gros pollueurs. Les agriculteurs en conventionnel le vivent mal. Le débat véhiculé et les efforts demandés n'apparaissent en phase. Quand ils appliquent les textes et directives, qu'ils travaillent pour répondre à la demande politique, personne ne valorise les efforts consentis. Par contre, la communication se focalise principalement sur la pollution. Ce

débat sociétal n'est pas compris. Dans la problématique « pollution », les agriculteurs se voient comme de tous petits pollueurs face aux grandes industries.

Les agriculteurs ne connaissent pas l'impact de leurs pratiques. Développer des pratiques agricoles capables de protéger l'environnement sans baisser la rentabilité des cultures est un grand défi. Il est nécessaire de produire de nouvelles méthodes de développement capables de générer un débat positif autour de la production sans pollution. Un débat qui doit s'adapter aux conditions pédologiques, climatiques et socio-professionnelles locales. Les agriculteurs doivent être directement touchés par des actions concrètes et locales.

Dans cette situation sociale, les agriculteurs ont l'impression que la demande publique visant à baisser les intrants atteint une limite technique dans leurs pratiques conventionnelles. Six agriculteurs sur sept ne voient pas comment réduire davantage les quantités d'intrants sans perdre en production. Ici le raisonnement économique apparaît. On peut alors s'interroger sur la durabilité des politiques actuelles ? Le coût financier est important pour les contribuables (subventions) comme pour les agriculteurs (perte de chiffre d'affaires, mais charges supplémentaires dues aux contraintes) avec de faibles gains environnementaux.

Seul un agriculteur a une grande structure et arrive à baisser ses doses d'intrants en améliorant l'efficacité du produit et/ou de la pulvérisation. Cela passe notamment par la correction du pH de l'eau utilisé pour les traitements. Mais il s'agit d'un investissement conséquent.

Pour les agriculteurs du PAT d'Estang, changer de pratique ne sera assurément pas simple. Et en premier lieu, changer pour quoi ? Changer vers quoi ? Changer comment ? Il s'agit tout de même de continuer à générer un revenu correct.

1.4 Les motivations et pistes d'évolutions

Les nombreuses questions qui se posent autour de la contrainte environnementale ouvrent toutefois une large palette de réflexions et de solutions potentielles.

Les motivations des agriculteurs à changer leurs pratiques sont multiples :

- Produire plus proprement
- Être moins dépendant des intrants
- Limiter l'érosion
- Améliorer la qualité de l'eau pour le bien-être collectif

Sept agriculteurs sur huit sont prêts à tester d'autres pratiques. Ils attendent qu'on leur propose de nouvelles pratiques et qu'on leur prouve que celles-ci sont durables sur la zone. Il est donc important de comparer l'impact de leurs pratiques et de celle qui sera proposée.

Parmi les 7 agriculteurs motivés pour essayer de nouvelles solutions, 6 ont des méthodes conventionnelles. Ces derniers sont prêts à essayer d'autres pratiques, mais ils ne souhaitent pas se convertir en agriculture biologique. Ils souhaitent garder les rendements pour assurer leurs revenus.

Il est nécessaire de présenter la preuve aux agriculteurs que les propositions qui pourraient être faites dans le cadre du PAT sont capables d'apporter des

résultat tangibles, aussi bien économiquement que sur l'aspect environnemental. Il faudra être gagnant/gagnant à développer d'autres techniques culturales, surtout financièrement.

1.5 À Estang, des pratiques agricoles « sans matière organique »

La réalisation de l'état des lieux local sur le périmètre de captage d'Estang donne un certain nombre de renseignements dont un particulièrement intéressant : « *que ce soit en agriculture conventionnelle ou en agriculture biologique, il faut considérer que la gestion des systèmes de culture est identique* ».

Hormis la typologie des fermes, le rythme des successions culturales, le pourcentage de sols nus, les freins et les motivations des agriculteurs, il n'existe pas d'autres pratiques agricoles qu'une gestion très conventionnelle des systèmes de cultures. En effet, toutes les pratiques agricoles sont identiques sur la zone, sauf l'absence d'utilisation de chimie en AB. Si cette pratique est bénéfique en termes de contamination de l'eau par les pesticides, elle reste problématique vis-à-vis de la gestion organique des sols et son faible potentiel à restituer des résidus végétaux. De plus, l'AB rencontre une certaine méfiance des autres agriculteurs.

Le résultat le plus intéressant est celui identifié par l'analyse des successions culturales. Globalement, évalués sur l'ensemble des systèmes de cultures, vigne comprise, les sols d'Estang sont soumis à un travail intensif, nus 45 % du temps avec un faible retour de matières organiques. Seule la monoculture du maïs échappe à cette règle. En effet, cette culture est la seule à produire un rendement de résidus conséquent. Seulement, les modes de gestion des sols ne confèrent pas à cet avantage la performance souhaitable, 50 % du temps le sol reste nu avec une gestion conventionnelle de travail du sol.

Autre résultat important à ne pas négliger : les agriculteurs sont prêts à faire évoluer leurs pratiques ! Ils demandent simplement que les changements envisageables qui seront proposés soient évalués sur leur potentiel de durabilité (économie + environnement + social).

2 Identification de nouvelles pratiques possibles

2.1 Les « réseaux du Sud-Ouest »

Sur cette petite zone du captage d'Estang, il n'existe pas de pratiques agricoles intégrant une gestion différente de la matière organique. L'hypothèse centrale de la démarche stipule qu'il existe un lien fort entre l'enrichissement du sol en matière organique via les restitutions des résidus végétaux aux sols et la dépollution de l'eau. La situation locale issue des enquêtes oblige à rechercher d'autres agriculteurs hors de la zone appliquant d'autres formes de gestion organique des sols.

2.1.1 Agriculteurs

Il existe des agriculteurs innovant dans les pratiques agricoles. L'investigation auprès de spécialistes et de structures associatives montre clairement l'existence d'une autre forme d'agriculture que celle conventionnelle, AB ou chimique, du captage Grenelle d'Estang.

L'investigation préalable s'est faite grâce à l'IAD, Arbre et paysage 32, GAÏA Consulting, l'APAD et AOC Sol.

De nouvelles pratiques agricoles favorables à la gestion de la matière organique émergent sur le territoire de l'agence de l'eau Adour Garonne. Pour la vigne cependant, les innovations autour de la gestion organique sont peu présentes, l'élargissement à d'autres parties de la France a été nécessaire.

2.1.2 Organismes

Des organismes se spécialisent dans le développement de ces nouvelles pratiques afin d'accompagner les agriculteurs.

- Gaia Consulting : C'est une entreprise gersoise, spécialisée dans la formation continue agricole. Elle est enregistrée en tant qu'organisme de formation auprès de la préfecture de Midi-Pyrénées. Caroline Hébert gère cette entreprise. Afin de répondre aux demandes des agriculteurs, elle organise des journées de formation avec des intervenants locaux, nationales ou internationales.
- IAD : L'institut de l'agriculture durable rassemble des agriculteurs, des agro-industriels et des associations autour d'une démarche (Annexe 2) d'agriculture durable.

2.1.3 Associations

Des associations se sont créées afin de réunir les agriculteurs et les professionnels pour partager leurs expériences.

- A.O.C. Sol : C'est l'Association Occitane de Conservation des Sols. Elle a été créée en 2009 par des agriculteurs afin de promouvoir les techniques de conservation des sols. Des journées pédagogiques sont organisées, des essais comparatifs sont mis en place ainsi que des suivis de parcelles. L'objectif de l'association est que chacun puisse concrétiser ses idées et faire évoluer les pratiques agricoles.
- APAD : Créée en 1998, cette Association pour la Promotion d'une Agriculture Durable rassemble des agriculteurs ainsi que des techniciens agricoles autour du développement et de la maîtrise des techniques de conservation des sols. Il s'agit en premier lieu de restaurer puis conserver les terres fertiles. L'association est nationale. Historiquement, c'est la première à structurer une nouvelle démarche agronomique intégrant une autre gestion des plantes, des restitutions organiques, du sol. L'APAD travaille à identifier, développer, maîtriser et promouvoir des techniques agronomiques qui conduisent à produire des résultats favorables à l'agriculture durable.
- Arbre et paysage 32 : C'est une association créée en 1990 à l'initiative d'agriculteurs, elle développe une réflexion et des actions en faveur de l'arbre hors forêt et plus particulièrement de l'agroforesterie et des haies champêtres dans le département du Gers. Elle organise de nombreuses manifestations, journées de sensibilisation. Elle offre du conseil et un appui technique pour l'entretien des haies et la plantation d'arbres.

Tableau 8 : Typologie des fermes enquêtées pour les agriculteurs experts

Fermes	SAU	GC	Prairie	Vigne	Elevage	Age	Matériel	Conv/Bio	CV	SCV
1	720	500	40	180	X	53	Indiv	Conv.	X	
2	55	0	0	55		36	Indiv	Conv.	X	
3	310	280	2	28		52	Indiv	Conv.	X	X
4	10	0	0	10		62	Indiv	Conv.	X	
5	8	0	0	8		46	Indiv.	Bio.	X	X
6	81	33	0	48		45	Indiv	Conv.	X	
7	225	225	0	0		47	Indiv	Conv.	X	X
8	115	115	0	0		47	Indiv	Conv.	X	X
9	100	90	4	6	X	59	Indiv.	Bio.	X	
10	125	110	15	0	X	48	CUMA	Conv.	X	X
11	110	60	50	0	X	55	Indiv.	Conv.	X	X

À la lecture de ce tableau, l'hétérogénéité de l'échantillon ressort immédiatement. De nouvelles pratiques agricoles apparaissent aussi bien dans les grandes que dans les petites fermes, en vigne, avec de l'élevage ou pas, dans des contextes socio-professionnels et pédoclimatiques très différents, avec utilisation de la chimie ou en AB. La surface agricole utile varie entre 8 et 720 ha. Ce critère laisse penser que les techniques de culture développées sont réalisables à grande échelle, mais aussi accessibles aux petites structures.

L'échantillon se caractérise aussi par une diversité de productions : élevage, grandes cultures, vignes. Néanmoins, il est possible de distinguer 2 types de production : les grandes cultures et la vigne en considérant que les cultures fourragères entrent dans le giron des grandes cultures. Sur les 11 fermes enquêtées, il y en a 8 qui produisent des grandes cultures et 7 de la vigne.

Une observation particulière est faite sur l'âge des agriculteurs : 10 sur 11 ont plus de 45 ans. Cela s'explique par le choix des personnes sélectionnées pour les enquêtes. Il a été privilégié les personnes ayant de l'expérience sur le sujet étudié. Pour avoir du recul, il faut avoir quelques années d'expériences professionnelles, d'où l'âge plutôt élevé des agriculteurs. L'information est doublement intéressante. Cette typologie sur l'âge indique que les agriculteurs ont changé leurs pratiques depuis longtemps, lorsqu'ils étaient jeunes agriculteurs justement (autour de 30 à 35 ans). Ce changement dans les pratiques intervient ainsi à la naissance de la première association de conservation des sols en France : l'APAD. L'engagement des jeunes agriculteurs des années 90-2000 dans de nouvelles pratiques agricoles correspond aussi à la montée en puissance de la thématique environnementale de cette période. C'est en effet dans les années 90 que va naître la directive nitrates. Il existe finalement des agriculteurs ayant radicalement changé de pratiques agricoles pour essayer de répondre au défi environnemental que le débat public identifiait à cette époque : agriculteurs = pollueurs !

Pour ce qui est du machinisme, les agriculteurs travaillent plutôt en individuel (10 agriculteurs sur 11). Cela peut s'expliquer par l'utilisation de matériel spécifique. La simplification voire la suppression du travail du sol engendre une réduction conséquente du parc matériel. Posséder son propre outil permet d'intervenir au moment voulu dans les champs.

Cependant, l'agriculteur qui travaille en CUMA précisait que c'était grâce à cette dernière, qu'il avait changé ses pratiques agricoles. Cela lui permettait de pouvoir échanger plus facilement avec les autres agriculteurs et d'avoir à disposition plusieurs semoirs. Ce dernier point est important à relever, puisque cela lui a permis d'améliorer considérablement l'implantation de ses cultures. Plusieurs semoirs permettent de s'adapter plus facilement aux conditions climatiques. Le groupe peut aussi être source de motivation, d'échange et de changement.

Ensuite, 9 agriculteurs sur 11 travaillent avec des intrants traditionnels, chimiques et organiques. Ces derniers précisent lors des enquêtes que la chimie leur a permis dans un premier temps de se rassurer quant à l'évolution de leurs pratiques. L'utilisation de la chimie sécurise les apprentissages jusqu'à la maîtrise de la gestion des couverts et des produits phytosanitaires.

Les 2 autres agriculteurs sont en agriculture biologique. Eux aussi innovent et installent la couverture du sol avec une restitution des résidus des cultures et inter-cultures dans leurs approches agronomiques avec un objectif de forte réduction du travail du sol.

Pour finir cette description de la typologie des fermes enquêtées, tous les agriculteurs fonctionnent avec l'implantation systématique de couverts végétaux dans leurs rotations et 6 agriculteurs sur 11 réalisent du semis sous couverts (SCV), c'est-à-dire qu'ils suppriment entièrement tout travail du sol pour toutes leurs cultures, fourragères ou céréalières.

2.3 Pratiques des agriculteurs « experts »

Les pratiques des agriculteurs sur la gestion de leurs systèmes de cultures avec couverture végétale et gestion des résidus végétaux sont étudiées en deux temps. Tout d'abord, les pratiques utilisées en grandes cultures sont développées puis identifiées. Ensuite les pratiques utilisées en vigne sont décrites.

2.3.1 Grandes cultures

La description de quelques exemples de systèmes de cultures permet d'identifier les pratiques qu'utilisent les agriculteurs enquêtés.

2.3.1.1 Pratiques utilisées par les agriculteurs enquêtés

Il y a 5 pratiques principales identifiées auprès des agriculteurs « experts » :

- Inter-culture longue :

Un exemple d'inter-culture longue est illustré par la Figure 34, il s'agit d'un couvert de féverole avant l'implantation du maïs réalisé dans le Gers.

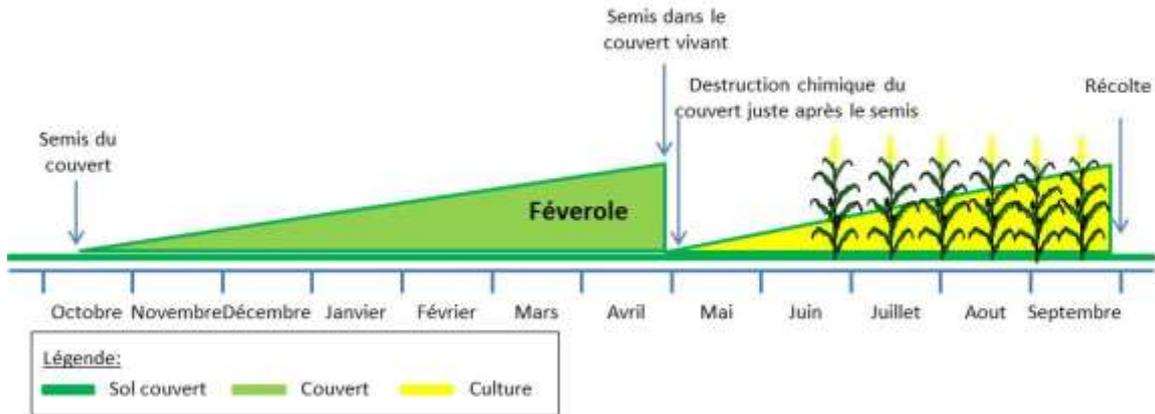


Figure 34 : Itinéraire technique d'un maïs semé dans un couvert de féverole

L'inter-culture longue est le type d'inter-culture le plus rencontré, cela s'explique par la forte présence du maïs dans les assolements. Il s'agit d'implanter une inter-culture en automne (ici il s'agit de féverole). Les objectifs de cette plante sont multiples. Il s'agit de couvrir le sol avec une plante vivante pour capter des nitrates, mais aussi d'assurer une forte rhizodéposition, une protection des surfaces, une fixation des sols, leurs structurations superficielles et profondes, et, pour la féverole, une production d'azote biologique. La réflexion agricole est autour de la maximisation des rendements, d'autres avantages apparaissant avec l'inter-culture, notamment autour de la lutte bio-logique et intégrée. Cette inter-culture est détruite au printemps. Ici, le maïs est semé dans la féverole encore vivante. Le passage du semoir détruit ou blesse les plantes de féveroles. Un passage de rouleau et/ou de désherbant est réalisé juste après le semis pour détruire totalement le couvert. Ce système permet de couvrir le sol toute l'année. Il permet surtout d'importants retours de matières organiques aux sols, avec la totalité de la féverole ainsi que les résidus de culture de maïs.

- Inter-culture longue récoltée

Une autre gestion possible des inter-cultures longues a été identifiée. Il s'agit d'une inter-culture longue récoltée (Figure 35).

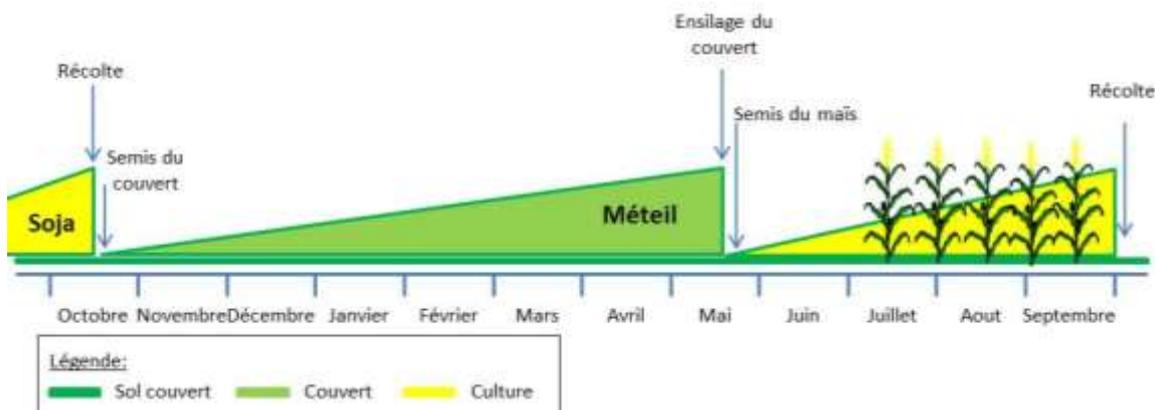


Figure 35 : Succession d'un soja, puis d'un méteil et ensuite d'un maïs

Il s'agit d'une pratique réalisée en élevage. Elle consiste à implanter un méteil (mélange céréalier de graminées + légumineuses) en tant que couvert entre deux cultures de printemps. Ce méteil va être récolté juste avant l'implantation de la nouvelle culture. Cela permet de couvrir le sol tout au long de l'année et nourrir en partie le troupeau de la ferme. Si le méteil n'est pas de bonne qualité ou pas au bon stade de maturité, il peut être détruit tout simplement. Ainsi, le sol profitera du retour important de biomasse. Dans ce schéma de production, toutes les pailles des cultures principales sont restituées au sol.

- Inter-culture courte

Le système d'une inter-culture courte consiste à implanter un couvert végétal juste après la moisson et à le détruire à l'automne au moment de semer la culture d'hiver. Un exemple est donné par la Figure 36.

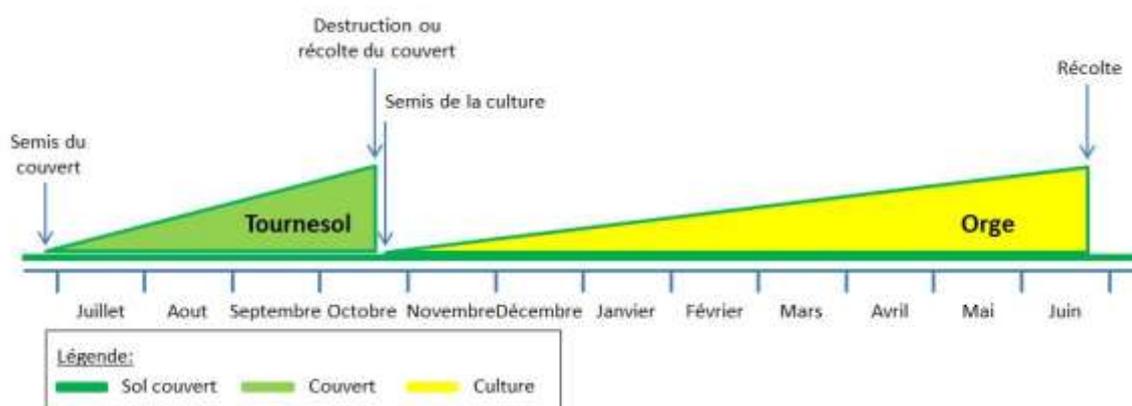


Figure 36 : Itinéraire technique d'une orge précédée d'une interculture courte de tournesol

L'inter-culture est réalisée ici avec du tournesol. Ce dernier ne permet pas de faire la meilleure couverture du sol, cependant cette plante a été choisie en vue de la récolter si les conditions climatiques permettent à la plante de finir son cycle. Le tournesol est alors moissonné ou détruit par roulage. Cette inter-culture courte permet de devenir opportuniste. L'agriculteur se donne la possibilité de réaliser une double récolte, tout dépendra des conditions météorologiques pour les plages de semis et de récoltes et de la disponibilité de l'eau. Ensuite l'orge est semée. Ainsi, ce système de cultures permet de couvrir le sol toute l'année.

- Inter-culture pérenne

Pour gérer les périodes sans culture et notamment l'été, certains agriculteurs utilisent des plantes pérennes pour pallier aux problèmes d'implantation qui peuvent être rencontrés l'été. L'exemple de l'utilisation de la luzerne en tant qu'inter-culture est illustré sur la Figure 37.

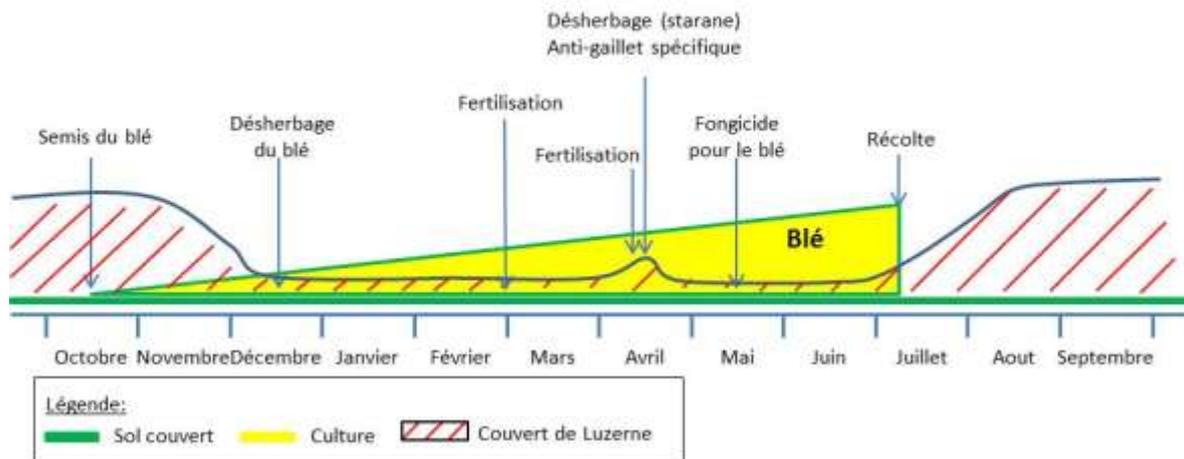


Figure 37 : Culture de blé dans une luzerne déjà présente

La luzerne est implantée l'été ou bien au printemps en même temps que le semis d'un tournesol par exemple. La luzerne se développe durant l'été et l'automne. Le blé est semé directement dans la luzerne vivante. Cette dernière rentre en repos végétatif. Au printemps, il est important de maîtriser la croissance de la luzerne pour qu'elle ne pénalise pas le blé. Les agriculteurs gèrent la luzerne à l'aide d'une faible dose de dés herbant. Il ne s'agit pas de l'utilisation d'un traitement supplémentaire puisque dans un itinéraire sans la luzerne, un dés herbant est utilisé pour maîtriser les adventices. Il s'agit d'affaiblir la luzerne sans la tuer avec une faible dose de dés herbant spécifique. Vers la fin du cycle du blé, la luzerne redémarre. Au moment de la récolte, on peut observer derrière la moissonneuse un couvert vivant de luzerne qui fait déjà 10 à 15 cm de haut.

La luzerne peut être laissée en place entre 3 et 5 ans d'après les pratiques identifiées.

Cet itinéraire permet ainsi la présence toute l'année d'une couverture du sol.

La limite de cette technique est la bonne gestion de la luzerne, en effet celle-ci peut créer d'importantes pertes de rendement si elle n'est pas maîtrisée à temps.

- Plantes compagnes

La couverture des sols est intéressante pour la préservation des sols, mais aussi pour optimiser sa culture et limiter de multiples risques (concurrences des adventices, pression des ravageurs...). Certains agriculteurs positionnent des plantes compagnes sur la ligne de semis du colza. Il s'agit d'implanter de la gesse, du fenugrec, de la lentille et même parfois de la féverole ou bien de mélange de vesces et de trèfle d'Alexandrie (Figure 38).

