

Mémoire de fin d'étude

Proposition de  
construction d'un  
référentiel pour le  
développement des  
systèmes agroforestiers  
innovants.

Alexandre LOSCO

Option Agriculture Production Végétal et  
Environnement

Promotion 2010

09/2013

Mémoire de fin d'étude

# Proposition de construction d'un référentiel pour le développement des systèmes agroforestiers innovants.

Identification des indicateurs de  
performances

Maitre de stage :  
Konrad Schreiber  
Ingénieur consultant  
Président d'Arbre et  
Agriculture en Aquitaine

Tuteur pédagogique :  
Mathieu Capitaine  
Maitre de conférences  
Vetagrosup

Alexandre LOSCO

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

# Remerciements

---

Je remercie Konrad Schreiber pour son encadrement et l'ensemble des connaissances qu'il m'a transmises ; notamment celles concernant le monde agricole moderne et les techniques agronomiques innovantes.

De même, je remercie Séverin Lavoyer pour avoir partagé avec moi ses connaissances de l'agroforesterie et des systèmes étatiques du développement de l'agriculture.

Je remercie toute l'équipe d'Arbre et Paysage32, particulièrement Emilie Salvo et Alain Canet pour l'accueil chaleureux et le soutien qu'ils m'ont témoigné durant mon stage.

Enfin je remercie tous mes proches et l'ensemble des personnes qui ont participé de près ou de loin à la rédaction de ce rapport.

# Résumé

---

L'Association Française d'AgroForesterie travaille depuis 2007 au développement de l'agroforesterie en France. Comme le montre C. Dupraz (Dupraz et Liagre 2011), l'agroforesterie a de nombreux avantages tant sur le plan agronomique qu'économique et écologique, mais heurte et bouscule la culture agricole française, issue du remembrement. En effet, l'arbre est considéré comme un gêneur, qui limite les machines et concurrence les cultures ; malgré les travaux de la recherche, ces stéréotypes sont encore très présents dans le monde rural.

En France pourtant, certains agriculteurs ont repris cette pratique pour l'associer à leurs techniques de travail simplifié du sol. Les bénéfices qu'ils en retirent sont avérés et beaucoup d'avantages collatéraux apparaissent en particulier concernant la qualité de l'eau. Ce constat fait, l'Agence de l'eau s'est engagée au travers d'un programme, « Agr'eau », à financer le développement de l'agroforesterie.

De leur côté, les « acteurs du développement » pour soutenir cette croissance ont besoin d'un outil qui leur permette de faire un bilan de l'état de l'agroforesterie en France. La création d'un référentiel qui recenserait les exploitations agroforestières ainsi que leurs performances répond à ce besoin. Ce référentiel, ayant pour support une base de données, nécessite la définition des données utiles, en particulier celles évaluant les performances agroforestières des exploitations ; ces indicateurs sont des notions nouvelles qu'il faut identifier et définir.

Mots clés : Agroforesterie, Conservation des sols, indicateurs de performances, développement, référentiel, eau, associations d'agriculteurs.

# Abstract

---

The Association Française d'AgroForesterie is working since 2007 in the development of agroforestry in France. As C. Dupraz has shown in his researches, agroforestry has many ecological benefits as well as agronomic or economic benefits. But agroforestry upsets the French farming culture, resulting from the post World War II politics of consolidation. In fact, the tree is considered an annoyance, which limits machines and competes with crops. Despite the work of the research, these stereotypes are still very present in the rural world.

In France, however, some farmers have seized this practice, to associate it with their non-tillage techniques of work. The benefits they derive are considerable and many collateral benefits appear particularly on improving the water quality. With this observation, the Agence de l'Eau is committed through a program, called "Agr'eau" to finance the development of agroforestry.

In turn, the "development actors" to support this growth need a tool that allows them to make an assessment of the state of agroforestry in France. Creating a repository that would identify agroforestry farms and their performance meets this need. This repository, whose support in a database, requires the definition of useful data, especially those evaluating the performance of agroforestry farms, these indicators are new concepts that must be identified and defined.

Keywords: Agroforestry, Soil Conservation, performance indicators, development, reference, water, farmers' associations.

# Liste des sigles et abréviations

---

ADEME : Agence De l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie

AFAF : Association Française d'AgroForesterie

AGROOF : société coopérative et participative spécialisée en agroforesterie

APAD : Association Pour une Agriculture Durable

ARVALIS : institut du végétal

C : Carbone

CA : Chambre d'Agriculture

CASDAR : compte d'affectation spéciale pour le développement agricole et rural

CEREG : Centre de Recherche et de Gestion

CIPAN : Culture Intermédiaire Piège à nitrate

CIRAD : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement

CNDB : Comité Nationale pour le Développement du Bois

EBE : Excédent Brut d'Exploitation

EDF : Electricité De France

ETP : EvapoTranspiration Potentielle

FAO : Food and Agriculture Organization

FDA : Food And Drug Administration

FNSEA : Fédération Nationale des Syndicats d'Exploitants Agricoles.

GES : Gaz à Effet de Serre

IAD : Institut de l'Agriculture Durable

IC : Indice de Consommation

IFEN : Institut Français de l'ENvironnement

IFT : Indice de Fréquence des Traitements

INRA : Institut Nationale de la Recherche Agronomique

LER : Land Equivalent Ratio

MAP : Mètre cube Apparent Plaquette

MO : Matière Organique

OCDE : Organisation de coopération et de développement économiques

OIG : Organisme Inter Gouvernementale

OMC : Organisation Mondiale du Commerce

ONG : Organisme Non Gouvernementale

ONU : Organisation des Nation s Unis

PAC : Politique Agricole Commune

PMPOA : Programme de Maîtrise des Pollutions d'Origine Agricole

PNUD : Programme des Nations unies pour le développement

Rdt : Rendement

SAU : Surface Agricole Utile

SCV : Semis sous Couvert Végétal

SD : Semi Direct

SET : Surface Equivalente topographique

SFP : Surface Fourragère Permanente

SIRET : Système d'identification du répertoire des établissements

TEP : Tonne Equivalent Pétrole

UGB : Unité Grand Bovin

UTH : Unité de Travail Humain

UV : Ultra Violet

WWF :World Wildlife Fondation

# Sommaire

---

I.	Introduction.....	1
II.	Contexte .....	2
A.	Aquitaine Midi Pyrénées, la diversité d'une agriculture. ....	2
1.	Des situations variées .....	2
2.	Une agriculture diversifiée.....	2
B.	L'agriculture en grande partie responsable des problèmes liés à l'eau .....	3
1.	Gestion de la répartition et de la qualité de l'eau .....	3
2.	Des programmes sur l'eau contraignants et peu efficaces en termes de résultats.....	4
3.	Des initiatives venues du terrain .....	4
C.	Couverture horizontale et verticale .....	5
1.	Couverture horizontale par le SCV .....	5
2.	La couverture verticale agroforestière .....	8
3.	Les agroforesteries connues depuis les débuts de l'agriculture, étudiées depuis les années 1970.....	10
4.	L'agroforesterie associée à la couverture des sols, une innovation agricole porteuse d'une problématique de développement.....	12
5.	Les indicateurs, état des lieux .....	15
III.	Problématique, définitions et hypothèses de travail .....	18
A.	Problématique .....	18
1.	Une innovation en manque de développement .....	18
2.	Un référentiel .....	18
3.	Des références .....	19
4.	Des indicateurs.....	19
5.	Une base de données qualifiée .....	19
6.	Analyse des données.....	19
7.	Cahier des charges.....	20
B.	Hypothèse .....	20
1.	C'est en répondant aux demandes des agriculteurs et aux besoins des acteurs qu'on développera l'agroforesterie .....	21
2.	Il est possible de répondre à leurs questions aux moyens d'indicateur de performance. ....	21
3.	Objectif du référentiel.....	21

IV.	Matériel et Méthode.....	23
A.	Consultation sur le terrain : identifier et mieux cerner les besoins et les réponses....	23
B.	Etat des lieux des indicateurs français de l'agriculture : .....	23
1.	Des outils dont les résultats divergent .....	24
2.	Bibliographie et tri : identifier les indicateurs qui répondent au cahier des charges .	24
C.	Les indicateurs qui manquent .....	25
D.	Analyse des données.....	26
V.	Résultats .....	28
A.	Consultation de terrain.....	28
B.	Indicateurs existants .....	29
1.	Indicateur intégrant l'agroforesterie (ANNEXE 2).....	29
2.	Biomasse .....	30
C.	Indicateurs complémentaires .....	31
1.	Potentiel mellifère : un indicateur sur l'environnemental .....	31
2.	Les capacités d'observation pour indicateur social.....	31
3.	Indicateur économique .....	32
4.	Bien être animal .....	32
5.	Indicateurs n'ayant pas aboutis .....	32
D.	Organisation de la base de données :.....	33
1.	Projets/ atelier .....	33
2.	Autres informations .....	34
3.	Les techniciens .....	35
4.	Indicateurs.....	35
E.	Proposition de fonctionnement du référentiel .....	35
1.	Recueil et utilisation des données .....	35
2.	Analyse des données.....	37
3.	Un référentiel pour développer l'innovation.....	38
VI.	Analyse et Discussion .....	39
A.	Choix des indicateurs .....	39
1.	Indicateurs économiques .....	39
2.	Indicateur de confort social.....	39
3.	Bilan Gaz à effet de serre et énergie.....	39
4.	Qualité des sols et de l'eau .....	40

5.	Gestion des intrants .....	40
6.	Biodiversité .....	40
B.	Utilisation dans le référentiel .....	41
1.	Une démarche robuste .....	41
2.	Les acteurs qui participeront à sa création .....	41
C.	Limite des indicateurs.....	41
1.	Un ensemble déséquilibré .....	42
2.	Pas de période de test .....	42
3.	Des simplifications .....	42
D.	Pour aller plus loin avec les indicateurs .....	43
1.	De nouvelles sources de revenu .....	43
2.	Les connaissances nécessaires pour repousser les limites .....	43
E.	Perspectives .....	44
VII.	Conclusion.....	46

## I. Introduction

L'agroforesterie est une pratique qui commence à émerger dans le paysage agricole français. Les solutions qu'elle apporte, selon l'INRA, sur le plan économique, agronomique ou environnemental, sont très prometteuses. Mais sa complexité et l'ingéniosité des solutions qu'elle met en œuvre pour résoudre les problèmes de l'agriculture moderne la rendent difficile à évaluer. Le principal problème réside dans la mesure des résultats des systèmes complexes où interviennent un grand nombre de variables, cas général des systèmes agricoles, avec une difficulté supplémentaire, celle d'y intégrer les arbres. Les possibilités considérables d'intégration de l'agroforesterie dans les systèmes agricoles montrent qu'elle peut avoir sa place presque partout...

L'agroforesterie est une pratique agricole « novatrice ». Bien que connue depuis au moins 10 000 ans de part le monde, elle est confrontée à une nouvelle jeunesse qui la confine actuellement dans une certaine confidentialité, en particulier dans les administrations et les organismes chargés du développement agricole. Les agriculteurs pionniers développant l'agroforesterie, conscients du rôle essentiel des arbres pour la protection de l'environnement et la production de biomasse, ont recherché auprès d'associations les aides et conseils dont ils avaient besoin pour avancer. L'Association Française d'AgroForesterie (AFAF) est une de ces associations. Le travail présenté dans ce mémoire correspond à une commande associative, celle de l'AFAF. Il s'agit de poser les principes conduisant au développement des techniques agricoles agroforestières sur le territoire du « grand Sud Ouest » où un certain nombre d'expériences sont en cours de développement avec les agriculteurs pionniers.

L'AFAF est une plateforme d'échanges et de partenariat entre les agriculteurs, les opérateurs de l'arbre champêtre, la recherche agronomique, les décideurs politiques, les collectivités et les administrations. Elle est historiquement basée à Montpellier, mais a beaucoup de membres dans le Sud-Ouest de la France (Landes, Lot et Garonne, Gers, Midi-Pyrénées). C'est dans cette région que s'est déroulé mon stage. L'AFAF porte les programmes de développement de l'agroforesterie dont Agr'eau, programme financé par l'Agence de l'Eau Adour-Garonne. Ce programme, agréé en 2013, se décline sur plusieurs axes, et particulièrement celui de la mise en place d'un référencement complet des parcelles agroforestières sur le bassin Adour Garonne. La mission confiée par l'AFAF consiste à « la mise en place d'un référentiel des parcelles et pratiques agroforestières qui constituerait un accélérateur de développement sur le territoire de l'Agence de l'Eau ».

Ce travail apparaît d'emblée complexe. Les pratiques agricoles sont en « mouvement ». De nombreuses innovations apparaissent autour de la gestion des arbres agricoles, plus généralement englobées dans une thématique de couverture des sols, au sens large. A ce stade, la commande est recadrée sur l'appréhension du contexte local, sur les problématiques des innovations développées par les agriculteurs et sur le meilleur moyen d'accélérer le développement des nouvelles pratiques agricoles. Ce travail d'investigation donnera les clés de compréhension pour repositionner la commande associative : quelle structure faut-il donner à un outil de référencement des nouvelles pratiques agricoles et comment un tel outil doit-il être structuré pour favoriser le développement de l'agroforesterie ?

## II. Contexte

Depuis de nombreuses années, les conseils généraux financent la replantation des haies sur les espaces agricoles. Elaboré en vue d'améliorer le paysage et la protection de l'environnement, principalement l'eau et la biodiversité, ce travail se heurte depuis toujours à une autre logique, celle du remembrement, toujours à l'œuvre et toujours financé à travers des programmes d'aménagement fonciers.

Depuis plus de 20 ans, l'investissement public reste finalement peu performant car contrarié par d'autres actions publiques : celles de l'aménagement des infrastructures et celles de la gestion des énergies fossiles ...

Dans la région du « grand Sud Ouest » de la France, la place de l'arbre est cependant en train d'être reconsidérée. On assiste depuis 3 ou 4 ans, à un net regain d'intérêt autour de la place des arbres dans les systèmes agricoles. D'où provient cette effervescence nouvelle ? Pourquoi cette région française précisément ? Le bassin Adour Garonne jouit-il d'une situation favorable à l'évolution d'un contexte particulier ?

Un zoom sur le contexte local aidera à mieux comprendre la problématique qui se pose, celle d'accélérer le développement de l'agroforesterie.

### A. Aquitaine Midi Pyrénées, la diversité d'une agriculture.

#### 1. Des situations variées

Les régions Aquitaine et Midi-Pyrénées ont une grande diversité. En effet, en regroupant la majeure partie des Pyrénées, tout le bassin de production de la Garonne, et une partie du Massif Central, ce territoire de France, le Sud Ouest offre de nombreux contrastes.

Le contraste climatique « entre les deux régions » est très sensible ; en effet, l'écart de pluviométrie est de 200 mm. L'Aquitaine, sous influence océanique directe a un climat plus doux et plus humide que la région Midi-Pyrénées sous influence du vent d'Autan qui a un climat plus sec.

Les hommes ont beaucoup façonné le paysage de ces deux régions. Notamment en plantant la forêt de pins des Landes, - durant le XIX<sup>ème</sup> siècle - mais aussi en cultivant les plaines de l'Adour et de la Garonne, ou en plantant dans la Gironde et le bergeracois des centaines d'hectares de vignes dont les produits ont fait la renommée de la région dans le monde entier.

#### 2. Une agriculture diversifiée

Cette diversité de conditions pédoclimatiques a permis de développer une grande diversité d'agricultures. Les éleveurs et les agriculteurs se partagent à parts égales la surface agricole utile (SAU). Dans le « Grand Sud Ouest », on trouve toute les formes d'agriculture : l'élevage viande et laitier, mais aussi les grandes cultures, l'arboriculture et la viticulture.

Le grand sud ouest est arrosé par deux fleuves, l'Adour et la Garonne, fleuves qui sont gérés par l'Agence de l'Eau Adour Garonne. Ces fleuves connaissent depuis toujours des problèmes de débit et d'étiage, des problèmes de pollution, notamment agricole, mais aussi des conflits d'usage de l'eau.

## **B. L'agriculture en grande partie responsable des problèmes liés à l'eau**

Les problèmes de qualité de l'eau ne sont pas nouveaux. Les différents programmes de luttes contre les pollutions d'origine agricole se trouvent confrontés à une impasse : l'amélioration de la qualité de l'eau n'est pas au rendez vous. Et le retour à un bon état de la ressource à partir de 2015 comme le valide les engagements de la France avec l'Union européenne ne sont pas atteignables en l'état. C'est une situation difficile qu'affrontent les agences de l'eau depuis 15 ans.

Cette difficulté ouvre des opportunités aux partisans de l'agroforesterie : de nouvelles propositions de protection de l'eau, et de l'environnement ont été faites dans ce sens. Les plaines du bassin Adour-Garonne, qui recourent sensiblement le « Grand Sud Ouest » sont des régions de grandes cultures et de cultures spécialisées. Caractérisée par une forte saisonnalité climatique, étés secs et hivers arrosés, la région Adour Garonne est contrôlée par une gestion collective de l'eau très ancienne.

### **1. Gestion de la répartition et de la qualité de l'eau**

Dans le bassin Adour Garonne, 1/3 des prélèvements d'eau est fait par l'industrie, 1/3 pour l'usage domestique et 1/3 pour l'irrigation agricole. Or la période estivale est à la fois la période d'irrigation et la période d'étiage des rivières.

L'agence de l'eau doit en permanence gérer les conflits d'usage de l'eau, et intervient dans certains cas pour compenser les manques à gagner de certains usagers de l'eau (EDF). En agriculture, l'irrigation est une sécurité dont les agriculteurs ne peuvent pas se passer notamment dans le climat du « Grand Sud Ouest ». Malgré la mise en place d'outil d'aide à l'irrigation, la situation ne parvient pas à s'améliorer.

La qualité de l'eau, contrôlée par l'agence de l'eau est globalement mauvaise (Agence de l'eau Adour Garonne 2012) ; les situations les plus délicates se trouvent dans la Garonne moyenne, c'est-à-dire dans le sud sud-est du bassin Adour-Garonne. (Figure 1).

Les nitrates, dûs au lessivage des sols en hiver sont la cause principale de la mauvaise qualité des eaux (dans 70% des échantillons), avec des taux qui dépassent souvent la norme. Du point de vue des phytosanitaires, l'AMPA, produit de dégradation du glyphosate est la principale molécule mise en cause, avec le S-métolaclore, remplaçant de l'atrazine dans le bassin Adour-Garonne, lui aussi un dés herbant. Enfin, l'érosion des terres arables entraîne dans l'eau de nombreuses particules en suspension qui polluent les lacs, rivière et bassins.

Les conséquences de cette pollution sont le développement d'algues et de bactéries non désirables et d'une turbidité importante. Ces pollutions ont des répercussions sur l'économie locale et occasionne des coûts considérables lorsqu'il s'agit d'assainir l'eau.

C'est à partir de ces constats que se positionne l'offre des acteurs de l'agroforesterie. Il est possible, grâce à des pratiques agricoles adaptées, de supprimer l'érosion des sols, de les couvrir en permanence, de recycler les nitrates et de biodégrader les molécules. Y aurait-il encore des pollutions dans les baies et les rivières si l'eau qui sort des parcelles agricoles était propre ?



Figure 1 : Le bassin Adour-Garonne

Source : *Lelotenaction.org*

## **2. Des programmes sur l'eau contraignants et peu efficaces en termes de résultats.**

Pour tenter de mettre un terme aux problèmes de pollution des eaux ou du moins de les atténuer, l'état et les régions ont mis en place différents programmes. Les PMPOA (national) et le programme Bretagne Eau Pure (régional) sont deux exemples de programme qui visaient à réduire les problèmes de pollution des eaux. Ils n'ont pas apporté les résultats attendus. En cause, un manque de communication et de finalisation, un travail partiel et des contraintes considérables ayant pour conséquence des résultats décevants ou plutôt une absence de résultats comme le pointe la Cour des comptes (Cour des comptes 2002).

Ces programmes sont source de contraintes importantes. Leur coût est supporté par le contribuable, ainsi que les amendes dues à leur inefficacité. Pour un agriculteur, avoir son exploitation classée en zone vulnérable est vécu comme une sanction et est source de contraintes qui impactent fortement la gestion de sa ferme. Dans le bassin Adour-Garonne, une des obligations en zone vulnérable est de couvrir 100% des sols en hiver. Cependant, la « profession agricole » parvient à largement négocier des « dérogations nitrates » sur ce point et sur les normes de stockage. Ces dérogations concernent plus de la moitié des communes et près d'un tiers des bassins versants (CEREG Massif Central 2009). Ces dérogations rendent invisible le travail des agriculteurs respectant les contraintes imposées.

La couverture à 100% des sols en hiver, a été adoptée par les agriculteurs pratiquant la conservation des sols ou s'intéressant à l'agroforesterie. L'utilisation des CIPAN, en recyclant les reliquats azotés disponibles après la récolte des cultures, en augmentant les restitutions de matière organique, permet l'amélioration de la fertilité des sols et une économie d'engrais azotés. A cela s'ajoute de nombreuses conséquences positives sur l'environnement : couverture des sols, suppression de l'érosion, développement de la biodiversité, suppression des transferts de produits phytosanitaires, meilleure biodégradation des molécules.

## **3. Des initiatives venues du terrain**

Face aux impasses réglementaires liées à la protection de l'eau, les agriculteurs ayant changé de pratiques agricoles, pratiquant des techniques de conservations des sols et l'agroforesterie, seules ou combinées, ont proposé leurs systèmes de production comme un moyen pour résoudre les problèmes de pollution de l'eau à la source. L'axe d'argumentation principal repose sur la reconquête de la qualité de l'eau par des stratégies culturelles reposant sur une bonne gestion de la couverture permanente des sols.

Le lien entre taux de matière organique et qualité du sol est démontré depuis plusieurs années (Brady 1996). Celui entre qualité de l'eau et taux de matière organique a été mis en évidence par Sylvain Baron dans son rapport (FAO 2007; Baron 2013; Karlen et al. 1997). Les techniques de conservation des sols consistent à diminuer jusqu'à sa suppression le travail du sol sur lequel on entretient une couverture permanente par une combinaison de cultures, de couverts végétaux et de restitution de résidus. L'objectif est d'enrichir le sol en matière organique afin d'en améliorer la fertilité et de protéger l'environnement.

L'analyse des connaissances scientifiques existantes sur le thème « restitution des matières organiques particulières et protection de l'eau » montre clairement qu'un fil rouge est à proposer aux agriculteurs. La matière organique joue un rôle important pour la protection de

l'environnement. Le retour au sol des formes particulières (les résidus des cultures) favorise le fonctionnement de la chaîne trophique que constitue l'activité biologique du sol qui 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 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 Balent 1996). La bibliographie scientifique établit un lien fort entre qualité des sols et qualité de l'eau (Baron, 2013).