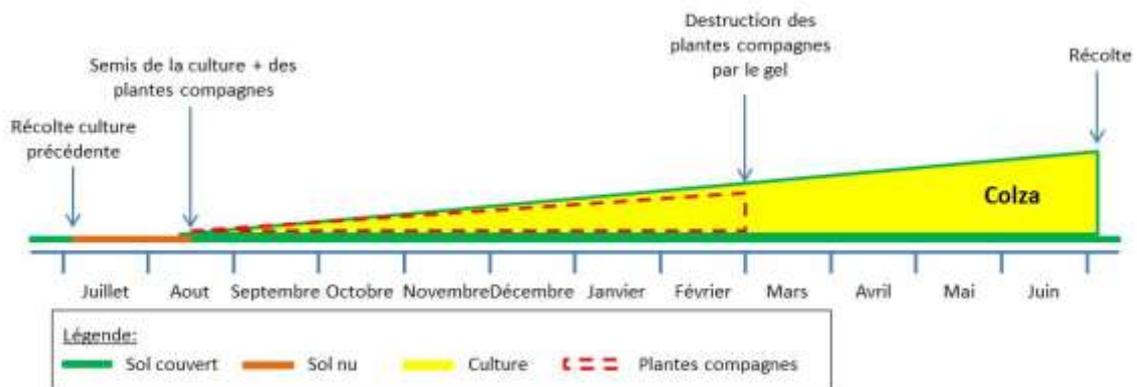


Figure 38 : Culture de colza avec implantation de plantes compagnes

Ces plantes compagnes vont permettre de couvrir davantage le sol que le colza seul. Cet effet de couverture permet de limiter le développement d'adventices. De nombreuses plantes sont actuellement testées, notamment des plantes gélives occupant le sol sous la végétation. Cette pratique est décrite comme particulièrement avantageuse pour générer la lutte bio-logique. Le sol reste propre et les plantes perturbent les ravageurs. Ceux spécifiques au colza ne s'y retrouvent pas : ils ne savent plus si le champ de trèfle d'Alexandrie par exemple est un champ de colza ... La présence d'autres plantes est intéressante d'après les agriculteurs pour ne pas laisser le colza seul face aux limaces. Les plantes compagnes utilisées par les agriculteurs sont la gesse, le fenugrec, le trèfle d'Alexandrie et la lentille. Il s'agit de plantes de printemps implantés en été. Elles sont généralement gélives en hiver et laissent ensuite au printemps la place au colza. Ce système est auto nettoyant et initiateur de la lutte bio-logique. De plus, le relargage tardif de production d'azote due aux légumineuses compagnes détruites durant l'hiver peut entraîner un gain de 30 à 40 unités d'azote favorable au colza en place.

2.3.1.2 Objectif recherché et constat des agriculteurs

Tous, sans exception, veulent couvrir les sols au maximum

- pour limiter l'érosion
- pour réduire les fuites de nitrates
- pour réduire les fuites de pesticides
- pour avoir toujours des résidus en surface afin d'alimenter l'activité biologique
- pour avoir une meilleure structure et portance des sols.

Ils veulent produire beaucoup de biomasses pour retourner de la matière organique au sol. La notion de fertilité des sols est comprise comme le cycle biotique de la matière organique. Les agriculteurs se caractérisent par une réflexion très poussée autour de la diminution de l'impact des facteurs abiotiques dont ils sont directement responsables : perturbation du sol, destruction des habitats, restitution de matières organiques particulières, gestion des intrants. Ces facteurs influencent toutes les propriétés physico-chimiques du milieu, ce dernier étant ici le système sol/plante que cultive l'agriculteur.

Ces techniques agronomiques innovantes se développent depuis quelques années, pour certaines depuis plus de 10 ans. Mais les agriculteurs admettent ne pas encore tout contrôler. Ces techniques sont peu développées en recherche et développement (R&D), particulièrement en Europe et spécifiquement en France les agriculteurs se débrouillent avec les intrants, la génétique et les machines, plus ou moins adaptées. Les agriculteurs constatent qu'à part leurs associations et organisations spécifiques, l'amélioration agro-environnementale des nouvelles pratiques agricoles n'est pas prise en compte. Ils se posent régulièrement des questions et essaient d'améliorer encore leur système. Cela passe par du changement de matériel végétal, d'outils mécaniques, d'intrants, de systèmes de cultures.

2.3.1.3 Identification des pratiques

Les pratiques qui ont été découvertes chez les agriculteurs enquêtés s'avèrent être développées depuis longtemps. C'est à partir des supports R&D des autres pays du Monde et de l'apport spécifique du CIRAD dans les techniques SCV que les agriculteurs progressent. Ces nouvelles pratiques agricoles ont aussi été identifiées par les politiques de l'Union européenne.

- Des pratiques utilisées depuis longtemps dans d'autres pays

Historiquement, ces nouvelles pratiques agricoles naissent aux Etats-Unis dans les années 30. Elles sont développées dans le but de remédier aux très fortes érosions éoliennes que subissent les sols : « le dust bowl » (littéralement boule de poussière). Les pertes de terres sont considérables, en particulier sur les prairies mises à nu par le labour profond (perte de 400 000ha dans les années 30). Ce phénomène a eu lieu à plusieurs reprises. Cela a permis d'accélérer la recherche sur la gestion des sols aux Etats-Unis et de développer des désherbants (2-4-D en 1944, atrazine en 1958, diquat et paraquat en 1960) qui ont permis la mise au point du semi-direct (HAUSWIRT et LIENHART, 1999)

Depuis l'agriculture de conservation s'est développée à grande échelle aux USA, au Brésil, en Argentine. Les Américains ont développé au sein de l'USDA, une section qui est spécialisée dans le développement de techniques de protection des sols, c'est le Natural Resources Conservation Service (NRCS).

Aujourd'hui, ces techniques sont présentes sur de nombreux continents, dans toutes les Amériques (Nord et Sud), en Asie, en Australie, ... La couverture végétale permanente des sols, la très faible perturbation du sol, le semis direct ou semis sous couverture végétale et la présence de rotation dans le système sont les principaux composants de l'agriculture que l'on appelle « Agriculture de conservation des sols ».

D'après les travaux menés aux USA, ces techniques auraient un effet positif à long terme, sur la durabilité de la production. Les plantes introduites dans ces systèmes de cultures permettent : de structurer les sols, de limiter l'érosion, d'apporter de l'azote à la culture, de mieux gérer les adventices, les maladies et les ravageurs (CLARK, 1998).

- Les politiques de l'Union européenne s'intéressent aux principes de l'agriculture de conservation des sols

Depuis quelques années, il apparait un intérêt grandissant pour la conservation des sols à l'Union européenne. Plusieurs rapports montrent cet attrait. Tout d'abord en 2006 une proposition de directive-cadre sur le sol a été rédigée pour donner un cadre sur la gestion des sols afin de conserver le bon état des sols dans l'Union européenne (COMMISSION-EUROPEENNE, 2006).

En plus de cette proposition de directive, un autre élément plus récent confirme ce lien entre la qualité de l'eau et la qualité du sol. Il s'agit d'un rapport du Parlement européen de l'agriculture et du développement rural qui spécifie que « les techniques combinant un travail adapté et simplifié du sol assurant une couverture végétale (labour réduit ou non-labour, maintien des résidus de récolte sur les champs, par exemple) et permettant des intercultures et une rotation des cultures [...] maximise la photosynthèse et favorise l'enrichissement des sols en matières organiques, comme l'a démontré le projet SoCo lancé à l'initiative du Parlement » et il « souligne que ces pratiques agricoles plus respectueuses des milieux naturels ont aussi des effets positifs sur l'enrichissement de la biodiversité et de la qualité des sols, sur la rétention d'eau et sur la lutte contre l'érosion et la pollution... », (LE FOLL, 2010).

2.3.2 Vigne

Ces pratiques de conservation des sols avec un fort accent mis sur la matière organique sont très peu développées en vigne. Il y a quelques agriculteurs isolés qui innovent dans la gestion de leur sol viticole. Ces pratiques sont réalisées sans être vraiment évaluées, mesurées. C'est une phase de réadaptation des connaissances apprises en grandes cultures. Malgré cela les enquêtes révèlent que les agriculteurs ayant développé des pratiques de gestion de la matière organique sur leurs sols viticoles ne souhaitent pas revenir en arrière.

Quelques exemples de pratiques identifiées lors des enquêtes :

- Implantation de couvert annuel 1 rang sur 2, l'autre est géré en enherbement naturel (Figure 39).

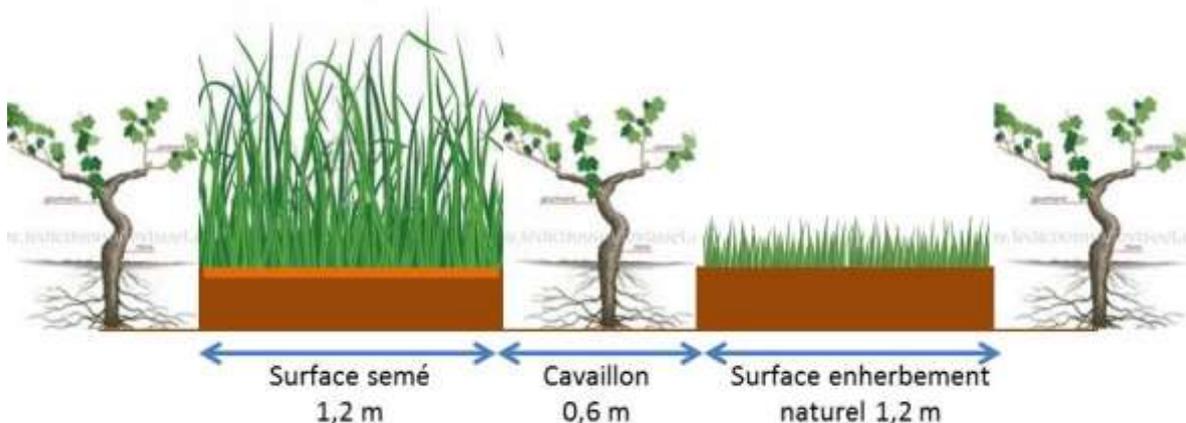


Figure 39 : Couvert annuel/enherbement naturel

Dans ce système, la gestion des sols se fait 1 rang sur 2. L'un est géré en enherbement naturel et il est implanté dans l'autre un couvert annuel. Face à cette gestion 1 rang sur 2, il est recherché une production de biomasse importante dans le rang semé pour ramener de la matière organique au sol. Le couvert est semé 1 mois avant les vendanges et il est détruit au cover-crop (un outil de travail superficiel du sol avec des disques) au débourement de la vigne. Au moment de la destruction, la végétation dépasse souvent la vigne si le couvert est réussi.

La largeur de semis est assez importante 1,2m. C'est une volonté de l'agriculteur de réduire le cavaillon, pour réduire l'utilisation de produits phytosanitaires.

- Création d'un mulch

Certains agriculteurs n'enfouissent pas le couvert, mais préfèrent le laisser à la surface du sol pour créer un mulch (Figure 40).

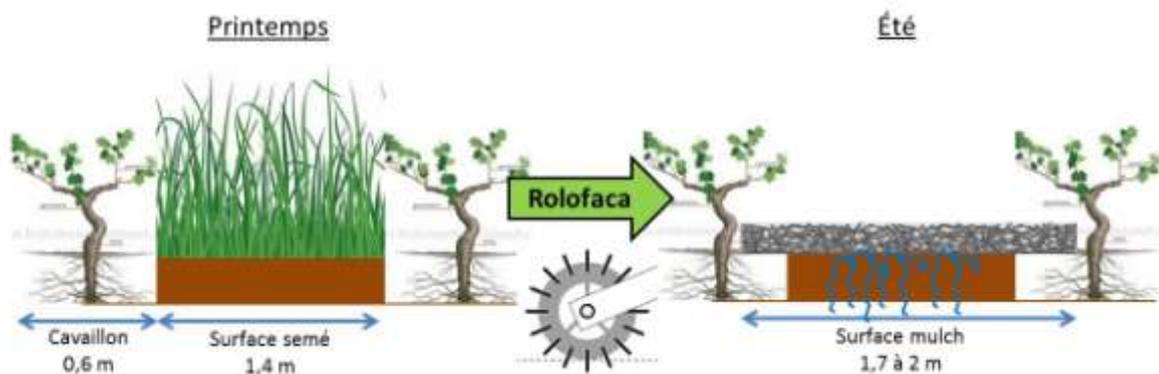


Figure 40 : Création d'un mulch par roulage des végétaux

Des agriculteurs cherchent à créer un mulch dans le but de continuer à couvrir le sol durant l'été sans concurrencer la vigne. Non seulement cela ne va plus concurrencer la vigne, mais le mulch va permettre de conserver l'humidité.

Le mulch permet aussi de ne pas travailler le sol et ainsi garder une bonne portance pour le passage des tracteurs.

Un agriculteur a développé un outil jumelé avec son rolo-faca qui lui permet de faire un mulch plus large que la surface semée. Autrement dit, il écarte la végétation lors du roulage pour pailler en même temps le cavaillon.

Ce système de gestion des inter-rangs entraîne une très forte restitution de résidus végétaux, favorable à la fraction de matières organiques particulières et indispensable à l'alimentation de l'activité biologique du sol.

- Semoirs spécifiques

Dans le but de pouvoir semer avant la vendange et directement dans un mulch, certains agriculteurs ont développé des outils ou ont acheté des semoirs spécifiques. Ces derniers sont nécessaires pour pouvoir semer dans un mulch notamment.

2.4 Le potentiel des nouvelles pratiques

Les enquêtes réalisées auprès d'agriculteurs innovants sur les pratiques agricoles montrent clairement qu'une autre gestion des plantes et des sols est possible. Sous la dénomination « conservation des sols » se cache de nombreuses variantes allant d'une réduction de la perturbation du sol à la suppression quasi systématique du travail du sol. Toutes les pratiques intègrent une réflexion spécifique autour des restitutions de matières organiques au sol. Celle-ci revient soit par les inter-cultures, soit par les cultures, soit par le cumul des deux plantes. Le rendement végétal est maximisé. Les pratiques sont accessibles à l'ensemble des agriculteurs, qu'ils choisissent des marchés traditionnels ou biologiques.

Ces pratiques initient des stratégies de lutte bio-logiques et intégrées. Au dire des agriculteurs, elles semblent adaptées à la maîtrise de la chimie. De plus, les rendements sont équivalents aux systèmes traditionnels, voire supérieurs, et aucun agriculteur n'envisage de revenir en arrière.

Les enquêtes font ressortir tous ces éléments favorables. Le transfert des techniques devrait être possible entre les agriculteurs « experts » et les agriculteurs locaux d'Estang. La situation des agriculteurs pionniers montre que personne ne reviendra à un système avec travail du sol.

Si cette première partie de la méthode permet d'avoir beaucoup de renseignements, notamment sur les innovations agronomiques, il reste à identifier une méthode d'adaptation et d'adoption des pratiques au contexte local du captage Grenelle d'Estang. L'idée principale consiste à identifier une méthode de sensibilisation des agriculteurs d'Estang pour favoriser une gestion organo-biologique des sols entraînant un fort retour de résidus végétaux. Cette méthode doit apporter des informations sur la qualité des sols sous différents modes de gestion. En caractérisant le sol localement, en définissant différents modes de gestion des sols, il s'agit de comprendre si la qualité des sols varie sous différents modes de gestion. En développant cette 2^e méthode, en complémentarité de la première, il devrait être possible d'identifier les critères permettant la sensibilisation des agriculteurs. Il devrait alors être possible de mesurer la qualité des sols, la démarche de progrès et l'adoption de nouvelles pratiques, le tout en développement dynamique.

La 2^e méthode développée sera directement inspirée des connaissances du NRCS. Il s'agit de comparer la qualité des sols sous différents modes de gestion. L'investigation va se porter sur les sols du captage Grenelle d'Estang en identifiant des couples ou la gestion des sols et des retours de matières organiques différent.

Pour cela un prélèvement est fait dans le centre de la parcelle pour représenter la pratique de l'agriculteur. De plus, un deuxième prélèvement est fait systématiquement sur la même unité de sol mais cette fois-ci en bordure de parcelle pour représenter les pratiques des agriculteurs « experts ». De plus, un suivi photo des profils observé est réalisé.

Les résultats sont analysés dans la suite de ce mémoire. La mise en parallèle des photos et des résultats d'analyses des deux pratiques issue de prélèvements sur les sols de l'AAC est un bon outil de sensibilisation des agriculteurs.

3 État des lieux des sols du PAT :

L'étude du résultat des prélèvements de sol réalisés dans la suite du document est une analyse globale portant sur la zone d'alimentation de l'aire de captage. Face au nombre de prélèvements réalisés pour chaque culture (de 1 à 3), on ne peut pas utiliser ces résultats pour comparer les différentes cultures entre elles. Ce n'est d'ailleurs pas l'objectif. En effet le nombre d'échantillons n'est pas suffisant pour être représentatif des effets d'une culture. L'objectif de cette investigation locale autour des sols est de réaliser une comparaison entre les sols cultivés et d'autres qui ne le sont pas. Cette comparaison est dictée par les enquêtes auprès des agriculteurs. Les experts en couverture du sol et restitution organiques font ressortir une logique de gestion du couple sol/plante qui intègre une approche particulière : le sol est toujours couvert par une culture et/ou des résidus et jamais travaillé, ou le moins possible.

Ainsi, en prenant ce fil rouge pour comparer différentes gestions des sols localement sur Estang, la méthode porte sur l'identification de sols travaillés et non travaillés. Le choix s'est naturellement porté sur la réalisation d'analyses de sol entre le champ cultivé et sa bordure jamais travaillée. Ainsi, le sol est identique en texture. La différence proviendra de la gestion des sols. En milieu de parcelle agricole, il y aura les résultats de la gestion agricole conventionnelle (45 % de sols nus, faibles restitutions de résidus, travail intensif du sol, intrants) et en bordure de parcelle, il y aura les résultats d'une gestion naturelle : sol toujours couvert, jamais travaillé, pas d'intrant, pas d'intervention, restitution intégrale des matières organiques. Une grande différence existe cependant entre ces 2 parties d'une même parcelle : la première produit de la nourriture quand la seconde ne produit rien du tout.

Cependant, ce n'est pas la production qui nous intéresse. Il s'agit bel et bien de comprendre si une gestion différente des sols produit des résultats différents sur sa qualité. Pour rappel l'objectif visé lors du choix des lieux de prélèvements était d'avoir un échantillon d'une douzaine de prélèvements, représentatif des sols de l'AAC. De plus, le fait de réaliser deux échantillons sur chaque parcelle était de comparer des sols qui correspondent aux pratiques des agriculteurs du PAT et les pratiques identifiées auprès des agriculteurs experts.

3.1 Les profils de sol

La réalisation d'un suivi photo des profils de sol creusé en même temps que les prélèvements de terre, permet de mettre en parallèle les sols travaillés et non travaillés d'une même parcelle. Cela donne une vue d'ensemble et permet de faire une comparaison visuelle (Figure 41). Cette comparaison très ludique permet tout de suite d'identifier de grandes différences entre les deux échantillons du même sol. Le fait d'évaluer le sol visuellement est une technique reconnue et qui a fait ses preuves en Nouvelle-Zélande notamment. En effet, depuis plus de 13 ans Graham Sherperg a développé une technique d'évaluation visuelle des sols « Visual Soil Assesment » au sein de l'organisme de recherche « Landscare Research » en Nouvelle-Zélande (SHERPHERD, 2000).



Figure 41 : Comparaison entre les sols du centre et de la bordure d'une parcelle de l'AAC d'Estang

Avant d'étudier les résultats des analyses de terre, il est légitime de s'interroger face aux grandes différences de ces profils de sol. Étant donné que ces derniers ont été observés sur la même unité de sol, il peut être déduit que la texture du sol est la même. Les différences observées sont alors sûrement dues à la gestion du sol, autrement dit aux pratiques agricoles.

À l'observation de ces profils, des points importants peuvent être soulignés. Sur la photographie du centre de la parcelle, il y a un profil assez homogène qui présente peu de racines. Le profil de bordure du champ est quant à lui hétérogène, scindé en deux parties bien distinctes. À la surface, le profil est plus sombre, la terre est noire, ce qui laisse penser à une accumulation de matières organiques. La partie basse du profil a une couleur qui se rapproche du 1^{er} profil. De plus, on peut remarquer dans le profil de la bordure, une abondance de racine.

Enfin en visualisant ces deux profils, le sol du centre de la parcelle paraît plus compacté alors que le profil de la bordure laisse penser plus à une structure grumeleuse.

Ces nombreuses différences peuvent être constatées juste par la visualisation des profils. Les analyses physico-chimiques réalisées vont permettre de confirmer et de comprendre les différences observées.

Cette appréciation visuelle pourrait être retenue dans le cadre de l’animation d’un projet de développement autour du changement de pratiques. Les photographies des couples s’avèrent particulièrement explicites.

3.2 Analyses physiques

Les prélèvements réalisés à l’aide d’un cylindre ont permis de faire des mesures de densité et de teneur en eau après avoir séché les échantillons.

Par calcul, d’autres paramètres ont été obtenus(Annexe 7), tels que la porosité et la porosité utile à l’eau. Tous ces résultats sont répertoriés et sont analysés dans les paragraphes suivants.

3.2.1 Densité apparente

La densité apparente est définie par le ratio entre le poids sec de l’échantillon prélevé par le cylindre et le volume de ce dernier (les particules de terre + l’espace poral).

Les sols analysés à Estang présentent des densités apparentes comprises entre 0,9 et 1,7g/cm³ (Figure 42). Ces résultats paraissent cohérents puisqu’en général l’échelle typique de densité des sols est de 1 à 1,7g/cm³ (ARSCHAD et al., 1996). Pour les sols sableux ou limono-sableux présents à Estang, la densité idéale est inférieure à 1,6g/cm³. Entre 1,6 et 1,8g/cm³, la densité apparente est élevée, cela affecte la croissance des racines. Au-dessus de 1,8g/cm³, la densité est trop élevée, elle restreint ou ne permet pas la croissance racinaire (USDA, 2012).

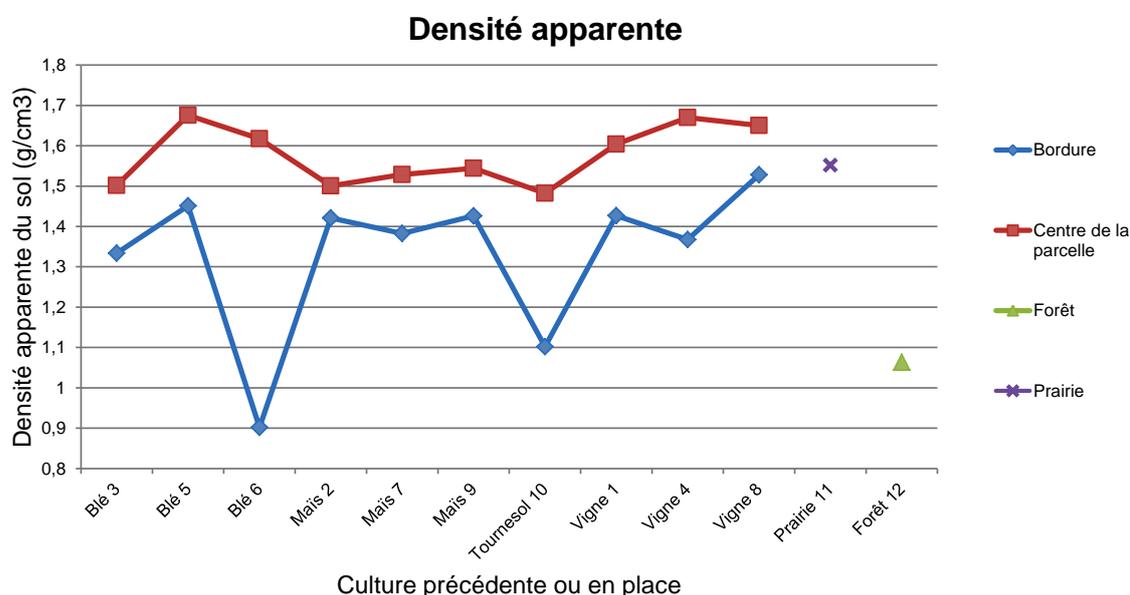


Figure 42 : Densité apparente des sols d'Estang

Pour les cultures, d’après les résultats des échantillons, il peut être constaté que la densité est toujours plus élevée dans le centre de la parcelle que dans la bordure. Cette différence s’explique entre autres, par l’intensité du travail du sol. Il est à noter que la densité apparente de tous les échantillons de bordure de champs est inférieure à

1,6g/cm³, tandis que 5 prélèvements au centre des parcelles sur 10 ont obtenu une densité apparente comprise entre 1,6 et 1,8g/cm³. Cela pose la question de la compaction des sols et de la croissance racinaire.

De plus, la prairie a une densité de 1,55g/cm³, il s'agit d'une valeur assez forte par rapport au sol non cultivé (courbe bleue), mais cela correspond aux valeurs basses des sols cultivés (courbe rouge). Sachant qu'il s'agit d'une prairie permanente, le sol n'a pas été travaillé depuis longtemps (au moins 10 ans). La forte densité n'est donc pas due au travail du sol, mais plutôt à la forte proportion des limons dans le sol et au piétinement des vaches. En effet, le sol a perdu sa résilience et s'est compacté. Les limons n'ont pas la capacité de gonfler comme les argiles pour revenir à leurs états d'origine. De plus, le sol subit un tassement par le piétinement des vaches puisque la prairie est pâturée (TABOADA et LAVADO, 1988).