L'Agence de l'Eau Adour Garonne mise depuis juin 2013 (AFAF 2013) sur le développement de ces pratiques pour préserver la qualité de l'eau dans l'avenir. La proposition des agriculteurs porte sur une réunion de 2 réflexions innovantes : celle consistant à couvrir les sols horizontalement via des pratiques de conservation des sols auxquelles s'ajoute la couverture verticale des sols via l'agroforesterie. Si les études sur l'agroforesterie sont récentes, la conservation des sols quant à elle se développe depuis déjà 80 ans.

## C. Couverture horizontale et verticale

### 1. Couverture horizontale par le SCV

Apparues dans les années 30, pour contrer les dust-blows (érosion éolienne importante dans les grandes plaines céréalières des États-Unis), les techniques de conservation des sols se sont développées aux États-Unis (Robert et Saugier 2003). En France, il s'agissait surtout de réduire le travail du sol pour des raisons économiques ; c'est l'apparition des techniques culturales simplifiées dont Monnier parle dans son colloque de 1991 (Monnier, Thevenet, et Lesaffre 1994). La couverture permanente des sols dans les bassins versants, utilisait une partie des pratiques de conservation des sols mais avec des objectifs différents. Les agriculteurs avaient introduit ces techniques avant tout pour gagner du temps, la gestion de la couverture des sols n'étant considérée à l'époque (1991) qu'accessoire. Ainsi, le développement de la conservation des sols aidant, une même technique permettait d'atteindre deux objectifs différents : la couverture des sols et leur moindre perturbation.

#### a) Protection du sol

La couverture du sol, qu'elle soit morte ou vivante a une action mécanique contre l'érosion, en éliminant « l'effet splash » de la goutte de pluie qui tombe, en freinant le ruissellement de l'eau en surface et en lui permettant de s'infiltrer rapidement dans le sol via les racines. Elle limite ainsi les volumes d'eau qui ruissèlent en surface (Séguy 2001). Les racines maintiennent en place le sol et limitent ainsi l'effet que pourrait avoir le peu de ruissellement qui se maintiendrait. La couverture procure également une protection contre l'érosion éolienne, que ce soit par l'action des racines ou le brise vent qu'elle constitue. La couverture de sol permet de protéger le sol des rayons UV du soleil, létale pour une partie de la faune du sol. Couvert, la population de cette faune se développe et permet au cycle de la matière organique et du carbone de se réaliser (Sustainable Agriculture Research & Education (Program) 2007)

#### b) Stocker l'eau dans les sols

La protection contre les UV protège aussi contre les infrarouges et limite ainsi l'évaporation de l'eau qui est dans la parcelle. Cette couverture est dégradée en humus par la faune quelle

protège et nourrit. Cet humus structure le sol comme un ciment peut structurer un tas de sable, tandis que la faune crée une micro et une macroporosité. Ces cavités augmentent la capacité de rétention de l'eau du sol (Chenu, Le Bissonais, et Arrouays 2000). Ainsi, l'eau s'infiltré et se maintient là où elle tombe.

### *c) Rôle de la MO dans le stockage de l'eau dans les sols et de leur qualité*

De nombreuses études et synthèses bibliographiques montrent qu'en augmentant le taux de matière organique, on favorise non seulement la capacité de rétention de l'eau dans les sols, mais aussi la qualité du sol (Estrade, Richard, et Labreuche 2011; Baron 2013). Il existe une corrélation positive entre l'augmentation du taux de matière organique et :

- la capacité d'échange en cation des sols
- la baisse de la densité du sol
- l'augmentation de la porosité
- les teneurs en azote du sol
- la stabilité/porosité structurale

Ainsi la couverture des sols a un rôle écologique, agronomique et également économique. En effet, une terre qui augmente sa teneur en azote, sa capacité d'échange cationique et sa porosité est plus fertile qu'un sol compacté.

Il apparaît à travers ces travaux scientifiques que l'agriculture peut transformer les sols qu'elle utilise (Sustainable Agriculture Research & Education (Program) 2007) L'amélioration de la fertilité conduit à la création d'un puits de carbone et, par ce biais, conduit à améliorer l'environnement (*Soils and global change* 1995). Ces nouvelles pratiques agricoles prennent exemple sur l'écosystème dont il s'agit de copier le fonctionnement. Les agriculteurs qui travaillent sur la maîtrise de la conservation des sols positionnent la plante au centre d'un cycle de durabilité incarnée par la nature. En effet, en recyclant perpétuellement ses éléments, la plante établit un cycle de durabilité où rien ne se crée, rien ne se perd et tout se transforme. L'agriculture de conservation s'élabore sur un cycle de durabilité où la bonne gestion du végétal est centrale.

### *d) Techniques pour augmenter la MO*

L'ajout de matière organique fraîche sous forme de résidus dans les sols est le premier principe pour augmenter le taux de carbone sol. Il faut pour cela que l'activité biologique du sol soit préservée. En agriculture, pour fournir cette matière organique, on utilise les cultures intermédiaires qui fixent le dioxyde de carbone de l'air entre deux cultures. Les résidus de la culture, sont une deuxième source de matière organique laissé sur place qui se dégradera en humus.

Le deuxième principe consiste à supprimer ou limiter la perturbation du sol (labour ou technique culturale simplifiée) qui y injecte de l'oxygène en grande quantité, ce qui favorise l'oxydation et donc la minéralisation de l'humus. Les techniques les plus efficaces sont celles qui ne touchent pas du tout au sol, on distingue le :

- SD→semis directs (couvert détruit avant le semis),
- SC→semis sous couvert (couvert détruit au moment du semis)
- SCV→le semis sous couvert vivant (couvert détruit après le semis).

### **e) Contre partie de ces techniques**

Il ne faut pas confondre simplification des techniques et techniques simples. En effet, travailler en SD, SC ou SCV entraîne des complications dans la gestion des adventices et bien souvent, les premières années sont difficiles quand l'agriculteur ne maîtrise pas encore ces nouvelles techniques de travail. En parallèle, on observe le retour de certains ravageurs habituellement détruits par le labour, notamment le hanneton, dont les larves se nourrissent des racines des plantes. La pression des limaces est plus forte à cause de la présence de couvert permanent qui leur fournit une protection et une alimentation importante. Néanmoins, bien gérés, ces couverts peuvent être un atout contre l'effet des limaces en fournissant une alimentation de substitution qui fera diversion le temps que la culture prenne le relais. On voit ici que loin de simplifier la gestion de cultures, les techniques dites « simplifiées » demandent des capacités d'analyse et d'interprétation importantes sur le terrain.

Avec les espoirs permis par la conservation des sols pour la protection de l'environnement, de nouvelles difficultés de développement apparaissent, notamment l'explosion et la bonne gestion de la biodiversité. Il est évident que le développement des nouvelles pratiques devra se structurer pour mieux maîtriser ces nouvelles difficultés.

### **f) Vivier, ingénieur R&D qui travaillent sur les bénéfiques environnementaux...**

Toutes ces techniques nouvelles commencent à être prises en compte dans les programmes de recherche. L'INRA par exemple travaille de plus en plus sur l'agro-écologie, c'est-à-dire, l'alliance de l'agronomie et de l'écologie. Il s'agit de parvenir à une meilleure revitalisation des sols et à un développement d'une agriculture à faibles charges financières. La conservation des sols fait partie de cette réflexion, même si le mot d'agro-écologie renvoie à plusieurs choses dont les contours sont encore flous (courant de pensées, techniques de culture,...)

En parallèle, certaines associations d'agriculteurs se sont fondées et se basent sur les données fournies par l'INRA pour développer leurs techniques. Ces groupes s'écartent des recommandations d'administration de leur Chambre d'Agriculture, qui généralement ne s'intéressent pas encore à ces techniques.

Voici quelques une de ces associations en Aquitaine Midi-Pyrénées :

- « Arbre et Paysage 32 » est une association fondé en 1990 à l'initiative d'agriculteurs. Initialement spécialisée dans la plantation de haies, elle a étendu ses activités à l'agroforesterie et à l'arbre rural hors forêt en général.
- « Clé de sol » est une association Aveyronnaise d'agriculteurs, de techniciens et de maraichers ; elle organise des journées techniques dans le but de vulgariser et de communiquer les techniques de conservation des sols « L'AOC sol » ou l'Association Occitane de Conservation des Sols est une association d'agriculteurs qui promeut les techniques de conservation des sols depuis 2009. Elle organise des réunions pédagogiques, des essais, et est ouverte à tous. Elle est basée en Midi Pyrénées.
- « Sol et eau en Ségala » est une association récente, fondée par des agriculteurs à Carmaux dans le Tarn. Son originalité réside dans la présence d'une association écologiste en son sein. Il s'agit pour ce groupe de développer une réflexion

transversale Agriculture/Environnement. Elle met en place des essais, organise des réunions et des conférences sur la conservation des sols.

- L'APAD, fondée en 1998 est l'Association pour la Promotion d'une Agriculture Durable. Elle est la 1<sup>ère</sup> structure historique en France à porter la conservation des sols. C'est une association d'agriculteurs et de citoyens qui propose une alternative à l'agriculture biologique et à l'agriculture conventionnelle.
- « Arbre et Agriculture en Aquitaine » est une association régionale fondée par des acteurs du développement qui a pour but de promouvoir l'agroforesterie en Aquitaine.

Des instituts privés aident et encadrent certains essais sur demande :

- « L'IAD » est l'Institut de l'Agriculture Durable, qui rassemble des acteurs actuels de l'agriculture (semenciers, machinistes, agronomes, agriculteurs, agrochimistes, coopératives) pour mener une réflexion sur l'agriculture de demain et aider à la formation.
- « Gaïa consulting » est une entreprise gersoise spécialisée dans la formation agricole sur les techniques de conservation des sols et l'agriculture durable, aussi bien à destination des agriculteurs conventionnels que biologiques.

Ces associations communiquent entre elles et souvent ont des consultants en commun, qui catalysent la transmission des savoirs et les conclusions des expériences. Aujourd'hui les membres de ces associations posent la question du développement conjoint des techniques de conservation des sols et de l'agroforesterie.

### *g) Avec des acteurs qui travaillent ensemble.*

Au travers des associations, les agriculteurs membres travaillent aussi avec les acteurs de l'agriculture (recherche, chambre d'agriculture, cabinet d'étude,...). Les associations travaillent également entre elles pour diffuser leurs expériences des pratiques mises au point.

C'est le cas à Marciac où pendant 15 jours, l'association Arbre et Paysage 32 a invité des associations, des entreprises, des structures et des particuliers à s'exprimer sur ces nouvelles pratiques. Arbre et Paysage 32 a également organisé une « journée référentielle métier agroforesterie » pour faire le point sur les connaissances agroforestières des associations. De même, « Sol et Eau », « AOC sol » organisent régulièrement des sessions où sont conviées les associations des départements et régions voisins.

En travaillant ensemble, ces associations améliorent les chances de faire progresser les itinéraires techniques et l'adaptation des systèmes de production à la problématique de l'agriculture durable. C'est en travaillant de la sorte qu'elles ont pu réunir les techniques de couverture végétale des sols et de culture des arbres.

## **2. La couverture verticale agroforestière**

### *a) Créer un filtre à pollution et un espace de vie pour la biodiversité.*

L'arbre intra-parcellaire a un rôle de mitigation de la pollution agricole et d'hébergement de la faune et de la flore.

Le filet racinaire que l'arbre constitue sous les cultures permet de capter les éléments lessivés de la culture, notamment lorsqu'après la récolte, la minéralisation des résidus de culture provoque un relargage important de nitrate et de phosphore dans le sol, alors même qu'il n'y a

pas de culture pour les valoriser (Palm 1995). D'autre part, l'arbre fixe chaque année une quantité de carbone qu'il réinjecte dans le sol, via ses racines ou son feuillage. Ce dernier contient 50% de lignine précurseur de l'humus, composé très stable et durable dans le sol, qui représente plus de 90% de la biomasse terrestre (Lapierre 2010).

L'arbre offre également un abri, tant dans son houppier que sur la bande d'herbe qui l'accompagne dans les champs. Avec cet abri, il fournit une alimentation utile à la faune sauvage et à la chaîne alimentaire de l'écosystème dans lequel il se trouve (Arbre & Paysage 32 2013). On atteint ainsi un équilibre entre les populations d'insectes, de petits mammifères et d'oiseaux, ce qui tempère les pullulations saisonnières de certains ravageurs.

### ***b) Arbre et érosion***

L'arbre protège le sol contre l'érosion, en le tenant par ses racines (notamment dans les ripisylves, s'il est correctement choisi), et la bande enherbée qui l'accompagne dans les parcelles est un vrai frein au ravinement et au ruissellement de surface des eaux de pluies. L'eau qui atteint l'alignement d'arbres est freinée par l'herbe et entraînée vers le sous-sol par le tronc et les racines de l'arbre ; c'est ainsi qu'elle reste dans la parcelle au lieu de partir au fossé (Moreno et al. 2005). On observe au bout d'un certain temps la formation passive de terrasse entre la pente et les alignements d'arbres ; contrainte ou avantage ? Les agriculteurs sont partagés. Cependant, ces observations et résultats sont issus des pratiques conventionnelles agricoles avec sols nus et travail du sol. L'introduction de la couverture des sols et du semis direct doit supprimer cet inconvénient des techniques conventionnelles, bio ou pas.

L'arbre remobilise cette eau en été et la rejette dans l'atmosphère de la parcelle. Cet effet cumulé avec celui de son ombre évite un trop fort échauffement de l'atmosphère de la parcelle et donc un échaudage des cultures ou une surconsommation des animaux (Métral 2005). Les phénomènes d'ascenseur capillaire de l'eau grâce à l'effet de l'arbre sont à l'étude, mais il semble que l'arbre apporte bel et bien de l'eau à la culture (Sekiya et Yano 2004). L'arbre se comporte comme un véritable climatiseur parcellaire.

### ***c) Optimiser la ressource agronomique disponible***

Par son filet racinaire, l'arbre recycle les éléments lessivés et favorise les auxiliaires de culture. A cela s'ajoute les effets d'amélioration de la qualité du sol et de protection physique des cultures.

En effet, via ses racines, l'arbre érode la roche mère, puise les éléments minéraux et les remonte en surface via ses feuilles. Sur ce point, l'arbre agroforestier est plus efficace que l'arbre forestier car ses racines plongent plus profondément que celle de l'arbre forestier, du fait de son adaptation aux cultures. Les éléments captés sont retournés en surface par les feuillages (Obrador-Olán, García-López, et Moreno 2004), qui ajoute de la matière organique stable car riche en lignine dans le sol. Tous ces effets ne se mesurent pas facilement, si ce n'est par les rendements des cultures et la production par hectare.

### ***d) Produire plus sur une même surface***

L'agroforesterie permet de produire plus de biomasse sur une même surface. On a mesuré au moyen du LER (Land Equivalent Ratio) une augmentation de 30 à 60% de la production à l'hectare par rapport à un scénario où les arbres et les cultures seraient cultivés séparément.

Selon les systèmes, les essences et les densités de plantation des arbres, les LER varient donc de 1,3 à 1,6, ce qui signifie que 1ha d'agroforesterie produit autant que 1,3 à 1,6 ha cultivé de manière séparées en forêt et cultures pleines (Dupraz et Liagre 2011).

L'origine de cette augmentation de production est due au fait que l'arbre exploite par son appareil racinaire et caulinaire des espaces non valorisés par la plante. En effet, il plonge ses racines sous la culture et exploite la ressource minérale profonde, inaccessible à la culture. De même, taillés pour structurer son houppier à plusieurs mètres du sol, l'arbre aligné dans les parcelles constitue un véritable piège à lumière qui optimise la ressource lumineuse. En parallèle de ça, dans certain cas, on a un décalage dans le temps entre les cycles de croissance des cultures et des arbres. Ceci se produit lorsque les arbres sont associés à des cultures d'hiver. Quand l'arbre est au repos, la culture valorise la lumière et quand l'arbre fait son cycle végétatif, la culture est récoltée.

Sylvain Aubry, agriculteur à Larroque sur l'Osse (Gers) affirme par exemple que sa parcelle de 2 ha d'agroforesterie plantée en 2008 a eu en 2013 les mêmes rendements/ha que les parcelles « classiques », ceci malgré les 10% de la surface dédié aux arbres. Ramené au m<sup>2</sup> de culture pure, cette parcelle a produit en 2013 plus que les autres, ce qui n'était pas le cas avant 2008. L'agroforesterie y a-t-elle joué un rôle ?

C'est pour sortir de ce flou « *à dire d'experts* » qu'il faut d'établir un référentiel des pratiques et des résultats. Il permettrait d'avoir une trace des résultats obtenus par les agriculteurs sur leurs parcelles. Il s'agit de mesurer les résultats réellement obtenus pour sortir du débat aléatoire construit sur des affirmations sans fondements. Cela permettrait de mieux identifier les bonnes pratiques et d'organiser correctement le développement autour des meilleurs résultats identifiés.

### **3. Les agroforesteries connues depuis les débuts de l'agriculture, étudiées depuis les années 1970**

L'agroforesterie est connue depuis l'antiquité en Europe. Déjà, les romains cultivaient leurs vignes dans les arbres et les gaulois faisaient paître leurs cochons dans les chênaies (Gayaud 2009). C'était également la coutume de semer ou de planter des arbres dans les cultures durant le Moyen Âge (Stepler et Nair 1987). D'une manière générale, il n'existe pas une agroforesterie mais plusieurs agroforesteries, on parle donc des agroforesteries, mais elles ont toutes en commun d'associer un arbre avec de l'élevage ou une culture, voir les deux. L'agroforesterie est, pour le développement de ce mémoire, considérée comme étant une couverture verticale des sols. Les arbres participent par leur houppier, leur feuillage en automne et leur racinaire à la protection et l'enrichissement du sol. Avec un impact sur 10 % de la surface, les arbres représentent la verticalité dans le système agricole quand les cultures commerciales représentent l'horizontalité en couvrant 90 % de la surface restante.

#### **a) L'agroforesterie de 1<sup>ère</sup> et de 2<sup>ème</sup> génération**

Le mot « agroforesterie » et sa première définition sont apparus dans les années 70, donnés par des chercheurs canadiens qui étudiaient les systèmes tropicaux traditionnels. En effet, plusieurs cas d'association de cultures et/ou d'élevage avec des arbres avaient été relevés dans des pays du tiers monde. De fait, l'agroforesterie a toujours existé avec un but précis (Nair 1993) :

- Produire le plus de denrées alimentaires possibles et les plus diversifiés possibles en Amérique du sud
- Protéger le sol de l'exposition au soleil après récolte aux Philippines,
- Economiser l'énergie du fermier au Niger,
- Produire du teck au Bengale

Toutes ces pratiques sont réunies sous le terme d'« agroforesterie de 1ère génération » ; leur but était d'offrir une diversité de productions pour les petites structures familiales qui en tirent un profit important à leur échelle. La pratique de cette agroforesterie entre dans la thématique de « l'intensification écologique » décrite par le CIRAD (CIRAD 2010)

Dans un second temps, des chercheurs et quelques agriculteurs ont repris le concept pour l'étudier et l'adapter aux conditions tempérées. C'est notamment le travail réalisé à l'UMR system de Montpellier (Dupraz et Liagre 2011) qui s'est intéressé à l'agropastoralisme puis à l'agroforesterie durant les années 80 et 90. Des systèmes agroforestiers de première génération avaient déjà été utilisés sous les latitudes européennes (pré verger normand, culture fruitière dans la vallée du Rhône, etc.) et constituaient la continuité des systèmes plus anciens. A la fin de la deuxième guerre mondiale, ils ont été abandonnées pour une agriculture plus intensive, mono-spécifique et plus productive (Gayaud 2009). L'idée de l'étude de l'UMR était de reprendre cette pratique ancienne, de l'étudier scientifiquement, pour l'optimiser et l'adapter aux pratiques modernes rentables. L'approche était très sylvicole, avec des densités de plantation importantes, allant jusqu'à 200 tiges/ha. La plantation de clones mono spécifiques très productifs et un désherbage systématique de la ligne d'arbres était en ligne avec l'agriculture conventionnelle. Ces travaux de recherche ont permis de largement diffuser les concepts de l'agroforesterie en France et en Europe (Van Lerberghe 2012). Cette agroforesterie dite « agroforesterie de 2<sup>ème</sup> génération » avait principalement un but de rentabilité économique, d'où le choix du système.

### *b) Une complémentarité avec d'autres pratiques*

Mais les concepts agroforestiers du type « agriculture industrielle » évoluent. Les connaissances acquises autour des arbres en font un allié agronomique. On peut l'intégrer dans un système agronomique complexe, pour conjuguer tous les effets que l'on recherche en travaillant notamment sur l'intensification écologique. Les pratiques de conservation des sols complétées par l'agroforesterie permettent d'injecter d'autant plus de carbone dans les sols qu'elles sont associées. Ces deux pratiques sont complémentaires car la couverture vivante et permanente des sols au printemps assèche les horizons de surface et force les arbres agroforestiers à descendre leurs racines en profondeur dans le sol. En profondeur, les racines ne gênent pas la culture et donnent à l'arbre un accès privilégié à la ressource hydrique profonde, ce qui fait la résistance de l'arbre et participe à sa symbiose avec la culture.

Si on combine les effets des deux pratiques, l'ensemble permet de lutter efficacement contre l'érosion et le lessivage des sols. En effet, les lignes d'arbres favorisent l'infiltration en profondeur, tandis que le couvert permanent supprime les mouvements d'eau à l'échelle de la parcelle et garde le sol en place. La présence permanente d'un double filet racinaire dans le sol, en surface par les cultures et en profondeur avec les arbres, en créant une véritable pompe biologique dans le sol, permet le recyclage des nutriments.

Certains agriculteurs gersois ayant mis en place les deux pratiques, bien que les arbres soient encore jeunes et que leurs effets sur le milieu soient encore peu significatifs, témoignent de résultats probants. Leurs cours d'eau ne sont plus boueux et leurs sols restent en place. Mais la question se pose de savoir à quoi sont dûs les effets constatés : à l'arbre ? aux pratiques culturales ? Dans tous les cas, l'association de ces techniques a permis de constater un effet positif sur la culture.

### **c) Une agroforesterie innovante, de 3<sup>ième</sup> génération**

Les agroforestiers ont constaté que l'agroforesterie avait de nombreux avantages écologiques. Prenant l'environnement non plus comme une contrainte, mais comme un atout, ils ont vu dans l'agroforesterie un moyen de développer un écosystème favorable à la croissance des auxiliaires des cultures et ont continué à pousser plus loin leurs systèmes. Les agriculteurs ont recréé un agro-écosystème par :

- la mise en place de linéaires d'arbres dans les champs
- l'abandon du désherbage des lignes d'arbres
- le développement des techniques de conservation des sols
- la mise en place de rotations et de l'association des cultures
- le mélange d'essences variées d'arbres locaux, y compris des fruitiers
- l'identification des pratiques favorables aux auxiliaires de culture (habitats stables, non perturbation des sols, nutrition via les résidus et couverts, création de mares, bois mort non récolté, paillage organique, etc.)
- la prise en compte des haies et des ripisylves
- la valorisation des trognes (arbres têtards)
- la gestion de végétation spontanée donnant lieu à de la Régénération Naturelle Assistée (RNA) des arbres, pour créer une ripisylve généralement.