Cet état de la prairie n'a rien de surprenant. Pour avoir des sols de qualité sous prairie, il faut avoir une bonne pratique du pâturage et de la fauche ainsi qu'une flore variée capable de développer des enracinements profonds. Une analyse floristique donnerait de précieux renseignements.

Il faut noter que la densité du sol forestier est relativement faible, comprise entre 1 et 1,1g/cm³. Cela peut s'expliquer notamment par la multitude de racines présentes dans ce sol puisque ce dernier est toujours couvert et n'est pas travaillé depuis de nombreuses années. L'activité biologique qui s'y développe crée aussi de la porosité, cela réduit donc la densité.

Il est intéressant de remarquer que sur tous les prélèvements réalisés, les sols non cultivés (bordure, prairie et forêt) ont une densité plus faible que les sols travaillés. Cette tendance se confirme sur tous les prélèvements réalisés sans exception.

La densité étant un bon indicateur de compaction des sols, on peut alors en déduire que les sols non travaillés sont moins compactés. Cette remarque s'explique par le fait que le sol soit mieux structuré lorsqu'il n'est pas travaillé et toujours couvert. La structuration par les systèmes racinaires et les retours de résidus est intéressante pour les agriculteurs. Elle permettrait de baisser le niveau de compaction.

On peut alors déduire de cette analyse que les pratiques agricoles ont sûrement un impact sur la densité du sol.

Ensuite il est intéressant de mettre en relation la densité apparente du sol et le taux de matière organique de ce dernier. Les résultats peuvent être observés dans la Figure 43.

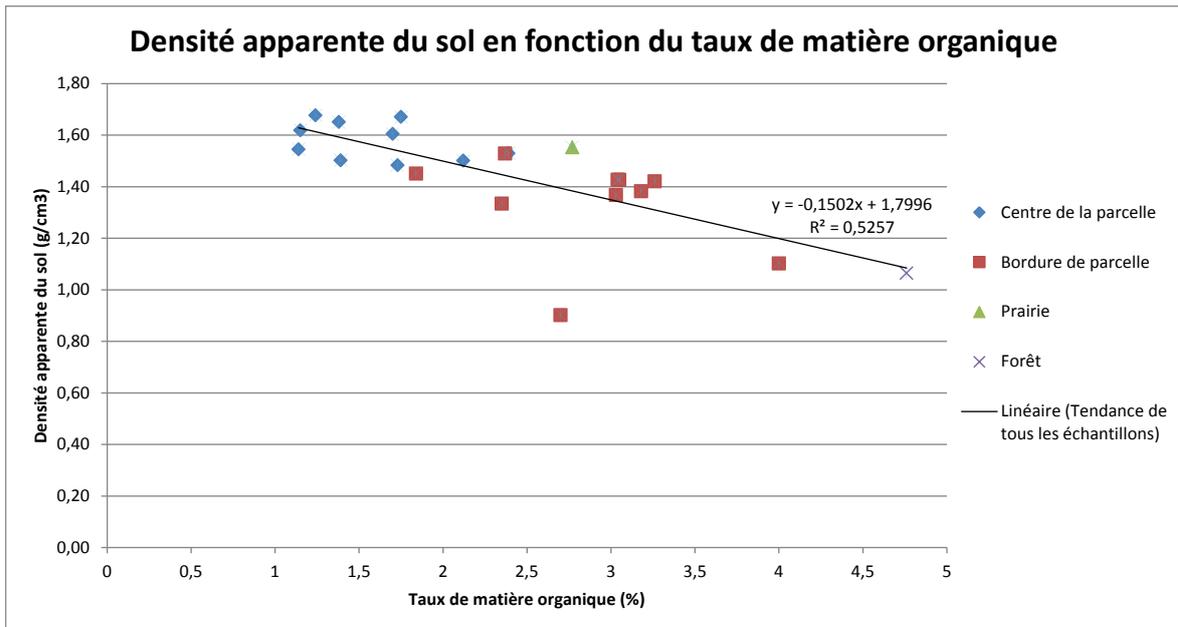


Figure 43 : Relation entre la densité apparente du sol et le taux de matière organique des échantillons prélevés à Estang le 08/11/12.

Il s'avère que la densité du sol diminue en fonction de l'augmentation du taux de matière organique. En effet, sur ce graphique la régression linéaire des données, correspondant à tous les prélèvements, fait apparaître que la densité apparente diminue avec l'augmentation du taux de matière organique. Cela s'explique par le fait que la matière organique participe à la formation des agrégats.

3.2.2 Porosité

La porosité d'un sol est l'espace entre chaque particule de terre, il s'agit du volume occupé par l'air ou l'eau.

La porosité est très variable selon les échantillons prélevés à Estang. Cela va de 36 à 66% (Figure 44).

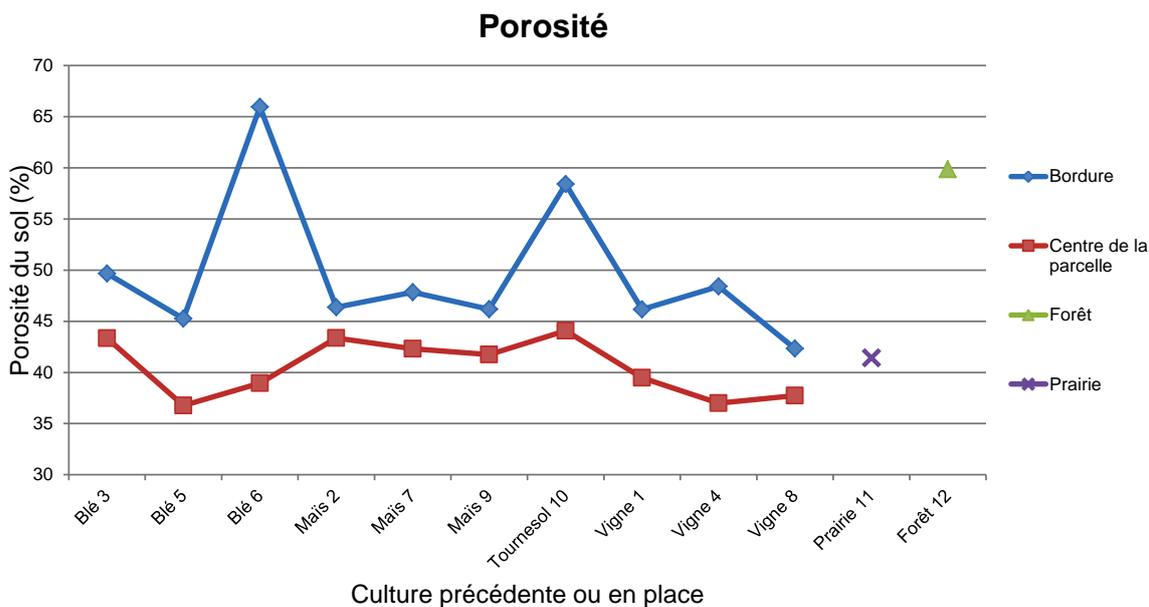


Figure 44 : Porosité des sols d'Estang

Pour les cultures, il s'avère que la porosité est plus élevée dans les bordures de parcelles que dans les champs. On observe les résultats inverses de la densité du sol. Ce constat est tout à fait logique puisque le calcul de la porosité est réalisé à partir des densités apparentes obtenues précédemment. En réalité ces deux propriétés du sol sont extrêmement liées. En général un sol de faible densité aura une porosité plus importante qu'un sol de forte densité.

D'après les résultats obtenus, il en ressort qu'un sol non travaillé va avoir une porosité plus importante. Cela induit que son espace poral total est plus important et que la quantité d'eau et d'air qu'il renferme est élevée. Ainsi, ces sols auront une meilleure capacité de rétention de l'eau.

Bien que le sol ne soit pas travaillé depuis longtemps pour la prairie, elle a une porosité relativement faible, seulement 41%. On peut expliquer cette valeur par la forte proportion de limon présent dans le sol et le piétinement des vaches. Le sol n'a plus sa résilience, il se compacte avec les années de piétinement, la porosité en est donc réduite. Pour cette prairie, un regard sur son mode de gestion est impératif. L'absence de système racinaire profond, de légumineuse et le surpâturage... sont peut-être des éléments explicatifs.

Le sol forestier quant à lui, a une porosité de près de 60%. On peut expliquer cette valeur par le fonctionnement du système naturel que représente la forêt. Cette dernière n'étant pas exploitée, il n'y a pas ou très peu de perturbation venant de l'extérieur. De plus, le sol forestier est exploré par de très nombreuses racines. Ensuite, le retour de matière organique est constant, les feuilles reviennent au sol tous les ans. Ce retour de matière organique particulière permet d'alimenter l'activité biologique du sol. Cette dernière participe à la création de porosité. La microporosité est la seule à pouvoir retenir l'eau et constitue la réserve utile des sols. Seule l'activité biologique est en mesure de produire une microporosité opérationnelle pour la gestion de l'eau.

En mettant en relation la porosité du sol en fonction du taux de matière organique (Figure 45), on peut constater que le sol est plus poreux quand il est plus riche en matière organique.

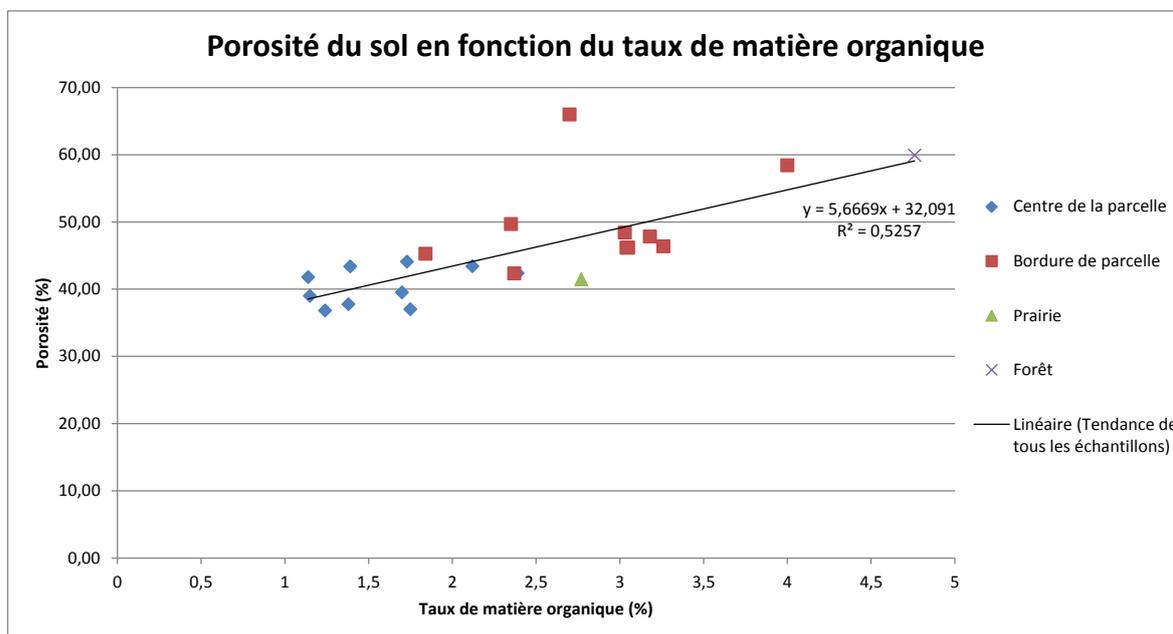


Figure 45 : Relation entre la porosité du sol et le taux de matière organique des échantillons prélevés à Estang le 08/11/12.

La courbe de tendance de tous les échantillons confirme bien une augmentation de la porosité en fonction de l'augmentation du taux de matière organique. Ce résultat est logique puisque la matière organique intervient dans la formation des agrégats et ces derniers déterminent la formation des macro-pores.

3.2.3 Quantité d'eau

La quantité d'eau dans le sol est calculée par la différence de poids de l'échantillon humide et de l'échantillon après séchage.

Les résultats obtenus des prélèvements d'Estang sont rassemblés dans la Figure 46.

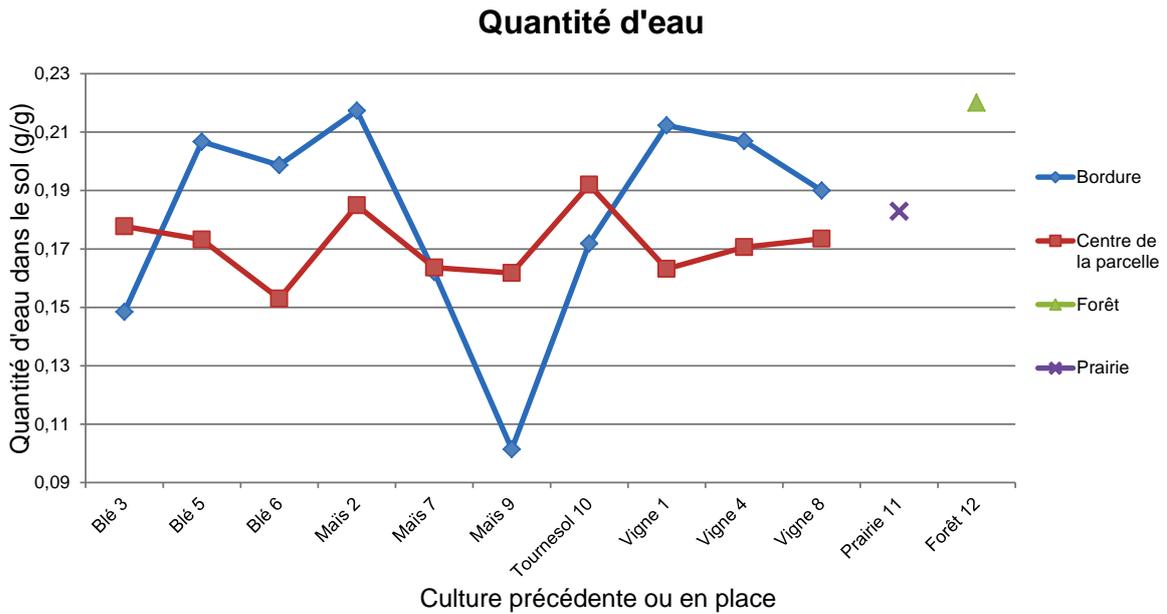


Figure 46 : Quantité d'eau dans les échantillons de sol d'Estang lors du prélèvement du 08/11/12

Pour les cultures, il y a 6 échantillons sur 10 où, la quantité d'eau est supérieure dans les sols non travaillés. Les résultats obtenus sont hétérogènes, il peut y avoir eu une erreur de manipulation lors des mesures. Néanmoins, une tendance se dégage, les sols non travaillés vont certainement mieux retenir l'eau, c'est une piste à vérifier avec un plus grand nombre d'échantillons.

Pour ce qui est de la prairie ou de la forêt, la quantité d'eau retenue dans le sol est supérieure aux champs cultivés, cela appuie l'hypothèse d'une meilleure rétention de l'eau par les sols non travaillés. La valeur importante de rétention d'eau pour le sol forestier peut sûrement s'expliquer par sa très forte porosité.

La relation entre la quantité d'eau stockée et la teneur en matière organique du sol est représentée par le graphique de la Figure 47.

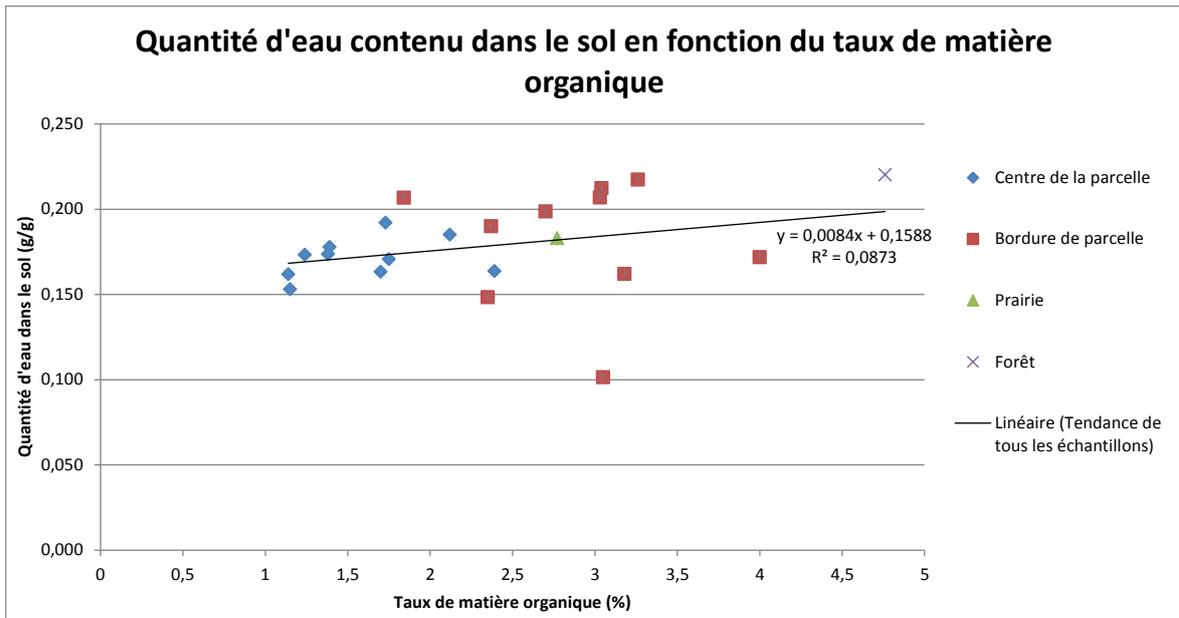
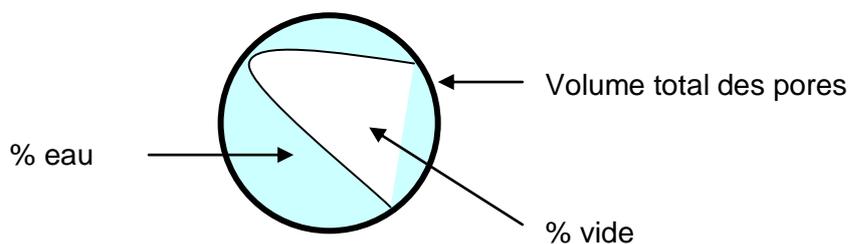


Figure 47 : Relation entre la quantité d'eau contenue dans le sol et le taux de matière organique des échantillons prélevés à Estang le 08/11/12.

D'après l'observation de la courbe de tendance et la répartition des points, on peut constater que la quantité d'eau augmente légèrement en fonction de l'accroissement de la teneur en matière organique. Néanmoins, on ne peut pas affirmer que la rétention de l'eau dans le sol dépende vraiment du taux de matière organique puisque dans les conditions de l'expérience aucune corrélation n'a été trouvée.

3.2.4 Water Filed Pore Space (WFPS) ou porosité utile à l'eau

La porosité utile à l'eau (WFPS) indique la quantité d'eau présente dans les pores. Cette quantité est exprimée en % du volume total des pores.



Les valeurs obtenues pour le WFPS vont de 27 à 79% (Figure 48).

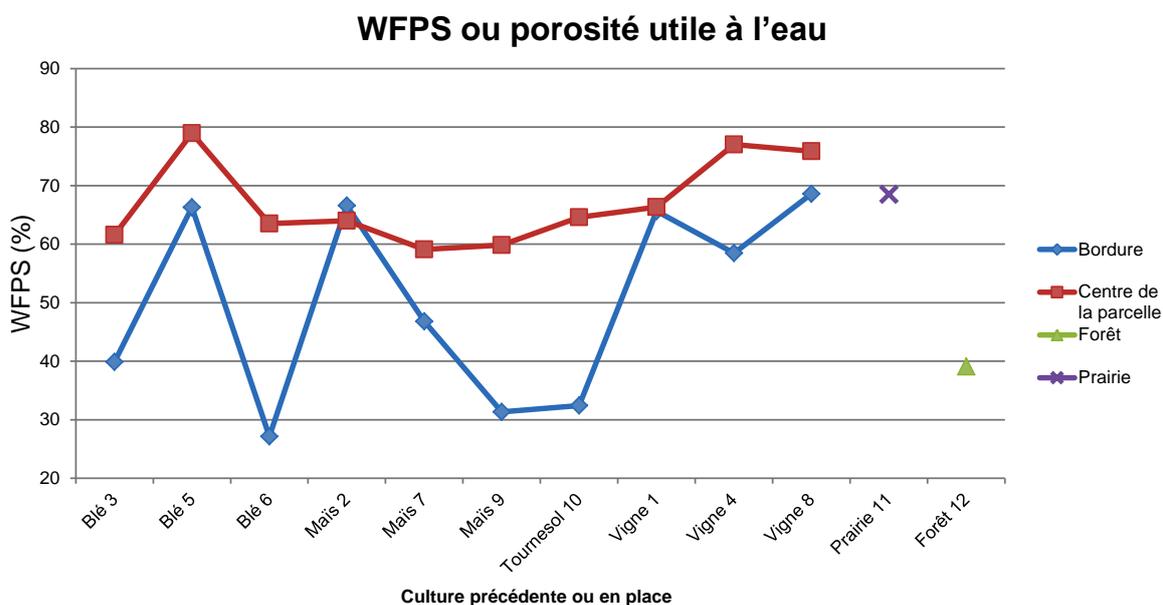


Figure 48 : Porosité utile à l'eau calculée avec les résultats des prélèvements d'Estang du 08/11/12

Par lecture graphique on constate pour 9 échantillons sur 10 que le WFPS est plus faible pour les sols de bordure de parcelle que pour ceux de centre de parcelle. Les prélèvements étant faits sur la même unité de sol et au même moment pour chaque couple d'échantillons (centre de la parcelle + bordure de la parcelle), la quantité d'eau tombée au sol est théoriquement la même. On peut en déduire deux choses :

- Soit, le WFPS est plus faible dans les bordures puisque la porosité y est plus importante. En effet si on a la même quantité d'eau tombée, le sol le plus poreux aura ses pores moins occupés par l'eau que le sol le moins poreux.
- Soit, le WFPS est plus faible puisque l'eau s'est écoulée par une macro pore.

Dans tous les cas ces résultats montrent que la porosité des sols non travaillés est moins occupée par l'eau que pour les sols travaillés pour une même quantité d'eau distribuée (pluie ou irrigation). Logiquement, ce résultat de la mesure du WFPS permet de déduire que les sols non travaillés pourront stocker plus d'eau avant d'arriver à saturation. Ce résultat est intéressant à plus d'un titre : il montre qu'une bonne porosité est un facteur retardant le risque de lessivage des éléments minéraux du sol puisque l'eau va être stockée plus, et plus longtemps dans le sol. La porosité du sol est un bon amortisseur des flux d'eau et va jouer comme retardateur dans les mécanismes de pollution.

Les résultats pour les sols de la prairie et de la forêt correspondent aux WFPS observés pour les sols non travaillés. Ces résultats suivent la logique des résultats observés jusque maintenant avec les autres critères.

La mise en relation du WFPS et de la teneur en matière organique du sol est réalisée sur la Figure 49.

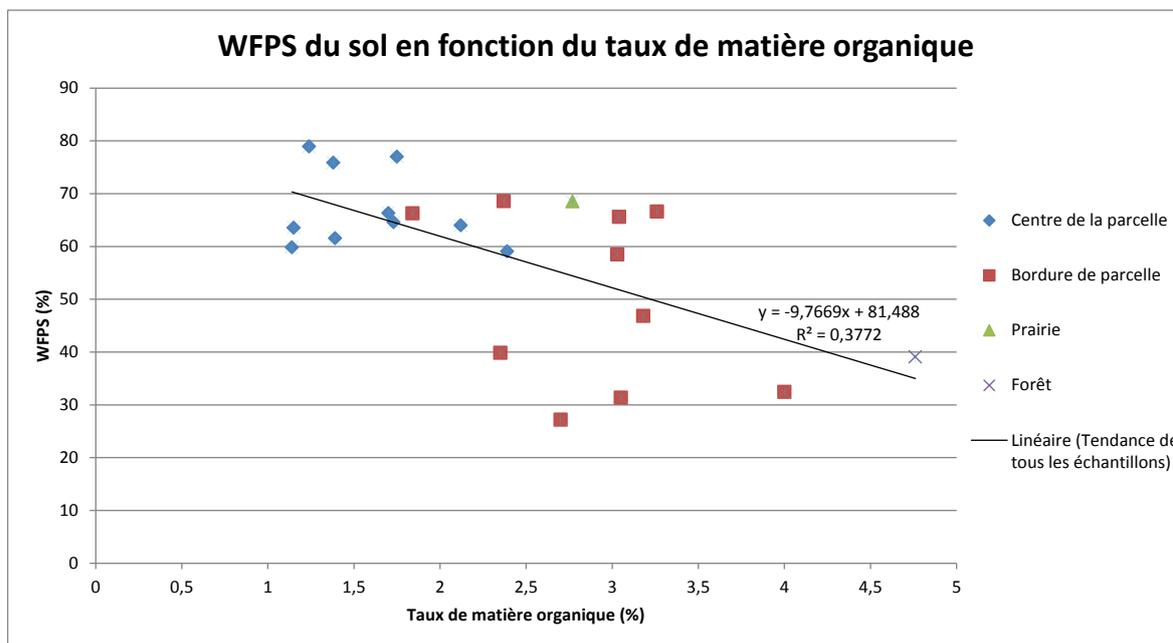


Figure 49 : Relation entre la porosité utile à l'eau et le taux de matière organique des échantillons prélevés à Estang le 08/11/12

On observe sur le graphique une tendance très nette de baisse du WFPS en fonction de l'augmentation de la teneur en matière organique des sols. Ce résultat s'explique par un changement des quantités de macro pores et micro pores dans le sol.