Ces agro-écosystèmes complexes ont comme principe de copier le fonctionnement de la forêt, toujours productrice sans intervention des machines. Cette agroforesterie est nouvelle et manque de recul pour estimer l'ensemble des paramètres économiques et écologiques qui entrent en jeu dans la globalité du système. Il semble cependant que ce soit le type d'agroforesterie qui se développera à l'avenir, car elle est issue du terrain et des volontés des agriculteurs, pour répondre à leurs problématiques environnementales et leurs enjeux économiques. Les agriculteurs se sont appropriés l'agroforesterie, que la recherche a évaluée, et l'ont réadaptée. Son développement est, d'après les agroforestiers rencontrés, motivé par des facteurs humains, agronomiques et écologiques, avant d'être économiques. Elle est un mélange des pratiques anciennes et culturelles et des résultats de la recherche. Elle est qualifiée d'agroforesterie de 3<sup>ième</sup> génération. Sa définition exacte n'est pas arrêtée, mais sa base agronomique est l'association entre les connaissances de l'agroforesterie de 2<sup>ième</sup> génération avec les pratiques de conservation des sols et l'introduction d'une forte diversité arboricole. Dans la suite du rapport, par défaut, on considèrera cette définition.

## **4. L'agroforesterie associée à la couverture des sols, une innovation agricole porteuse d'une problématique de développement**

Cette réunion des techniques autour de la couverture des sols entre dans une réflexion agricole plus large sur la thématique de l'agriculture durable. Il s'agit de copier le fonctionnement de la

nature en agriculture. Dans la nature, le sol est toujours couvert, jamais travaillé, et produit un maximum de biomasse avec une forte biodiversité, principale actrice du recyclage. Les techniques agricoles modernes, permettant de copier le mieux possible le fonctionnement de la nature, sont le semis direct sous couverture végétale, le bon raisonnement des intrants, la bonne touche de chimie qui permet de maîtriser la couverture des sols et un ajout de diversité par le mélange des plantes, la rotation et l'ajout des arbres. C'est le cumul de toutes ces pratiques qui en fait une innovation agricole. Le pari des agriculteurs et des techniciens qui les accompagnent est simple. Cette innovation doit permettre le développement d'une agriculture durable, capable de produire la double performance écologique et environnementale (Guillou et al. 2013)

Cette façon d'apparaître est typique d'une innovation, tout comme un certain nombre d'autres traits qui la définissent. Pour les agriculteurs et leurs associations, il s'agit dès lors de positionner correctement les nouvelles solutions agronomiques afin d'en faciliter le développement.

### **a) Comment définir une innovation**

L'innovation se comporte d'une manière très spécifique. Dans « L'Épopée de l'innovation » Jean-Louis Caccamo la présente comme la rencontre entre une invention qui peut être ancienne et un entrepreneur (Caccamo 2012). L'entrepreneur se saisit de l'invention pour l'appliquer à son domaine de compétence, souvent en ajoutant une nouvelle dimension plus personnelle et pratique. La nouveauté ainsi créée sera appelée innovation. Sans l'invention, l'entrepreneur ne pourrait pas produire de nouveautés et sans entrepreneur, l'invention resterait limitée à une simple invention. C'est bien la rencontre des deux qui produit l'innovation. La nature de l'innovation est d'être le fruit de rencontres, bien souvent fortuites et ponctuelles. L'innovation ne se crée pas sur commande, elle est spontanée et ne peut-être au mieux que favorisée. Dans « l'épopée de l'innovation » (Caccamo 2005), l'auteur décrit l'innovation comme :

- Antiacadémique
- Nécessaire à l'économie
- Une idée devenue un produit demandé sur le marché
- Une réalité économique
- Déstabilisatrice pour l'organisation existante

### **b) L'agroforesterie de 3<sup>ème</sup> génération une innovation ?**

L'agroforesterie de 3<sup>ème</sup> génération est née sensiblement de la même manière qu'une innovation. Elle réunit des connaissances culturelles anciennes de l'agroforesterie de 1<sup>ère</sup> génération avec les apports scientifiques récents de l'agroforesterie de 2<sup>e</sup> génération et les techniques de conservation des sols, particulièrement le semis direct sous couvert végétal (SCV).

La définition donnée par Caccamo s'applique ici pleinement. Il s'agit bel et bien de répondre à un enjeu de marché, produire une agriculture durable, en collant bout à bout des connaissances et techniques anciennes, les inventions de l'agriculture et de l'agroforesterie, avec des techniques modernes, notamment les nouvelles manières de gérer les sols couverts par les SCV.

Les techniques sont en mouvement. Loin d'être figées, elles doivent pouvoir s'adapter à tous les écosystèmes agricoles qu'il s'agit de développer. Cette agroforesterie est complexe :

- Elle s'est faite sur le terrain, au contact des gens qui la mettent en pratique. Elle est par essence anti-académique car proposée par les agriculteurs entrepreneurs.

- Elle propose à la société des solutions pour résoudre des problèmes écologiques qui coûtent cher (protection de l'environnement, traitement des eaux) et aux agriculteurs des pratiques à priori plus rentables. Elle se construit autour d'une nécessité économique : produire plus et mieux pour assurer les revenus.
- Elle est mal accueillie par les représentants du système de développement traditionnel. En effet, elle dérange et interpelle toute l'agriculture basée sur des principes et des modèles productivistes.

L'agroforesterie de 3<sup>ème</sup> génération est une innovation à part entière puisqu'elle répond aux conditions et à la définition de l'innovation selon J.L Caccomo. A partir de ces travaux, il est possible de mieux comprendre comment pourrait évoluer et se développer cette innovation. Le développement passera par la mesure des performances pour en valider la durabilité afin de convaincre les acteurs potentiellement intéressés par sa mise en œuvre.

Ainsi, par la détermination de ses performances, l'innovation pourrait rencontrer son « marché », celui de la double performance économique et environnementale. Les moyens de travail humains sont potentiellement présents, les agriculteurs entrepreneurs possèdent déjà de gros savoir-faire et les financements peuvent être mobilisés par certaines mesures, notamment, la mesure 222 (CA Aquitaine 2012).

### *c) Le regard des agriculteurs non agroforestiers*

Ce regard ne doit pas être négligé dans la prise en compte des performances que l'on mesure. En effet, comment pourrait-on développer cette pratique si les conclusions des mesures qui sont faites n'intéressent pas les agriculteurs ?

A ce sujet, il existe deux enquêtes, l'une faite par le bureau d'étude en agroforesterie AGROOF (Ori, Béral, et Liagre 2012), l'autre par un stagiaire d'« Arbres et Paysage 32 », Antoine Morinay (Morinay 2012) qui traitent de ce sujet. Les deux études avaient pour objectif d'évaluer la vision que les agriculteurs non agroforestiers avaient de l'agroforesterie au travers d'un entretien directif. L'enquête d'AGROOF est identifiée par la lettre (A). Elle s'est réalisée auprès de 47 agriculteurs de l'association de vignerons Grappe 3 dans le Languedoc-Roussillon. L'entrée en matière de l'entretien est la ressource en eau.

L'enquête de Morinay est identifiée par la lettre M. Il a interrogé des agriculteurs du « Pays d'Armagnac », en Midi Pyrénées, avec pour but d'analyser les facteurs d'opinion et de rejet de l'agroforesterie sur un échantillon de 28 agriculteurs qui avaient accepté de répondre à son enquête. Les deux enquêtes concordent sur les réticences qu'évoquent les agriculteurs. Les agriculteurs craignent :

- Des pertes de revenu à court, moyen et long terme (A&M)
- Une baisse du rendement due à la concurrence de l'arbre sur la culture (A&M)
- La gêne occasionnée par les arbres pour la mécanisation (A&M)
- La concurrence à l'eau entre les arbres et les cultures (M)
- La complexité du système (M)
- L'augmentation du temps de travail (A&M)
- L'engagement sur le long terme (A) dans un projet de production figé

Les réticences des agriculteurs sont essentiellement techniques et économiques, ce qui rejoint les conclusions de Caccomo sur l'innovation (2005). Les réponses que doivent apporter les

acteurs du développement de l'innovation agroforestière aux agriculteurs devront se situer sur le même plan que les objections émises. Il faudra apporter des réponses sur la complexité des systèmes agricoles, la gêne occasionnée pour les machines, les rendements, les revenus, la gestion de l'eau et le temps de travail. Pour compléter la réponse à ces réticences, il est important de considérer également les motivations des agriculteurs révélées par les deux enquêtes. En effet, les non-agroforestiers sont toutefois motivés par un certain nombre de sujets. Pour les agriculteurs, il s'agit de :

- Diminuer l'impact des pratiques agricoles sur l'environnement
- Diversifier les revenus
- Améliorer l'image de leurs pratiques agricoles
- Augmenter le revenu
- Améliorer le confort et le cadre de travail
- Limiter l'érosion
- Agir sur le paysage et l'esthétique
- Valoriser des terres difficiles
- Améliorer le bien être animal

Les motivations se rejoignent souvent dans les enquêtes, mais selon la région, les priorités données aux motivations peuvent différer. Par exemple la limitation de l'érosion, l'entretien du paysage et le bien-être animal sont des motivations premières à l'adoption de l'agroforesterie dans le Bas Armagnac, mais sont secondaires pour les membres de l'association Grappe3. Cela semble logique : il y a peu ou pas d'élevage dans le Roussillon. Il faut remarquer que la question du revenu apparaît dans les réticences comme dans les motivations. Cette particularité sur ce thème souligne le fait que les agriculteurs ne savent pas vraiment quel sera l'impact financier de l'introduction de l'agroforesterie sur leur ferme. Il est impératif de répondre à cette question, notamment via des indicateurs, car aucune agriculture ne peut se développer sans revenu.

## 5. Les indicateurs, état des lieux

### a) L'OCDE

L'OCDE propose différents types d'indicateurs qu'elle classe en 3 catégories(OCDE 1993) :

- les indicateurs de pression font référence à tous les facteurs qui peuvent influencer l'état du milieu (ex : fertilisation azoté, IFT...)
- les indicateurs d'état indiquent un état des lieux de la situation (taux de matière organique, teneur en nitrate de l'eau...)
- les indicateurs de réponse indiquent les moyens mis en place pour résoudre le problème (financement mis en place, normes établies...)

Cette classification, dite classification P.E.R. peut-être parfois difficile à mettre en place, car la différence entre la pression, l'état ou la réponse n'est pas toujours triviale. En effet, il n'est pas toujours simple de savoir si une variable est une variable de pression d'état ou de réponse (Girardin, Guichard, et Bockstaller 2005)

Ensuite, à partir des données brutes, on peut avoir différents niveaux de traitement des informations par les indicateurs (Maurizi et Verrel 2002). Ainsi on distingue :

- Indicateurs simples → évaluent une pratique sur une thématique (ex : pression phytosanitaire sur l'environnement)
- Indicateurs composites → agrègent des indicateurs simples pour caractériser l'effet d'une pratique sur une ou plusieurs thématiques.
- Indicateurs systémiques → agrègent les indicateurs simples pour évaluer l'effet de l'exploitation sur un critère spécifique.

Ainsi, on peut se faire une idée des différents indicateurs qui pourront être utilisés pour répondre à la problématique.

### *b) La démarche de l'IAD :*

L'IAD a choisi ses indicateurs parmi les systèmes d'évaluation validés aussi bien au niveau national qu'europpéen ou international pour leur pertinence, leur simplicité, leur objectivité et leur facilité d'utilisation. Les sources ayant servi de référence sont les suivantes :

- Les institutionnels : ONU, FAO, FDA, OMC, Union Européenne, Eurostat, ADEME, ARVALIS, IFEN, MAFF
- Les organismes agricoles professionnels: FNSEA, APCA, Ukraine, Pologne, Benelux, Chine, Australie, USA
- Les Organisations Intergouvernementales (OIG) : PNUD, OCDE, OMS, Banque mondiale
- Les Organisations Non Gouvernementales (ONG) : WWF, Greenpeace, Solagro
- La grande distribution : Casino, Carrefour, Leclerc, Unilever, Kraft, Tesco, Nestlé

Ensuite, la saisie des données pour l'analyse reprend la méthodologie de l'indicateur français le plus cohérent et le plus apte à la mesure des résultats. Au final, l'outil de l'IAD comporte 21 indicateurs regroupés sous 7 thèmes pertinents :

- la viabilité économique
- l'impact social
- l'efficacité d'utilisation des intrants
- la qualité des sols
- les gaz à effet de serre (GES),
- la qualité de l'eau,
- la biodiversité.

Les indicateurs de l'IAD :

- s'inscrivent dans une logique de mesure de résultats dès que cela est possible. Les indicateurs de pression peuvent avoir des conséquences sur l'environnement très différentes selon les situations (ex : deux applications de produit phytosanitaire à la même dose peuvent connaître des fuites par ruissellement très différentes selon le contexte pédoclimatique des interventions et les techniques de gestion des sols).
- sont réutilisables dans le temps afin de mesurer une éventuelle dynamique de progrès.
- sont légitimes car ils proviennent de systèmes d'évaluation existants et reconnus.
- sont faciles à comparer et permettent l'échange et la communication ; les échelles choisies et les unités utilisées sont compréhensibles par tous, y compris le Grand Public.

L'échelle de mesure retenue est l'entreprise agricole. Mais les indicateurs fonctionnent aussi à la parcelle si les enregistrements techniques et économiques sont affectés à cette échelle. De même, par agrégation, ils mesurent les résultats à l'échelle régionale ou nationale. Il est finalement possible d'avoir des résultats concernant toutes les échelles du territoire, du micro local au global et sur tout type de production.

### *c) Un contexte complexe.*

Au final, le contexte de notre étude est complexe avec :

- Une agriculture variée qui rencontre des problèmes agronomiques ayant des conséquences néfastes sur la l'eau, sa qualité et son partage
- Des solutions contraignantes déjà proposées pour résoudre ces problèmes, mais sans succès
- Une solution très intéressante ressortant du terrain, l'agroforesterie de 3<sup>ième</sup> génération ;

Après plusieurs essais et des années d'expérimentation, l'agroforesterie de 3<sup>ième</sup> génération a besoin de se développer ; elle apparaît comme un réel terrain d'entente entre agriculteurs et responsables de l'environnement car elle préserve les ressources en eau, filtre la pollution, diversifie les écosystèmes, protège de l'érosion, ajoute d'importantes quantités de matière organique au sol et augmente la productivité de la parcelle.

Néanmoins, des freins existent à ce développement car l'agroforesterie de 3<sup>ième</sup> génération remet en question des principes de base de l'agriculture actuelle. De plus, ayant peu d'éléments pour juger de son intérêt, les agriculteurs hésitent à se lancer dans cette voie. La plupart des interrogations concernent les performances de ces systèmes. Pour les évaluer, les indicateurs semblent être l'outil le mieux adapté. Les travaux sur les indicateurs de performances de l'agriculture ont permis de différencier différentes sortes d'indicateurs ; il faudra sélectionner le type d'indicateur le mieux adapté à notre contexte.

### III. Problématique, définitions et hypothèses de travail

#### A. Problématique

##### 1. Une innovation en manque de développement

Pour tenter d'améliorer la situation dégradée de l'eau, l'Agence de l'Eau souhaite voir se développer l'agroforesterie de 3<sup>ième</sup> génération. Les agriculteurs veulent continuer à avancer et à perfectionner leurs systèmes et les acteurs du développement souhaitent voir augmenter les surfaces agroforestières. L'agroforesterie nécessite de véritables outils de développement afin de sortir de la confidentialité. Néanmoins, l'ensemble de la filière est désordonné et manque de directions, d'une politique globale de développement. Pour développer une innovation, Caccomo donne quelques pistes :

- «Le savoir faire précède le savoir. Puis le savoir améliore le savoir faire qui à son tour améliore le savoir, et ainsi de suite »
- L'innovation évolue et se développe par bond, au gré des rencontres
- La centralisation de l'information est une condition essentielle au développement

##### 2. Un référentiel

Se saisissant de ces principes, les acteurs du développement qui sont à la charnière entre les agriculteurs, la recherche, les financeurs, les politiques et les administrations réfléchissent à la centralisation de l'information et du savoir faire par la création d'un référentiel pour développer l'agroforesterie. En effet, en déclinaison des principes de développement d'une innovation, il faut :

- Faire un état des lieux du développement de l'agroforesterie
- Connaitre le savoir faire des entrepreneurs
- Permettre aux agriculteurs de s'évaluer et de mesurer les résultats acquis
- Pouvoir informer les dirigeants et les financeurs sur la progression des projets de développement.

Selon Bruno Jobert et Pierre Muller, l'élaboration d'une politique publique « revient à construire une représentation, une image de la réalité sur laquelle on veut intervenir. C'est en référence à cette image cognitive que les acteurs vont organiser leur perception du système, confronter leurs solutions et définir leurs propositions d'action : on appellera cet ensemble d'images le référentiel d'une politique »(Faure et al 1995). Un référentiel est donc un ensemble d'images cognitives de la réalité sur laquelle on peut intervenir. Au travers de l'état des lieux et de la connaissance des savoir-faire des entrepreneurs, on a l'image et on pourra intervenir via l'évaluation et la mesure des performances et via l'information des financeurs et des dirigeants sur la progression des projets. Pour répondre à ces objectifs, le référentiel doit :

- Contenir les références d'un système, c'est-à-dire enregistrer de manière fiable les données concernant les exploitations : leur état des lieux et leurs performances.
- Etre clair logique et précis, c'est-à-dire posséder un outil facilement exploitable contenant les résultats acquis par les agriculteurs.
- Situer des évènements dans l'espace et le temps ce qui facilite l'analyse des données et la progression des pratiques

Il faut pouvoir comparer les performances entre elles. Pour cela, il faut rapporter les performances à une échelle commune pour les rendre explicites. Les mesures doivent apporter une information claire pour leur mise en perspective avec le reste du système agricole. C'est ce qui se fera en traduisant les performances économiques et environnementales des pratiques agricoles, appelées références, en indicateurs de performance.

### 3. Des références

Ce sont les données brutes que l'on récolte sur l'exploitation. Ces données peuvent être fixes et définitives (type de sol, adresse de l'exploitation, station météo...) elles peuvent occasionnellement varier (nouvelle analyse de sol, changement d'exploitant, changement d'atelier de production...) ou elles peuvent être régulièrement mises à jour (assolements,...)

Les relevés fournissent une donnée brute. Mais une donnée brute seule est peu lisible. Pour que la donnée ait un sens, il faut l'agréger avec d'autres données. En l'agrégeant, au moyen d'indicateurs, on simplifie l'image de l'exploitation, donc on facilite sa lecture.

### 4. Des indicateurs

« *Un indicateur est une variable à laquelle on a donné un sens* » (Girardin, Guichard, et Bockstaller 2005). En réalité, le concept d'indicateur est vaste. Le Robert le définit en économie comme une variable dont certaines valeurs sont significatives (d'un état, d'un phénomène économique). Il doit informer sur un phénomène (OCDE), rendre plus compréhensible les systèmes complexes (Mitchell et al) il permet de suivre ou d'éclairer une situation et de la contrôler (Germes, 1981). Au final, c'est un compromis entre un résultat scientifique et une demande d'information concise.

Au final, il faut faire un choix justifié pour l'ensemble des indicateurs que l'on mettra en place.

Sur un système innovant, les performances économiques et environnementales n'ont jamais été évaluées auparavant. Savoir ce qu'il faut aller mesurer sur le terrain et comment il faut agréger les mesures est donc le problème majeur.

### 5. Une base de données qualifiée

Dans le référentiel, il est important de classer et de trier l'information. Cette organisation est fondamentale pour structurer le système et le rendre efficace. Elle se fait au moyen d'une base de données.

Par rapport au référentiel, la base de données est l'outil de gestion de l'information. Cet outil indique comment trier l'information pour qu'elle soit la plus disponible et la plus complète.

La base de données doit répondre à des normes, en particulier en ce qui concerne sa construction (tables & champs). Elle doit être simple à consulter et à mettre à jour, et elle doit nécessiter le moins d'informations possibles, mais en restituer un maximum.

### 6. Analyse des données

« *Le développement durable, c'est un développement qui permet d'offrir, dès aujourd'hui, un niveau de vie convenable à chacun d'entre nous, sans compromettre la possibilité pour les générations futures de subvenir à leurs besoins.* » (ONU 2012)

Dans cette définition, il y a deux paramètres à prendre en compte

- Un niveau de vie convenable
- Ne pas compromettre l'avenir des générations à venir

En agriculture ceci signifie produire à un niveau optimal (en fonction du contexte) sans épuiser les ressources naturelles, considérées comme finies. A défaut de ne pas respecter la deuxième condition, on peut considérer que l'idéal est de tendre vers l'optimisation de son utilisation. Il faudra donc proposer une analyse de données qui mettra en avant l'optimisation des ressources naturelles.

## 7. Cahier des charges

Une question est ouverte : il existe plusieurs méthodes d'élaboration d'indicateurs capables de mesurer les résultats des pratiques agricoles de manière fiable ; l'une de ces méthodes, est-elle capable de répondre à la demande des entrepreneurs de l'agriculture ?

Les indicateurs proposés doivent être basés sur des mesures légitimes et reconnues officiellement, pour que la démarche de développement soit robuste.

En résumé, il faut des indicateurs qui soient:

- Capables de mesurer un état, un fait, un critère évaluable
- Simples
- Réutilisables dans le temps
- Légitimes, c'est-à-dire scientifiquement validés
- Compréhensibles par tous
- Rapides à collecter et adaptables à l'auto-évaluation
- Utilisables à l'échelle d'une exploitation.

Au final, la problématique sera de **créer un référentiel qui contiendra des informations répondant aux objectifs fixés par les acteurs du développement, apportant une réponse aux questions et motivations des agriculteurs et permettant une comparaison des systèmes agricoles. La structuration de l'information sera faite au moyen d'une base de données renvoyant aux sources des éléments de comparaison du système agricole. Le référentiel devra être clair, logique, précis et simple d'utilisation.**

## B. Hypothèse

La problématique centrale tourne autour du développement de l'agroforesterie de 3ième génération qui se présente comme une véritable innovation agricole.

Pour développer cette innovation agricole, il faut connaître et diffuser ses résultats vers les autres agriculteurs. Les exploitations ayant les résultats les plus intéressants seront à prendre comme modèle, et leurs systèmes seront à faire connaître. Les citoyens, les décideurs et les financeurs pourront avoir une vision claire de l'évolution de l'agriculture une fois les informations du référentiel vulgarisées et les points intéressants soulignés.

En considérant cette problématique, l'hypothèse centrale à laquelle il s'agit de répondre peut s'écrire de la manière suivante : **« la construction d'un référentiel opérationnel pour le développement de l'agroforesterie de 3ième génération passe par l'identification 1) des besoins des entrepreneurs et, 2) des indicateurs pertinents pour mesurer les résultats des pratiques agricoles afin de pouvoir les compiler et les analyser. »**

Réaliser ce travail permet de positionner la 1<sup>er</sup> brique du développement, à savoir connaître les résultats réellement acquis par les agriculteurs. Récolter des données fiables est l'enjeu primordial. Connaître les demandes, c'est à dire les souhaits des agriculteurs, semble important afin de coller au mieux au terrain. Ne s'agit il pas, in fine, de permettre à d'autres agriculteurs d'avoir accès aux mêmes résultats économiques et environnementaux déjà atteints ? Il s'agit finalement de mieux cerner la demande agricole afin de développer l'innovation agroforestière.

### **1. C'est en répondant aux demandes des agriculteurs et aux besoins des acteurs qu'on développera l'agroforesterie**

« Quelles performances mesurer pour développer l'agroforesterie ? ». Nous avons pris l'hypothèse que les agriculteurs et les acteurs du développement sont les mieux placés pour répondre à cette question. En effet, développer l'agroforesterie consiste à augmenter les surfaces concernées et à améliorer la connaissance, c'est-à-dire les savoirs faire et les savoirs. Les surfaces potentiellement intéressantes pour l'agroforesterie appartiennent aux agriculteurs, c'est donc eux qu'il faut convaincre. Pour les convaincre, il faut répondre à leurs demandes et objections et mettre en avant les qualités des systèmes agroforestiers déjà existants. Ensuite, pour améliorer les savoir-faire, il faut que les agriculteurs aient les moyens de connaître les points forts et les points faibles de leurs systèmes. Il faut aussi qu'ils puissent avoir à leur disposition un panel de techniques à mettre en œuvre pour continuer à améliorer leurs pratiques.

C'est en prenant en compte, de la part des agriculteurs, les conceptions de l'agroforesterie et les besoins exprimés à travers les enquêtes qu'il est possible de connaître les entraves qui pénalisent le développement de l'agroforesterie et le manque d'information qui empêche son évolution.

### **2. Il est possible de répondre à leurs questions aux moyens d'indicateur de performance.**

Les performances des systèmes existants peuvent être mesurées au moyen d'indicateurs. Ces indicateurs permettront de comparer les systèmes innovants avec des systèmes plus classiques. Les indicateurs peuvent prendre en compte les points soulignés par les agriculteurs et les acteurs.

La comparaison des informations qu'apportent les indicateurs avec et sans pratiques innovantes constituent un premier argument. Ensuite, en remontant de la performance au système qui l'a produite, et à l'agriculteur, il sera d'autant plus facile d'organiser des réunions « coin de champ », avec l'agriculteur et un animateur. La présentation du système pourra être faite en ayant en permanence sous la main les données et l'historique exact de l'exploitation et de son système de fonctionnement.

Ces indicateurs devraient également permettre de d'avoir une vision de l'état global d'avancement des pratiques innovantes et de leurs effets à l'échelle d'un territoire.

### **3. Objectif du référentiel**

En associant les notions de référentiel avec celles d'indicateur, on obtient un outil pour le développement de l'agroforesterie dont la puissance sera tirée des expériences des agriculteurs et de l'évaluation de ces expériences et du savoir faire qu'ils en tirent. Pour cela, l'outil doit permettre de :

- Localiser et identifier les agriculteurs ayant déjà de tels systèmes,

- Caractériser les systèmes et évaluer leur représentativité (géographique, systèmes...)
- Rendre visible le réseau agriculteurs
- Créer un réseau de parcelles et d'acteurs
- Produire des références techniques
- Mesurer la viabilité de ces systèmes
- Produire des statistiques
- Répondre aux questions : Où sont les projets ? Combien y en a-t-il ? Sont-ils concentrés dans certaines zones ? Sont-ils représentatifs de tous contextes pédoclimatiques ? des différentes formes d'agriculture ?
- Créer des projets de recherche et expérimentation

Au final, il s'agit de créer un référentiel complet de l'agroforesterie française, également ouvert à d'autres innovations agricoles. Il permettra non seulement d'avoir une image évolutive de la situation, mais aussi de comparer les systèmes entre eux.

## IV. Matériel et Méthode

Pour répondre à l'hypothèse, il est nécessaire:

- D'analyser la situation sur le terrain pour en tirer les besoins
  - Cette phase d'analyse passe par la réalisation d'enquêtes auprès des agriculteurs ne pratiquant pas l'agroforesterie. Comme il s'agit de planter des surfaces nouvelles, c'est bien auprès de ce public que se trouveront les meilleurs arguments favorables au développement.
  - L'analyse se fera par la compilation des données déjà existantes au sein de l'INRA via les différentes enquêtes déjà réalisées sur ce sujet.
- D'identifier les indicateurs capables de mesurer des résultats
  - Ces résultats doivent être précis et objectifs
  - Ils doivent décrire les pratiques agricoles ainsi que leurs performances économiques et environnementales

Le développement de cette méthode permettra d'apporter une réponse aux entrepreneurs pour lever les freins du développement. A partir de l'identification des besoins des agriculteurs, il s'agit de proposer les indicateurs pertinents pour le développement d'une base de données qualifiée.

### A. Consultation sur le terrain : identifier et mieux cerner les besoins et les réponses

Pour savoir quelles performances doivent être prises en compte, il est nécessaire de consulter les agriculteurs et d'avoir un diagnostic initial de la situation. Ce diagnostic consiste à faire une analyse des données existantes sur cette thématique. Il existe deux enquêtes, l'une faite par le bureau d'étude en agroforesterie AGROOF (Ori, Béral, et Liagre 2012), l'autre par un stagiaire d'« Arbres et Paysage 32 », Antoine Morinay (Morinay 2012). Les deux études avaient pour objectif d'évaluer la vision que des agriculteurs non agroforestiers avaient de l'agroforesterie au travers d'un entretien directif. Grâce à l'analyse de ces études, nous avons pu cerner les demandes des agriculteurs et leurs questionnements.

### B. Etat des lieux des indicateurs français de l'agriculture :

De nombreux indicateurs et outils de saisies existent pour essayer d'apprécier la durabilité des exploitations, et des pratiques de l'agriculteur, aussi bien au niveau national qu'international.

En France, les plus connus sont :

- INDIGO
- IDEA
- DIAGE
- DIALECTE
- DIALOGUE

Ces indicateurs ont été confrontés au cahier des charges imposé par la structure de stage ; ceux qui ne répondaient pas à la demande ont été écartés.

## 1. Des outils dont les résultats divergent

Bien que poursuivant un objectif commun, ils présentent des grandes disparités de conception et de résultat. Un test des différentes méthodes a été réalisé sur l'indicateur phytosanitaire par l'OCDE (Peschard, Galan, et Boizard) Pour une même exploitation évaluée sur un même poste, les cinq outils donnent une conclusion différente. L'OCDE a mise en perspective les résultats de l'évaluation des pratiques phytosanitaires de plusieurs exploitations par les outils cités (Figure 2).

L'étalonnage des différents outils cause des variations entre les résultats qui suivent la logique de leurs concepteurs. Le rapport de l'OCDE démontre que la grande variabilité est une conséquence du système de notation dont la conception est subjective. Les systèmes ne sont donc pas homogènes. Lorsqu'un outil conclut à une variation de 10%, un autre peut conclure à une variation de 20% et jusqu'à 80 % dans la même situation.

Pourtant, les données brutes sont les mêmes, mais si les résultats des indicateurs changent, c'est qu'entre la donnée brute et le résultat, les formules de calcul divergent.

L'agrégation des résultats en un indicateur composite atteint ici une limite. Néanmoins, ces indicateurs composites ont l'avantage de donner une vision globale des performances de l'exploitation.

Or, nous voulons des indicateurs simples permettant une auto-évaluation des agriculteurs. Il faut donc que l'indicateur soit facilement compréhensible. Par conséquent, les indicateurs composites ne seront pas retenus pour ce travail. On ne se servira que d'indicateurs simples selon la définition de Girardin et al.

## 2. Bibliographie et tri : identifier les indicateurs qui répondent au cahier des charges

Pour trouver des indicateurs qui soient conformes à notre cahier des charges, la recherche se porte sur les solutions proposées par les associations du réseau de l'AFAF qui travaillent sur l'évaluation des performances des systèmes agricoles. L'APAD travaille à la démocratisation de l'utilisation des indicateurs par les agriculteurs. Ce réseau d'agriculteurs utilise des indicateurs adaptés au mode de fonctionnement de ses membres, à leur manière de procéder et à leur compréhension.

### a) Proposition de l'IAD

Il apparaît difficile pour les agriculteurs d'améliorer leurs pratiques en suivant des outils complexes, se basant sur des systèmes de notation. Les membres de l'IAD ont décidés de mettre en place une synthèse identifiant des indicateurs simples et pertinents. Il s'agit de répondre aux attentes des agriculteurs en matière de système d'évaluation fiable, simple et objectif. L'objectivité est facile à identifier ; on peut le faire en reprenant la définition d'un indicateur selon Girardin et al, c'est-à-dire en donnant un sens à une valeur (brute). Ainsi donc, l'IAD propose de reprendre les valeurs brutes disponibles sur l'exploitation et de leur donner un sens.

En effet, on a fait l'hypothèse que conformément aux dires des experts du réseau de l'AFAF, l'agriculteur devrait pouvoir facilement comprendre les performances de son exploitation au travers d'indicateurs simples, même s'ils sont multiples. Entre le résultat technique et l'information simplifiée et globalisée, le curseur est placé très proche du résultat technique. L'agriculteur, au cœur de son système, comprendra mieux un ensemble d'indicateurs simples

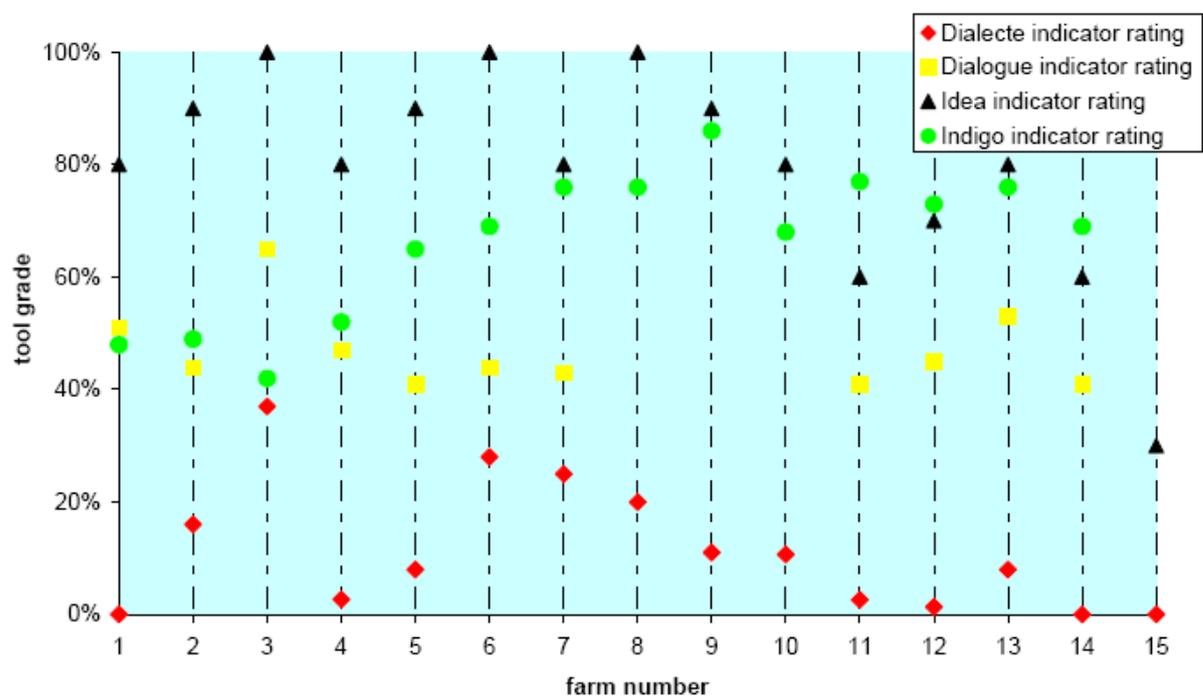


Figure 2 : Comparaison des outils d'évaluation

Source: OCDE, 2004, D. Peschard, M.B. Galan, H. Boizard: "Tools for evaluating the environmental impact of agricultural practices at the farm level: analysis of 5 agri-environmental methods";

plutôt que la combinaison de valeurs brutes ou d'indicateurs simples au travers d'un indicateur composite.

Certains experts considéreront cette affirmation comme une erreur (Girardin, Guichard, et Bockstaller 2005), la multiplicité des indicateurs risquant de rendre le tableau de bord illisible. Cette affirmation est vraie pour les personnes ne connaissant pas le système évalué et apportant un regard extérieur. Ce n'est pas le cas pour la personne travaillant tout les jours au cœur du système.

### **b) Les indicateurs proposés**

Des indicateurs simples d'utilisation par les agriculteurs permettent de s'auto-évaluer si nécessaire avec un temps de collecte et de traitement raisonnable (2 à 3 heures maxi). L'agriculteur peut s'auto évaluer « en ligne » et disposer d'un résultat rapide.

Pour l'enregistrement, il est nécessaire de se munir des résultats comptables, du cahier de fertilisation, du cahier sanitaire et du cahier d'enregistrement phytosanitaire d'un même exercice de gestion de même que de la déclaration PAC.

Les indicateurs (Tableau 1) reprennent point par point les différents thèmes de la durabilité proposés par l'IAD (partie contexte).

Ces indicateurs ont été conçus et retravaillés par les membres de l'IAD avec les agriculteurs ; ils sont donc aujourd'hui parfaitement adaptés aux questions de terrain, leur mise en œuvre a largement été testée et leur efficacité mise à l'épreuve. Cependant, ils sont adaptés à des itinéraires culturels, l'agroforesterie n'en est pas un, elle est plus un dispositif qui doit permettre à une parcelle de devenir plus performante. Certains indicateurs mesurent automatiquement les effets de l'agroforesterie sans qu'aucune modification n'ait besoin d'être apportée. Un itinéraire ne s'évalue pas comme un dispositif.

En effet, le dispositif agroforestier n'étant pas récolté chaque année, ses performances économiques sont modélisées ou au mieux estimées, mais elles ne sont réellement connues qu'une fois récoltées. Ce dispositif, l'agroforesterie, prend de l'ampleur tous les ans, les arbres, cultures pérennes, croissent d'année en année et leurs effets sur le milieu, tout comme leur valeur marchande, sont corrélés à leur âge, leur essence et leur vitesse de croissance.

## **C. Les indicateurs qui manquent**

Les recherches bibliographiques n'ont pas permis de mettre à jour l'existence d'indicateurs sur les performances des systèmes agroforestiers, ce que confirme l'AFAF dans un projet CASDAR : « *Et il n'existe pas à ce jour de conseils, de méthodes de suivi ou d'indicateurs disponibles pour les porteurs de projets* » (AFAF 2013). Par conséquent, il n'est pas possible de reprendre d'éventuels travaux ayant été faits sur ce sujet. Il faut que ces indicateurs répondent aux réticences des agriculteurs soulevées par les enquêtes et mentionnées dans la partie contexte. La méthode consiste d'une part à prendre en compte les questions des agriculteurs non agroforestiers ainsi que les avantages de l'agroforesterie mis en avant par les agriculteurs agroforestiers ; les sujets à qualifier sont donc les suivants :

- Les revenus agricoles
- Les résultats sur les auxiliaires de culture notamment le pollinisateurs
- Le bien être animal

<b>EBE/ha</b>
<b>EBE/UTH</b>
<b>Coûts de production €/ha</b>
<b>Temps de travail %ETP</b>
<b>Indépendance énergétique %</b>
<b>Bilan N (kg/ha)</b>
<b>IFT par ha de SAU</b>
<b>Eau irrigation en m3/ha</b>
<b>Autonomie Alimentaire %</b>
<b>Rdt TEP/UGB</b>
<b>Rdt TEP/ha de SAU</b>
<b>Rdt TEP/ha de cultures</b>
<b>Rdt TEP/ha de SFP</b>
<b>Couverture du sol %</b>
<b>Perturbation du sol</b>
<b>MO %</b>
<b>Utilisation du sol ha/TEP</b>
<b>GES (Kg CO2/TEP)</b>
<b>Surface en Biodiversité</b>
<b>Diversité des cultures</b>

Tableau 1 : Les indicateurs de l'IAD

Source : Indiciades

- L'amélioration des rendements
- La valorisation des terres difficiles
- La gestion de l'eau
- La complexité des systèmes agricoles, vu sous l'angle de la gestion de la diversité végétale et animale (biodiversité)
- L'image de l'agroforesterie

Un certain nombre de points sont traités par les indicateurs de l'IAD : le revenu, le temps de travail, l'efficacité des intrants, les rendements, la gestion de l'eau. La complexité du système agricole est représentée via un radar de synthèse (Figure 3)

C'est par des recherches bibliographiques qu'on tentera de proposer des indicateurs qui répondent au cahier des charges, aux agriculteurs et qui prennent en compte les atouts de l'agroforesterie. Les atouts seront pris à partir des avantages mis en avant par les agriculteurs-agroforestiers eux mêmes.

## D. Analyse des données

En prenant une méthode d'analyse économique des entreprises, il est possible de mesurer l'efficacité du système par la comparaison de son niveau d'intrant (inputs) par rapport à son niveau d'extrants (outputs). L'analyse de la relation « inputs »-« outputs » a été étudiée par la méthode d'analyse des frontières de production résumée par Ambapour (Ambapour 2001). Cette méthode a été utilisée à plusieurs reprises pour estimer la viabilité des exploitations, notamment en Afrique (Kane 2012) et pour les systèmes de mesure de l'intensification des systèmes d'exploitations forestiers notamment dans le projet Forgeco (Cordonnier 2007).

La méthode d'analyse des frontières de production consiste en une comparaison d'une quantité d'inputs de référence à une quantité d'inputs nécessaires à une entreprise, rapportée à un niveau d'output de base. On place les inputs des systèmes considérés sur un repère orthogonal avec en abscisse et en ordonnée deux composantes « inputs du système » (ex : capital & travail). Dans ce cas, l'un des inputs est censé « combler » l'absence de l'autre input. Quand il manque du capital, il est remplacé par du temps de travail et vice-versa. La frontière ainsi obtenue est une isoquant convexe.

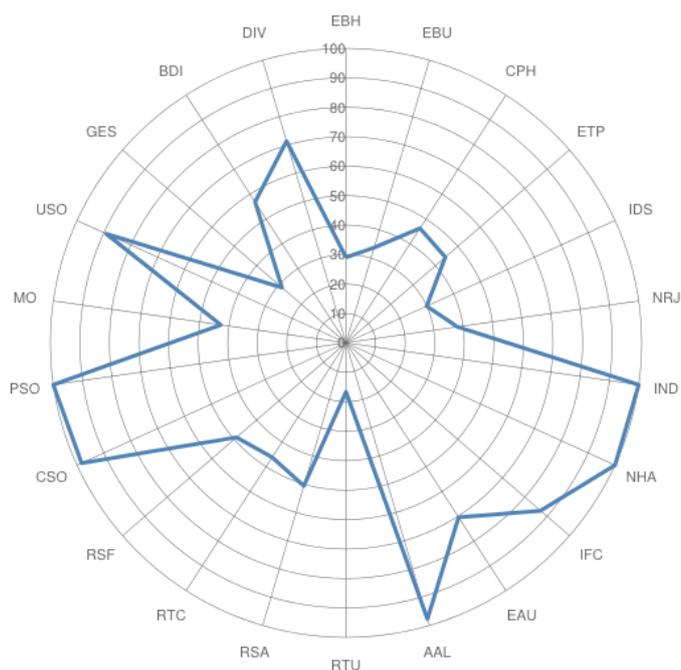
La frontière est une sorte d'enveloppe, qui coïncide souvent avec l'ensemble des points identifiés comme représentatifs de la meilleure pratique dans le domaine de la production, et par rapport à laquelle, la performance de chaque entreprise pourra être comparée. Cette enveloppe est définie par une fonction qui représente la limite du possible pour une entreprise.

Pour déterminer cette fonction, deux méthodes se côtoient :

- La méthode paramétrique, où la frontière est représentée par une fonction composée d'un nombre limité de paramètres connus.
- La méthode non paramétrique où la frontière est construite à partir de l'ensemble des observations disponibles.