Le taux de matière organique et le WFPS sont corrélés seulement à 37%. Ce qui n'est pas si mal, mais cela veut dire que la teneur en matière organique du sol explique que 1/3 la valeur du WFPS. Il reste donc au moins un autre élément qui doit être important dans la détermination de la valeur du WFPS.

Un autre élément qui influe est l'activité biologique. N'ayant pas d'analyse de l'activité biologique, cette mesure s'avère indispensable à faire en même temps que la réalisation des mesures de porosité, de densité et de porosité utile à l'eau (WFPS) à l'avenir.

3.3 Analyse chimique

Les prélèvements réalisés à la tarière ont été envoyés au laboratoire départemental d'Eauze pour analyser le taux de matière organique, la teneur en azote, la capacité d'échange cationique et le pH.

3.3.1 Teneur en matière organique

La teneur en matière organique est très variable selon les sols. À Estang, les prélèvements réalisés ont des teneurs en matière organique qui vont de 1,1 à 4,8% (Figure 50).

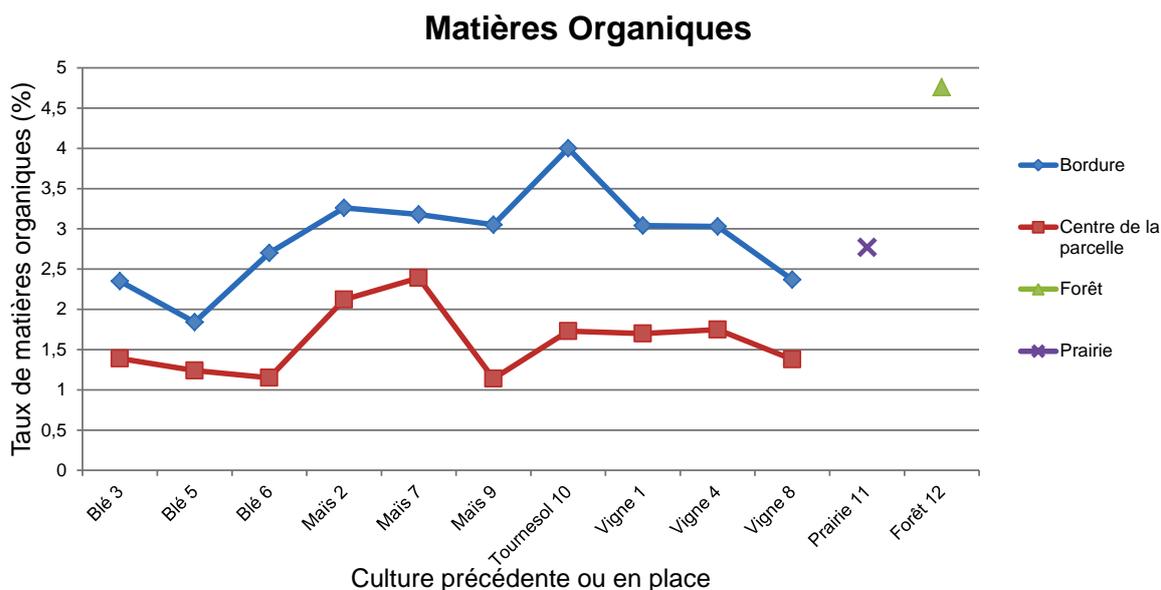


Figure 50 : Taux de matières organiques des sols d'Estang

Les bordures qui correspondent aux sols non cultivés présentent clairement un taux de matières organiques plus élevé que les échantillons du centre de la parcelle. On peut sûrement expliquer ces résultats par la minéralisation de la matière organique. La bordure étant couverte, la température du sol est alors plus faible, ce qui induit une minéralisation moins importante. Au contraire, le travail du sol dans le centre de la parcelle va activer la minéralisation. Cela induit une teneur en matière organique plus faible dans les sols travaillés.

Un autre facteur peut expliquer la différence très nette du taux de matière organique, il s'agit du retour de MO au sol. Dans les sols cultivés, les retours de MO correspondent souvent aux simples résidus de cultures et même parfois ils sont exportés. Il y a donc très peu d'entrées de matière organique dans le système du centre de la parcelle, en revanche il y a des sorties : la minéralisation des matières organiques des sols par l'activité biologique, par le travail du sol et l'exportation liée à la culture.

En opposition à ce système, les sols des bordures ont un fonctionnement plus équilibré. Les sorties sont considérablement réduites puisqu'il n'y a pas de travail du sol qui implique une oxydation de la matière organique. De plus, les entrées sont augmentées, puisque tous les résidus des végétaux sont laissés sur place. L'activité biologique présente, peut restituer les résidus sous forme de matière organique élaborée et structure favorablement le sol pour créer une structure moins compacte, poreuse et grumeleuse.

L'échantillon prélevé en prairie (2,75%) est dans la moyenne des échantillons correspondants aux bordures. La forêt à un taux de 4,75% : c'est le plus élevé. Cela peut s'expliquer par le non-travail du sol depuis très longtemps et au retour permanent de matière organique au sol.

L'impact des pratiques agricoles sur le cycle de la matière organique est clairement mis en avant par ces premiers résultats. Plus le sol est géré avec des pratiques

conventionnelles, plus il perd sa matière organique, plus il se compacte, plus il perd sa porosité et moins il stocke de l'eau.

3.3.2 Teneur en azote

La quantité d'azote contenue dans chaque prélèvement de terre réalisé à Estang est répertoriée dans le graphique de la Figure 51.

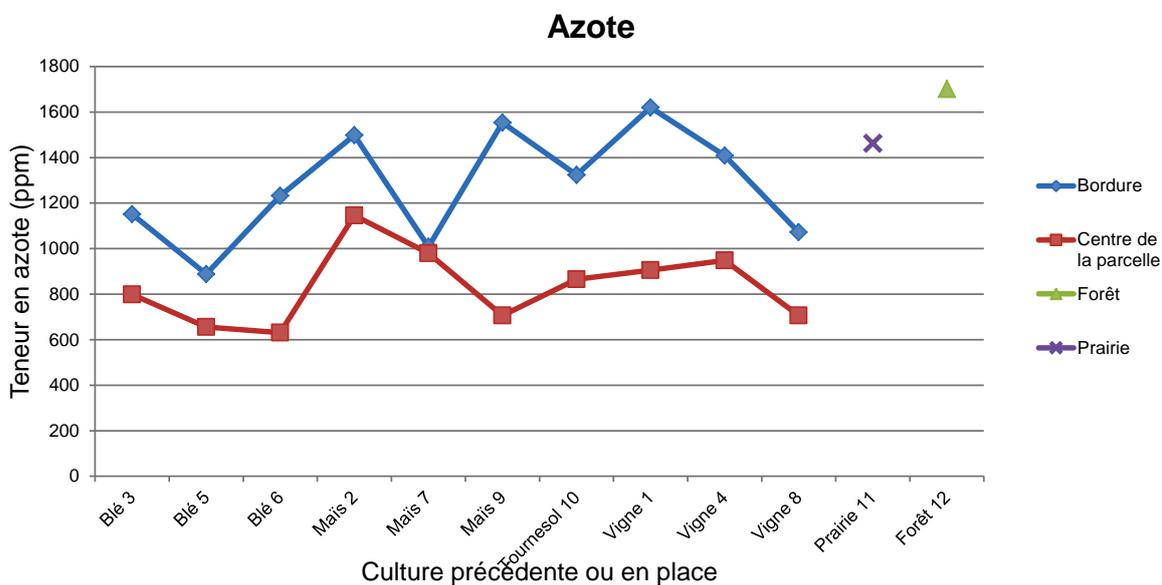


Figure 51 : Teneur en azote des échantillons de sol d'Estang lors du prélèvement du 08/11/12

Le constat pour la teneur en azote des sols est semblable à celui réalisé pour la matière organique. Pour les cultures, les sols des bordures contiennent plus d'azote que dans les sols du centre des parcelles. Cette différence peut s'expliquer par la différence du taux de matière organique dans ces sols. De plus, un autre élément entre peut-être en considération, il s'agit de l'activité biologique des sols. Cette dernière n'a pas été mesurée, mais elle permettrait peut-être d'expliquer de plus fortes teneurs en azote dans les sols de bordure non perturbés.

La prairie présente une grande quantité d'azote dans son profil. Bien qu'elle n'ait pas un taux de MO très élevé, une densité du sol assez forte et une porosité plutôt faible, cette analyse montre une grande quantité d'azote stockée dans le sol. Cet azote provient en partie du pâturage (déjection des animaux) dans un système où les exportations sont faibles.

La structuration des sols par la prairie permet à la fois un retour important de MO (par les racines et le plateau de tallage) et la réorganisation de l'N issu des effluents. La prairie se caractérise comme un système de culture améliorant. Non seulement il protège les sols, mais aussi les enrichit considérablement en azote. Cette grande quantité d'N dans le sol de la prairie ouvre un champ d'investigation nouveau : il se pourrait que dans un système de culture toujours couvert et jamais travaillé (comme ceux identifiés en conservation des sols) la fertilisation azotée ne pose pas de problème environnemental.

Ainsi, la destruction de la prairie par des pratiques agricoles conventionnelles établies sur l'oxydation de la matière organique s'avère être un élément accélérant la pollution de l'eau. Cet exemple sur la prairie montre que la destruction de ce système de culture est susceptible de relarguer encore plus d'azote que les sols de bordures moins bien pourvus.

La teneur en azote est très élevée dans le sol forestier, cela s'explique par la très forte teneur en MO qui est de 4,75% tout de même.

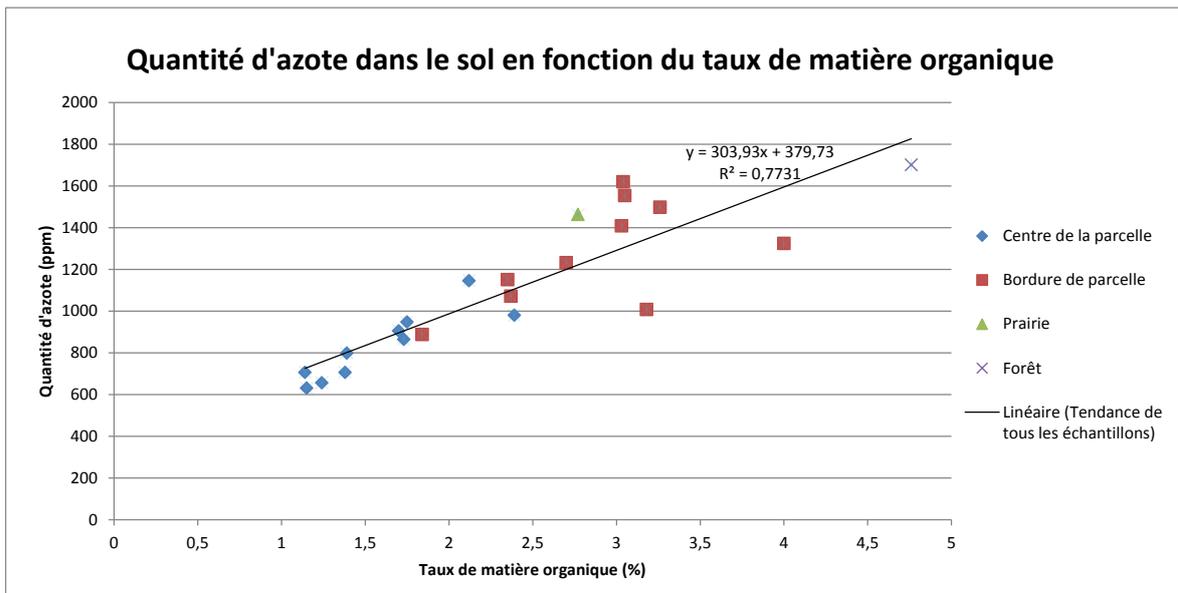


Figure 52 : Relation entre la quantité d'azote contenue dans le sol et le taux de matière organique des échantillons prélevés à Estang le 08/11/12

La mise en relation de la quantité d'azote contenue dans les sols et le taux de matière organique de ces derniers permet de montrer clairement le lien entre ces deux teneurs. On observe d'après le graphique que la présence d'azote augmente avec le taux de matière organique. Le taux de matière organique explique à lui seul pour 77% la présence d'azote dans les sols.

La teneur en azote du sol est dépendante du taux de matière organique et elle est influencée par les pratiques agricoles. La gestion conventionnelle est problématique pour cet élément.

3.3.3 Capacité d'échange cationique

Les résultats des mesures de capacité d'échange cationique des prélèvements réalisés sont transcrits dans la Figure 53.

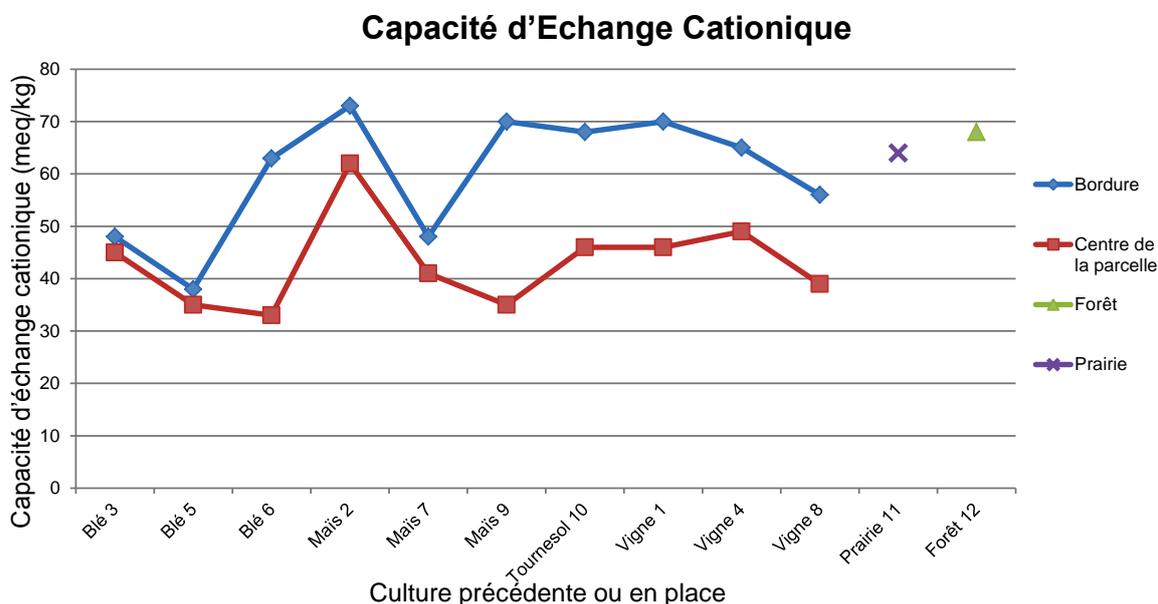


Figure 53 : Capacité d'échange cationique des échantillons de sol d'Estang lors du prélèvement du 08/11/12

Pour les cultures, on observe une CEC plus importante dans les bordures que dans le centre des parcelles. Ce résultat est à expliquer par la différence des teneurs en matière organique observée entre les parcelles et leurs bordures. En effet, la matière organique permet de retenir des ions. Ainsi, un sol ayant un taux de MO plus élevé, pourra retenir davantage d'ion qu'un sol avec moins de MO.

Il en va de même pour la prairie. Même si son taux de MO est relativement bas vis-à-vis des sols de bordure ou forestier, il ne faut pas oublier qu'en pratiques agricoles conventionnelles, l'installation de la prairie survient lorsque le sol est particulièrement dégradé. La prairie est représentative de cet état de fait. Le sol récupère sa fertilité bien que la restauration des taux de MO soit sans doute lente. Le travail d'état des lieux ne permet pas d'avoir tous les éléments d'appréciation.

Le sol forestier a une des CEC la plus importante. Cela peut s'expliquer par la teneur élevée en matière organique de la forêt (4,75%).

Encore une fois, ce graphique permet de mettre en avant l'importance des pratiques agricoles.

La mise en relation de la CEC avec la teneur en MO des prélèvements réalisés à Estang permet bien d'identifier la relation forte entre ces deux caractéristiques (Figure 54).

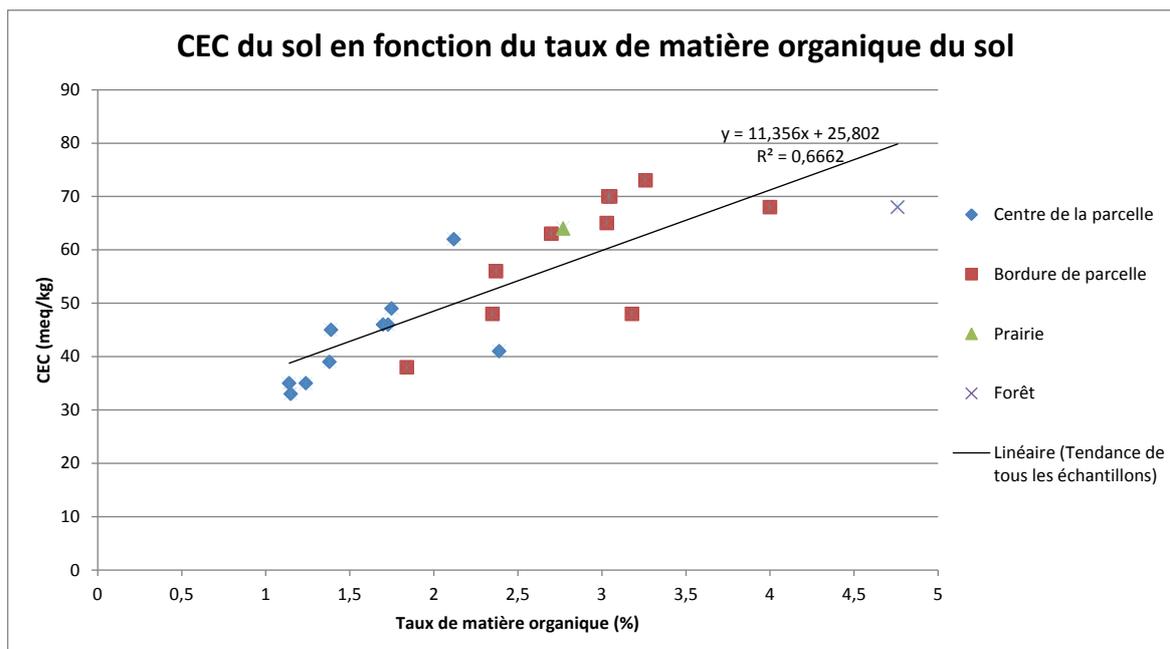


Figure 54 : Relation entre la capacité d'échange cationique du sol et le taux de matière organique des échantillons prélevés à Estang le 08/11/12

Par lecture graphique, on peut constater que la CEC augmente en fonction de l'accroissement du taux de MO. De plus, on observe que la teneur en MO explique à 66% la valeur de la CEC. On en déduit donc que l'amélioration de la teneur en matière organique d'un sol permet d'augmenter sa CEC.

La CEC est importante pour les capacités d'échanges et la rétention des éléments minéraux. La construction de la CEC et son amélioration sont directement sous la dépendance de la matière organique. Le sol d'Estang est pauvre en argiles. Ce minéral n'intervient pratiquement pas dans la constitution du complexe argilo humique et la qualité de la CEC. Celle-ci est principalement sous la dépendance de la matière organique. Les apports de MO entraîneront une recharge négative de la CEC et une augmentation de la capacité à fixer de nombreux ions positifs. Les apports de calcium et de magnésium viennent saturer la CEC ce qui favorise l'adsorption de ions nitrates de charge négative. Cependant les liaisons électriques sont instables dans l'eau. Un sol se trouvant à saturation d'eau ne pourra pas retenir les anions nitrates qui seront lessivés. Pour éviter le lessivage des nitrates, il faut impérativement que la réaction d'ammonification s'opère. Cette réaction est sous la dépendance des microorganismes qui transforme les anions nitrates en cations ammoniacaux uniquement en présence de carbone (MEYER, 1994 ; VERTES et al., 2007 ; CHABBI et LEMAIRE, 2007). L'ammonification produit des cations qui seront d'autant plus facilement retenus par la CEC que ça charge négative lié à une forte présence de carbone est assuré. On en conclut qu'une alimentation en MO particulières de l'activité biologique du sol produira des MO moléculaires qui amélioreront la capacité d'échange de la CEC. Ainsi, plus un sol recevra des résidus végétaux, plus il sera préservé dans son fonctionnement et son habitat, plus il pourra développer une activité biologique élevée qui produira simultanément une CEC élevée et les réactions

d'ammonification permettant l'assemblage de carbone et d'azote pour faire de la matière organique.

3.3.4 pH eau

Les résultats des pH des prélèvements de terres d'Estang sont présentés par la Figure 55.

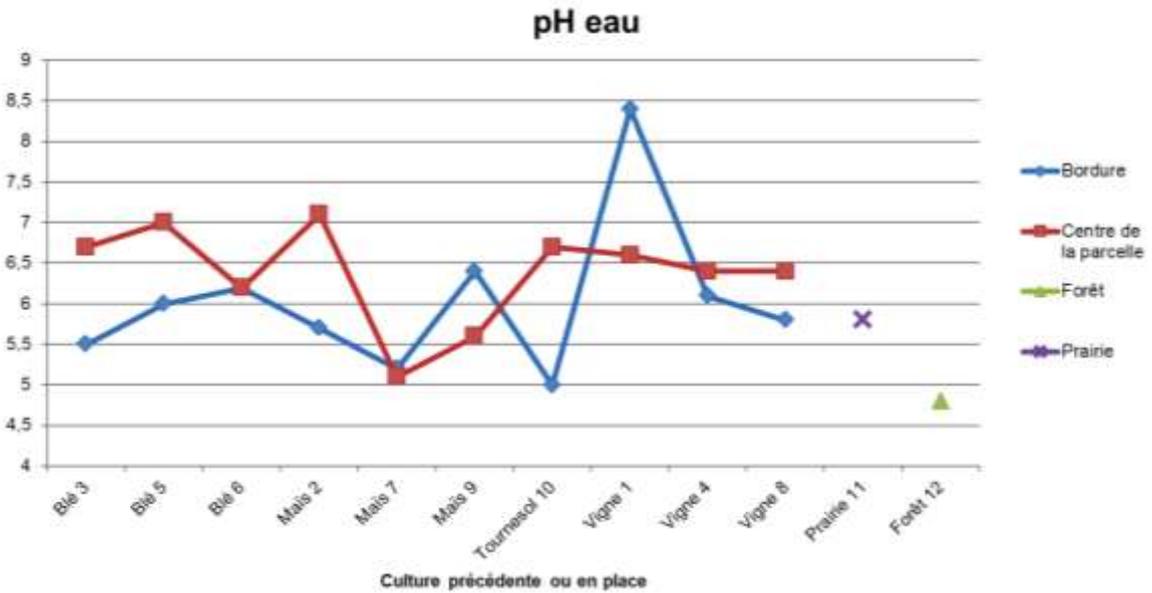


Figure 55 : pH des échantillons de sol d'Estang lors du prélèvement du 08/11/12

Les mesures du pH des échantillons donnent des résultats très hétérogènes. On ne constate pas d'effet net des pratiques agricoles sur le pH.

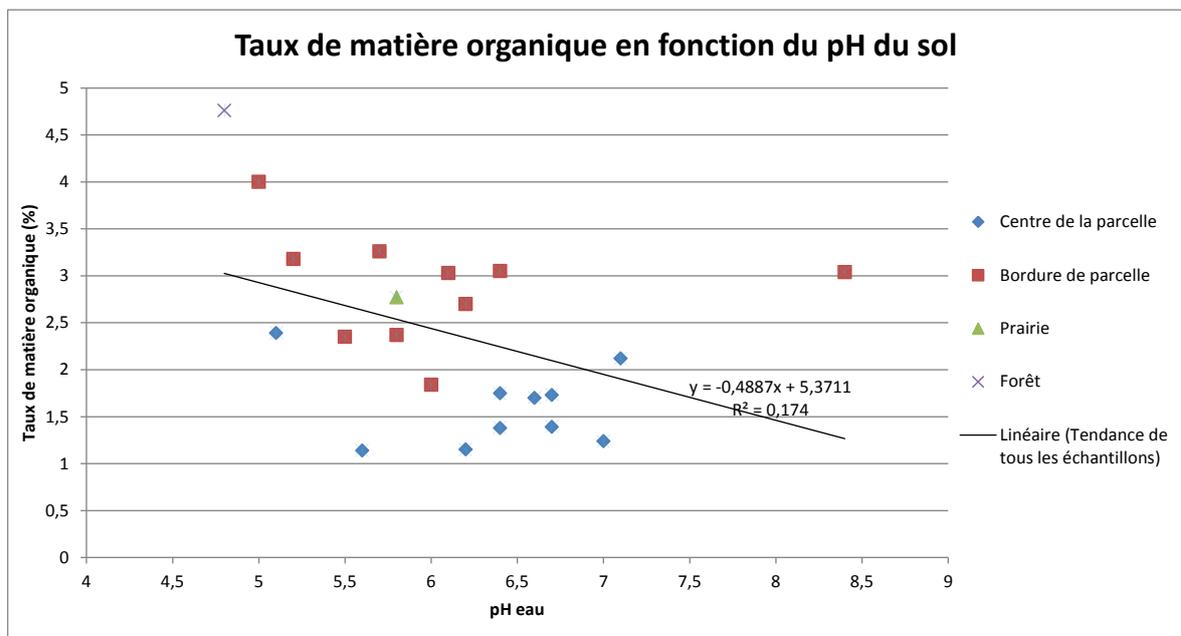


Figure 56 : Relation entre le taux de matière organique et le pH des échantillons prélevés à Estang le 08/11/12

Par lecture graphique, on observe que la teneur en matière organique baisse en fonction de l'augmentation du pH. Ce résultat ne permet pas de tirer de conclusion puisque la teneur en MO est très peu corrélée au pH. Cependant, ce résultat s'explique sûrement par l'activité biologique des sols. En effet, généralement un sol acide à moins d'activité biologique, il y a alors moins de minéralisation et donc la matière organique est plus importante.