Le choix entre les deux peut-être délicat : « [...] lorsque l'on a une idée assez nette de ce qu'est la technologie sous-jacente, cas du secteur agricole et des branches manufacturières par exemple, l'estimation économétrique des frontières de production paramétrique a un sens. Par contre, lorsqu'il s'agit d'une unité de décision dont l'activité est la production des services, une approche non paramétrique semble d'avantage appropriée, du fait qu'elle ne repose sur aucune

Graphique



EBH	EBE/ha	580.29	<a href="#">i</a>
EBU	EBE/UTH	33,700.50	<a href="#">i</a>
CPH	Coûts de production /ha	1,528.73	<a href="#">i</a>
ETP	Temps de travail %ETP	133.33	<a href="#">i</a>
IDS	Indice de Satisfaction		<a href="#">i</a>
NRJ	Bilan énergie	7.63	<a href="#">i</a>
IND	Indépendance énergétique %	354.26	<a href="#">i</a>
NHA	Bilan N (kg/ha)	-44.39	<a href="#">i</a>
IFC	IFT par ha de SAU	1.30	<a href="#">i</a>
EAU	Eau irrigation en m3/ha	1,169.13	<a href="#">i</a>
AAL	Autonomie Alimentaire %	97.73	<a href="#">i</a>
RTU	Rdt TEP/UGB	0.67	<a href="#">i</a>
RSA	Rdt TEP/ha de SAU	5.07	<a href="#">i</a>
RTC	Rdt TEP/ha de cultures	4.62	<a href="#">i</a>
RSF	Rdt TEP/ha de SFP	4.91	<a href="#">i</a>
CSO	Couverture du sol %	98.29	<a href="#">i</a>
PSO	Perturbation du sol	0.01	<a href="#">i</a>
MO	MO %	3.00	<a href="#">i</a>
USO	Utilisation du sol ha/TEP	0.20	<a href="#">i</a>
GES	GES (Kg CO2/TEP)	1,427.04	<a href="#">i</a>
BDI	Surface en Biodiversité	5.69	<a href="#">i</a>
DIV	Diversité des cultures	5.00	<a href="#">i</a>

Figure 3 : Radar et grille d'évaluation des indicateurs de l'IAD

Source : *indiciades*

*hypothèse explicite concernant la technologie et qu'elle s'applique à des activités ayant plusieurs outputs et plusieurs inputs » (Ambapour 2001)*

## V. Résultats

### A. Consultation de terrain

Entre les avantages cités par les agroforestiers, les motivations des agriculteurs non agroforestiers et leurs craintes vis-à-vis de cette pratique, on peut voir que certains points se recoupent. A ce stade, une synthèse des thèmes à traiter sur le volet agroforesterie est nécessaire. Il faudra donc créer un ou plusieurs indicateurs sur :

- la production de biomasse des arbres. Ceux-ci devront caractériser le volume de biomasse que produit l'exploitation au travers de son activité agroforestière c'est-à-dire l'énergie stockée dans l'arbre. Ces indicateurs alimenteront les notions énergétiques du référentiel.
- les capacités fonctionnelles du milieu à favoriser une population d'auxiliaires et de pollinisateurs. Ces indicateurs alimenteront les notions sur la biodiversité du référentiel.
- la qualité de l'eau pour mesurer comment et si l'agroforesterie limite la pollution agricole, permet des économies d'eau et limite les phénomènes d'érosion des sols. Ces indicateurs alimenteront les notions de qualité des sols et de l'eau du référentiel.
- les facteurs économiques de l'agroforesterie qui permettraient sur le long terme de suivre l'impact financier de l'agroforesterie sur l'exploitation. Ces indicateurs alimenteront les notions économiques du référentiel
- le bien être animal. Ces indicateurs alimenteront les notions économiques du référentiel
- la qualité du paysage pour analyser objectivement l'effet de l'agroforesterie sur l'harmonie du site
- la faune sauvage pour mettre en avant les apports que peut générer tel ou tel système. Ces indicateurs alimenteront les notions sur la biodiversité du référentiel
- le confort de travail, l'image de l'exploitation, le cadre de travail et la complexité du système Ces indicateurs alimenteront les notions sur la biodiversité du référentiel

Ceci élimine un certain nombre d'indicateur, en fonction de différents critères :

- Echelle : Les indicateurs qui sont utilisés à l'échelle nationale ou territoriale ne nous intéressent pas à notre niveau puisqu'on traite des exploitations. (ex : surface agroforestière par commune)
- Indicateur de réponse : Les indicateurs que l'OCDE classe comme indicateurs de réponse n'intéressent pas non plus les agriculteurs. En effet, utiliser les réponses apportées aux problèmes de l'exploitation comme un indicateur ne leur permet pas d'évaluer une performance. (ex : nombre d'agriculteur participant à une formation « Ferti-mieux »)
- Mesures trop difficile à obtenir : Les mesures trop complexes à réaliser ou qui ne sont pas faites habituellement sur une exploitation sont mises de côté. En effet, pour l'auto-évaluation, il faut non seulement que l'indicateur soit simple mais aussi que la valeur qu'il utilise soit facilement accessible (ex : analyse de la teneur en nitrate de l'eau)

<u>Indicateurs</u>	<u>Prend en compte l'effet de l'agroforesterie</u>	<u>Remarques</u>
<b>EBE/ha</b>	+/-	Si fruitier ou trognage des arbres
<b>EBE/UTH</b>	+	Si fruitier ou trognage des arbres
<b>Cout de prod/ha</b>	-	Négligeable
<b>Tps de travail en % ETP</b>	-	Négligeable
<b>TEP prod/TEP conso</b>	+	Lié à la biomasse produite
<b>Dépendance énergétique</b>	+/-	Si trognage des arbres
<b>Bilan N</b>	-	Négligeable
<b>Autonomie Alimentaire %</b>	-	Négligeable
<b>IFT/ha de culture</b>	-	Négligeable
<b>Irrigation M3/ha</b>	-	Ne se pratique pas
<b>TEP/UGB</b>	-	Concerne les UGB
<b>TEP/SAU</b>	-	Ajout des TEP/arbres
<b>TEP/ha de culture</b>	-	Concerne les cultures annuelles
<b>TEP/SFP</b>	-	Concerne les prairies permanentes
<b>Perturbation du sol</b>	-	N'est pas concerné
<b>Couverture du sol en %</b>	-	N'est pas concerné
<b>MO en %</b>	+	Effet de l'agroforesterie prise en compte dans les analyses se sol
<b>SAU/TEP</b>	-	Inverse de TEP/SAU
<b>Kg de CO<sup>2</sup>/TEP</b>	-	Production de CO <sup>2</sup> négligeable
<b>Surface en biodiversité (% SAU)</b>	+	Calcul des SET
<b>Diversité des cultures</b>	-	N'entre pas dans une rotation

Tableau 2 : Les indicateurs qui prennent en compte l'agroforesterie

Les indicateurs de durabilité de l'agriculture sont surtout tournés vers l'environnement, qui occupe un poids considérable dans les résultats. Les indicateurs économiques et sociaux sont mal pris en compte. Les agriculteurs ont donc instinctivement moins d'intérêt à utiliser ces méthodes de mesures de la durabilité des pratiques agricoles. Le social et l'économique sont les deux autres piliers du développement durable, avec l'écologie, ils doivent donc avoir le même poids que l'écologie.

## B. Indicateurs existants

Les indicateurs de l'IAD constituent une partie des outils de l'évaluation de l'agroforesterie de 3<sup>ème</sup> génération. Certains prennent automatiquement l'effet de l'agroforesterie en compte, d'autres sont plus spécifiques aux techniques de conservation des sols et ne sont pas adaptés à l'agroforesterie (Tableau 2). D'autres enfin nécessitent une adaptation de leur formule de calcul pour pouvoir devenir sensibles aux effets de l'agroforesterie

### 1. Indicateur intégrant l'agroforesterie (ANNEXE 2)

#### a) Indicateur économique

En l'état, les indicateurs EBE/ha et EBE/UTH prennent directement en compte la valorisation des productions annuelles des arbres (fruits, bois énergie). Si celles-ci sont significativement avantageuses, cet indicateur le signalera par sa variation entre deux évaluations (au début des plantations et plusieurs années plus tard). Une analyse plus détaillée de l'exploitation viendra montrer quel poids a cette production à l'échelle de l'exploitation globale.

#### b) Indicateur social

L'indicateur de satisfaction est un indicateur à part. Il n'est pas calculé, mais rempli directement par l'agriculteur, qui indique si la situation globale dans laquelle il est le satisfait. L'agroforesterie influant directement sur ses conditions de travail, la réponse de cet indicateur prend en compte les effets de cette pratique sur la satisfaction de l'agriculteur.

#### c) Surface équivalente topographiques (SET)

La surface en biodiversité est une surface de SET par rapport à la SAU totale. Le SET est l'unité du système de calcul des surfaces écologiques obligatoires utilisé par le ministère de l'agriculture. Les linéaires d'arbres intra parcellaires, les arbres isolés et les haies font partie des dispositifs SET. La réglementation stipule que les SET doivent occuper un certain pourcentage de la SAU. En se servant des SET comme indicateur de biodiversité, on reprend un indicateur connu et validé par les administrations européennes.

Ces surfaces sont calculées avec un formulaire fourni par le ministère de l'agriculture (Annexe 3).

#### d) Indicateur matière organique

Le taux de matière organique est le reflet de la qualité du sol et de l'eau, comme expliqué dans le contexte. Cet indicateur provient des analyses de sol (si disponibles). L'effet de l'agroforesterie combiné à celui du SCV est ici directement pris en compte.

### e) Indicateurs énergétique

La dépendance énergétique est un ratio : énergie produite/énergie consommée. Les branches élaguées des trognons sont broyées en plaquettes végétales ; on mesure le produit en « mètre cube apparent plaquette », (MAP) ou en stère si elles sont coupées en bûches. Les correspondances sont : 1MAP = 0,66 Stères = 1000kwh (*Source : Comité National pour le Développement du Bois-CNDB*).

Pour prendre en compte les TEP stockés par l'arbre et exportés sous forme de bois énergie, il faut modifier la formule de calcul en ajoutant la production annuelle de l'arbre : la biomasse.

## 2. Biomasse

Cet indicateur devait initialement refléter une situation en fonction du nombre et de la taille des arbres par hectare et faire le lien entre ces mesures et le volume de biomasse capitalisé et son évolution au fil des ans. Mais le lien entre la taille d'un tronc, des charpentières ou volume du houppier et quantité de biomasse produite et stockée n'est pas connu à ce jour en agroforesterie.

La production de biomasse est donc estimée à partir de valeurs de croissance des arbres et des haies données par des organismes travaillant sur le sujet. Les arbres et haies étant des plantes principalement ligneuses, cette biomasse est exclusivement du bois. Pour les arbres, la valeur de la biomasse est issue de deux relevés expérimentaux (Métral 2005). Les valeurs données ont un grand écart (18.1 TC/ha pour les noyer à 70arbres/ha au bout de 32 ans contre 48.1 TC/ha pour les peupliers à 140arbre/ha au bout de 10ans). Une possibilité aurait été de faire deux classes, l'une avec des arbres à vitesse de croissance élevée plantés en forte densité, l'autre, avec les arbres à croissance faible, plantés en faible densité. Cependant, ce système a été jugé trop complexe, et par souci de simplification, une moyenne entre les deux valeurs est utilisée.

Pour les haies, l'association « Mission Bocage » propose six catégories de haies, pour calculer leur biomasse en donnant une valeur de production à chaque catégorie (Mission Bocage 2012). On observe deux groupes

- premier groupe de trois classes assez proches (entre 0,81 t CO<sup>2</sup>/an et 1,2 t CO<sup>2</sup>/an pour 100m de haie)
- un deuxième groupe de deux autres classes également assez proches (entre 0,10 t CO<sup>2</sup>/an et 0,58 t de CO<sup>2</sup>/an pour 100m de haie)

Pour simplifier la démarche, on a donc choisi de faire 2 classes, en moyennant ces valeurs. Les 3 premières classes correspondent à des haies hautes (plus de 2m), en moyennant leur valeur, on trouve 0,95 T de CO<sup>2</sup>/an pour 100 m de haie. Les deux classes suivantes correspondent à des haies basses (moins de 2m), en moyennant leurs valeurs, on trouve 0,3 t de CO<sup>2</sup>/an pour 100m de haie. La dernière classe comprend les haies colonisatrices, en cours d'installation et n'est pas prise en compte ici. En résumé :

Arbre :

- 18.1 TC/ha/32ans avec 70 arbres/ha → 17kg de biomasse/arbre/an à 54% de C
- 48.1 TC/ha/10 ans avec 140arbres/ha → 68kg de biomasse/arbre/an à 54% de C

On en déduit :

- 42.5 kg biomasse/arbre/an
- 1TEP=3T de bois =13000kwh (*source : CNDB*)
- Soit : 1 arbre/ an =18.4kwhh/an=**1.4\*10<sup>2</sup> TEP/an**

Haies :

- Haie haute :
  - $0.95 \text{ TCO}^2/100\text{m}/\text{an} \rightarrow 1.76 \text{ T biomasses}/100\text{m}/\text{an}$
  - $7626,6\text{kwh}/100\text{m}/\text{an} = \mathbf{0.59\text{TEP}/100\text{m}/\text{an}}$
- Haie basse
  - $0.30 \text{ TCO}^2/100\text{m}/\text{an} \rightarrow 0.55 \text{ T biomasse}/100\text{m}/\text{an}$
  - $1300\text{kwh}/100\text{m}/\text{an} = \mathbf{0.1\text{TEP}/100\text{m}/\text{an}}$

Le calcul de ces indicateurs nécessite donc de fournir :

1. Longueur de la haie
2. Type des haies.
3. Date de plantation des haies
4. Date de plantation des arbres
5. Densité de plantation

## C. Indicateurs complémentaires

### 1. Potentiel mellifère : un indicateur sur l'environnemental

Cet indicateur est la somme des productions possibles de miel sur une surface donnée indexée dans le temps. Qualitativement, il est issu de la considération de l'ensemble des productions de nectar des fleurs de chaque essence présente sur l'aire d'étude. Quantitativement, il est fonction du nombre de fleurs par  $\text{m}^2$  et du nombre de  $\text{m}^2$  en fleur. Pour mesurer les surfaces en fleur, les éléments du paysage sont modélisés avec la méthode de Xavier Janssens (Janssens, Bruneau, et Lebrun 2006) ainsi :

- Un champ d'herbacée sera considéré comme une surface plane,
- Une haie comme une structure parallélépipédique,
- Un houppier d'un arbre comme une demi-sphère.

Un environnement qui fournit un potentiel mellifère intéressant est un environnement qui fournit du nectar tout au long de l'année, sans période de disette, en quantité et avec des essences diversifiées. Le résultat de cet indicateur est donc une courbe avec en abscisse les mois de l'année, et en ordonnée les niveaux de production. Cet indicateur nécessite de fournir en plus des données 1, 2, 3 et 4 :

6. Proportion des différentes essences
7. Surface des couverts
8. Types de couvert

Facultatif :

9. Hauteur du houppier des arbres

### 2. Les capacités d'observation pour indicateur social

Temps d'observation % de temps de travail. Il reflète la réflexion que cherche à avoir l'agriculteur sur son système. C'est une donnée souvent clairement identifiée par les agriculteurs et disponible sur le terrain d'après les expériences antérieures. Le bon ratio temps de travail/temps d'observation n'existe pas pour le moment, il sera déduit plus tard des exploitations les plus performantes s'il est significatif. Cet indicateur nécessite donc de fournir :

10. Temps de travail total (consacré à l'exploitation)

11. Temps d'observation

### 3. Indicateur économique

Capital agroforestier : cet indicateur reflète la valeur marchande cumulée par la croissance de l'arbre. La valeur de chaque arbre est calculée à partir de mesures ou estimée par défaut avec l'outil développé par AGROOF, FarmSAFE (bientôt disponible). L'outil distingue les bois de qualité A (bille) de celui de qualité B (surbille). Ces valeurs sont additionnées, et rapportées à l'hectare d'agroforesterie. Ainsi on peut suivre l'évolution de la population et connaître le capital arbre présent à un instant donné dans les parcelles. Là encore, les données manquent pour pouvoir comparer les rendements des arbres ; en effet, les arbres agroforestiers ont des vitesses de croissance bien différentes des arbres forestiers. Par conséquent, les courbes de croissance des arbres forestiers ne sont pas exploitables dans ce cas, bien que FarmSAFE utilise des estimations dérivées de ces courbes comme valeur par défaut. L'idéal serait de pouvoir plus tard comparer les volumes de production mesurés sur le terrain en fonction de conditions pédoclimatiques similaires. Cet indicateur nécessite donc de fournir obligatoirement les données 1, 2, 3, 4, 5 puis facultativement :

12. Diamètre du fût

13. Hauteur du fût

14. Proportion de bois A/bois B

### 4. Bien être animal

L'association de l'arbre et de l'élevage est une manière de faire de l'agroforesterie. L'arbre apporte de l'ombre en été et un abri en hiver ; le stress que les bêtes subissent et leurs efforts de régulation thermique sont moins intenses. La conséquence directe est un indice de consommation (IC) en baisse. L'IC sera donc l'indicateur pour mesurer l'effet de l'agroforesterie sur l'élevage. Cet indicateur nécessite :

15. Poids d'aliment consommé (par espèce)

16. Poids vif vendu (par espèce)

### 5. Indicateurs n'ayant pas aboutis

#### a) Indicateur sur l'eau

Cet indicateur n'a pas pu être pris en compte car il demandait des mesures inexistantes sans analyse, le cahier des charges ne prévoyant pas de les réaliser. Initialement, il s'agissait de pouvoir mesurer l'évolution de la qualité et de l'utilisation de l'eau par les plantes. Le premier critère nécessite des prélèvements et des analyses, l'observation visuelle n'étant pas objective. Le deuxième point nécessitait de mesurer ou de calculer des ETP dans une parcelle, là encore, il était nécessaire de collecter des données sur le terrain pour alimenter cet indicateur, donc l'idée a été abandonnée. Pour ce qui est de l'érosion, les recherches bibliographiques n'ont pas permis d'aboutir à un indicateur probant.

#### b) Indicateur sur le paysage

Cet indicateur est censé refléter l'impact de l'agroforesterie sur le paysage. La contrainte majeure ici est que l'harmonie d'un paysage est quelque chose de très subjectif. Pour contourner

ce problème l'indicateur devait mesurer la diversité et la fonctionnalité d'un paysage selon la méthode mise au point par un chercheur du CIRAD (E Torquebiau). Cependant cet indicateur était adapté à l'échelle d'un territoire et non à l'échelle d'une exploitation. Ainsi donc, pour un problème d'échelle, nous n'avons pas pu l'utiliser et avons renoncé à gérer ce critère.

### *c) Indicateur de faune sauvage*

L'idée initiale était de pouvoir quantifier l'effet de l'agroforesterie sur la faune sauvage. D'après les techniciens de la fédération de chasse du Gers et du Lot et Garonne rencontrés, l'effet n'est pas quantifiable à l'échelle d'une exploitation car la faune sauvage se déplace énormément et selon que la parcelle est voisine d'un bois ou d'un cours d'eau, il n'est pas possible de faire des mesures probantes à cette échelle.

## **D. Organisation de la base de données :**

La base de données (Figure 4) est centrée sur l'exploitation. L'exploitation se caractérise par un numéro de SIRET, qui est son identifiant unique, sa clé primaire. Elle a pour attributs :

- Statut juridique
- Nom d'exploitation
- Adresse du siège
- Le n° de téléphone du siège
- Sa SAU
- Altitude
- Type d'agriculture (conventionnelle, raisonnée, bio, ...)
- Identifiant météo

Elle est rattachée à :

- Des projets d'élevage
- Des projets d'agroforesterie
- Des projets de culture
- Une station météo
- Des agriculteurs
- Analyse de sols
- Un bilan économique
- Relevé des indicateurs de performances (évaluation)

Les projets sont une façon de considérer l'utilisation de la surface de manière pertinente. Certains durent une saison (culture) d'autres plusieurs années (agroforesterie), d'autres encore ont une durée indéterminée (élevage) d'où l'intérêt de séparer ces entités.

### **1. Projets/ atelier**

#### *d) L'élevage*

La table « projet élevage » fait le lien entre un élevage et une exploitation agricole. Une exploitation peut avoir plusieurs tables « projets élevage » mais un projet n'appartient qu'à une seule table « exploitation » et une seule table « élevage ». Un « projet élevage » se caractérise par un identifiant d'élevage (officiel) et le n° SIRET d'une exploitation.

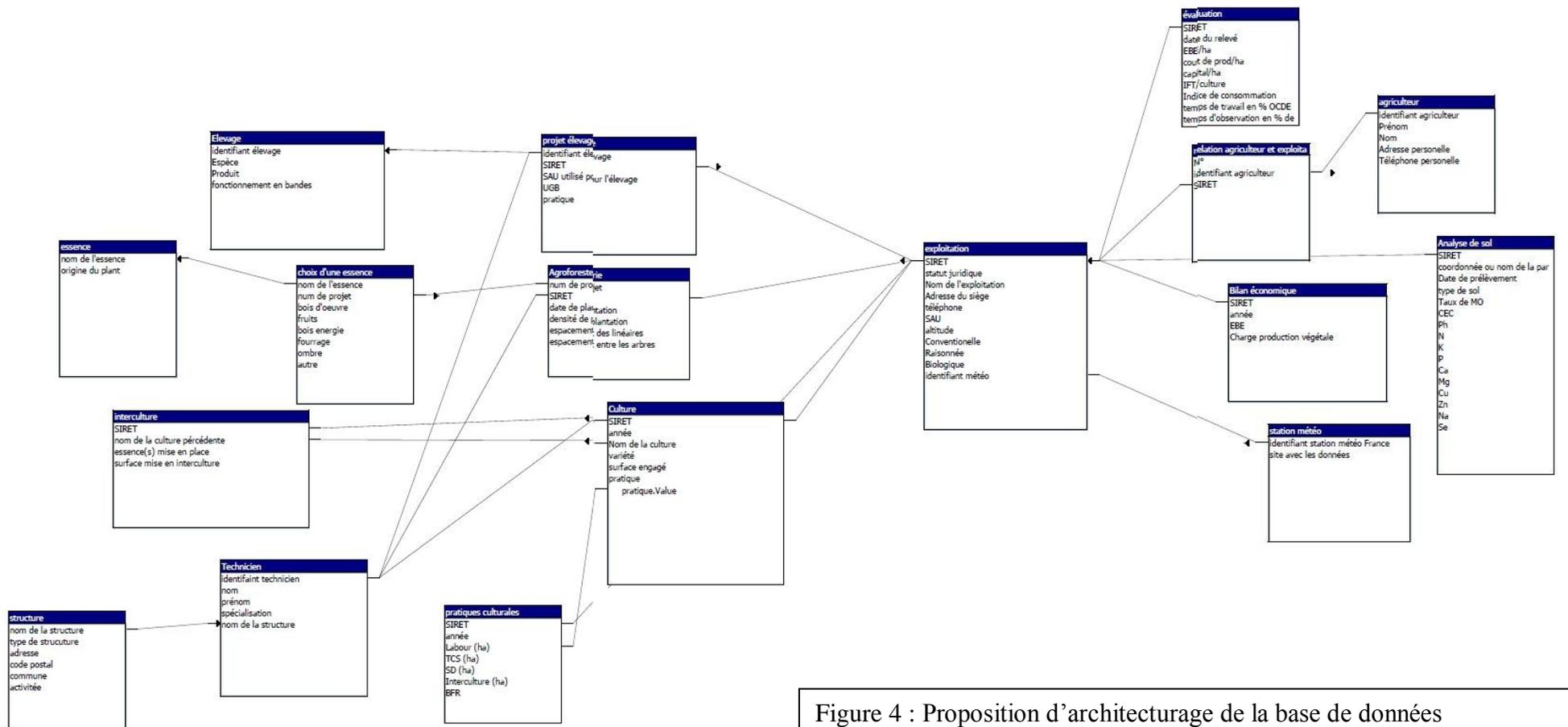


Figure 4 : Proposition d'architecture de la base de données

La table « élevage » est caractérisée par un identifiant d'élevage (automatique) ; il décrit l'élevage fait sur l'exploitation (espèces, type de production,...)

La table « élevage » est renseignée une fois au début et toutes les variables qui peuvent changer dans un élevage au cours de l'activité d'une exploitation sont mises dans la table « projet élevage », (UGB, SAU dédié à l'élevage, pratiques...) c'est elle qui permet d'indiquer les évolutions

### *e) La culture*

La table « culture » est caractérisée par un SIRET, une année, une (ou des) culture(s) et une (ou des) variété(s). Elle a comme attribut une surface engagée. Une culture dure une saison puis une nouvelle culture est mise en place qui est à nouveau entièrement renseignée. C'est pourquoi la table « culture » est renseignée chaque année.

La table « culture » est liée à une table « interculture », s'il y a lieu. Il s'agit de interculture qui précède la culture. Elle est identifiée par un SIRET et le nom de la culture qui la précède. Elle a comme attribut la surface mise en place et les essences semées. A une interculture peut correspondre plusieurs cultures.

### *f) Agroforesterie*

Une parcelle agroforestière est une structure pérenne. La table « agroforesterie » est identifiée par un SIRET et une date de plantation. Une exploitation peut avoir plusieurs tables « agroforesteries », mais une table « agroforesterie » n'appartient qu'à une exploitation. Elle a pour attribut une densité de plantation, un espacement des linéaires d'arbres et un espacement entre les arbres.

La table « essences », se caractérise par le nom d'une essence, et contient les caractéristiques des plants ; cette table est reliée à la table « agroforesterie » par la table « choix des essences ». En effet, une essence peut appartenir à plusieurs projets et un projet peut avoir plusieurs essences. La table « choix des essences » a pour attribut l'utilisation que l'on compte faire de la plantation agroforestière.

## **2. Autres informations**

Chaque exploitation est reliée à une ou plusieurs table(s) « agriculteurs », une table « station météo » et une ou plusieurs table(s) « analyse de sol ».

La table « météo » est à renseigner avec les données fournis par la station privée de l'exploitation ou à défaut, Météo France, afin de caractériser le climat de l'exploitation. Elle est caractérisée par un identifiant de station météo qui est soit automatique, soit fourni par Météo France.

Les agriculteurs pouvant changer dans une exploitation, ils sont mis dans une table à part avec un numéro identifiant automatique.

Enfin, une table « analyse de sol » est rattachée à l'exploitation ; elle est identifiée par un SIRET, une date et des coordonnées (nom de la parcelle, coordonnées GPS...) de prélèvement. Elle contient toutes les informations fournies par les analyses de sols.

### 3. Les techniciens

La table « technicien » est identifiée par un identifiant technicien (automatique). Il a pour attribut les coordonnées du technicien et la structure à laquelle il appartient. Cette dernière occupe une table à part (table « structure ») qui contient les coordonnées de la structure du technicien. La table « technicien » est reliée aux différents ateliers de production via un SIRET et soit une culture, soit un identifiant de projet ou d'élevage.

### 4. Indicateurs

Ceux-ci occupent la table « évaluation » et regroupent tous les indicateurs, ainsi que leurs valeurs. Cette table est identifiée par un numéro de SIRET et une date de relevé des performances. Les indicateurs sont triés par ordre suivant :

- Viabilité économique
- Confort social
- Bilan Gaz à effet de serre et énergie
- Qualité des sols et de l'eau
- Gestion des intrants
- Biodiversité

## E. Proposition de fonctionnement du référentiel

Le référentiel est composé de 3 niveaux qui correspondent à 3 niveaux de renseignement de l'exploitation et d'implication de l'agriculteur dans les travaux de l'AFAF. A chaque fois que l'on passe un niveau, on augmente la finesse et le volume d'information que l'exploitant renseigne et met à disposition. La méthodologie consiste à aller du plus simple au plus compliqué en définissant plusieurs niveaux de finesse de l'information (Figure 5).

- Niveau 1 : Localisation de l'exploitation et informations principales (ex : adresse, atelier, pratiques, taille de l'exploitation...)
- Niveau 2 : Description précise de l'exploitation et des projets (ex : surfaces en agroforesterie,...)
- Niveau 3 : Suivi des mesures, relevés plus précis et assistés

### 1. Recueil et utilisation des données

La création du référentiel commencera « en ligne ». Au début, une personne désirant faire partie du réseau de l'AFAF créera un compte sur le site de l'association. Ce compte lui permettra de se tenir au courant de toutes les activités de l'AFAF, notamment au travers d'une newsletter. Les personnes enregistrées pourront se déclarer en tant qu'agriculteur. Ceux-ci pourront s'ils le souhaitent entrer dans le réseau d'échange de savoir-faire de l'AFAF. L'agriculteur entrera dans le réseau niveau par niveau.

#### a) Niveau 1

Le recueil des informations nécessaires se fera au moyen d'un questionnaire en ligne. Il suffira de s'identifier et de remplir un formulaire très simple. Les données recueillies seront mises à disposition de l'AFAF, consultable et rectifiable sur le site par son auteur. La base de données sera reliée à un logiciel SIG qui géolocalisera automatiquement l'exploitation sur un fond de carte. Ce niveau servira principalement à :

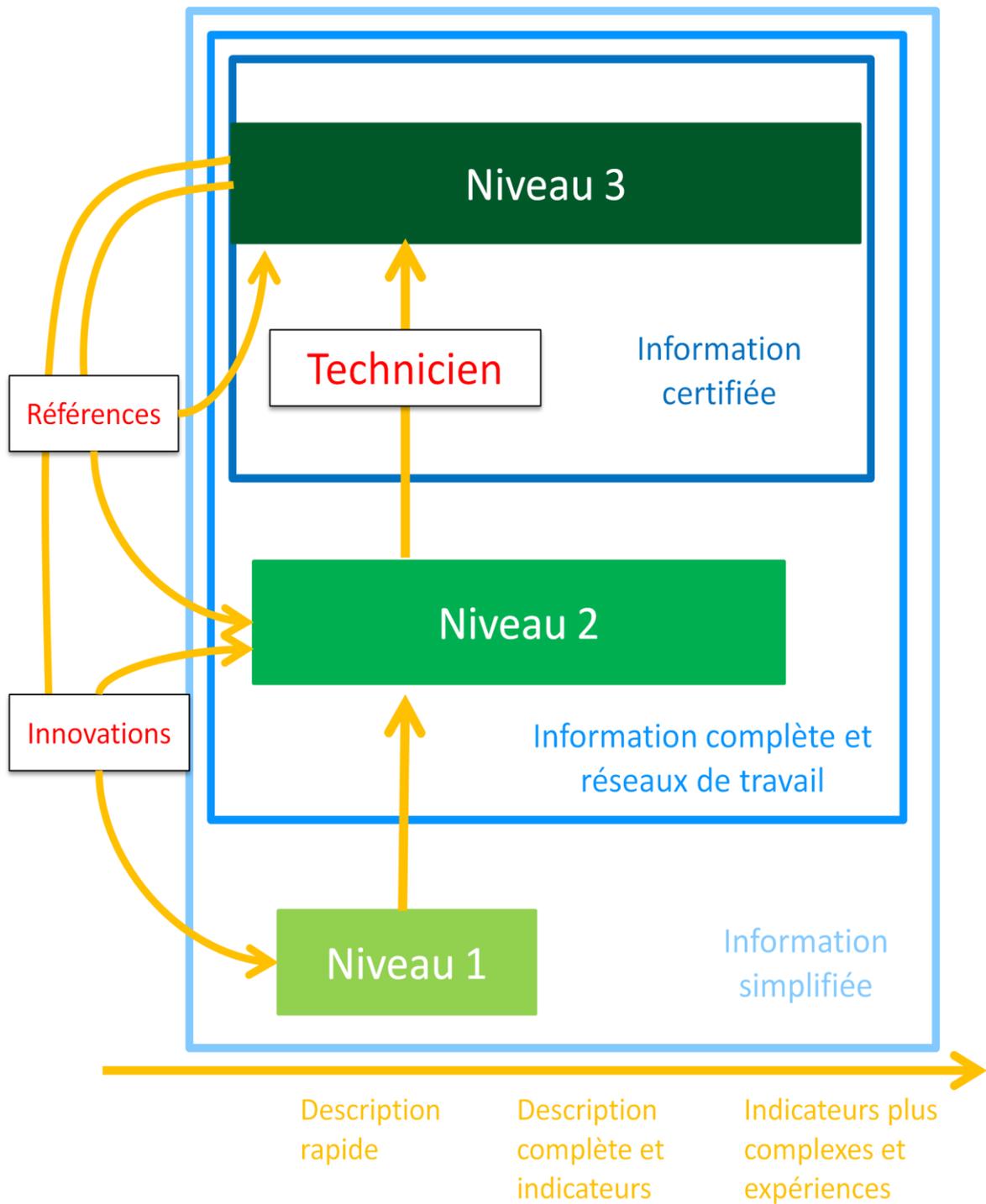


Figure 5 : les données réparties selon les 3 niveaux d'information.

- Localiser et identifier les agriculteurs ayant des systèmes agroforestiers
- Caractériser les systèmes et évaluer leur représentativité (géographique, systèmes...)
- Rendre visible le réseau d'agriculteurs

Les agriculteurs du niveau 1 auront accès à différentes données :

- Les grands chiffres de l'agroforesterie dans leur département et en France
- Un bulletin des données technico-économique de l'agroforesterie en France.
- Différentes informations concernant les pratiques innovantes du réseau en France (recueil de pratiques innovantes)

### *b) Niveau 2*

Au niveau 2, il sera proposé à l'exploitant de prolonger le questionnaire pour continuer à entrer dans le réseau si son exploitation intéresse l'AFAF. A ce stade, son système sera entièrement décrit dans les détails, et l'agriculteur pourra s'auto-évaluer à l'aide des indicateurs proposés. Il pourra par la suite comparer son résultat à la moyenne du réseau. Les résultats seront consultables pour l'AFAF, qui selon ses besoins et l'intérêt de l'exploitation pourra demander à l'exploitant de passer en niveau 3. Le niveau 2 servira à :

- Créer un réseau de parcelles et d'acteurs
- Produire des statistiques
- Répondre aux questions : Où sont les projets ? Combien y en a-t-il ? Sont-ils concentrés dans certaines zones ? Sont-ils représentatifs de tous contextes pédoclimatiques ? des différentes formes d'agriculture ?

Il s'agit ici de repérer les agriculteurs agroforestiers pour créer un réseau de parcelles et de personnes pratiquant l'agroforesterie. En plus des informations du niveau 1, ces agriculteurs auront accès :

- A la géolocalisation des agriculteurs du réseau dans un rayon de 100km autour de leur exploitation
- Aux données générales des exploitations de tout le réseau de l'AFAF (les différents types de systèmes et les agriculteurs concernés)

### *c) Niveau 3*

Au niveau 3, on évaluera au moyen d'indicateurs les données technico-économiques que donnera l'agriculteur pour cerner ses performances. Le niveau 3 débutera par la visite d'un technicien, qui, avec l'agriculteur, (re)collectera l'ensemble des données, effectuera les mesures nécessaires pour avoir les données complètes. Le technicien a pour rôle de vérifier que les données récoltées sont correctes et fiables. A ce niveau, il sera possible de pousser plus loin les indicateurs et de s'affranchir de la nécessité d'avoir des indicateurs utilisables dans une auto-évaluation.

Ces exploitations seront des exploitations pilotes, ce sont elles qui fourniront les références qui permettront au travers des indicateurs et de leur analyse de visualiser ce que doit être la performance moyenne d'une pratique agroforestière et/ou innovante. Leurs performances serviront de points de repère pour les autres agriculteurs souhaitant évaluer leurs performances au niveau 2. Les résultats seront classés en catégories pour aider les agriculteurs à se repérer et évoluer (ex : bon, moyen, mauvais). Le niveau 3 servira à :

- Produire des références techniques
- Mesurer la viabilité de ces systèmes
- Créer des projets de recherche et expérimentation

Les exploitations du réseau qui ont des pratiques uniques, innovantes seront étudiées au cas par cas. Leurs pratiques seront développées et transmises à l'ensemble du réseau agroforestier aux niveaux 1 et 2 via un recueil des innovations, tenu par l'AFAF.

## 2. Analyse des données

### a) Le radar

Le radar est l'outil qu'utilise l'IAD pour analyser les performances d'une exploitation utilisée par l'IAD. On inscrit les valeurs des indicateurs dans un repère à plusieurs axes, un axe par indicateur. On relie entre eux les points de chaque performance inscrit sur les axes. Plus on s'éloigne de l'origine du repère, plus la performance est bonne. On obtient ainsi une vision globale des performances de l'exploitation.

Grâce au radar, on peut comparer les exploitations entre elles en superposant les radars. On peut également mesurer la surface de chaque radar et avoir une vision très globale de l'exploitation. Le radar est un bon outil pédagogique, il donne une vision claire et complète de l'exploitation, on peut y placer des repères qui permettent de se situer vis-à-vis de ce qu'il est possible de faire ou de ce qu'il faut viser comme performance. Néanmoins, on peut difficilement se faire une idée globale de la durabilité de l'exploitation. Le radar convient pour illustrer les performances du niveau 2, mais pour avoir une vision plus poussée, il faut changer de méthode d'analyse des données.

### b) Analyse des frontières de production

L'agriculture est une activité primaire, de production. L'approche à avoir serait donc une approche paramétrique, d'après Ambapour. Les fonctions de production sont en général connues en agriculture. Néanmoins, avec des techniques innovantes, il est difficile d'évaluer l'impact qu'aura la nouvelle technique sur la production. La technologie sous-jacente n'est pas réellement connue et une action n'aura pas qu'un seul output. En effet, ici, on a des services écosystémiques qui rentrent en jeu, en plus de la production primaire. Le lien entre nombre d'arbres/hectare et le rendement hectare n'a pas été mise en équation jusqu'à présent par exemple ; les effets des arbres sur les auxiliaires de culture et la part des auxiliaires de culture sur la baisse des IFT donc le temps de travail et le coût de production n'est pas encore connu non plus. Ces liens dépendent de beaucoup de paramètres. Aujourd'hui, la fonction de production de ces systèmes n'est pas représentable par une fonction composée d'un nombre limité de paramètres connus. On utilisera donc la méthode non paramétrique.

Dans cette méthode, chaque exploitation est comparée aux autres. Si l'exploitation à niveau d'intrant égal se situe sur la courbe, elle est considérée techniquement efficace. Si elle est au dessus, elle ne l'est pas.

*« Pour calculer l'efficacité de chaque exploitation, il faut mesurer l'écart existant entre chacune de ces exploitations et la frontière de production précédemment définie. Les valeurs des écarts sont comprises entre 0 et 1. Raison pour laquelle, toute exploitation située sur la frontière se voit attribuer la valeur de 1 alors que les autres exploitations obtiendront un score inférieur à*

*1, qui sera d'autant plus faible que la situation initiale de l'exploitation est éloignée de la frontière de production.* » (Kane 2012). Ainsi, on pourra mesurer finement l'efficacité d'une exploitation et mieux la situer par rapport au groupe de cette manière.

Dans le référentiel décrit ici, la frontière de production sera définie par des exploitations du niveau 3. Les résultats constitueront la frontière de production, et les exploitations du niveau 2 et 3 pourront être comparées à cette frontière.

### **3. Un référentiel pour développer l'innovation.**

Le niveau 1 sert principalement à localiser les agriculteurs qui cherchent à entrer dans le réseau et qui ont la démarche de chercher des informations concernant l'agroforesterie. Le but de ce niveau est d'évaluer les possibilités de développement de l'agroforesterie, en partant du principe que l'agriculteur qui s'intéresse à la pratique se pose la question de se lancer dans l'agroforesterie. L'intérêt de savoir cela est de pouvoir communiquer auprès des partenaires et des décideurs politiques sur les évolutions possibles de la pratique.

Au niveau 2, on peut créer des groupes de travail. Les informations mise à disposition des agriculteurs doivent permettre aux agriculteurs de faire progresser les innovations ainsi que d'échanger entre eux sur leurs pratiques. Ainsi, on crée un vivier d'agriculteurs dynamiques, curieux et intéressés. L'intérêt principal de ce niveau est de mettre en relation les agriculteurs d'une même région.

Au niveau 3, les agriculteurs travaillent en collaboration avec l'AFAF. Ce niveau alimentera notamment le référentiel sur la partie des données technico-économiques. Des projets de recherche peuvent être développés, notamment pour tester la validité de certaines innovations. Ces innovations, une fois validées, peuvent être transmises à l'ensemble du réseau via par exemple un « recueil des pratiques innovantes ».

L'intérêt de ce recueil est de concentrer toute les idées innovantes valides et de permettre à d'autres agriculteurs de les reprendre pour innover à leur tour, notamment ceux du niveau 1 et 2. Si ceux-ci le souhaitent, et que l'AFAF trouve leur démarche intéressante, ils pourront travailler en plus étroite collaboration avec elle. Le référentiel ainsi construit centralisera l'information des innovations agroforestières ce qui devrait permettre de suivre les principes conseillés par Cacommo :

- «Le savoir faire précède le savoir. Puis le savoir améliore le savoir faire qui à son tour améliore le savoir, et ainsi de suite » → le savoir-faire est centralisé et disponible
- L'innovation évolue et se développe par bond, au gré des rencontres → les agriculteurs ont accès au descriptif des innovations
- La centralisation de l'information est une condition essentielle au développement → l'information est centralisé par l'AFAF

## VI. Analyse et Discussion

### A. Choix des indicateurs

Une partie des indicateurs a été sélectionnée au cours d'un travail antérieur. Ils n'ont pas été réajustés pour prendre en compte l'agroforesterie ; ces indicateurs sont marqués par une (\*). Dans son mémoire, T. Beurion reprend point par point ces indicateurs et les justifie. Leur justification n'est pas reprise ici.

#### 1. Indicateurs économiques

- EBE/ha\*
- EBE/UTH\*
- Capital agroforestier
- Cout de production/ha\*

L'indicateur capital agroforestier montre la plus-value qu'apportent les arbres dans les parcelles. Il est une image de ce que l'agriculteur obtiendrait s'il récoltait ses parcelles agroforestières au moment du relevé. Son intérêt réside dans le fait qu'il peut être pris en compte dans le rendement total de la parcelle. Le but est que cet indicateur soit maximal.

Les calculs de son estimation s'appuient sur des courbes de croissance d'arbres forestiers, par conséquent son estimation est donnée à titre indicatif. En effet, certains experts ont constaté que les arbres agroforestiers produisent jusqu'à 3 fois plus de biomasse que les arbres forestiers. Il est séparé de l'EBE car il ne représente pas un revenu annuel, mais bien une accumulation de capitaux. Cette notion est à souligner particulièrement, car en cas de perte de rendement des cultures, il faudra prendre soin de surveiller l'évolution de la trésorerie. Cet indicateur est donc à mettre en parallèle de l'EBE/ha.

#### 2. Indicateur de confort social

- Temps de travail% ETP
- Temps d'observation % de temps de travail

Le temps d'observation en % d'équivalent temps plein concerne le temps que l'agriculteur passe spécifiquement à l'observation de ses ateliers de production, afin de poser une réflexion sur les actions à mener pour piloter son système. On peut penser que plus celui-ci sera élevé, plus l'agriculteur cherchera à se rapprocher de pratiques innovantes. Cet indicateur est pour le moment une observation à relever pour en tirer des conclusions plus tard. Il est issu des observations du personnel chargé de développer l'utilisation sur le terrain des indicateurs existants.

#### 3. Bilan Gaz à effet de serre et énergie

- TEP prod/TEP conso\*
- Dépendance énergétique
- TEP/UGB\*
- TEP/SAU
- TEP/ha de culture\*
- TEP/SFP\*
- Kg CO<sup>2</sup>/TEP\*

- SAU/TEP\*
- TEP/arbre

TEP/arbre : c'est la quantité d'énergie fixée par les arbres sur toute l'exploitation rapportée à l'arbre. Il permet de compléter le bilan énergétique de l'exploitation.

La dépendance énergétique est un pourcentage entre l'énergie que consomme l'exploitation et celle qu'elle exporte en tant qu'énergie (électricité, bois,...). Plus cet indicateur est élevé, plus l'indépendance est grande. Son intérêt est de pouvoir mettre en parallèle l'énergie que l'exploitation consomme par rapport à celle qu'elle fournit à la société chaque année. Sa juste valeur dépend des objectifs de l'exploitant.

TEP/SAU représente la quantité d'énergie stockée durablement dans le bois ou exportée par hectare que produit l'exploitation. Ces TEP concernent tous les produits exportés de la parcelle (céréales, pailles,...) et l'énergie stockée dans le bois. Il donne une image de toute l'énergie que l'exploitant stocke par hectare en un an ; cette énergie stockée est issue de l'énergie lumineuse. Ainsi, on a une image de l'efficacité avec laquelle l'exploitant valorise la ressource lumineuse.

#### 4. Qualité des sols et de l'eau

- Bilan N\*
- Perturbation du sol\*
- Couverture du sol en %\*
- MO en %

Le taux de MO est révélé par des analyses, il donne une image à un instant donné de l'état des sols de l'exploitation, il n'a de sens que comparé à un autre taux de matière organique, fait au même endroit, mais décalé dans le temps, afin de pouvoir observer une évolution dans le temps de cette qualité. Le but est de faire tendre ce taux vers 4 à 6%.

C'est un indicateur de résultat incontournable, il donne à la fois l'état des sols, une idée sur l'état de l'eau en sortie de parcelle mais également une information sur les pratiques de l'agriculteur, selon que l'indicateur va en augmentant ou en diminuant.

#### 5. Gestion des intrants

- IFT/culture\*
- Irrigation m<sup>3</sup>/ha\*
- Autonomie alimentaire\*

#### 6. Biodiversité

- Surface en biodiversité (% SAU)
- Diversité des cultures\*
- Potentiel mellifère

Le potentiel mellifère donne une estimation de la production primaire de nectar du milieu et est une condition pour avoir des pollinisateurs en bonne santé. Les propositions du rapport du ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt de 2012 sur la durabilité de l'apiculture (Gerster 2012) vont dans ce sens, notamment en proposant le retour dans les campagnes d'une diversité florale pour la santé des abeilles. D'après une étude de la chambre d'agriculture du Tarn et Garonne (Tonin 2012), les apiculteurs considèrent que la perte de

biodiversité florale est une cause importante de la mortalité des abeilles, et des pertes de rendement des ruches. Cet indicateur va également dans le sens du plan de relance du secteur apicole voulu par le ministre de l'agriculture, S. Le Foll. (la France agricole 2013)

Les SET sont une obligation réglementaire. Il faut au moins 4% de SET par exploitation. Cet indicateur permet de savoir si l'agriculteur respecte cette contrainte ou s'il est au delà de la norme requise.

## B. Utilisation dans le référentiel

Le référentiel est composé de 3 niveaux. Ces trois niveaux permettent de ventiler et de filtrer les niveaux d'information. Le premier niveau est celui qui contient le plus d'exploitations, mais le moins d'information. Lorsque l'on arrive au niveau 3, on a beaucoup d'information mais un nombre limité d'exploitations. Le Niveau 2 est en quelques sortes un niveau d'évaluation des exploitations, un niveau servant à mieux connaître les agriculteurs et leurs pratiques.

### 1. Une démarche robuste

Pour être efficaces et pertinents, les informations proposées par le référentiel sont en lien avec les enquêtes de terrain et répondent à des questions de terrain.

La stratégie engagée par l'Association Française d'AgroForesterie est de travailler en se basant sur des expériences vécues en situation réelle plutôt que sur des modèles ; même si ces derniers dans un premier temps peuvent servir à donner un ordre d'idée des performances à venir.

C'est une des fonctions des indicateurs que d'indiquer des performances dans une situation connue sur un système défini. Celles-ci permettront de qualifier les performances observées en fonction de la situation et du système de l'exploitation concernée, puis de faire un rapprochement avec d'autres exploitations afin de comprendre l'influence des différents paramètres.