De plus, le pH d'un sol est directement sous l'influence de la texture du sol, c'est-à-dire de l'origine de la roche mère. À Estang, il s'agit d'une accumulation de sables fauves caractéristique de la région. Le sable est une roche cristalline caractérisée par son acidité, généralement entre 4 et 5. Il est logique que le pH des sols agricoles locaux reflète cette tendance. Les agriculteurs devront piloter le pH par des apports calciques adaptés à une bonne croissance des végétaux.

3.4 Conclusion des analyses de sol

Pour 6 mesures sur les 8 réalisées, on observe une différence très nette entre les sols cultivés et ceux qui ne le sont pas. Cette tendance se retrouve aussi bien dans l'analyse visuelle que dans les résultats des analyses physico-chimiques. Il apparaît alors que la gestion du sol (travail du sol et gestion de la matière organique) a un impact important sur de nombreuses propriétés du sol.

Ce simple état des lieux sur l'AAC montre que les sols naturels sont de meilleures qualités que les sols cultivés. En faveur d'une non-perturbation et d'un retour de matière organique, les analyses de sol montrent :

- Un meilleur aspect grumeleux au profil
- Une densité des sols plus faible
- Une porosité supérieure
- Une meilleure capacité à retenir de l'eau
- Une porosité utile à l'eau supérieure
- Un taux de MO nettement supérieur
- Une CEC plus élevée

Finalement, il ressort de cet état des lieux que les sols naturels sont de meilleures qualités que les sols agricoles. Si le choix est laissé à un agriculteur, d'après l'aspect structural et les analyses, il achètera avant tout un sol naturel qui apparaît plus fertile et de meilleures qualités qu'un sol agricole.

3.5 Synthèse des résultats

Le travail d'enquête chez les agriculteurs d'Estang, la recherche de nouvelles pratiques chez les agriculteurs « experts » et les analyses de sols réalisées ont permis d'étudier le lien entre le retour de MO particulières au sol et l'amélioration de la qualité de l'eau (réduction des fuites de nitrates).

L'état des lieux sur le périmètre du captage montre que les pratiques agricoles à l'exception de l'utilisation des intrants chimiques sont identiques. Toutes sans exception se caractérisent par :

- Un faible retour de MO au sol
- Une perturbation du sol par les outils

- Des successions culturales dont environ 50% du temps où le sol est nu.

Les résultats sont identiques pour les grandes cultures et la vigne. Les pratiques conventionnelles développées restituent peu de MO au sol.

Les enquêtes réalisées dans des réseaux d'agriculteurs ayant d'autres pratiques autour de la gestion de la MO montrent des résultats diamétralement opposés à ceux identifiés sur le captage Grenelle d'Estang. Que ce soit en grandes cultures, en élevage ou en vigne et dans de grandes ou de petites fermes, les pratiques développées s'appuient sur :

- La couverture du sol avec des plantes par des cultures ou inter-cultures.
- La production de biomasse la plus importante par le rendement de l'inter-culture et du retour de paille.
- La réduction voire la suppression de la perturbation des sols dans le cadre du SCV.

De plus, les rendements semblent aussi élevés que dans les autres pratiques agricoles et les agriculteurs s'adaptent aussi bien au marché bio ou conventionnel.

Des enquêtes, il en ressort que ces agriculteurs ont adopté l'agriculture de conservation des sols. Ils évoluent vers des pratiques très performantes utilisant par exemple, le semis d'une culture de rente dans une plante pérenne (blé dans luzerne). Ils initient des raisonnements de pratique bio-logique et intégré. Pour les agriculteurs les plus avancés, l'inter-culture se transforme parfois en double culture.

Les agriculteurs signalent de très grandes satisfactions avec ces nouvelles pratiques et ne souhaitent pas revenir aux techniques conventionnelles.

Les profils de sol observés montrent une structure grumeleuse, et une forte présence de résidus de MO particuliers en surface avec les sols naturels. Visuellement une différence de qualité apparaît entre les deux pratiques.

Ce constat est confirmé par les analyses de sols. En effet, ces dernières réalisées entre les pratiques conventionnelles des agriculteurs et des sols « naturel » (bordure de parcelle, forêt, prairie) montrent une très grande différence de qualité des sols entre les pratiques conventionnelles et les sols non perturbés. Les sols « naturel » sont de meilleure qualité et plus fertiles : densité plus faible, porosité plus forte, CEC plus élevée, meilleure capacité de rétention en eau, taux de matière organique plus élevé et un stockage d'azote supérieur. Par ces analyses, on a constaté le réel effet de l'augmentation de la MO du sol sur plusieurs paramètres de qualité de sol.

Visiblement dans le cadre d'une couverture permanente avec restructuration biologique du sol, un système de culture tel que la prairie est capable de recevoir une fertilisation raisonnée sans risque majeur de lessivage des intrants. C'est bien connu, la prairie est un système qui permet de protéger l'environnement ! Mais c'est sa destruction qui pose problème.

Cette réflexion autour de la prairie indique qu'il est possible, de fertiliser un système de culture avec un risque faible de lessivage des intrants dans le cas d'un sol toujours couvert et jamais perturbé. Cela rentre dans le cadre des pratiques de la conservation des sols. Ainsi, il est possible de proposer une autre voie d'amélioration des pratiques pour les

agriculteurs d'Estang. Ils pourraient adopter des pratiques agricoles restituant un maximum de MO particulières à la surface des sols via les pailles et les rendements des inter-cultures. Simplement ces nouvelles pratiques devront s'accompagner d'une réduction des pratiques oxydant les MO : réduction du travail du sol, maîtrise des intrants.

Les résultats des analyses montrent sans surprise que la qualité des sols est supérieure dans les sols naturels. En effet, les taux de matières organiques sont supérieurs. De plus, si on reprend les connaissances autour de l'immobilisation de nitrates dans le sol via l'activité biologique et les retours de carbone (MEYER, 1994 ; VERTES *et al.*, 2007 ; CHABBI et LEMAIRE, 2007), on peut en déduire qu'une pratique se rapprochant des sols naturels va permettre de diminuer la quantité d'azote minéral du sol (Figure 57).

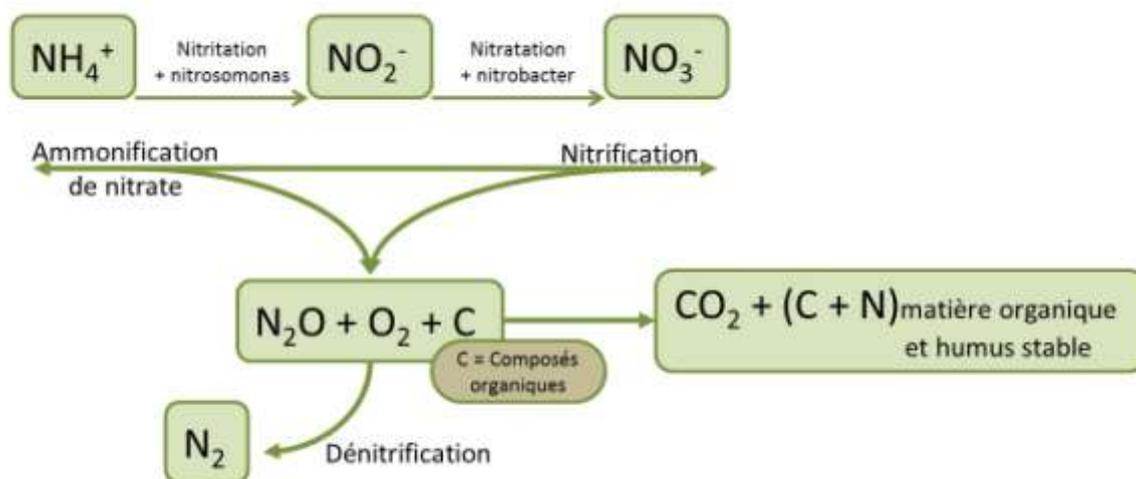


Figure 57 : Nitrification et Ammonification de nitrate

Source : MEYER, 1994 ; VERTES *et al.*, 2007 ; CHABBI et LEMAIRE, 2007

La minéralisation de la MO par les microorganismes du sol entraîne la nitrification de l'azote (transformation de l'azote ammoniacal en nitrite puis en nitrate). Cependant en présence de carbone, les mêmes organismes permettent l'immobilisation organique de nitrate. Le retour de MO particulières au sol est primordial dans la dénitrification des sols. Le retour de MO particulière au sol va ainsi participer à la réduction des fuites de nitrates dans les eaux souterraines. Enfin, la préservation de l'habitat (perturbation minimale du sol) va être importante pour avoir une activité biologique supérieure afin de rendre possible la dénitrification.

Tous ces résultats montrent bien que d'autres pratiques sont possibles et permettent une protection de l'environnement. En cumulant les techniques agroenvironnementales (couverture des sols, perturbation minimum des sols, production maximale de biomasse...) il serait possible de produire à Estang en fertilisant avec des risques faibles de lessivage des intrants.

Les résultats nous permettent de déduire que globalement les agriculteurs d'Estang sont tous volontaires pour changer de pratiques mais ils demandent un appui technique. Ils

veulent suivre les expérimentations pour progresser en même temps. Il est alors nécessaire de leur proposer des expérimentations simples qui permettent de comparer l'impact de leurs pratiques et de la nouvelle pratique : l'agriculture de conservation.

4 Limite de l'étude

Il est important de soulever quelques points limitant de l'étude. Pour les enquêtes et surtout, les prélèvements de terre des limites ont été identifiées.

4.1 Les enquêtes du PAT

La première limite de ces enquêtes est le fait que tous les agriculteurs de la zone n'ont pas été enquêtés, seulement 8 sur 17. La population totale des agriculteurs étant petite, il aurait été possible techniquement d'enquêter tout le monde. Il faut noter que certains agriculteurs étaient réticents à l'enquête, dû à la faible surface qu'ils exploitent sur la zone, quelques hectares seulement.

Lors de ces enquêtes, il aurait été intéressant de récolter les informations pour calculer le bilan carbone des systèmes de production. Cela n'a pas été réalisé, mais les enquêtes auprès des agriculteurs montrent qu'ils sont en déficit.

Une des grandes limites du projet du PAT, c'est la faible implication du domaine Tariquet, de loin le plus important vigneron de la zone avec près de 80ha de vigne. Cependant, des négociations sont en cours et il pourrait rentrer dans la démarche. Cette limite s'est ressentie aussi pour la réalisation de l'enquête. Il a été difficile d'obtenir un rendez-vous et ils étaient réticents à dévoiler certaines informations pour les itinéraires techniques.

4.2 Les enquêtes des agriculteurs experts

La faiblesse des enquêtes réalisées auprès des agriculteurs experts est la précision des données recueillies sur les itinéraires techniques. Il était difficile d'avoir des données très précises alors que le temps imparti par chaque agriculteur était très variable.

4.3 Les prélèvements de terre

Les analyses de terre réalisées sur l'AAC d'Estang donnent des informations intéressantes, mais les prélèvements ont quelques limites : le nombre d'échantillons, la localisation des prélèvements et le manque de mesures complémentaires qui permettrait d'appuyer encore davantage la discussion.

4.3.1 Le nombre d'échantillons

Le faible nombre d'échantillons (22 prélèvements avec seulement 12 parcelles) ne permet pas d'avoir de réelle conclusion, mais cela permet tout de même d'avoir une tendance qui se dégage et qui reste à confirmer par la mise en place des expérimentations.

De plus, les prélèvements ont été réalisés sur différentes cultures afin de représenter les productions du PAT. Il y a donc seulement 1 à 3 échantillons par culture, il n'est alors pas possible d'analyser les résultats par culture. Cela est toutefois dû à l'environnement assez restreint que représente le PAT.

4.3.2 La localisation des prélèvements

Les prélèvements de terre ont été réalisés de façon à être le plus représentatifs des terres cultivées de l'AAC. Néanmoins n'ayant pas reçu d'autorisation pour entrer dans les parcelles de Tariquet, lors de la réalisation des prélèvements, aucune analyse n'a été faite sur ces parcelles. Pour se rapprocher le plus possible de ces sols, une analyse a été réalisée sur une parcelle de vigne voisine de celles de Tariquet. Cela permet d'avoir quasiment la même unité de sol cependant il n'est pas possible de mesurer l'impact des pratiques de gestion du sol de Tariquet par cette technique.

De plus, il y a un autre point qui pourrait être amélioré sur la localisation des prélèvements de terre dans les vignes. Dans cette étude les prélèvements de terre ont été réalisés seulement dans l'inter-rang. Il serait intéressant de faire des prélèvements aussi sur le cavaillon puisque la gestion du sol est différente. Ces derniers n'ont pas été faits par manque de moyens et de temps.

4.3.3 Des analyses complémentaires nécessaires

L'activité biologique n'a pas été mesurée lors des prélèvements de terre, par manque de matériel nécessaire. Cependant, il est tout à fait possible de faire cette mesure lors de prochains prélèvements. Elle peut être réalisée de deux manières différentes :

- Mesure de dégagement de CO₂

Il s'agit d'un bon indicateur de l'activité biologique.

- Le prélèvement de vers de terre

Il s'agit d'une autre méthode pour évaluer l'activité biologique. À l'aide d'une solution de formol, les vers de terre d'une surface d'1m² vont être récupérés. Le nombre et le type de vers de terre vont permettre d'estimer l'activité biologique du sol. Il faut se rapprocher de l'observatoire participatif des vers de terre pour connaître le protocole exact de cette mesure.

Pour finir, certaines mesures devraient être réalisées à plusieurs reprises tous les ans afin d'étudier la variabilité en fonction de la période de l'année. En effet, les reliquats d'azotes évoluent sûrement en fonction de la température du sol, du taux de couverture du sol... Il serait donc intéressant de mesurer régulièrement les reliquats d'azote pour obtenir la cinétique de l'azote au cours de l'année. Cela permettrait de comprendre et de sensibiliser les agriculteurs afin de mieux gérer l'azote dans leur système de culture par la suite. De même, l'activité biologique doit être variable au cours de l'année. Enfin, la densité varie en fonction du travail du sol. En effet ce dernier baisse la densité du sol, car il injecte de l'air dans le sol. Il serait alors intéressant de mesurer la densité avant et après le travail du sol.

Partie 4 : Propositions

Les résultats de ce mémoire montrent l'importance des pratiques agricoles et de la teneur en matière organique des sols dans la réduction de la pollution.

L'étude réalisée a permis de déceler différents aspects qui semblent importants de faire évoluer pour la suite du projet du PAT d'Estang. Certains résultats ont besoin maintenant d'être validés par de l'expérimentation sur le terrain. Cette phase est primordiale pour le projet pour plusieurs raisons.

Tout d'abord, la mise en place d'expérimentation va permettre de comparer l'impact de différentes pratiques sur la qualité du sol et la qualité de l'eau de ruissellement. Ensuite ces expérimentations vont permettre d'apporter régulièrement des résultats concrets qui pourront être discutés avec l'ensemble des agriculteurs ainsi que des partenaires du PAT d'Estang. Il s'agit d'une demande forte des agriculteurs. Enfin, c'est un élément important qui va permettre de sensibiliser et d'encourager les agriculteurs à changer leurs habitudes, pour adopter des pratiques moins polluantes. C'est bien la finalité recherchée par le PAT.

Dans le but d'évaluer la qualité des sols, d'estimer le risque de pollution des eaux, de comparer la durabilité des systèmes de productions et de sensibiliser les agriculteurs, les outils suivants pourraient être mis en place afin de faire évoluer le projet du PAT : analyses de terre et d'eau en laboratoire, utilisation de la valise de test SQTK ainsi que des indicateurs de l'IAD.

1 Propositions d'expérimentations

Deux types d'expérimentations sont proposés. La première est un suivi en champs de comparaison pour évaluer l'impact de deux pratiques agricoles différentes sur le sol. La deuxième est un suivi de l'eau de ruissellement afin de comparer la quantité et la qualité de l'eau de ruissellement entre deux pratiques.

1.1 Expérimentation 1 : Suivi en champs de comparaison

Cette première expérimentation consiste à suivre l'impact de deux techniques à l'aide d'un champ de comparaison. Il s'agit d'une zone délimitée dans une parcelle où deux pratiques de gestion des sols différentes vont être réalisées et comparées (Figure 58).

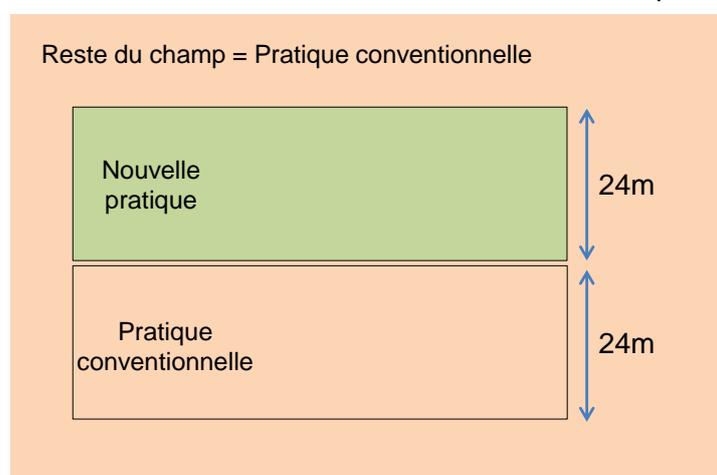


Figure 58 : Schéma d'un champ de comparaison

L'une correspond à la pratique actuelle de l'exploitant et l'autre sera une pratique visant à augmenter la production de biomasse, maximiser la couverture des sols et réduire le travail du sol. Cette dernière tendra à se rapprocher de l'agriculture de conservation (pratique identifiée dans l'étude). Cette pratique sera adoptée progressivement, il faut progresser par étape :

- Planter des inter-cultures pour maximiser la biomasse retournée au sol.
- Réduire le travail du sol.
- Mieux gérer les pailles et adopter une fertilisation raisonnée au système de culture.

L'objectif est d'évaluer la qualité du sol de chaque modalité pour pouvoir les comparer par la suite. Pour rappel la qualité d'un sol peut s'évaluer à partir des caractéristiques suivantes : sa texture, sa structure, sa densité apparente, sa porosité, la température, la CEC, le pH et l'activité biologique.

Le pH est une caractéristique qui évolue lentement et d'après les résultats de l'étude il est très peu corrélé à la teneur en matière organique. Il n'est donc peut-être pas essentiel à analyser.

Pour mesurer les caractéristiques citées précédemment sur les champs de comparaison, 2 outils complémentaires ont été identifiés : l'analyse de terre en laboratoire et la valise de test « Soil Quality Test Kit » (SQTk).

1.1.1 Suivi du sol par analyses de terre

Il s'agit de réaliser des prélèvements de terre à la tarière. Ces derniers doivent se faire selon les conditions de prélèvements détaillés dans la partie méthodologie de ce mémoire. Le temps nécessaire pour le prélèvement est estimé à environ 1h. Ensuite l'échantillon doit être envoyé au laboratoire pour être analysé.

Les paramètres analysés ainsi que le coût des analyses sont répertoriés dans le Tableau 9.

Tableau 9 : Type et coût des analyses au laboratoire d'Eauze

Analyse	Extraction	Dosage	Prix
Préparation de l'échantillon	Séchage/Tamisage à 2mm		9€
Granulométrie	Argiles, Limons, Sables		18€
CEC	Metson	Spectrophotométrie UV-visible automatisée	8€
Taux de MO	Oxydation sulfochromique	Spectrophotométrie UV-visible automatisée	7€
Reliquats azotés	Kjeldahl	Titrimétrie	17€

La granulométrie, la CEC et le taux de MO sont analysés une fois par an seulement, car les valeurs évoluent très peu en une année. À l'inverse, les reliquats azotés diffèrent beaucoup en fonction de la période de l'année, ils sont donc mesurés tous les mois.

1.1.2 Valise de test Soil Quality Test Kit (SQTK)

Ce deuxième outil permet d'évaluer la qualité des sols à partir de test simple et facilement réalisable. Il s'agit de la valise SQTK (Figure 59) développée par le service NRCS de l'USDA spécialisé dans l'agriculture de conservation.



Figure 59 : Malette de test SQTK

Source : USDA, 2012

Cette valise va être utilisée pour suivre les caractéristiques suivantes :

- L'activité biologique
- Température
- Densité/porosité(par carottage)
- Humidité (poids humide/sec)

Le temps nécessaire estimé pour la réalisation de ces mesures sur un champ de comparaison est d'environ une ½ journée.

Le coût d'achat de la valise de test s'élève à environ 1000€. À cela s'ajoute l'achat des cartouches de CO₂ (10€/cartouche), seul consommable du kit.

La valise est vendue seulement aux États-Unis et c'est difficile d'en faire venir. Il est alors plus facile de se la reconstituer, soit même. Les constituants peuvent être trouvés en laboratoire.

Les prélèvements sont à réaliser tous les mois, puisque ces caractéristiques évoluent beaucoup au cours de l'année.

Conclusion préliminaire

Bilan temps

½ journée technicien est nécessaire pour chaque champ de comparaison : Cela comprend le temps de déplacement + les mesures suivantes réalisées 2 fois (sur la parcelle avec la pratique conventionnelle et sur la nouvelle pratique) :

- Densité, porosité
- Humidité
- Structure
- CEC
- Taux de MO
- Activité biologique
- Température du sol
- Reliquats d'azote
- Pesée de biomasse des couverts

½ journée est nécessaire à l'analyse des échantillons pour avoir les résultats et faire le compte rendu. Cela est nécessaire pour garder systématiquement les résultats à jour.

Afin de réaliser les prélèvements, d'analyser les résultats et de rédiger le compte rendu, 1 journée/mois/champ de comparaison s'avère nécessaire.

Bilan coût

Les coûts des analyses réalisées pour une année sur un champ de comparaison sont réunis dans le Tableau 10.

Tableau 10 : Bilan économique de la proposition 1

Analyses	Coût à l'année
Préparation des échantillons	100€
Structure	18€
CEC	8€
Taux de MO	7€
Activité biologique	100€
Reliquats d'azote	340€
Etuve	27 €
Total pour une parcelle	600 €
Total pour un champ de comparaison	1 200 €

Il faut prévoir environ 1 200 €/an pour les analyses nécessaires au suivi d'un champ de comparaison. De plus, l'agence de l'eau paye une journée ingénieur à 450€. Pour cette première proposition d'expérimentation, environ une journée par mois est nécessaire pour chaque champ de comparaison.

Le coût total pour le suivi d'un champ de comparaison est donc de 6600€/an/champ de comparaison.

1.2 Expérimentation 2 : Suivi de la qualité de l'eau de ruissellement

L'objectif de cette proposition est d'évaluer les risques de pollution des eaux par ruissellement.

L'expérimentation proposée consiste à délimiter deux micro-parcelles avec des gestions de sols différentes et à récupérer l'eau qui y ruisselle pour l'analyser.

Les micro-parcelles doivent être délimitées par une dalle et à une extrémité on place un canal venturi (Figure 60) afin de mesurer la quantité d'eau ruisselée. On rajoute à ce dernier un système de prélèvement d'échantillon d'eau. Ainsi, il sera possible d'envoyer au laboratoire un échantillon d'eau à analyser après chaque épisode pluvieux important.

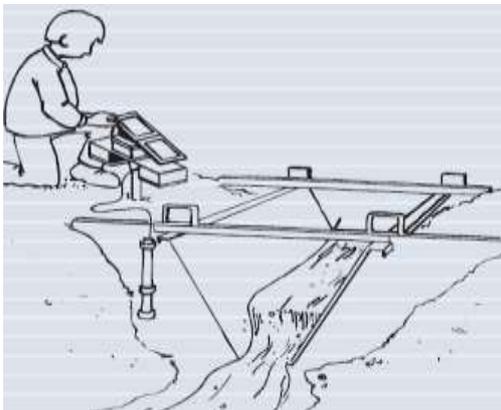


Figure 60 : Canal Venturi RBC

Source : SDEC, 2012

Le dispositif de l'expérimentation est représenté par le schéma de la Figure 61.

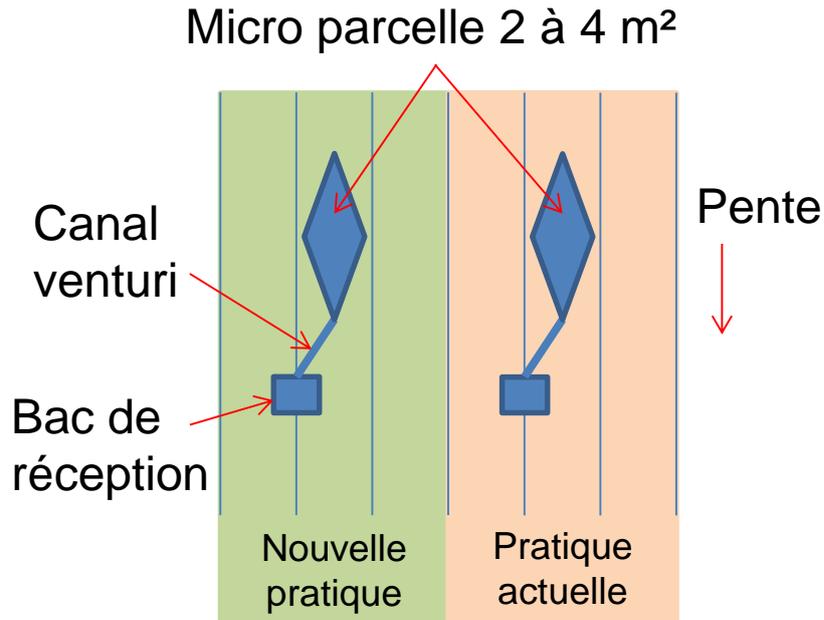


Figure 61 : Dispositif de l'expérimentation de suivi de l'eau de ruissellement

Le temps nécessaire pour cette expérimentation est estimé à une ½ journée pour l'installation du dispositif. De plus, il sera nécessaire d'environ 1 heure pour prélever l'eau et l'envoyer au laboratoire. Une demi-journée sera aussi nécessaire pour analyser les résultats.

Le dispositif est composé d'un canal venturi à 1250€ l'unité et un système d'enregistrement automatique à 2250€ l'unité.

La qualité de l'eau est suivie par un laboratoire auquel sont envoyés les échantillons. Le coût de l'analyse des molécules phytosanitaires utilisées sur la parcelle s'élève à 350€/analyse.

Conclusion préliminaire

Bilan temps

- ½ journée/an pour l'installation du dispositif.
- 1h/mois pour le prélèvement + temps de déplacement
- ½ journée d'analyse des échantillons et pour faire le compte rendu.

Il faut donc environ 1 journée par mois pour faire le suivi de cette expérimentation.

Bilan coût

Le prix du dispositif pour une modalité revient à 3500€. Le coût de mise en place de l'expérimentation s'élève donc à 7000€ environ.

Le coût des analyses est évalué à 4200€ par modalité si l'on considère qu'il y aura environ 12 échantillons envoyés au laboratoire durant l'année. Le coût des analyses pour l'expérimentation s'élèvera donc à 8400€/an.

2 Évaluation de la durabilité des systèmes de production

L'objectif est d'évaluer les différents systèmes de production afin de développer les pratiques les plus durables. Cette évaluation peut se faire à partir d'indicateurs de performance environnementale et économique développée par l'IAD. Ces indicateurs ont été conçus pour analyser les fermes de façon globale dans une logique de développement durable. Ils prennent en compte les trois piliers de ce dernier : l'environnement, l'économie et le social.

Il y a 28 indicateurs (Figure 62) répartis dans les 7 thématiques suivantes :

- Viabilité économique
- Viabilité sociale
- Efficience de l'utilisation des intrants
- Gaz à effet de serre
- Qualité du sol
- Biodiversité
- Qualité de l'eau

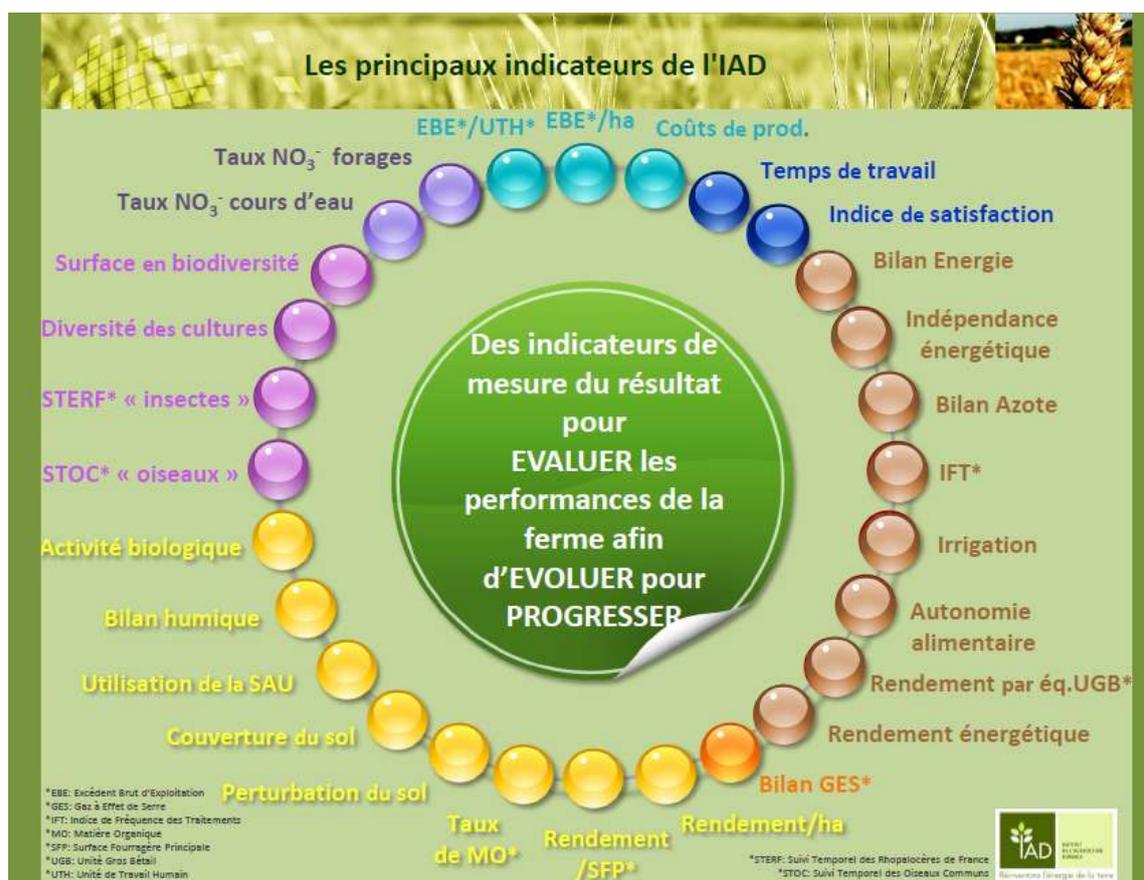


Figure 62 : Les principaux indicateurs de l'IAD

Source : IAD, 2012

Les indicateurs de l'IAD sont disponibles en ligne, sur le site suivant : <http://iad-kpi.net/>

Il s'agit d'une plateforme internet qui permet à chaque agriculteur de renseigner les informations sur son exploitation et ses pratiques ; données issues de documents déjà entre les mains de l'agriculteur :

- la déclaration PAC
- la comptabilité
- le registre des utilisations d'intrants (traitements et fumure)

À partir de toutes ces données entrées sur la plateforme de l'IAD, la performance globale de l'exploitation agricole est calculée instantanément. Ce résultat est représenté sous forme graphique de type « radar » pour une meilleure visualisation (Figure 63).

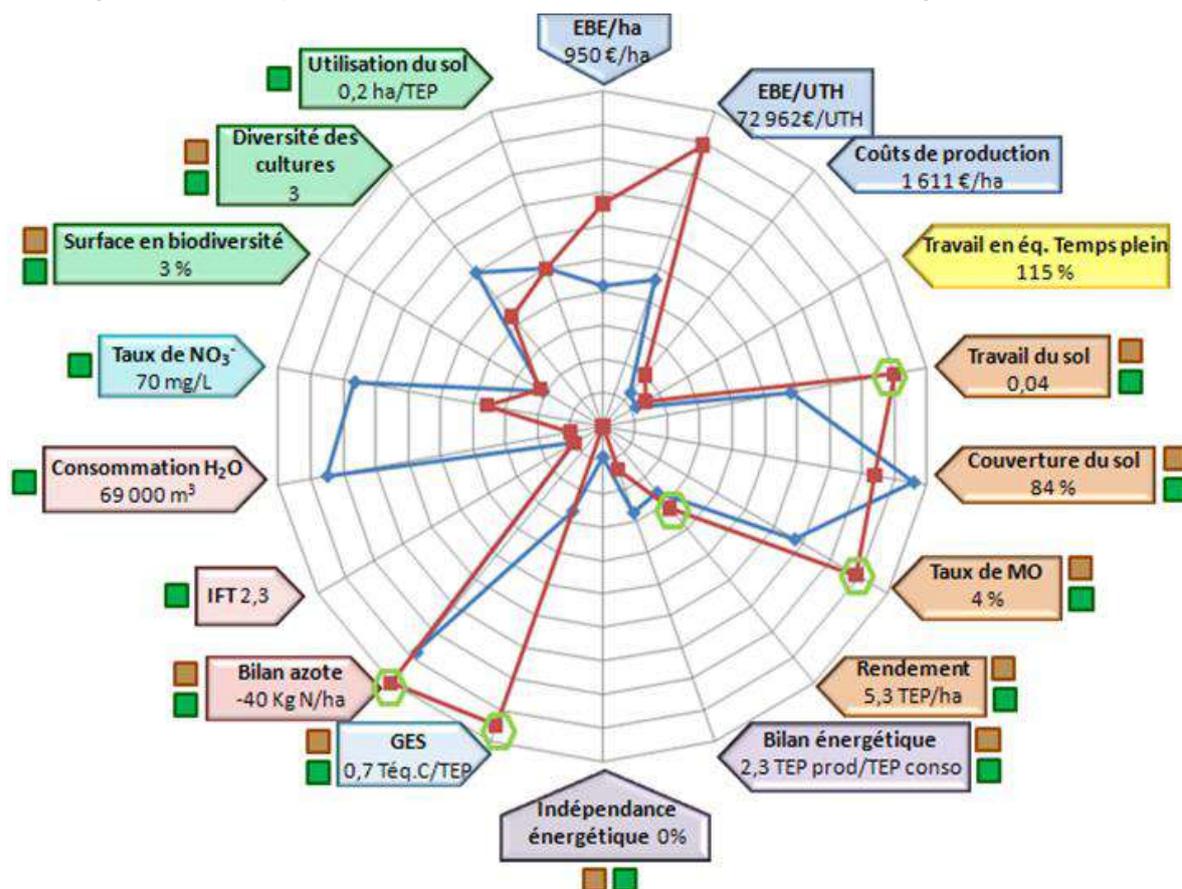


Figure 63 : Exemple de résultats des indicateurs

Source : IAD, 2012

Ce graphique permet à l'agriculteur de repérer rapidement les points forts et les faiblesses de son système. De plus, il peut comparer ses propres résultats, avec la moyenne des résultats obtenus par les autres agriculteurs inscrits sur la plateforme.

Il pourrait être envisagé de rentrer toutes les pratiques présentes sur l'AAC d'Estang, ainsi que celles testées en expérimentation.

Les performances exceptionnelles qui se dégageraient des moyennes serviraient de point de départ pour une analyse plus poussée. Les pratiques les plus performantes, rapidement identifiées, pourraient ainsi être transférées au sein du groupe.

Les indicateurs ont été conçus pour évaluer les fermes à un instant T, mais aussi de mesurer une progression dans le temps. C'est pourquoi il serait intéressant de les utiliser tous les ans pour voir l'évolution des performances des systèmes de production.

De plus, il est possible pour un agriculteur appartenant à un groupe (ex : celui du PAT d'Estang) de se comparer par rapport à la moyenne des agriculteurs du groupe.

Le temps nécessaire pour entrer les données est estimé à une demi-journée par agriculteurs tous les ans.

Le coût des indicateurs est le suivant :

- 30 euros/an/agriculteur pour l'accès à la plateforme internet
- 500 euros/an pour accès par les animateurs au logiciel de *system administrator*

Conclusion préliminaire des indicateurs

Bilan temps

- ½ journée par an et par agriculteur
- Temps de déplacement
- Temps d'interprétation des résultats (1 jour)

Il faut donc environ 5 jours/an pour aider les agriculteurs d'Estang à l'actualisation des indicateurs de l'IAD et l'interprétation des résultats.

Bilan coût

Sur la base de 8 agriculteurs :

	Coût unitaire	Coût total à l'année
Droit d'accès pour l'agriculteur	30 €	240 €
Droit d'accès animateur	500 €	500 €
	Total	740 €

De plus, les 5 jours nécessaires à cette proposition engendrent un coût de 2250€/an.

Le coût total pour l'utilisation de ces indicateurs s'élève donc à 2990€/an pour un groupe de 8 agriculteurs et un animateur.

3 Évolution du suivi des agriculteurs

Mesurer et analyser c'est nécessaire, mais ce n'est pas suffisant. Il faut aussi transmettre les résultats, les expliquer et créer un échange avec les membres du projet. Le suivi des agriculteurs est primordial au bon déroulement des expérimentations puisque ces dernières vont se faire sur leurs parcelles. Ce sont les agriculteurs qui sont au cœur du projet. Ce sont les principaux acteurs, ils doivent donc être complètement impliqués afin

de pouvoir mener à terme le projet d'un changement de pratiques sur l'AAC, mais aussi sur toute leur exploitation.

Dans le but de les suivre et de les impliquer au maximum deux outils peuvent être utilisés :

- Les réunions

Il faudrait au minimum une réunion trimestrielle avec le groupe afin de les tenir informés au fur et à mesure des résultats. Cela permettrait en même temps de prévoir les modalités de semis, de destruction et d'échanger sur l'évolution des différentes techniques.

Le temps estimé pour préparer ces réunions est de 2 jours de travail.

- Création d'un « cahier électronique »

C'est une plateforme informatique dans laquelle pourraient être rassemblés tous les résultats des analyses, mais aussi ceux des indicateurs de l'IAD. L'objectif est de mettre à disposition les résultats au fur et à mesure. Cela permettrait aussi d'archiver tous les résultats et qu'ils soient accessibles par tous les partenaires du PAT.

Une nouvelle plateforme pourrait être créée ou sinon cela pourrait être hébergée par le site internet d'un des partenaires.

4 Bilan des propositions

4.1 Bilan technique

Tableau 11 : Synthèse des propositions de mesures

	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Coût unitaire	Coût total	Temps
Densité, porosité	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	0	0	1/2 journée terrain
Structure											X		18	18	
CEC											X		8	8	
Taux de MO											X		7	7	
Activité biologique	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	10	100	
T°C du sol	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	0	0	
Reliquats d'N	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	34	340	
Eau de ruissellement	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	350	4200	1 jour/mois
Rdt biomasse couvert			X		X		X	X		X			0	0	30 min
Rdt culture						X	X			X			0	0	
Bilan humique												X	0	0	

4.2 Bilan Temps

Le temps estimé nécessaire pour la réalisation de ces propositions est le suivant :

1 jour/mois/champs de comparaison (pour faire les prélèvements et analyser les résultats)

- 8 jours nécessaires si l'on souhaite suivre les 8 pratiques identifiées.

1 jour/mois pour la mise en forme de la lettre électronique et l'envoi papier des résultats.

1 jour/mois pour la préparation ou la réalisation de la réunion trimestrielle.

1 jour/mois pour faire des recherches sur les éléments évoqués à la réunion précédente.

1 jour/mois pour suivre et faire des recherches biblio sur la vigne et les produits phyto => mise en relation avec d'autres pratiques et d'autres réseaux.

2 jours/an pour la mise en place d'échange pour synthétiser les résultats de la biblio.

4 jours/an pour la visite d'autres expériences locales (2 en vigne et 2 en GC).

8 jours/an pour l'organisation de ces visites (2 jours par visites).

2 jours/an pour se renseigner et visiter les essais d'autres organismes (ex : CREAB,...)

1 jour/mois pour participer à des réunions afin de suivre l'évolution des réglementations.

1 jour/mois pour le suivi de l'expérimentation sur l'eau de ruissellement.

5 jours/an pour aider les agriculteurs à l'actualisation des indicateurs de l'IAD et l'interprétation des résultats.

- **Au total : minimum 16 jours/mois**

En fonction du nombre de pratiques suivi par des champs de comparaison, il serait nécessaire de créer un poste ou un demi-poste pour la mise en place de ces propositions.

4.3 Bilan Coût

Le coût total nécessaire pour le projet :

Achat de la valise de test SQTK : 1000€

Champ de comparaison = $1200 \times 8 = 9600\text{€/an}$

Expérimentations sur l'eau de ruissellement = 7000€ + 8400€/an pour les analyses

Indicateurs de l'IAD = 740€/an

- **Au total : 8000€ d'investissement + 18740€/an d'analyses**

Coût pour le temps passé = 16 jours/mois à 320€

- **Au total : 51200€/an pour le temps passé**

L'ensemble des propositions développées précédemment nécessite un investissement de 8000€ et représentent un coût de près de 70000€/an.

Ces propositions s'avèrent réalisable puisque le budget du PAT sur les 5 ans s'élève à 1,5 million d'euros.

5 Perspectives de l'étude

Par la réalisation de ce mémoire, on constate qu'il existe un vrai paradoxe. La science a déterminé depuis plus de 30 ans qu'il y avait un lien entre la matière organique, l'activité biologique, la relation sol/plante... Or en France, il y a encore trop peu de travail de développement de système agraire dans ce sens. Grâce aux innovations de techniques agricoles et au développement de l'agriculture de conservation en Amérique, on a vu que d'autres pratiques étaient possibles.

Pourtant aujourd'hui encore, les seules solutions proposées en France et notamment par l'agence de l'eau sont la réduction des intrants sans remise en cause des pratiques agricoles.

Les baisses d'intrants de 30% et même 60% comme cela est proposé par les MAET engendrent une baisse de production et donc une baisse de revenu. C'est pour cela qu'une aide compensatoire est versée aux agriculteurs pour les inciter à baisser les apports d'intrants. Ce système n'est pas durable sur le long terme.

Au contraire, ce qui est proposé par le travail réalisé est de couvrir les sols, d'augmenter les rendements, de faire un retour important de matière organique, d'augmenter l'activité biologique... Tout cela permettra de mieux gérer les intrants par la suite et d'en réduire les fuites.

Suite à ce travail, les voies à suivre sont multiples :

- Créer un « *laboratoire au champ* », afin de comparer l'impact de différentes pratiques réalisé directement par l'agriculteur lui-même. Ainsi, il est tout à fait capable par la suite d'utiliser ces pratiques sur l'ensemble de l'exploitation sans grand bouleversement. C'est ce qui est décrit dans les propositions d'expérimentation de ce mémoire.
- Travailler sur la maîtrise des coûts de production dans un cas concret simple puisqu'il y a seulement 8 agriculteurs.
- Identifier les éléments permettant de simplifier la méthode de comparaison des différentes pratiques afin d'améliorer sa reproductibilité. Il faudrait chercher à simplifier la méthode de mesure pour pouvoir rendre possible ce travail sur d'autres fermes avec moins de moyens.
- Identification des pratiques les plus respectueuses de l'environnement.
- Mise en place de lutte bio-logique avec le végétal (la biomasse et la litière).
- Favoriser l'échange et le travail en groupe pour progresser plus vite et avoir un objectif commun pour le captage.

De plus, il a été identifié au cours de cette étude que certains points ont besoin d'être approfondis :

- Le choix du couvert végétal

Il s'agit d'un point important à développer afin de couvrir au maximum le sol tout en respectant les contraintes de la culture en place ou celle qui va être implantée pour ne pas les pénaliser dans leur cycle, mais au contraire les aider.

Il est nécessaire de faire davantage de recherches sur ce sujet, de mettre en place différentes modalités de couverts et de suivre leurs évolutions.

Le choix du couvert végétal s'avère aussi important pour la quantité de biomasses qu'il produit. Il peut y avoir de grandes différences entre les espèces et les variétés, sur les quantités de biomasses aériennes, mais aussi souterraines, produites. Ces dernières ne sont pas visibles, mais elles sont une source de biomasse importante de par les racines, mais aussi toute la rhizodéposition qu'elles créent.

- L'implantation et la destruction des couverts

Une fois que la couverture du sol est bien maîtrisée, il serait intéressant de tester et rechercher des techniques et des outils permettant d'optimiser le système. Pour le semoir, il faudrait chercher à réduire la perturbation du sol. Pour la destruction de nombreuses techniques existent. Il serait important d'évaluer l'impact du mode et de la période de destruction, afin que l'azote piégé par le couvert soit bien utilisé et ne crée pas une pollution par la suite.

- Les besoins hydriques et azotés de la vigne

Ces deux éléments semblent être vraiment importants et sont souvent des facteurs limitants dans les systèmes de production actuels. Il est alors important et nécessaire d'approfondir les recherches sur ces éléments afin de bien comprendre les cycles naturels pour ainsi mieux agir.

- Le risque du gel en vigne

Le gel est une crainte des viticulteurs. Paradoxalement les agriculteurs enquêtés qui implantent des couverts en vigne n'ont pas de problème. Il serait donc intéressant de faire davantage de recherches sur ce sujet pour mieux évaluer l'impact d'un couvert sur ce critère.

Enfin, pour aller encore plus loin, il serait intéressant de suivre la qualité des produits notamment pour la vigne. Un suivi de la qualité des goûts de raisin pourrait être réalisé à l'aide d'un Grapescan. Il s'agit d'un outil développé par la société FOSS qui permet de mesurer de nombreux paramètres rapidement dès l'arrivée de la vendange en cave. Cela permettrait de comparer l'impact des différentes pratiques sur la qualité des produits.

Conclusion générale

L'objectif de l'étude était d'apporter des solutions concrètes aux agriculteurs du PAT afin d'évaluer l'impact des pratiques agricoles sur la qualité de l'eau et d'identifier des pratiques favorables à l'environnement et aux revenus agricoles.

L'analyse contextuelle du captage Grenelle d'Estang montre que globalement les pratiques agricoles laissent les sols nus entre les successions culturales et se caractérisent par un très faible retour de matière organique.

La recherche bibliographique autour du rôle que jouent les retours de MO particuliers montre qu'il existe un lien fort entre les apports de MO au sol et l'activité biologique. En consommant du carbone, cette dernière va se comporter comme un « épurateur de l'eau ». Il existe deux mécanismes d'épurations des nitrates : l'ammonification par les microorganismes consommant du carbone et l'absorption des nitrates par des plantes vivantes. Ces premiers résultats bibliographiques indiquent que pour épurer l'eau, il faudrait trouver en permanence sur le sol : de la matière organique particulière riche en carbone (résidus de culture, paille...) et une plante vivante ; le tout dans un système où l'activité biologique est préservée dans son habitat. Cela se fait par la réduction de la perturbation du sol tel que le réalise l'écosystème naturel depuis des millions d'années.

Les enquêtes complémentaires auprès des experts en agriculture de conservation des sols indiquent que le retour de MO est maximisé avec des techniques de perturbation minimum du sol. En effet, cette non-perturbation du sol permet de réduire la consommation de la MO, il en résulte moins de fuite de nitrate dans les nappes et moins de CO₂ dans l'atmosphère. Ainsi ces nouvelles pratiques pourraient permettre de mieux protéger l'environnement et l'eau.

L'analyse locale de la qualité des sols réalisant une comparaison entre sols agricoles et sol « naturel » fait ressortir le résultat suivant : la qualité des sols et leurs fertilités sont bien meilleures dans les sols « naturels » qu'avec les pratiques conventionnelles d'Estang. Cet état des lieux sur la qualité des sols permet de confirmer qu'il existe un lien fort entre les retours de MO au sol, la non-perturbation et l'augmentation du taux de MO favorable au mécanisme d'épuration. Les résultats obtenus par l'analyse de sol sous la prairie montrent clairement qu'il serait possible de pratiquer une fumure raisonnée avec peu de risque de fuite de nitrate. En effet, cette analyse de sol pratiquée sous la prairie montre un enrichissement de ce système en azote. C'est la preuve que la stabilité de la structure, la couverture permanente des sols, l'apport d'effluents et le retour de carbone au sol sont des pratiques favorables à la protection de l'environnement. L'azote restant piégé pour la production de MO.

À ce stade, l'étude montre que l'enrichissement du sol en surface, par des MO particuliers, pourrait constituer un levier important pour l'amélioration de la qualité de l'eau. Mais restituer des MO particuliers au sol obligera les agriculteurs d'Estang à adopter de nouvelles pratiques agricoles.

Il s'agit en premier lieu de faire pousser des couverts végétaux à gros rendements de biomasse lorsque le sol est nu (50% du temps) et de mieux gérer les pailles dans un système de culture où le sol est peu perturbé. Pour les agriculteurs, il s'agira de copier le

fonctionnement de la nature en agriculture. Un point essentiel semble être la préservation des habitats pour que se développe l'activité biologique « agent épurateur ».

L'étude identifie des pistes intéressantes pour les agriculteurs, il s'agira de vérifier localement si le changement de pratique s'accompagne par l'amélioration de l'eau. Des essais sont nécessaires pour continuer à alimenter les premiers résultats identifiés.

Il s'agit de comparer les pratiques des agriculteurs d'Estang et la pratique de l'agriculture de conservation en mesurant la qualité des sols et l'évolution des nitrates. La réalisation des essais permettra de faire des analyses complémentaires de ce mémoire, à savoir l'activité biologique et l'évolution de la minéralisation de l'azote. En effet, ces informations ne sont pas disponibles dans le travail réalisé et constituent une limite pour l'analyse globale.