Une autre fonction des indicateurs est de pouvoir les comparer d'une année sur l'autre. En effet les fluctuations et les évolutions des performances de l'exploitation seront suivies en comparant dans le temps. D'une année sur l'autre, les indicateurs suivront les modifications des performances de l'exploitation. A terme, avec un nombre suffisant de données, il sera sans doute possible de lier les pratiques à leurs effets sur les performances, à moyen et long terme.

### 2. Les acteurs qui participeront à sa création.

Un référencement des agriculteurs pratiquant les SCV et qui sont membres de l'IAD existe. Les agriculteurs qui travaillent avec cet institut sont habitués à l'évaluation de leurs pratiques et refont des points régulièrement. L'AFAF a de l'expérience technique en agroforesterie et connaît dans son réseau un nombre important d'agriculteurs agroforestiers. Pour construire ce référentiel, la mise en commun des informations déjà collectées par les deux associations représente une source d'information complémentaire pouvant servir de base. Comme expliqué dans le contexte, les deux structures travaillent ensemble depuis plusieurs années. Ce projet arrive donc au bon moment.

## C. Limite des indicateurs

Il n'a pas été possible de mesurer certains paramètres évoqués par les agriculteurs :

- Erosion : des raisons techniques (difficile voir impossible à mesurer à notre échelle)

- Economie et qualité de l'eau : des raisons de cahier des charges (certaines mesures sur le terrain étaient trop lourdes à mettre en place)
- Paysage : des raisons d'échelle
- Le fait qu'un indicateur ne soit pas la bonne réponse (engagement sur le long terme)

### 1. Un ensemble déséquilibré

On peut voir un déséquilibre dans les indicateurs proposés. En effet, 9 indicateurs concernent les bilans énergétiques, 5 la qualité des sols et 4 la biodiversité, ce qui fait 18 indicateurs pour l'environnement, 2 pour le social et 6 pour l'économie (4 pour la viabilité économique et 2 pour la gestion des intrants).

L'agriculture a un impact fort sur l'environnement, il est donc logique qu'il y ait beaucoup d'indicateurs dans ce domaine. Néanmoins, certains indicateurs sont liés à une économie d'énergie donc de charges. Ils ont par conséquent une influence sur l'état économique de l'exploitation. De même, la société évolue vers une rémunération des services écologiques, notamment la fixation de CO<sup>2</sup>. A terme, ces indicateurs pourraient mesurer des effets qui seront source de revenus pour une exploitation.

### 2. Pas de période de test

La principale limite de ces indicateurs est qu'ils n'ont pas été testés en situation réelle (mis à part ceux déjà utilisés par l'APAD). Il est donc pour le moment impossible de savoir s'ils permettront de fournir des conclusions exploitables aux agriculteurs. Une autre limite est la volonté des exploitants « en test » de renseigner les informations sollicitées ; d'autre part, « l'erreur est humaine » et la complexité des renseignements demandés peut devenir source d'imprécisions.

C'est notamment le cas pour le potentiel mellifère. Renseigner les essences et le nombre d'arbres plantés ou décrire les haies où des plantations peut être un travail initial long et fastidieux. Par la suite, une simple mise à jour avec les éventuelles mesures faites sur le terrain suffira.

### 3. Des simplifications

Le calcul de la biomasse est fait à partir d'une estimation basée sur deux essais dont les résultats, bien que très différents ont été moyennés. Le choix d'avoir fait une moyenne est arbitraire, et le choix des essais a été fait par défaut. Il serait nécessaire d'avoir d'autres essais pour avoir des valeurs plus fiables. Sur ce point, le manque de parcelles mûres limite énormément les travaux de collecte de données, comme le pointe la synthèse bibliographique du CASDAR 2009/2011 (Wartelle et Dreyfus). Ce résultat est donné à titre purement indicatif et ne donne pas un résultat exact. C'est un point à améliorer, mais les indicateurs se veulent simples, pour que les agriculteurs puissent s'en servir facilement, il faut donc trouver un compromis entre exactitude et simplicité. Une solution alternative est de parvenir à faire le lien entre la taille des charpentes et le volume de biomasse produite, mais aucun projet de recherche n'existe à ce jour sur ce point.

La mesure du potentiel mellifère est basée sur une modélisation des arbres, haies et parterres validée par une thèse. Mais les volumes de nectar produit à l'hectare de surface de fleurs varient d'une publication à une autre. Cela est dû au fait que la production de nectar est très variable

selon les conditions de croissance de la plante au cours de la saison (Guerriat 1996). D'autre part, ce volume correspond au volume produit dans des conditions optimales, ce qui n'est pas toujours le cas. Ainsi, mise à part l'enchaînement des périodes de floraison, le résultat de l'indicateur est une estimation des volumes maximaux produits. Encore une fois, l'absence de mesure sur le terrain limite le champ d'action.

## **D. Pour aller plus loin avec les indicateurs**

### **1. De nouvelles sources de revenu**

Un autre but de ces indicateurs est de pouvoir valoriser les services que les agriculteurs rendent à la société et qui jusqu'à aujourd'hui ne le sont pas. Citons par exemple le paysage, la fixation du carbone et la production potentielle de nectar dans la parcelle.

Les sols agricoles constituent un réservoir potentiel de carbone considérable. Pour lutter contre le réchauffement climatique, dont la récente déclaration de Majuro expose une nouvelle fois les enjeux gravissimes, la fixation de CO<sup>2</sup> de l'air est primordiale. Les récentes déclarations du ministre de l'écologie, Philippe Martin (Livolsi 2013) portent à croire que la fixation du carbone dans les sols agricoles sera demain une source probable de revenus pour l'agriculteur. Quantifier ce stock est donc nécessaire aujourd'hui pour pouvoir le valoriser demain et répondre à une éventuelle baisse de revenu liée aux changements de pratiques.

L'abeille est considérée comme un bio-indicateur très important. Favoriser son alimentation, c'est favoriser son développement et son état de santé et donc favoriser le développement de tout un écosystème. Les apiculteurs pourraient tirer un avantage considérable de ces nectars disponibles, ils pourraient aussi participer d'une manière ou d'une autre au maintien et au développement de ces agro-écosystèmes. On peut également prendre en compte que les végétaux fournissent le premier maillon d'une chaîne trophique et notamment des fruits. Or ceux-ci sont conditionnés par la floraison qui est modélisée par le potentiel mellifère. On peut donc penser qu'un potentiel mellifère important, diversifié et étalé sur l'année sera garant d'une bonne source de nourriture pour la faune sauvage une fois parvenu à la fructification.

L'industrie du tourisme profite souvent avantageusement de l'image que renvoient les paysages ruraux français. Cette image contribue également au bien être des personnes et plus spécifiquement à la valorisation des biens immobiliers. Un même bien immobilier placé dans deux paysages différents n'aura pas la même valeur. Ces derniers ont donc une valeur non négligeable. Les nouvelles pratiques qui sont évoquées dans ce rapport impactent fortement le paysage. Pouvoir quantifier cet impact permettrait d'apporter un regard sur les modifications à priori positives qu'elles apporteraient et estimer le gain de valeur. Néanmoins, ce travail dépasserait le cadre de l'unique exploitation.

### **2. Les connaissances nécessaires pour repousser les limites**

Pour Caccomo, une innovation évolue, en faisant des allers-retours entre le savoir et le savoir-faire. Il semble aujourd'hui que beaucoup de savoir-faire ait été accumulé mais que les savoirs n'ont pas suivi. De nombreux scientifiques sont intéressés par les performances et les valeurs qui viennent des essais agroforestiers chez les agriculteurs. C'est un signe encourageant pour penser que l'agroforesterie continuera à être encadrée par la science, puisque justement elle l'intéresse.

Dans les indicateurs proposés, le potentiel mellifère est un indicateur dont la connaissance peut encore largement évoluer. Il a assez peu été étudié, et les données sont partielles, et parfois contradictoires selon la source sur les potentiels de production des plantes. Un référentiel global sur ce point permettrait d'estimer les performances de manière homogène. Les dates de floraison, afin de faire un suivi tout au long de l'année des successions de floraisons, sont également un problème et toutes les publications ne s'accordent pas sur les dates et sont souvent assez vagues. Une proposition avait été faite d'exprimer les dates de floraison des arbres, arbustes et herbacés en somme de température, mais les données manquaient sur ce point. La solution a été de l'exprimer en phénophases. Cet étalonnage a l'avantage d'avoir été testé dans le calcul des potentiels mellifères, mais il n'est pas très répandu, et une liste complète des essences avec les phénophases auxquelles elles appartiennent permettrait d'avoir une base commune pour exprimer les successions des floraisons dans le temps.

La complexité de la croissance des arbres en fonction des essences et les nombreux facteurs qui peuvent jouer dans la production de biomasse, notamment le fait qu'ils poussent en plein champ et non en futaie rendent ces mesures clairement insuffisantes pour prédire la production de biomasse avec précision. Ce problème est encore plus vrai pour les haies. Pour faire évoluer les mesures vers plus d'exactitude, il faudra attendre que les parcelles plantées ces dernières années arrivent à terme. Un autre moyen pour pouvoir estimer la biomasse d'un arbre est de partir de mesures simples faites sur lui (diamètre du tronc, des charpentières, et plus grosses branches) mais là encore, la recherche ne peut pas apporter une réponse sur ce point. Une question a également été posée sur la hauteur maximale des arbres en agroforesterie, afin de plafonner les estimations de croissance qui sont faites. Elle est pour le moment toujours sans réponse.

## E. Perspectives

Les indicateurs n'ont pas été testés, il faudrait qu'ils le soient dans la suite du projet, avant de les mettre en situation réelle. Un certain nombre d'agriculteurs du Gers a mis en place des systèmes agroforestiers de 3<sup>ème</sup> génération, d'autres ont utilisé des systèmes de 2<sup>ème</sup> génération, d'autres ne pratiquent que le SCV. Cette diversité de situation est idéale pour tester les indicateurs dans différentes configurations mais aussi comparer les résultats.

Cet ensemble d'indicateurs est une proposition, un premier travail, dont le but est de poser les premières bases d'un travail complet d'évaluation de l'agroforesterie de 3<sup>ème</sup> génération, et de ses évolutions. Cet ensemble est appelé à être modifié par la suite, réajusté et étoffé en fonction des retours du terrain et des prochaines évolutions que peut prendre l'agroforesterie.

L'AFAF et l'IAD ont tout intérêt à s'associer dans ce travail, afin de partager leurs outils, leurs réseaux et les connaissances. Un des points cruciaux est de pouvoir faire progresser la recherche efficacement. En tirant leur légitimité des agriculteurs qu'ils représentent ou conseillent, ces structures peuvent poser les bonnes questions aux chercheurs. Les réponses sont nécessaires aux agriculteurs et aux développeurs, mais souvent complexes, incomplètes ou inconnues.

En se réunissant autour d'un projet, Agr'eau, l'AFAF et l'IAD ont donné des signes crédibles qu'elles étaient capables de travailler ensemble. Cette association de structures permettra

certainement d'être une force plus importante dans la recherche de financement pour combler le retard des connaissances en agroforesterie.

## VII. Conclusion

Développer l'agroforesterie demande de convaincre les agriculteurs de son intérêt ; les agriculteurs ont besoin de renseignements technico-économiques pour adopter l'agroforesterie. En effet, ils redoutent :

- Des pertes de revenu à court, moyen et long terme
- Une baisse du rendement due à la concurrence de l'arbre sur la culture
- La gêne occasionnée par les arbres pour la mécanisation
- La concurrence à l'eau entre les arbres et les cultures
- La complexité du système
- L'augmentation du temps de travail
- L'Engagement sur le long terme dans un projet de production figé

Pour répondre à ces appréhensions, nous ne disposons pas d'indicateurs qui mesurent les effets de la pratique agroforestière au sein d'une exploitation.

Nous avons donc pris des indicateurs utilisés par une association partenaire de l'AFAF pour travailler sur la durabilité des exploitations et pouvant répondre à notre demande, mais ceux-ci ont été étudiés pour mesurer la durabilité des exploitations « classiques ». Parmi eux, certains indicateurs donnent des informations sur les effets de la pratique agroforestière et seront utilisés tel quel, d'autres nécessitent une adaptation des formules de calcul.

Certains effets de l'agroforesterie ne sont pas mis en valeur par les indicateurs proposés. Il nous a donc fallu les qualifier ; ce sont :

- Le capital agroforestier
- Le temps d'observation
- Le bien-être animal
- Le potentiel mellifère

Ces indicateurs sont utilisés dans un référentiel composé de 3 niveaux de référencement des exploitations :

- Niveau 1 : localisation des exploitations
- Niveau 2 : description et autoévaluation des exploitations
- Niveau 3 : suivi des exploitations et création des références.

Ce référentiel permet de faire un tri entre les exploitations, en ayant une approche macroscopique de l'ensemble des structures, puis une approche microscopique en s'appuyant sur un technicien. Les innovations des exploitants du réseau peuvent, au travers de ce système être identifiées, évaluées et diffusées.

Pour aller plus loin, il serait intéressant de pouvoir aussi évaluer de manière plus précise les exploitations sur la mesure de :

- Leur biodiversité pour prendre en compte les pollinisateurs
- Volume de biomasse produite annuellement pour faire un bilan carbone
- La préservation des sols et de l'eau, tant en qualité qu'en quantité.
- La préservation du paysage et de la faune sauvage.

Ces critères ne sont pas encore mesurables ; on ne peut, aujourd'hui, que les estimer.

Les indicateurs modélisables permettent de mettre à la disposition des acteurs de l'agroforesterie des informations jusqu'alors non accessibles ; leurs calculs permettront d'établir un bilan plus précis de l'état de l'agroforesterie en France.

# Bibliographie

---

- AFAF. 2013. « Agr'eau - Association Française d'agroforesterie ». <http://www.agroforesterie.fr/agreau.php>.
- . 2013. « CAS DAR 2009 / 2011 ». Consulté le novembre 4. <http://www.agroforesterie.fr/CASDAR/20092011/casdar0911.html>.
- Agence de l'eau Adour Garonne. 2012. « Qualité des eaux et produits phytosanitaires sur le bassin Adour-Garonne Situation 2012 ». Bilan de situation. Agence de l'Eau Adour Garonne.
- Ambapour, Samuel. 2001. « estimation des frontière de production et mesure de l'efficacité technique ». Bureau d'Application des Methodes Statistiques et Informatiques.
- Arbre & Paysage 32. 2013. « Aménagement agroforestier et biodiversité fonctionnelle ». <http://www.agroforesterie.fr/documents/Fiche-Biodiversite-CASDAR-agroforesterie-AP32.pdf>.
- Baron, Sylvain. 2013. « LA PROTECTION DE L'EAU PAR LE RETOUR DES MATIERES ORGANIQUES A LA SURFACE DU SOL ». Mémoire de fin d'étude. Purpan: Ecole d'ingénieur agronome de Purpan.
- Brady, Nyle C, et Weil. 1996. *The Nature and Properties of Soils*. London: Prentice-Hall International.
- CA Aquitaine. 2012. « Notice d'information AREA-PVE 2012 PLAN VÉGÉTAL ENVIRONNEMENT POUR UNE AGRICULTURE RESPECTUEUSE DE L'ENVIRONNEMENT EN AQUITAINE ». Chambre d'Aggricature. [http://www.aquitainagri.fr/fileadmin/documents\\_craa/AREA/AREA-PVE\\_-\\_Notice\\_2012\\_-\\_v4.pdf](http://www.aquitainagri.fr/fileadmin/documents_craa/AREA/AREA-PVE_-_Notice_2012_-_v4.pdf).
- Caccommo, Jean Louis. 2005. *L'épopée de l'innovation - Innovation technologique et évolution économique*. L'Harmattan.
- . 2012. « Le pari de l'innovation ». [Http://caccommo.blogspot.fr/](http://caccommo.blogspot.fr/). *caccommo blogspot*. <http://caccommo.blogspot.fr/2012/08/le-pari-de-linnovation.html>.
- CEREG Massif Central. 2009. « Evaluation environnementale du 4ème programme d'action concernant la protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole. » Haute Garonne: DDEA. [http://www.haute-garonne.equipement-agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/EE\\_RAPPORT\\_cle762ac7.pdf](http://www.haute-garonne.equipement-agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/EE_RAPPORT_cle762ac7.pdf).
- Chenu, Claire, Yves Le Bissonais, et Dominique Arrouays. 2000. « Organic Matter Influence on Clay Wettability and Soil Aggregate Stability ». *Soil Science Society of America Journal*. 02/09/2013.
- CIRAD. 2010. « La nature comme modèle pour une intensification écologique de l'agriculture ». CIRAD. [www.cirad.fr/content/download/4129/35997/.../1/.../Cirad-SIA2010.pdf](http://www.cirad.fr/content/download/4129/35997/.../1/.../Cirad-SIA2010.pdf).
- Cordonnier, Thomas. 2007. « Du diagnostic à l'action créer les conditions d'une gestion intégrée et viable des écosystèmes forestiers sur les territoires ». Cemagref. <https://forgeco.cemagref.fr/>.
- cours des comptes. 2002. « LA PRÉSERVATION DE LA RESSOURCE EN EAU FACE AUX POLLUTIONS D'ORIGINE AGRICOLE : LE CAS DE LA BRETAGNE ». Paris: République Française. <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/024000109/0000.pdf>.
- Deconchat, Marc, et Gérard Balent. 1996. « le contrôle de flux polluants par l'aménagement des zones tampons ». Castanet Tolosan.

- [http://www7.inra.fr/internet/Departements/SAD/rub3resu/EtudEtRech/er29\\_chap06.pdf](http://www7.inra.fr/internet/Departements/SAD/rub3resu/EtudEtRech/er29_chap06.pdf).
- Dupraz, Christian, et Fabien Liagre. 2011. *Agroforesterie: des arbres et des cultures*. France agricole. Paris: Éditions France agricole.
- Encyclopédie Universalis. 2013. « BIOCÉNOSES - Encyclopædia Universalis ». [http://www.universalis.fr/encyclopedie/biocenosés/#i\\_26760](http://www.universalis.fr/encyclopedie/biocenosés/#i_26760).
- Estrade, Jean Roger, Guy Richard, et Jérôme Labreuche. 2011. « Effets de l'adoption des techniques culturales sans labour (TCSL) sur l'état physique des sols : conséquences sur la protection contre l'érosion hydrique en milieu tempéré ». Synthèse bibliographique. Paris: Cahier de l'agriculture. [http://www.jle.com/e-docs/00/04/71/54/vers\\_alt/VersionPDF.pdf](http://www.jle.com/e-docs/00/04/71/54/vers_alt/VersionPDF.pdf).
- FAO. 2007. « La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture ». Rome: FAO.
- Gayaud, Benoit. 2009. « l'agroforesterie en Aquitaine ». Mémoire de sciences politiques. université Montesquieu Bordeaux IV.
- Gerster, François. 2012. « Plan de développement durable de l'apiculture ». CGAAER CGAAER N° 11 174 - 01. Paris.
- Girardin, Philippe, Laurence Guichard, et Christian Bockstaller. 2005. *Indicateurs et tableaux de bord: guide pratique pour l'évaluation environnementale*. Paris: Éditions Tec & Doc : Lavoisier.
- Guerriat, H. 1996. *Etre performant en apiculture / H. Guerriat*. Daussois: H. Guerriat.
- Guillou, Marion, Hervé Guyomard, Christian Huyghe, et Jean-Louis Peyraud. 2013. « Vers des agricultures doublement performantes pour concilier compétitivité et respect de l'environnement ». ministère de l'agriculture. [http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Agroecologie\\_-\\_Rapport\\_double\\_performance\\_pour\\_le\\_MAAF\\_-\\_note\\_principale\\_et\\_annexes\\_-\\_VF\\_cle899e18.pdf](http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Agroecologie_-_Rapport_double_performance_pour_le_MAAF_-_note_principale_et_annexes_-_VF_cle899e18.pdf).
- Janssens, Xavier, Étienne Bruneau, et Philippe Lebrun. 2006. « Prévision des potentialités de production de miel à l'échelle d'un rucher au moyen d'un système d'information géographique ». Louvain-la-Neuve. <http://www.edpsciences.org/10.1051/apido:2006006>.
- Kane, Gille Quentin. 2012. « Analyse des performances productives des exploitations familiales agricoles de la localité de Zoetelé ». Yaoundé.
- Karlen, D.L., M.J. Mausbach, J.W Doran, R.G Cline, R.F Harris, et GE Schuman. 1997. « Soil Quality: A Concept, Definition, and Framework for Evaluation ». *Soil Science Society of America Journal*.
- La construction du sens dans les politiques publiques : débats autour de la notion de référentiel*. 1995. Collection Logiques politiques 29. Paris: Harmattan.
- la France agricole. 2013. « Apiculture Stéphane Le Foll annonce un plan pour dynamiser le secteur ». *la france agricole.fr*, février 8, Groupe la France Agricole édition, sect. Apiculture.
- Lapierre, Catherine. 2010. « Les lignines, des polymères uniques au monde » Académie d'Agriculture. [http://www.academie-agriculture.fr/mediatheque/seances/2010/20100217presentation1\\_integral.pdf](http://www.academie-agriculture.fr/mediatheque/seances/2010/20100217presentation1_integral.pdf).
- Livolsi, Goeffrey. 2013. « Philippe Martin annonce la création d'une «taxe carbone» ». *Liberation*, août 23, Liberation édition, sect. Politique.
- Maurizi, Brigitte, et Jean-Louis Verrel. 2002. « Des indicateurs pour les actions de maîtrise des pollutions d'origine agricole ». *Ingénieries-EAT* (30). <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00464684/>.
- Métral, Rapahaël. 2005. « Bilan économique et environnementale des projets existants-Groupe de Travail - GT6 ». Mission DAR 321. Programme Agroforestier 2006/08. Mont

- pellier: Mont pellier SupAgro.  
<http://www.agroforesterie.fr/CASDAR/20062008/rapports0608/R62.pdf>.
- Mission Bocage. 2012. « quels intérêt pour le monde agricole à s’inscrire dans la démarche de compensation? » février. [http://www.urcpi-paysdelaloire.org/ressources/Copie\\_de\\_ATELIER\\_1\\_LAURENDEAU.pdf](http://www.urcpi-paysdelaloire.org/ressources/Copie_de_ATELIER_1_LAURENDEAU.pdf).
- Monnier, G, G Thevenet, et B Lesaffre. 1994. « Simplification du travail du sol: Paris (France), 16 mai 1991 ». In INRA.
- Moreno, G., J. J. Obrador, E. Cubera, et C. Dupraz. 2005. « Fine root distribution in dehesas of central-western Spain ». *Plant and Soil* 277 (1-2): 153–162.
- Morinay, Antoine. 2012. « Analyse sociotechnique des facteurs d’adoption et de rejets de l’agroforesterie moderne en Pays d’Armagnac ». Auch.
- Nair, P. K. R. 1993. *An Introduction to Agroforestry*. ICRAF. Dordrecht; Boston: Kluwer Academic Publishers in cooperation with International Centre for Research in Agroforestry.  
<http://www.worldagroforestry.org/units/Library/Books/Book%2032/an%20introduction%20to%20agroforestry/html/index.htm?n=0>.
- Obrador-Olán, J. J., E. García-López, et G. Moreno. 2004. « Consequences of dehesa land use on nutritional status of vegetation in Central-Western Spain ». *Sustainability of agrosilvopastoral systems. Advances in geoecology* 37: 327–340.
- OCDE. 1993. « Corps central d’indicateurs de l’OCDE pour les examens des performances environnementales ». *Monographie sur l’environnement* (83). Monographie sur l’environnement: 36.
- ONU. 2012. « Qu’est ce que la durabilité - “Rio+20” L’avenir que nous voulons ». janvier 12. <http://www.un.org/fr/sustainablefuture/sustainability.shtml>.
- Ori, Danielle, Camille Béral, et Fabien Liagre. 2012. « Enquêtes sur le potentiel de développement de l’agroforesterie et des pratiques agricoles plus respectueuses de la ressource en eau ». Enquêtes. Anduze: AGROOF.
- Palm, Cheryl Ann. 1995. « Contribution of agroforestry trees to nutrient requirements of intercropped plants ». In *Agroforestry: Science, Policy and Practice*, 105–124. Springer. [http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-0681-0\\_5](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-0681-0_5).
- Peschard, D, M.B Galan, et H Boizard. « Tools for evaluating the environmental impact of agricultural practices at the farm level: analysis of 5 agri-environmental methods ». OCDE.
- Robert, Michel, et Bernard Saugier. 2003. « Contribution des écosystèmes continentaux à la séquestration du carbone ». *Comptes Rendus Geoscience* 335 (6-7) (juin): 577–595. doi:10.1016/S1631-0713(03)00094-4.
- Séguy, Lucien. 2001. « Systèmes de culture et dynamique de la matière organique ». CIRAD.
- Sekiya, Nobuhito, et Katsuya Yano. 2004. « Do pigeon pea and sesbania supply groundwater to intercropped maize through hydraulic lift?—Hydrogen stable isotope investigation of xylem waters ». Article de recherche fondamentale volume 86. Japon: Field Crops Research. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429003001916>.
- Soils and global change*. 1995. Lewis Publishers. Advances in soil science. Boca Raton: Lewis Publishers.
- Steppler, Howard A, et P. K. R Nair. 1987. *Agroforestry, a Decade of Development*. Nairobi: International Council for Research in Agroforestry.
- Sustainable Agriculture Research & Education (Program). 2007. *Managing cover crops profitably*. 3rd ed. Handbook series bk. 9. College Park, MD: SARE.
- Tonin, Nicolas. 2012. « Création d’un partenariat Agriculteurs-Apiculteurs ». Enquête présenté à projet terre d’Api 82, novembre, Tarn et Garonne. <http://www.abeille-tarnetgaronnaise.fr/Files2012/Partenariat.pdf>.