D'autre part, la réalisation de ces essais permettra de comprendre les mécanismes liés à la pollution de l'eau. Ainsi le suivi de ces essais sera un bon outil d'animation et de développement local en faveur de la qualité de l'eau.

Conjointement aux essais, analyser la durabilité des systèmes de production s'avère important, car les agriculteurs n'adopteront pas de nouvelles pratiques, si leur revenu n'est pas conservé ou augmenté. Ce résultat est clairement identifié par les enquêtes.

Cette étude permet donc une mise en perspective intéressante pour faire évoluer les pratiques agricoles favorables à l'amélioration de la qualité de l'eau. On peut raisonnablement espérer qu'une meilleure gestion de MO particulière au sol conduise à une agriculture durable aussi bien en grande culture qu'en vigne.

Références bibliographiques

- AFNOR, 2013. X31-100. Méthode de prélèvement d'échantillons de sol.
- AFNOR, 2012. NF ISO 11465. Détermination de la teneur pondérale en matière sèche et en eau. Qualité du sol.
- ALLETTO L., COQUET Y., BENOIT P., HEDDADJI D., BARRIUSO E., 2010. Tillage management effects on pesticide fate in soils. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30, 367-400
- ANDA, 2001. Gestion de l'inter-culture et Azote. Des références pour agir. Ferti-Mieux, Paris, 29 p.
- ANGERS D.A., MEHUYS G.R., 1993. Aggregate stability to water. In: CARTER M.R. Soil sampling and methods of analysis. Canadian Society of Soil Science, 651-658
- ARSCHAD M.A., LOWERY B., GROSSMAN B., 1996. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN J.W., JONES A.J. Methods for assessing soil quality. Soil Science Society of America, Madison, Special Publication 49, 123-142
- BAIZE D., JABIOL B., 2011. Guide pour la description des sols. Quae, Versailles, 429 p.
- BALESDENT J., 1996. The significance of organic separates to carbon dynamics and its modeling in some cultivated soils. *European Journal of Soil Science*, 47, 485-493
- BESNARD E., CHENU C., BALESDENT J., PUJET P., ARROUAYS D., 1996. Fate of particulate organic matter in soil aggregates during cultivation. *European Journal of Soil Science*, 47, 495-503
- BOLINDER M.A., ANGERS D.A., DUBUC J.P., 1997. Estimating shoot to root ratios and annual carbon inputs in soils for cereal crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 63, 61-66
- BOUCHE M.B., 1972. Lombriciens de France. Ecologie et systématique. Institut national de la recherche agronomique, Paris, 671 p.
- BOYD S.A., XIANGCAN J., LEE J.F., 1990. Sorption of nonionic organic compounds by corn residues from a no-tillage field. *Journal of Environmental Quality*, 19, 734-738
- BRADY N., WEIL R., 2004. Elements of the Nature and Properties of Soils. 2nd ed. Pearson. Prentice Hall Upper Saddle River, New Jersey 07458

- BRADY N.C., 1974. The Nature and Property of Soils. 8th Ed. Macmillan Publishing Company, Inc., New York, N.Y
- CALVET R., CHENU C. et HOUOT S., 2011. Les matières organiques des sols : rôles agronomiques et environnementaux. France Agricole, Paris, 347 p.
- CARTER M.R., GREGORICH E.G., ANDERSON D.W., DORAN J.W., JANZEN H.H., PIERCE F.J., 1997. Concepts of soil quality and their significance. In: GREGORICH E.G., CARTER M.R. Soil quality for crop production and ecosystem health. Elsevier Science, Amsterdam, 1-20
- CG32, 2012. Plan d'action territorial du captage d'estang : suivi qualité, résultat 2012. Réseau de surveillance des eaux souterraines. CG32, Auch, 5-15
- CG32, 2011. Plan d'action 2011-2015, la Fontaine Sainte, captage Grenelle : vers la protection d'une ressource souterraine stratégique. CG32, Auch, 108p.
- CHABBI A., et LEMAIRE G., 2007. Rôle des matières organiques des prairies dans le cycle de l'azote et impacts sur la qualité de l'eau. Fourrages, 441-452
- CHAUSSOD R., 1996. La qualité biologique des sols : évaluation et implications. Laboratoire de microbiologie des sols, INRA, Dijon, 261 p.
- CHRISTENSEN B.T., 1992. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. Advances in soil Science, 1-90
- CIEAU, 2012. Les ressources dans le monde. [<http://www.cieau.com/les-ressources-en-eau/dans-le-monde/ressources-en-eau-monde>] (Consulté le 26/03/13)
- CLARK A., 1998. Managing Cover Crops Profitably. National Agriculture Library, Bestville, 3-11
- COMMISSION-EUROPEENNE, 2006. Proposition de directive du parlement européen et du conseil définissant un cadre pour la protection des sols et modifiant la directive 2004/35/CE. Dossier interinstitutionnel : 2006/0086 (COD), 31 p.
- COMMISSION-EUROPEENNE, 2002. Communication de la commission au conseil, au parlement européen, au comité économique et social et au comité des régions: vers une stratégie thématique pour la protection des sols. COM (2002) 179 final,p. 39
- CONSEIL DE L'UNION EUROPEENNE, 1998. Directive 98/83/CE du conseil du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Journal officiel des Communautés européennes, Bruxelles, L330/42.
- CONSEIL DES COMMUNAUTES EUROPEENNES, 1991. Directive du conseil du 12 décembre 1991 concernant la protection des eaux contre la pollution par les nitratesà

- partir de sources agricoles, (91/676/CEE). Journal officiel des communautés européennes, Bruxelles, L375/1-L375/5.
- COOPER A.B., HEWITT J.E., COOKE J.G., 1987. Land use impacts on streamwater nitrogen and phosphorus. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 17, 179-192
- COUR DES COMPTES, 2002 – La préservation de la ressource en eau face aux pollutions d'origine agricole : le cas de la Bretagne : rapport au Président de la République suivi des réponses des administrations et des organismes intéressés. *Journaux officiels*, 292 p.
- DDT32, 2012. Notice d'information, territoire aire d'alimentation du captage d'Estang. Mesure agroenvironnementales territorialisées (MAET). DDT32, Auch, p. 3
- DECONCHAT M., BALENT G., 1996. Le contrôle de flux polluants par l'aménagement de zones tampons. Etude bibliographique. *Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement*, 29, 101-113
- FAO, 2011. L'état des ressources en terres et en eau pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde : gérer les systèmes en danger. Rome, p. 49
- FAO, 2007. La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture : Payer les agriculteurs pour les services environnementaux. Collection FAO : Agriculture n°38, Rome, p. 22
- FARDEAU, J.C, THIERY, J., MOREL, C., BOUCHER, B., 1988 – Taux net annuel de minéralisation de la matière organique des sols de grande culture de Beauce, conséquence pour l'azote. Communication du GEMOS (Groupe d'Etude des Matières Organiques des sols), INRA, Dijon, 27-40
- FERRADOU B., 2010. Evolution de la qualité de l'eau 1978-2002. Agence de l'eau Adour-Garonne, Toulouse, 104 p.
- FONTAINE N., GLAVANY J., 2000. Directive 2000/60/CE du parlement européen et du conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. *Journal officiel des Communautés européennes*, Luxembourg, L 327/1 - L 327/21
- FOSTER R.C., 1988. Microenvironments of soil organisms. *Biology and Fertility of Soils*, 6, 189-203
- GISI U., SCHENKER R., SCHULIN R., STADELMANN F.X., STICHER H., 1997. *Bodenökologie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

- GOBAT J.M., ARAGNOT M. et MATTHEY W., 2010. Le sol vivant : bases de pédologie, biologie des sols. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 817 p.
- GREGORICH E.G., JANZEN H.H., 1996. Storage of soil carbon in the light fraction and macroorganic matter. In: CARTER M.R. and STEWART B.A., Structure and organic matter storage in agricultural soils. Lewis Publishers, New York, 167-193
- GROFFMAN P.M., TIEDJE J.M., 1989. Denitrification in North temperate forest soils: Spatial and temporal patterns at the landscape and seasonal scales. Soil Biology. & Biochemistry, 21, 613-620
- HAUSWIRT D., LIENHART P., 1999. Historique du semis direct. Les systèmes de culture à base de semis direct sur couverture végétale. Etude bibliographique collective. CNEARC Montpellier, 8-22
- HAYCOCK N.E., PINAY G., WALKER C., 1993. Nitrogen retention in river corridors: european perspective. Ambio, XXII(6), 340-346
- IAD, 2012. Les indicateurs de l'IAD. 4 p. (Document interne)
- INGHAM E.R., 2013. The soil food web: the food web, organisms and their interaction. [http://soils.usda.gov/sqi/concepts/soil_biology/soil_food_web.html] (Consulté le 15/02/2013)
- IZAC A.M.N., 1997. Developing policies for soil carbon management in tropical regions. Geoderma, 79, 261-276
- JABIOL B., BRETHERS A., PONJE J.F., TOUTAIN F., BUN J.J., 1995. L'humus sous toutes ses formes. ENGREF, Nancy, 64 p.
- JACOBS T.C., GILLIAM J.W., 1985. Riparian losses of nitrates from agricultural drainage waters. Journal of Environmental Quality, 14(4), 472-478
- KARLEN D.L., MAUSBACH M.J., DORAN J.W., CLINE R.G., HARRIS R.F., SCHUMAN G.E., 1997. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. Soil Science Society of America Journal, 61,4-10
- KEMPER W.D., KOCH E.J., 1966. Aggregate stability of soils from western United States and Canada. USDA. Technical Bulletin N°1355 ARS-U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- LADES, 2009. Rapport sur la datation des eaux souterraines d'Estang.[<http://lades.fr/index.php>] (Consulté le 06/08/12)

- LAVELLE P., 1988. Earthworms activities and the soil system. *Biology and Fertility of soils*, 6, 237-251
- LE FOLL S., 2010. Rapport sur l'agriculture de l'UE et le changement climatique. Commission de l'agriculture et du développement rural, Bruxelles, 23
- LESAGENCESDELEAU, 2012. Carte des bassins hydrographiques en France. [<http://www.lesagencesdeleau.fr/>] (Consulté le 20/12/2012)
- LEVREL. H., 2007. Présentation Ppt "Le Millenium Ecosystem Assessment : quelle faisabilité pour la France ?" Ladyss, Université de Paris 1, CERSP, MNHN. Conseil scientifique de l'Ifen du 29 mars 2007. In : Rapport FAO 2007, adapté de « Ecosystems and human well-being : a framework for assessment » par le Millenium Ecosystem Assessment. Institut des ressources mondiales, p. 239
- LINDEN D.R., HENDRIX P.F., COLEMAN D.C. et al., 1994. Faunal indicators of soil quality. In : Soil Science Society of America and I. American Society of Agronomy, *Defining Soil quality for a sustainable environment*, Vol. SSSA special publication number 35, Madison, 91-107
- LOCKE M.A., 1992. Sorption-desorption kinetics of alachlor in surface soil from two soybean tillage systems, *Journal of Environmental Quality*, 21, 558-566
- MEYER O., 1994. Fonctionnal groups of microorganism. Schulze E.D., Mooney H.A. eds, *Biodiversity and ecosystem function*, Berlin Springer-Verlag, 67-96
- MINISTERE DE L'ECOLOGIE DU DEVELOPPMENT DURABLE ET DE L'ENERGIE, 2013. La préservation de la ressource en eau et captages Grenelles. [<http://www.developpement-durable.gouv.fr/La-preservation-de-la-ressource-en.html>] (Consulté le 22/02/13)
- MIQUEL G., 2003. Rapport sur la qualité de l'eau et de l'assainissement en France. Sénat, Paris, 195 p.
- NOVAK J.M., WATTS D.W., HUNT P.G., 1996. Long-term tillage effects on atrazine and fluometuron sorption in coastal plain soils, *Agriculture Ecosystems Environment*, 60, 165-173
- NRCS, 2001. Soil Quality Information Sheet: Soil Quality Introduction. [http://soils.usda.gov/sqi/publications/files/sq_one_1.pdf] (Consulté le 12/01/13)
- ONEMA, 2012. Les missions de l'ONEMA. [<http://www.onema.fr/-Missions>] (Consulté le 20/12/2012)

- ONU, 2013. World water day 2013, international year of water cooperation. [http://www.unwater.org/fileadmin/user_upload/watercooperation2013/doc/YWC2013_Brochure_web.pdf] (Consulté le 27/03/13)
- PETERJOHN W.T., CORREL D.L., 1984. Nutrient dynamics in an agricultural watershed: observations on the role of a riparian forest. *Ecology*, 65(5), 1466-1475
- PINAY G., ROQUES L., FABRE A., 1993. Spatial and temporal patterns of denitrification in a riparian forest. *Journal of Applied Ecology*, 30, 581-591
- PINAY G., DECAMPS H., 1988. The role of riparian woods in regulating nitrogen fluxes between the alluvial aquifer and surface water: a conceptual model. *Regulated Rivers*, 2, 507-516
- QUIVY R., CAMPENHOUDT L.V., 2006. Manuel de recherche en sciences sociales. Dunod, Paris, 58-59
- REDDY K.N., LOCKE M.A., 1998. Sulfentrazone sorption, desorption, and mineralization in soils from two tillage systems. *Weed Science*, 46, 494-500
- REDDY K.N., LOCKE M.A., GASTON L.A., 1997a. Tillage and cover crop effects on cyanazine adsorption and desorption kinetics. *Soil Science*, 162, 501-509
- REDDY K.N., LOCKE M.A., ZABLOTOWICZ R.M., 1997b. Soil type and tillage effects on sorption of cyanazine and degradation products. *Weed Science*, 45, 727-732
- REDDY K.N., LOCKE M.A., WAGNER S.C., ZABLOTOWICZ R.M., GASTON L.A., SMEBA R.J., 1995. Chlorimuron ethyl sorption and desorption kinetics in soils and herbicide-dessicated cover crop residues. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43, 2752-2757
- ROBERT M., 2002. La séquestration du carbone dans le sol pour une meilleure gestion des terres. Rapport sur les ressources en sols du monde. FAO, Rome, 33 p.
- ROSE S., ELLIOT E.T., 1999. The Soil Food Web. In : *Soil Biology Primer*. Natural Resources Conservation Service, Soil Quality Institute, 1
- RUNEL C., 2009. Organisation de la gestion de l'eau en France. Office International de l'Eau, 9 p.
- SARRANTONIO M., 1998. Building soil fertility and tilth with cover crops. In: CLARK A. *Managing Cover Crops Profitably*, Sustainable Agriculture Network, Beltsville, 16-24
- SDEC, 2012. Mesures de débits dans les cours d'eaux. Canaux Venturi RBC. [<http://www.sdec-france.com/canaux-venturi.html>] (Consulté le 12/11/2012)

- SHERPHERD T.G., ROSS C.W., BASHER L.R., SAGGAR S., 2000. Visual soil assessment, Volume 2. Soil management guidelines for cropping and pastoral grazing on flat to rolling country. horizons.mw & Landcare Research, Palmerston North, 44
- SIMON J.C., (1999). La pollution nitrique des eaux. In : L'eau : usage et polluants, Grosclaude G., INRA Editions, 95-115
- SOIL SURVEY STAFF, 1993. Soil survey manual. United States Department of agriculture. Handbook n°18. U.S.Gov.Printing Office, Washington, DC.
- SPRALING G.P., 1998. Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health. In: PANKHURSTV C., GUPTA V.V.S.R., Biological indicators of soil health. CAB International,97-121
- STEELINK C., 1985. Elemental characteristics of humic substances. In: AIKEN G.R. et al. Humic substances in sediments, soils and water. John Wiley and Sons, New York.,457-476
- STEVENSON F.J., 1982. Organic forms of soil nitrogen. In: STEVENSON F.J., ed Nitrogen in agricultural soils. American Society of Agronomy, Madison, 67-122
- STURNY W.G., MEERSTETTER, A., 1990. Semis sous litière de maïs. Rapport FAT. Tānikon TG, p. 12
- SULLIVAN P., 2004. Sustainable Soil Management : Soil systems guide. ATTRA publications, 1-32
- TABOADA M.A., LAVADO R.S., 1988. Grazing effects of the bulk density in a Natraquoll of the Flooding Pampa of Argentina. Journal of Range Management, Vol 41, N°6, 500-503
- TREOH F.R., THOMPSON L.M., 1993. Soils and soil fertility. 5th ed. Oxford Univ. Press, New York.
- USDA, 2012. Soil Quality Test Kit. [http://soils.usda.gov/sqi/assessment/test_kit.html] (Consulté le 16/11/2012)
- USDA, 1975. Soil Taxonomy. Agriculture Handbook,Washington, Nr 436
- VAN-CAMP L., BUJARRABAL B., GENTILE A.-R., 2004. Organic matter, In E.C.E.E. Agency, Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for soil Protection. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, Vol.III
- VERDIE L., 2009. Revue de l'agence de l'eau Adour-Garonne. N°108, 25-26

- VERTES F., HATCH D., VELTHOF G., TAUBE F., LAURENT F., LOISEAU P., RECOUS S., 2007. Short-term and cumulative effects of grassland cultivation on nitrogen and carbon cycling in ley-arable rotations. In: VLIEGLER A., CARLIER L., "Permanent and temporary grassland: plant, Environment and Economy", 14th symposium of the European Grassland federation, Gent (B). Grassland Science in Europe, 12, 227-246
- WHO, UNICEF, 2012. Progress on drinking water and sanitation. United States of America, p. 58
- WWDR, 2012. Faits et chiffres : Gérer l'eau dans des conditions d'incertitude et de risque.[<http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002154/215492f.pdf>] (Consulté le 11/02/13)

Glossaire

Bassin hydrographique : toute zone dans laquelle toutes les eaux de ruissellement convergent à travers un réseau de rivières, fleuves et éventuellement de lacs vers la mer, dans laquelle elles se déversent par une seule embouchure, estuaire ou delta;

Connectivité des pores : Degré de relation des pores, plus ou moins connectés les uns avec les autres.

Couple sol plante : ensemble des interactions entre le sol et la plante.

Facteurs biotiques : c'est l'ensemble des interactions du vivant sur le vivant dans un écosystème.

Facteurs abiotiques : ensembles des facteurs physico-chimiques d'un écosystème, influençant sur un ensemble d'être vivants

Tortuosité : rapport moyen de la longueur du cheminement réel parcouru entre deux points à la distance rectiligne qui les sépare. La tortuosité traduit la forme plus ou moins droite ou ondulée des connections entre les vides du sol.

Résilience d'un sol : c'est la sensibilité d'un sol à des contraintes extérieures, principalement d'origine anthropique, et son aptitude au retour à l'état initiale.

Table des figures

Figure 1 : Carte des bassins hydrographiques en France	6
Figure 2 : Évolution des teneurs en nitrates à la Fontaine Sainte 1984-2010.....	9
Figure 3 : Principaux bénéfices de la gestion durable du carbone du sol à diverses échelles Source : IZAC, 1997.	15
Figure 4 : Cycle de la matière organique dans le sol.....	17
Figure 5 : Triangle des textures.....	19
Figure 6 : Composition d'un agrégat	20
Figure 7 : Répartition des éléments d'un sol en bonne condition pour la croissance d'une plante.....	22
Figure 8 : Relations entre le carbone organique et la capacité d'échange en cations dans un sol expérimental.....	24
Figure 9 : Chaîne alimentaire de l'activité biologique des sols et interaction entre les différents types d'individus. Source : INGHAM, 2013.....	25
Figure 10 : Proportion approximative en masse des constituants organiques dans des sols cultivés.....	27
Figure 11 : Localisation des différents types de matières organiques dans un profil.	27
Figure 12 : Répartition des différents types de matières organiques	33
Figure 13 : Schéma de la méthodologie utilisée	40
Figure 14: Carte de représentation des enquêtes réalisées	44
Figure 15 : Étape de la réalisation des profils de sols	47
Figure 16 : Photos de deux profils d'une même parcelle.....	48
Figure 17 : Méthode utilisée pour les prélèvements au cylindre.	50
Figure 18 : Séchage des échantillons	50
Figure 19 : Tarière et conservation au frais des sacs de prélèvement.....	52
Figure 20 : Diagramme des productions présentes sur l'AAC en 2012.....	56
Figure 21 : Itinéraire technique type du blé sur l'AAC.....	57
Figure 22 : Itinéraire technique type du maïs sur l'AAC.....	58
Figure 23 : Itinéraire technique type du tournesol sur l'AAC.....	59
Figure 24 : Itinéraire technique du soja en agriculture biologique.....	59
Figure 25 : Itinéraire technique du tournesol en agriculture biologique.....	60
Figure 26 : Itinéraire technique du blé en agriculture biologique.....	60
Figure 27 : Monoculture de Maïs.....	61
Figure 28 : Rotation Maïs-Blé	61
Figure 29 : Rotation Blé-Tournesol	62
Figure 30 : Rotation Soja - Blé	62
Figure 31 : Itinéraire technique de la vigne	63
Figure 32 : Gestion des inter-rangs de vigne.....	63

Figure 33 : Cartographie du réseau du Sud-Ouest.....	68
Figure 34 : Itinéraire technique d'un maïs semé dans un couvert de féverole	71
Figure 35 : Succession d'un soja, puis d'un méteil et ensuite d'un maïs	71
Figure 36 : Itinéraire technique d'une orge précédé d'une interculture courte de tournesol	72
Figure 37 : Culture de blé dans une luzerne déjà présente	73
Figure 38 : Culture de colza avec implantation de plantes compagnes	74
Figure 39 : Couvert annuel/enherbement naturel	76
Figure 40 : Création d'un mulch par roulage des végétaux	77
Figure 41 : Comparaison entre les sols du centre et de la bordure d'une parcelle de l'AAC d'Estang.....	80
Figure 42 : Densité apparente des sols d'Estang	81
Figure 43 : Relation entre la densité apparente du sol et le taux de matière organique des échantillons prélevés à Estang le 08/11/12.	83
Figure 44 : Porosité des sols d'Estang	84
Figure 45 : Relation entre la porosité du sol et le taux de matière organique des échantillons prélevés à Estang le 08/11/12.	85
Figure 46 : Quantité d'eau dans les échantillons de sol d'Estang lors du prélèvement du 08/11/12.....	86
Figure 47 : Relation entre la quantité d'eau contenue dans le sol et le taux de matière organique des échantillons prélevés à Estang le 08/11/12.....	87
Figure 48 : Porosité utile à l'eau calculée avec les résultats des prélèvements d'Estang du 08/11/12.....	88
Figure 49 : Relation entre la porosité utile à l'eau et le taux de matière organique des échantillons prélevés à Estang le 08/11/12	89
Figure 50 : Taux de matières organiques des sols d'Estang	90
Figure 51 : Teneur en azote des échantillons de sol d'Estang lors du prélèvement du 08/11/12.....	91
Figure 52 : Relation entre la quantité d'azote contenue dans le sol et le taux de matière organique des échantillons prélevés à Estang le 08/11/12.....	92
Figure 53 : Capacité d'échange cationique des échantillons de sol d'Estang lors du prélèvement du 08/11/12	93
Figure 54 : Relation entre la capacité d'échange cationique du sol et le taux de matière organique des échantillons prélevés à Estang le 08/11/12.....	94
Figure 55 : pH des échantillons de sol d'Estang lors du prélèvement du 08/11/12	95
Figure 56 : Relation entre le taux de matière organique et le pH des échantillons prélevés à Estang le 08/11/12	95
Figure 57 : Nitrification et Ammonification de nitrate	98
Figure 58 : Schéma d'un champ de comparaison	103
Figure 59 : Malette de test SQTK.....	105
Figure 60 : Canal Venturi RBC.....	107
Figure 61 : Dispositif de l'expérimentation de suivi de l'eau de ruissellement.....	108

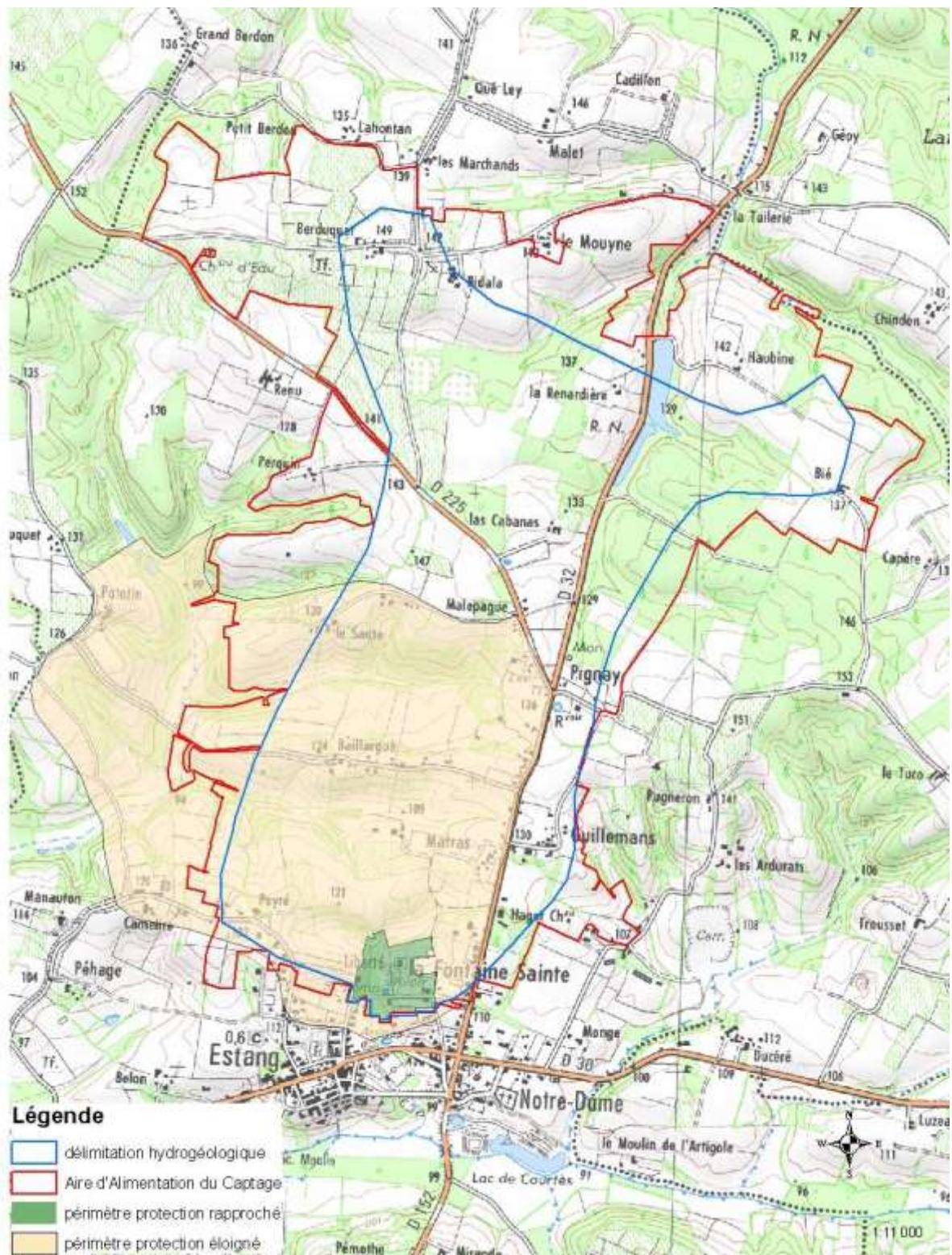
Figure 62 : Les principaux indicateurs de l'IAD	109
Figure 63 : Exemple de résultats des indicateurs.....	110

Table des tableaux

Tableau 1 : Structures de gestion de l'eau en France	7
Tableau 2 : Évolution des lois et directives sur l'eau	8
Tableau 3 : Liste des MAET proposés pour le PAT d'Estang	12
Tableau 4 : Principales interventions des organismes vivants dans la dynamique des éléments nutritifs et dans la formation de la structure des sols.....	29
Tableau 5 : Proportions (%) des éléments chimiques contenus dans les acides humiques et fulviques (STEELINK, 1985).	32
Tableau 6 : Types d'analyses réalisées	52
Tableau 7 : Typologie des exploitations enquêtées sur le PAT.	55
Tableau 8 : Typologie des fermes enquêtées pour les agriculteurs experts	69
Tableau 9 : Type et coût des analyses au laboratoire d'Eauze.....	104
Tableau 10 : Bilan économique de la proposition 1	106
Tableau 11 : Synthèse des propositions de mesures.....	113

ANNEXES

Annexe 1 : Les différents périmètres du captage d'Estang



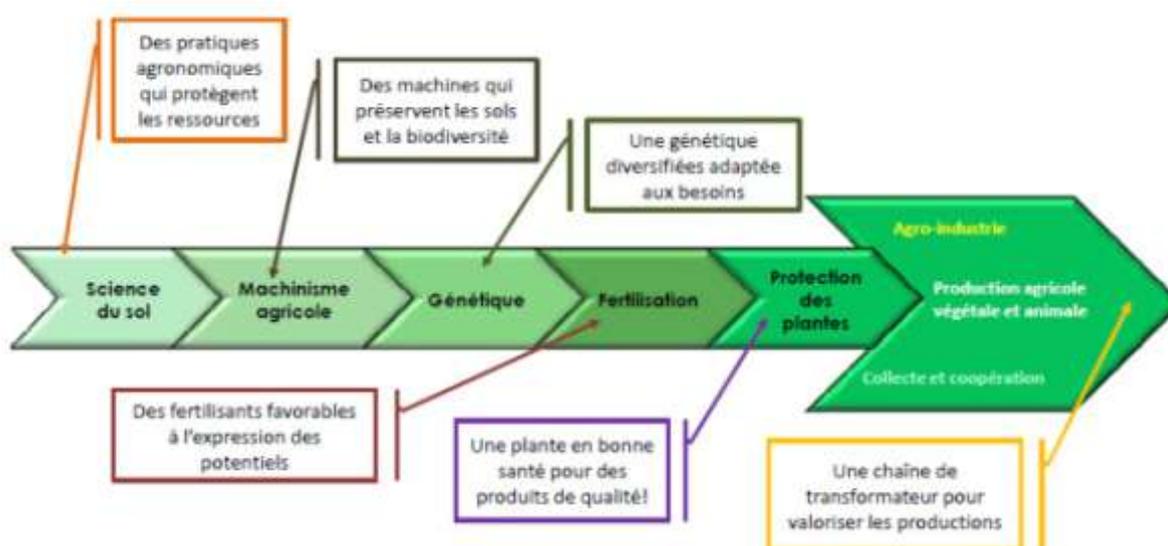
Annexe 2 : L'institut de l'agriculture durable (IAD)

- Description

L'IAD est une entité de droit privé, présidé par Jean-François Sarreau (agriculteur-éleveur en Bretagne). Il s'agit d'un institut composé d'une centaine d'agriculteurs et d'une dizaine de partenaires (associations et entreprises agro-industrielles), tous réunis autour d'une même démarche, celle du développement durable.

- Démarche de l'IAD

L'IAD a une démarche pour obtenir une agriculture durable et pour ce faire l'institut s'appuie sur les 3 piliers du développement durable : l'environnement, l'économie et le social. Dans le même but, il adopte une démarche transversale, allant du système permettant la production jusqu'à la chaîne de transformation et de valorisation des produits.



L'IAD développe une approche originale sur les liens existants entre la protection des sols, la qualité des sols et la qualité de l'eau. L'axe majeur des approches autour de la durabilité est géré par l'intégration du modèle éco-systémique pour l'agriculture. Loin des débats où s'opposent vision traditionnelle productiviste "croissante" et vision écologiste "décroissante", l'IAD identifie dans la nature un modèle de durabilité où le sol constitue le pivot d'un cycle de durabilité dans lequel produire, consommer et recycler se combinent pour produire sans polluer. La totalité des êtres vivants qui existent sur terre fait partie intégrante de ce cycle de durabilité qui s'élabore sur la biodégradation de la matière organique.

L'objectif de l'IAD est de développer des systèmes de production avec une approche agronomique où la relation sol-plante est primordiale pour être durable d'un point de vue environnemental et social, mais cela doit permettre aussi une rentabilité économique de l'outil de production.

- Particularité de l'IAD

L'Institut de l'Agriculture Durable héberge les techniques et les outils permettant aux agriculteurs de copier le fonctionnement de la nature pour les pratiques agricoles et d'en

mesurer les résultats afin d'identifier les meilleures combinaisons techniques et économiques qui conduisent à préserver et/ou restaurer les ressources dégradées.

L'IAD travaille avec de nouvelles pratiques tel que :

- Le non travail du sol
- La couverture permanente des sols
- Proposition et hypothèse de l'IAD

L'IAD propose aux acteurs du PAT et aux agriculteurs une nouvelle approche pour la préservation de la qualité de l'eau. Elle s'établie sur la protection des sols. Il s'agit d'une proposition complète visant à évaluer les pratiques avec une démarche s'appuyant sur la sécurité économique et la protection de l'environnement. D'après l'IAD, c'est en liant ces deux dossiers qu'on peut protéger la qualité de l'eau.

Suite à son investigation sur l'agriculture durable et à tous ces travaux, l'IAD émet l'hypothèse qu'il existe un lien fort entre la protection des sols et la qualité de l'eau.

Guide d'entretien

But de l'enquête : Mieux connaître les agriculteurs et les exploitations du captage d'Estang. Connaître les motivations de chacun et les possibilités sur le terrain. Pour rappel, le captage d'Estang est un captage Grenelle qui vise à préserver la qualité de l'eau. Le but est de mettre des actions en place dans le cadre du PAT pour développer des techniques pour produire sans polluer et améliorer la santé du végétale.

Objectif : Parler le moins possible dans un premier temps, afin de ne pas influencer la personne enquêtée, la laisser parler et obtenir d'autres éléments intéressants qui ne seraient pas dans le guide d'entretien. Ce dernier est quand même là pour garder une base commune pour toutes les enquêtes et permettre de relancer l'interview si besoin.

I. Vous et votre exploitation

Présentation de l'exploitant :

- Etude, parcours antérieur
- Date d'installation
- Contexte de l'installation (marché et cadre : reprise, nouvelle installation,...)
- Age
- Double activité
- Implication extérieure :
 - Organisme professionnel (coopérative, syndicat, Chambre d'Agriculture, CUMA, groupement...)
 - Elu
 - Association
 - ...

Présentation de l'exploitation :

- SAU Total
- Détail de la SAU
- Activité(s)...
 - Vigne : viticulture, vinification, commercialisation
 - Autres cultures : Utilisation, Débouché
 - Elevage
- Type d'agriculture : conventionnel, AB,...
- UTH
- Evolution passé
- Projet à venir
- Mode de travail : Collectif et/ou individuel (Groupe technique, Matériel, ETA)
- Parc du matériel
- Contexte économique (prix), agrandissement ou réduction des surfaces...

II. Itinéraires techniques et pratiques actuelles

Itinéraires techniques de chaque culture :

Maïs (Précédent =)

Date	Type intervention	Produit/outil	Dose	Profondeur

Tournesol (Précédent =)

Date	Type intervention	Produit/outil	Dose	Profondeur

Blé (Précédent =)

Date	Type intervention	Produit/outil	Dose	Profondeur

Vigne

Date	Type intervention	Produit/outil	Dose	Profondeur

Prairie

Date	Type intervention	Produit/outil	Dose	Profondeur

Pratiques détaillées et identifications des problèmes rencontrés :

- Protections des plantes : Phyto (fongicides et insecticides)
 - ⇒ Raisonement
 - ⇒ Problèmes rencontrés
- Gestion du sol :
 - Désherbage : produits, fréquence
 - Travail du sol : profondeur, fréquence, outils
 - Enherbement : ...
- L'enherbement (en vigne) :
 - Type
 - Choix des espèces
 - But recherché
 - Concurrence hydrique
 - Concurrence azoté ou excès d'N
 - Apporte des maladies
 - Gel
 - ...
- Gestion de la MO à l'échelle de la vigne :
 - Type de MO
 - Avant plantation
 - Fréquences des apports

- Pourquoi de telles pratiques :
 - Motivation
 - Obligation
 - Choix
 - Limite des structures... cahiers des charges coop ?
- Raisonnement : analyse de terre, conseil...

III. Motivation :

- Pourquoi changer, but recherché
- Vos attentes : du PAT, de mon intervention, des organismes...
- Vos motivations
- PAT
 - une contrainte réglementaire de plus
 - une opportunité
 - seulement pour l'aide
- Aspect financier
- Contrainte cave coop

IV. Plan d'action :

- Changements déjà réalisés
- Pistes d'évolution, points d'amélioration possibles
- Expérimentation :
 - Prêt
 - Conditions
 - Parcelle disponible... Taille, caractéristiques (sol, environnement...)

Guide d'entretien

But de l'enquête : Approfondir un domaine d'étude. Découvrir leur exploitation, comprendre comment ils fonctionnent et pourquoi. Quels sont leurs modes de gestion de la matière organique ? Et pourquoi ils s'y intéressent ? Découvrir leur expériences : leurs réussites, leurs échecs et les comprendre.

I. Vous et votre exploitation

Présentation de l'exploitant :

- Etude, parcours antérieur
- Date d'installation
- Contexte de l'installation (marché et cadre : reprise, nouvelle installation,...)
- Age
- Double activité
- Implication extérieure
- Source d'information

Présentation de l'exploitation :

- SAU Total
- Activité(s)...
- Vigne : Rendement, Viticulture, vinification, commercialisation.
- Type d'agriculture :
- UTH :
- Evolution passé
- Projet à venir
- Mode de travail : Collectif et/ou individuel (Groupe technique, Matériel, ETA)
- Parc du matériel
- Contexte économique (prix), agrandissement ou réduction des surfaces...

II. ITK et pratiques actuelles

Itinéraires techniques de chaque culture :

Date	Type intervention	Produit/Outil	IR / C	Dose	Profondeur

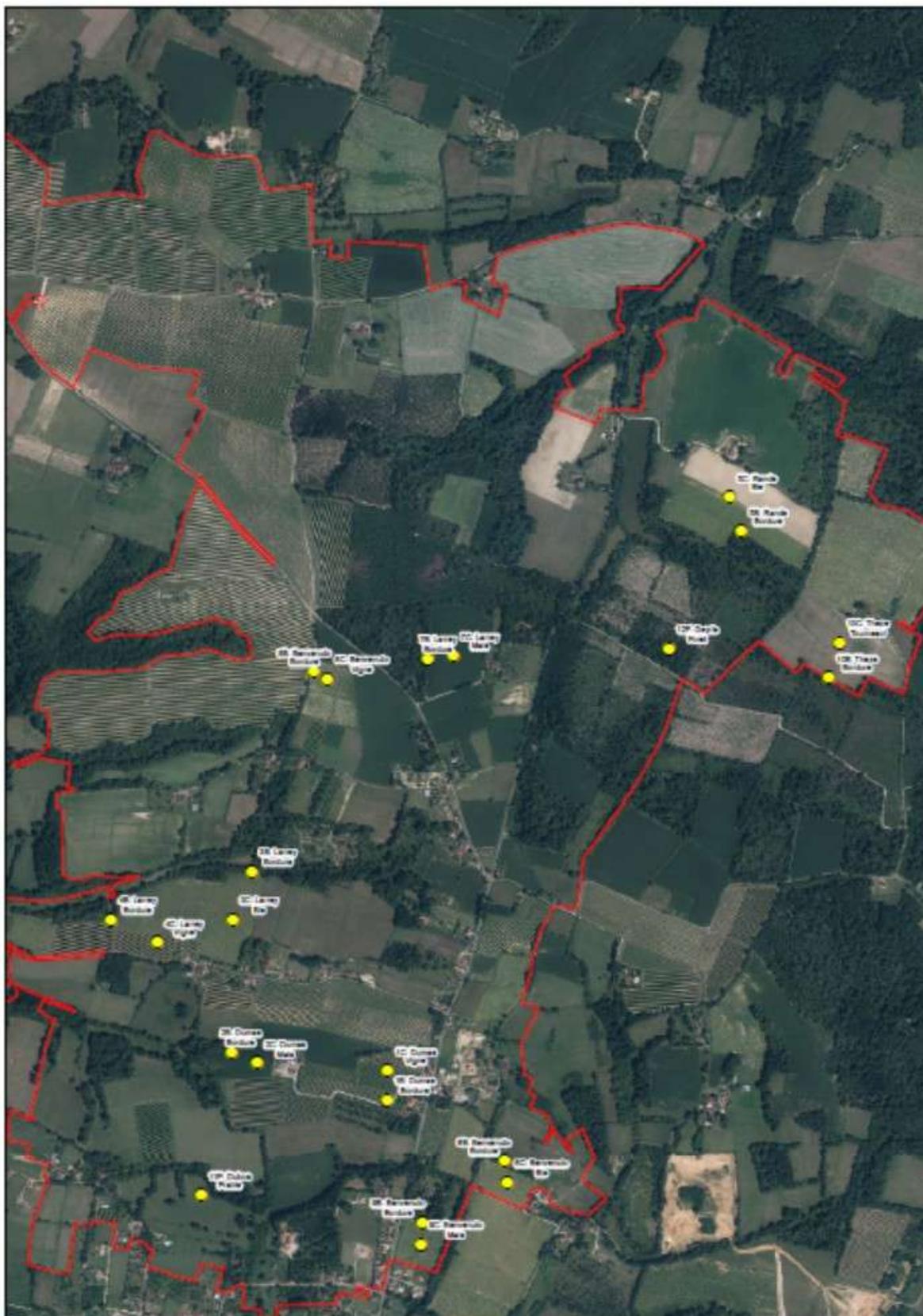
Pratiques détaillées et identifications des problèmes rencontrés :

- Rotation :

- Gestion du sol :
 - Désherbage : produits, fréquence
 - Travail du sol :
 - CV : ...
- Gestion de la MO
 - Type de MO
 - Fréquences des apports
- Les couverts végétaux :
 - Type : inter-cultures courtes/longues
 - Choix des espèces
 - But recherché
 - Concurrence hydrique
 - Concurrence azoté ou excès d’N
 - Apporte des maladies
 - Gel
 - Mulot, campagnol des champs...
- Protections des plantes : Phyto (fongicides et insecticides)
 - ⇒ Raisonement
 - ⇒ Problèmes rencontrés :
- Pourquoi de telles pratiques :
 - Motivation
 - Obligation
 - Choix
 - Limite des structures ?
- Raisonement : analyse de terre, conseil...

Autres remarques :

Annexe 5 : Localisation des prélèvements de terre du



Annexe 6 : Tableau de synthèse des itinéraires techniques types des principales cultures sur l'AAC.

- Maïs

Date	Type intervention	Produit	Dose	Profondeur
Après récolte	Broyage des cannes			
Mars	Désherbage	Glypho	1,5L/ha	
Début Avril	Fertilisation ou épandage de fumier	14 0 28	200kg	
Début Avril	Cover-crop			10-20 cm
Début Mai	Charrue et/ou décompacteur			25-40 cm
Début Mai	Rotative			10-15 cm
Début Mai	Semis		75000 p/ha	3 cm
2-3 jours après le semis ou sinon post levée (stade 5-6 feuilles)	Désherbage	Trophee	5L/ha	
Stade 8 feuilles	Binage et apport d'N	Urée 46%	350kg/ha	
Octobre	Récolte (par ETA)			

- Blé

Date	Type intervention	Produit/outil	Dose	Profondeur
	Broyage des cannes			
Fin septembre	Désherbage	Glypho	2L/ha	
Début octobre	Fertilisation	0 20 20 => 280 kg	0 N 56 P 56K	
Début octobre	Cover crop			10-20 cm
Fin octobre	Charrue et/ou décompacteur			40 cm
Fin octobre	Herse Rotative			10-15 cm
Fin octobre	Semis		160 kg	
Post semis	Désherbage	Hauban - matinel	0,1kg + 0,4l/ha	
Février	Apport d'N	sulfonitrate	50 U d'N	
Mars-Avril	Apport d'N	Urée 46%	100 U d'N	
Début mai	Fongicide	Sticman/suno rg	0,2/1 L/ha	
Début juillet	Récolte			

- Tournesol

Date	Type intervention	Produit/outils	Dose	Profondeur
	Broyage des cannes			
25 mars	Fertilisation	14 0 28	200kg	
30 mars	Cover-crop			10-20 cm
15 avril	Désherbage	Clinic	2,5l/ha	
Fin avril	Charrue et/ou décompacteur			25-40 cm
8 mai	Herse rotative			10-15 cm
8 mai	Insecticide + semis	Belem	12kg/ha	
8 mai	Ferti	18 28 0	80kg	
10 mai	Herbi	Mercantor	1,4 L/ha	
25 mai	Binage + ferti	Urée 46%	100kg	
20 septembre	Récolte			

- Vigne

Date	Type intervention	Produit/outil	Dose	Profondeur
Décembre	Prétaillage			
Février	Broyage des sarments dans le rang non travaillé	Broyeur		
20 mars	Désherbage cavaillon	Clinic	2,6 l/ha	
20 mars	Désherbage cavaillon	Katana	0,043 kg/ha	
Mars	Travail du sol	Cover-crop	1 rang sur 2 tous les ans	10 cm
Fin mars	Fertilisation	10 10 25	360kg/ha	
Avril-Mai		Rotavator		7-8 cm
Début mai	Broyage	IR enherbé		
3 mai	Fongicide	Rhodax Express	1,65 kg/ha	
17 mai	Fongicide	Roxam combi	1,52 kg/ha	
17 mai	Fongicide	Vivando	0,2l/ha	
18 mai	Epamprage	Shark	0,5l/ha	
25 mai	Rognage			
Début Juin		Rotavator ou cultivateur en passant la rogneuse en même temps		7-8 cm
2 juin	Fongicide	Rhodax Express	3 kg/ha	
2 juin	Fongicide	Vivando	0,2 l/ha	
5 juin	Rognage			
13 juin	Fongicide	Hidalgo	3,63 l/ha	
13 juin	Fongicide	Vivando	0,2 l/ha	
19 juin	Acaricide	Klartan	0,2 l/ha	
25 juin	Fertilisation	Urée 46%	105 kg/ha	
Fin juin		Rogneuse Et Broyeur	Broyage du rang non travaillé	
29 juin	Fongicide	Hidalgo	3,3 kg/ha	

29 juin	Fongicide	Microthiol	7 kg/ha	
11 juillet	Fongicide	Hidalgo	3,7 kg/ha	
11 juillet	Fongicide	Hoggar	0,6 l/ha	
Mi juillet		Rogneuse Et Broyeur	Broyage du rang non travaillé	
25 juillet	Fongicide	Hidalgo	3,5 kg/ha	
25 juillet	Fongicide	Microthiol	5,8 kg/ha	
Juillet	Désherbage	Glypho	2 l/ha	
Début aout	Rognage			
09 aout	Insecticide	Cajun	0,6 l/ha	
13 aout	Fongicide	Rhodax express	3,2 kg/ha	

Annexe 7 : Tableau de calcul de l'USDA pour les mesures physiques

Densité du sol Statut hydrique du sol (core method) (See pg. 9-13 in Test Kit Guide)											
Rep. No. Ou n° échantillon	Cylindre Ht.(cm) (indiquer la hauteur du vide)	Poids de l'échantillon (soil humide + sac (g))	poids du sac vide (g)	Poids du sopalin =0 car utilisation d'une étuve	Poids du sol humide: en g	Poids de terre sèche échantillon après étuve	Poids de la terre sèche (g)	Quantité H ₂ O du sol (g/g)	Densité du sol (g/cm³)	Soil Porosity (%)	WFPS (%)
1 C	0	1527	7,8	0	1519,2	1306,1	1306,1	0,163	1,60	39,47	66
1 B	0	1415,9	7,6	0	1408,3	1161,7	1161,7	0,212	1,43	46,16	66
2 C	0	1455,8	8	0	1447,8	1221,8	1221,8	0,185	1,50	43,37	64
2 B	0	1416,4	7,9	0	1408,5	1157	1157,0	0,217	1,42	46,38	67
3 C	0	1449,4	9,7	0	1439,7	1222,4	1222,4	0,178	1,50	43,35	62
3 B	0	1255,9	8,7	0	1247,2	1086	1086,0	0,148	1,33	49,67	40
4 C	0	1600,1	8,6	0	1591,5	1359,6	1359,6	0,171	1,67	36,99	77
4 B	0	1351,2	7,4	0	1343,8	1113,4	1113,4	0,207	1,37	48,40	58
5 C	0	1609,6	9	0	1600,6	1364,3	1364,3	0,173	1,68	36,77	79
5 B	0	1433,3	7,7	0	1425,6	1181,4	1181,4	0,207	1,45	45,25	66
6 C	0	1526,6	8	0	1518,6	1317,1	1317,1	0,153	1,62	38,96	64
6 B	0	887,7	7,4	0	880,3	734,4	734,4	0,199	0,90	65,96	27
7 C	0	1455,3	7,2	0	1448,1	1244,5	1244,5	0,164	1,53	42,32	59
7 B	0	1315,3	7,3	0	1308	1125,6	1125,6	0,162	1,38	47,83	47
8 C	0	1584,9	8,3	0	1576,6	1343,5	1343,5	0,174	1,65	37,73	76
8 B	0	1488,5	7,8	0	1480,7	1244,3	1244,3	0,190	1,53	42,33	69
9 C	0	1468,1	7,7	0	1460,4	1257,1	1257,1	0,162	1,54	41,74	60
9 B	0	1288,2	9	0	1279,2	1161,4	1161,4	0,101	1,43	46,17	31
10 C	0	1447,8	9,3	0	1438,5	1206,8	1206,8	0,192	1,48	44,07	65
10 B	0	1059,2	7,7	0	1051,5	897,3	897,3	0,172	1,10	58,41	32
11 P	0	1502,5	7,6	0	1494,9	1263,7	1263,7	0,183	1,55	41,43	69
12 F	0	1070,9	14,4	0	1056,5	865,9	865,9	0,220	1,06	59,87	39
PA	0	1210	7,3	0	1202,7	984,7	984,7	0,221	1,21	54,36	49

Table des annexes

Annexe 1 : Les différents périmètres du captage d'Estang.....	133
Annexe 2 : L'institut de l'agriculture durable (IAD).....	134
Annexe 3 : Guide d'entretien pour les enquêtes du PAT.....	136
Annexe 4 : Guide d'entretien pour les enquêtes du PAT.....	140
Annexe 5 : Localisation des prélèvements de terre du.....	142
Annexe 6 : Tableau de synthèse des itinéraires techniques types des principales cultures sur l'AAC.....	143
Annexe 7 : Tableau de calcul de l'USDA pour les mesures physiques.....	147