- Van Lerberghe, Philippe. 2012. « L'agroforesterie, qu'es aquò? » Forêt-entreprise.  
[http://www.agroforesterie.fr/documents/Foret\\_entreprise\\_205\\_agroforesterie\\_introduction.pdf](http://www.agroforesterie.fr/documents/Foret_entreprise_205_agroforesterie_introduction.pdf).
- Wartelle, Régis, et Jérémy Dreyfus. « Améliorer l'efficacité agro-environnementale des systèmes agroforestiers en grandes cultures ».

# Table des Figures :

---

Figure 1 : Bassin versant Adour/Garonne

Figure 2 : Comparaison des outils d'évaluation

Figure 3 : Radar et grille d'évaluation

Figure 4 : Proposition d'architecturage de la base de données

Figure 5 : les données réparties selon les 3 niveaux d'information.

# Liste des tableaux

---

Tableau 1 : Indicateur de l'IAD

Tableau 2 : Les indicateurs qui prennent en compte l'agroforesterie

# Annexe 1

---

*Calcul des indicateurs (annexe confidentielle, contacter l'IAD)*

# Annexe 2

---

*Détail des calculs des indicateurs complémentaires*

## *Mode de calcul de la valeur des arbres avec FarmSAFE (F. Liagre par mail)*

On distingue 3 classes de prix (A, B, C) en fonction de la qualité. Le volume A (Bille) + B (Surbille) est indiqué en donnée d'entrée. On indique la proportion de bois A / au bois B. Le volume B est donc déduit.

Pour le bois de qualité C, on doit affecter un pourcentage par rapport au volume de bois d'oeuvre (A+B).

Ensuite, on ajoute également des rémanents type branches pour BRF. Eventuellement pour du bois énergie.

Je vais ajouter un module biomasse pour bien distinguer ces produits (BRF et plaquettes par ex que l'on peut obtenir à partir du volume C - bois de qualité industrie).

Je ne prends pas en compte la forme du tronc, je fais une moyenne (si je me rappelle bien!...). Car je pars d'un volume objectif et non d'un diamètre.

Pour le prix, on donne les prix moyens de la revue forestière privée. Il donne une fourchette. Ensuite, je calcule une moyenne à dire d'expert, de ce que je peux voir de mon côté sur le terrain.

Cela nous donne le prix A. Pour le prix B, on le déduit en fonction de ce prix (généralement 50%, paramètre qu'on peut éventuellement modifier).

Mais ce qui est intéressant de toute façon, c'est de pouvoir mener une étude de sensibilité avec ces chiffres. Une fois qu'on attribue un prix, on ne le prend pas pour argent comptant! Il faut le faire varier par ex de + ou moins 50% et apprécier ainsi la rentabilité du projet en fonction du risque de fluctuation des prix. C'est donc pour cela, qu'on peut simplifier la méthode de calcul tant que cela reste acceptable. On ne fait pas un travail d'expert pour mesurer le volume exact d'un arbre... qui est virtuel (on le fait pour expertiser un peuplement réel). Si on travaille sur un cas où on a les volumes finaux, il suffit de les intégrer directement dans le modèle, cela suffit.

## *Interprétation et formule de calcul*

La difficulté réside dans le fait que l'agroforesterie n'apporte pas de revenu annuel, donc le relever est délicat à mettre en place. L'apport financier fait par la vente éventuelle de plaquette forestière, de fruits ou d'autres produits dérivés de l'arbre est pris en compte dans l'EBE de l'exploitation et ressort dans les indicateurs initiaux de l'IAD. Ceux des économies ou des dépenses liées à la présence de l'arbre dans la parcelle également (cout de travail occasioné). Seul le capital que représente l'arbre n'est pas pris en compte ; d'où la création de cet indicateur « capital agroforestier ».

Le logiciel FarmSAFE développé par AGROOF pour faire de la modélisation de plantation estime les valeurs à x années d'une plantation. Pour cela, il utilise des courbes de croissance d'arbres forestiers et estime une valeur de la plantation en fonction de la taille estimée des arbres, de leur diamètre et hauteur de tronc et du cours moyen du bois sur une période. Le logiciel considère trois types de bois, A (la bille), B (la surbille) et C (branches). Le volume de A est calculé en fonction du diamètre et de la hauteur de la bille, B est déduit lorsque l'on indique la proportion de A par rapport à B et C est un pourcentage de A+B. La valeur de A est celle du cours du bois moyen, celle de B est 50% de cette valeur.

Ainsi la valeur d'un arbre sera :

$$V = \left( \pi \left( \frac{d}{2} \right)^2 * h \right) * pA + \left( \pi \left( \frac{d}{2} \right)^2 * h \right) * \tau * pA * 0,5$$

- d : diamètre de l'arbre à hauteur d'homme
- h : hauteur de la bille
- pA : cours du bois
- $\tau$  : ratio B/(A+B)

### *Détail des calculs de l'indicateur potentiel mellifère*

#### Indicateur potentiel mellifère

Cet indicateur permet de mesurer un potentiel mellifère sur l'année. Un agro-écosystème intéressant pour les pollinisateurs est un écosystème où la ressource en nectar est constante tout au long de l'année, et où de période de disette durant laquelle les pollinisateurs ne trouvent plus de ressource. En parallèle, plus la ressource est importante et diversifiée, plus ce potentiel est intéressant pour les abeilles. Ainsi, un potentiel mellifère dépend de 3 choses, (Guerriat 1996) :

- un volume de floraison,
- une quantité de nectar par essence
- une régularité de production tout au long de l'année.

Le premier point se mesure par modélisation, les deuxièmes et le troisième se trouvent par des recherches bibliographiques

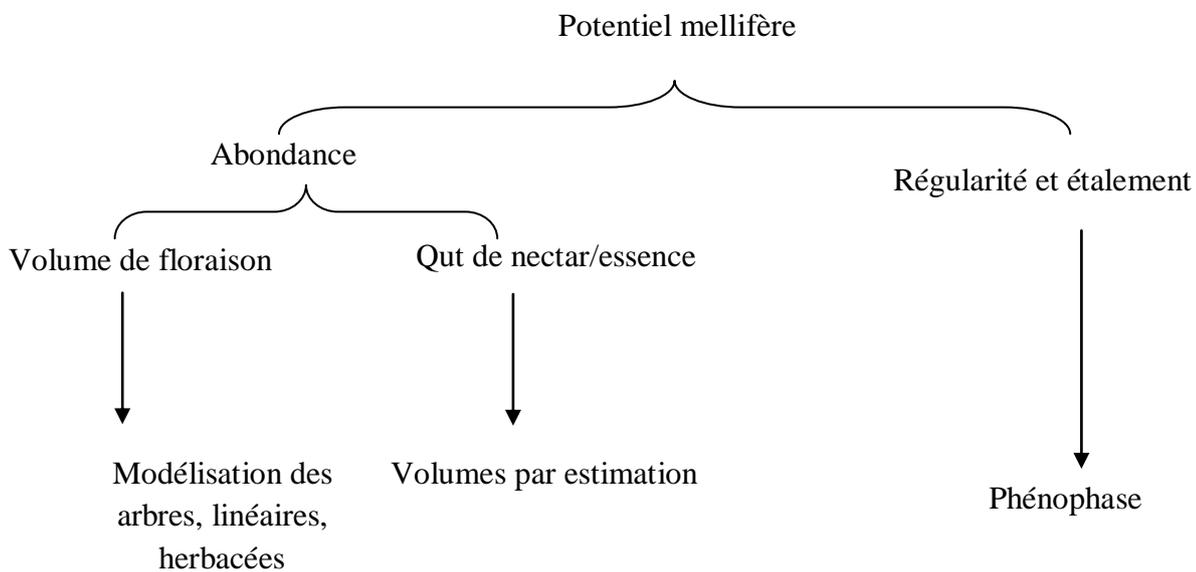


Figure : Les composantes d'un potentiel mellifère

Cet indicateur est donc sous forme d'une courbe générale qui matérialise sur une année les ressources potentiellement disponibles avec en abscisse le temps (une année) et en ordonnée, les volumes de production moyen par hectare.

Ainsi, lors d'un projet de création de parcelle agroforestière, de haie ou de couverts végétale, on peut voir si il y a une période creuse dans l'agro-écosystème. On cherchera alors à choisir

parmi la liste des plantes disponibles dans la région, une ou plusieurs essences qui fleurissent au moment de ce creux ou produisent du nectar en quantité. On peut, en somme, piloter le système de manière globale, en complétant les périodes de disettes identifiées.

#### Méthode de calcul

L'idée initiale était de se procurer les sommes de température nécessaire à la floraison des différentes essences. Ainsi, nous pu tracer une courbe générale retraçant les productions de nectar tout au long de l'année en fonction des sommes de températures. Mais ce travail n'a pour le moment pas été réalisé. A dire d'expert, aucun document n'existe permettant de faire le lien entre les stades phénologiques des essences d'arbres et d'arbuste de nos latitudes et les sommes de températures.

Les données utilisées dans le calcul sont issues du livre « être performant en apiculture » (Guerriat 1996) et ont été reprises dans sa thèse par Xavier Janssens (Janssens, Bruneau, et Lebrun 2006). Dans ces deux ouvrages, les dates de floraisons sont décrites en fonction des phénophase. Une phénophase est « *une structure spatiale, dont la succession temporelle obéit à une séquence de stades dont la récurrence est cyclique si la biocénose est stable* » (Encyclopédie Universalis 2013). En apiculture, elle est marquée par la floraison d'une plante indicatrice déterminée (exemple : phénophase du noisetier). Ceci signifie que les successions des floraisons sont toujours identiques, mais que selon l'année, l'enchaînement des floraisons peut commencer plus ou moins tôt et durer plus ou moins longtemps. Ainsi, l'information donnée par l'indicateur est toujours exacte, mais doit être considéré au vue de l'année.

Le potentiel de production est fonction de l'essence et est donnée en kg/ha la valeur n'est valable que dans les conditions optimales de floraison. Les données sont issues de la thèse de X.Janssens et du livre de Guerriat.

Les volumes de floraisons ne sont pas les mêmes s'il s'agit d'une haie, d'une couverture végétale ou d'un arbre isolé. Pour modéliser cela, on reprend la méthode de X.Janssens, car elle permettait de se rapprocher le plus possible de la forme géométrique des éléments du paysage. La surface de floraison d'un arbre houppier est considéré comme une demi sphère donc la formule de calcul de l'aire est de floraison pour un arbre est :

$$S = \pi d^2 / 2$$

Avec d la hauteur du houppier. Celle-ci est par défaut évaluée en fonction de l'âge de l'arbre, en considérant que la hauteur de houppier est égale au tiers de sa hauteur totale sinon elle peut-être renseignée manuellement.

De même pour les haies, elles sont classées en deux catégories, les haies bocagères hautes (5m de haut\*3m de large) ou les haies de clôture basse (1,5m de haut\*1m de large). Elles sont considérées comme des parallélépipèdes rectangles, et leur longueur linéaire est à renseigner. La formule de calcul de sa surface est donc :

$$S = H * 2 * l * L$$

Avec H et l la hauteur et la largeur de la haie, là encore, ces paramètres sont évalués par défaut mais peuvent être rectifiés. Les parterres herbacés sont considérés comme des surfaces planes, donc le volume de floraison est directement dépendant de la surface considéré.

# Annexe 3

---

## *Fiche de calcul des SET*

## CONDITIONNALITE 2013 - BCAA

### Document d'aide au calcul de la surface équivalente des particularités topographiques

Particularités topographiques	Rappel des limites fixées pour que l'élément soit reconnu comme particularité topographique	Surface, longueur ou nombre à prendre en compte (1)	Valeur de la surface équivalente topographique (SET)	Coefficient multiplicateur (2)	Surface équivalente topographique = (1) x (2)
Prairies permanentes, landes, parcours, alpages, estives situés en zone Natura 2000	Pas de limite	Surface : ..... ha	1 ha de surfaces herbacées en Natura 2000 = 2 ha de SET	2	..... ha
Bandes tampons en bord de cours d'eau <sup>1</sup> , bandes tampons pérennes enherbées <sup>2</sup> situées hors bordure de cours d'eau	Limite maximale de 10 mètres de large (ou limite départementale)	Surface : ..... ha	1 ha de surface = 2 ha de SET	2	..... ha
Jachères fixes (hors gel industriel)	Pas de limite	Surface : ..... ha	1 ha de jachère = 1 ha de SET	1	..... ha
Jachères mellifères	Pas de limite	Surface : ..... ha	1 ha de surface = 2 ha de SET	2	..... ha
Jachères faune sauvage, jachère fleurie	Pas de limite	Surface : ..... ha	1 ha de surface = 1 ha de SET	1	..... ha
Zones herbacées mises en défens et retirées de la production (surfaces herbacées disposées en bandes de 5 à 10 mètres non entretenues ni par fauche ni par pâturage et propices à l'apparition de buissons et ronciers)	Limite maximale de 10 mètres de large	Longueur : ..... m	1 m de longueur = 100 m <sup>2</sup> de SET	0,01	..... ha
Haies	Limite maximale de 10 mètres de large (ou limite départementale)	Longueur : ..... m	1 mètre linéaire = 100 m <sup>2</sup> de SET	0,01	..... ha
Agroforesterie <sup>3</sup> et alignements d'arbres	Pas de limite	Longueur : ..... m	1 mètre linéaire = 10 m <sup>2</sup> de SET	0,001	..... ha
Arbres isolés	Pas de limite	Nombre d'arbres isolés : .....	1 arbre = 50 m <sup>2</sup> de SET	0,005	..... ha
Lisières de bois, bosquets, arbres en groupe	Pas de limite	Longueur : ..... m	1 mètre de lisière = 100 m <sup>2</sup> de SET	0,01	..... ha
Bordures de champs : bandes végétalisées en couvert spontané ou implanté <sup>4</sup> différenciable à l'œil nu de la parcelle cultivée qu'elle borde, d'une largeur de 1 à 5 mètres, située entre deux parcelles, entre une parcelle et un chemin ou encore entre une parcelle et une lisière de forêt	Limite maximale de 5 mètres de large	Surface : ..... ha	1 ha de surface = 1 ha de SET	1	..... ha

<sup>1</sup> Lorsqu'un chemin est compris dans la bande tampon, seule la surface végétalisée est retenue pour le calcul.

<sup>2</sup> Comme pour les bandes tampons le long des cours d'eau, les implantations de miscanthus et, de manière générale, d'espèces invasives sont interdites.

<sup>3</sup> Agroforesterie : alignements d'arbres au sein de la parcelle agricole

<sup>4</sup> Comme pour les bandes tampons, les implantations de miscanthus et, de manière générale, d'espèces invasives sont interdites. Une bordure de champs ne peut pas être une culture valorisée commercialement.



**CONDITIONNALITE 2013 - BCAA**  
**Document d'aide au calcul de la surface équivalente des particularités topographiques**

Particularités topographiques	Rappel des limites fixées pour que l'élément soit reconnu comme particularité topographique	Surface, longueur ou nombre à prendre en compte (1)	Valeur de la surface équivalente topographique (SET)	Coefficient multiplicateur (2)	Surface équivalente topographique = (1) x (2)
		Report du total intermédiaire de la surface équivalente topographique (page précédente)			
Fossés, cours d'eau, béalières, lévadons, trous d'eau, affleurements de rochers	Pas de limite	Longueur : ..... m	1 mètre linéaire ou de périmètre = <b>10 m<sup>2</sup></b> de SET	<b>0,001</b>	..... ha
Vergers haute-tige	Pas de limite	Surface : ..... ha	1 ha de vergers haute-tige = <b>5</b> ha de SET	<b>5</b>	..... ha
Tourbières	Pas de limite	Surface : ..... ha	1 ha de tourbières = <b>20</b> ha de SET	<b>20</b>	..... ha
Mares, lavognes	Pas de limite	Longueur : ..... m	1 mètre de périmètre = <b>100 m<sup>2</sup></b> de SET	<b>0,01</b>	..... ha
Murets, terrasses à murets, clapas, petit bâti rural traditionnel	Pas de limite	Longueur : ..... m	1 mètre de murets ou de périmètre = <b>50 m<sup>2</sup></b> de SET	<b>0,005</b>	..... ha
Certains types de landes, parcours, alpages, estives définies au niveau départemental	Pas de limite	Surface : ..... ha	1 ha de surface herbacée = <b>1</b> ha de SET	<b>1</b>	..... ha
Certaines prairies permanentes définies au niveau départemental (par exemple prairies humides, prairies littorales, etc.)	Pas de limite	Longueur : ..... m ou Surface : ..... ha	1 mètre linéaire = <b>10 m<sup>2</sup></b> de SET ou 1 ha de surface = <b>1</b> ha de SET	<b>0,001</b> ou <b>1</b>	..... ha ou ..... ha
« Autres milieux », toutes surfaces ne recevant ni intrant (fertilisants et traitements), ni labour depuis au moins 5 ans (par exemple ruines, dolines ruptures de pente...)	Pas de limite	Longueur : ..... m ou Surface : ..... ha	1 mètre linéaire = <b>10 m<sup>2</sup></b> de SET ou 1 ha de surface = <b>1</b> ha de SET	<b>0,001</b> ou <b>1</b>	..... ha ou ..... ha
<b>TOTAL de la surface équivalente topographique</b>					.....ha (A)
TOTAL de la SAU <sup>5</sup> déclarée dans le dossier PAC					.....ha (B)
<b>Exigence à respecter (seuil minimal de particularités topographiques)</b>					<b>(B) x 4% = .....ha (C)</b>

**L'exigence est respectée si la surface A est supérieure ou égale à la surface C**

<sup>5</sup> La surface agricole utile (SAU) est constituée des terres arables, des surfaces en cultures permanentes et des pâturages (i.e. les prairies permanentes ou temporaires, les estives, landes et parcours). Cela correspond ainsi à l'ensemble des surfaces déclarées dans le dossier PAC, hormis celles déclarées en hors culture (HC), usage non agricole (UN) ou sylviculture (SY).



VetAgro Sup

LOSCO, Alexandre, 2013, Proposition de construction d'un référentiel pour le développement des systèmes agroforestiers innovants, 67p. Mémoire de fin d'étude, Clermont Ferrand

Maitre de stage : Konrad Schreiber

Ingénieur consultant

Président d'Arbre et Agriculture en Aquitaine

Tuteur pédagogique : Mathieu Capitaine

Maitre de conférences Vetagrosup

## Résumé

---

L'Association Française d'AgroForesterie travaille depuis 2007 au développement de l'agroforesterie en France. Comme le montre C. Dupraz, l'agroforesterie a de nombreux avantages tant sur le plan agronomique qu'économique et écologique, mais heurte et bouscule la culture agricole française, issue du remembrement. En effet, l'arbre est considéré comme un gêneur, qui limite les machines et concurrence les cultures ; malgré les travaux de la recherche, ces stéréotypes sont encore très présents dans le monde rural.

En France pourtant, certains agriculteurs ont repris cette pratique pour l'associer à leurs techniques de travail simplifié du sol. Les bénéfices qu'ils en retirent sont avérés et beaucoup d'avantages collatéraux apparaissent en particulier concernant la qualité de l'eau. Ce constat fait, l'Agence de l'eau s'est engagée au travers d'un programme, « Agr'eau », à financer le développement de l'agroforesterie.

De leur côté, les « acteurs du développement » pour soutenir cette croissance ont besoin d'un outil qui leur permette de faire un bilan de l'état de l'agroforesterie en France. La création d'un référentiel qui recenserait les exploitations agroforestières ainsi que leurs performances répond à ce besoin. Ce référentiel, ayant pour support dans une base de données, nécessite la définition des données utiles, en particulier celles évaluant les performances agroforestières des exploitations ; ces indicateurs sont des notions nouvelles qu'il faut identifier et définir.

Mots clés : Agroforesterie, Conservation des sols, indicateurs de performances, développement, référentiel, eau, associations d'agriculteurs.