



HAL
open science

Co-conception d'un projet agroforestier sur un territoire d'exploitation en agriculture biologique à INRAE ASTER

Hugo Devay

► **To cite this version:**

Hugo Devay. Co-conception d'un projet agroforestier sur un territoire d'exploitation en agriculture biologique à INRAE ASTER. Agronomie. 2022. hal-03791994

HAL Id: hal-03791994

<https://hal.inrae.fr/hal-03791994v1>

Submitted on 29 Sep 2022

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

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

Co-conception d'un projet agroforestier sur un territoire d'exploitation en agriculture biologique à INRAE ASTER



INRAE unité ASTER, 662 av. Louis Buffet 88500 Mirecourt

REMERCIEMENTS

Tout d'abord je souhaiterais remercier Amandine Durpoix, ma maîtresse d'apprentissage, qui a su se rendre disponible toute au long de cette année. Merci pour ta confiance, ta patience et tes apprentissages.

Je voudrais également remercier les membres de l'unité de recherche, et tout particulièrement Bénédicte, Pierre et Thomas. Merci pour votre participation aux comités de pilotage, votre regard sur le projet m'a permis d'approfondir mon travail et m'a permis de prendre du recul.

Merci à mon tuteur universitaire Grégoire Turpin pour s'être rendu disponible pour des réunions bilan et pour son regard sur mon projet.

Un grand merci à mes colocataires qui ont défilé tout au long de l'année : Zoé, Mathilde, Rose, et Adèle qui m'a apporté des bouffées d'oxygène quand j'en avais besoin. Merci également à Louise, la meilleure doctorante, pour ses conseils et son soutien.

RESUME

L'agroforesterie permet de concilier des arbres avec des animaux et/ou des cultures afin de produire des services écosystémiques bénéfiques à l'Homme et l'environnement, sous différentes formes. Pratiquée depuis le néolithique, l'agroforesterie a été mise de côté au profit de pratiques agricoles plus productives mais moins durables. Depuis le début du XXIème siècle, cette pratique alternative tend à se redévelopper dans les pays développés. Un projet agroforestier doit être pensé de manière à ce que les arbres et les cultures et/ou animaux se développent en synergie, pour apporter un maximum de services. En ce sens, le projet agroforestier se doit d'être réfléchi et anticipé en concertation avec différents acteurs. Cette étude traitera de la mise en place d'outils pour discuter et partager des savoirs sur l'agroforesterie, pour aboutir à un projet s'étalant sur une dizaine d'années, sur une installation expérimentale de 240 hectares.

ABREVIATIONS

ACP : ANALYSE EN COMPOSANTES MULTIPLES

AF : AGROFORESTERIE

AFAF : ASSOCIATION FRANÇAISE D'AGROFORESTERIE

ASTER : AGROSYSTEMES, TERRITOIRES, RESSOURCES

DAF : DISPOSITIF AGROFORESTIER

IE : INSTALLATION EXPERIMENTALE

INRAE : INSTITUT NATIONAL POUR LA RECHERCHE EN AGRONOMIE ALIMENTATION ET L'ENVIRONNEMENT

OAD : OUTIL D'AIDE A LA DECISION

SEA : SURFACE EQUIVALENTE ASSOLEE

TERRAF : TERRITOIRES AGROFORESTIERS DANS LES SECTEURS DE POLYCULTURE-ELEVAGE DU SUD LORRAIN

UR : UNITE DE RECHERCHE

Table des matières

I.	Introduction.....	11
A.	La structure d'accueil	11
1.	INRAE.....	11
2.	INRAE ASTER.....	11
B.	Contexte et enjeux de la mission	11
1.	Contexte	11
2.	Enjeux	15
3.	Problématique.....	15
C.	L'agroforesterie	15
1.	Agroforesterie : principes généraux.....	15
2.	Agroforesterie et changement climatique	17
3.	Services en agroforesterie.....	17
4.	Disservices en agroforesterie	21
D.	Un exemple de développement de l'agroforesterie sur le territoire des Vosges : TERRAF.....	21
II.	Matériels et méthodes	23
A.	Matériels.....	23
1.	Unité de recherche (UR).....	23
2.	Installation expérimentale (IE)	23
3.	L'équipe technique de l'IE	23
B.	Méthodes	23
1.	Entretiens semi directifs.....	23
2.	Localisation des secteurs d'implantation	27
3.	Travail sur la configuration.....	29
III.	Résultats et discussion	39
A.	Entretiens semi-directifs	39
B.	Localisation des dispositifs agroforestier sur les secteurs de l'installation expérimentale	43
1.	Localisation sur le parcellaire	43
2.	Dimensions des dispositifs	49
C.	Choix des essences	49
D.	Projet photo	51
E.	Analyse de l'outil d'aide à la décision.....	53
1.	Analyse par catégories de cartes.....	53
2.	Analyse par secteurs.....	57
F.	Priorisation sur les secteurs	61
IV.	Zoom sur le secteur du Joly.....	63

V.	Conclusion	65
VI.	Annexes	67
VII.	Bibliographie.....	70

I. Introduction

A. La structure d'accueil

1. INRAE

INRAE : Institut National de Recherche pour l'Agriculture l'Alimentation et l'Environnement, est le premier institut de la recherche agronomique public en Europe. INRAE explore, comprend, expérimente et anticipe sur des enjeux sociétaux, produit des connaissances scientifiques, et est un appui aux politiques publiques. Ses domaines d'actions sont l'alimentation, l'agriculture et l'environnement. Les recherches d'INRAE sont conduites au sein de 14 départements scientifiques qui animent des communautés de recherche disciplinaires, et encouragent l'interdisciplinarité (**figure 1**). Au total, INRAE compte environ 8000 agents titulaires, 3000 contractuels, pour un budget annuel d'environ 1 million d'euros.

2. INRAE ASTER

a) Unité de recherche

Parmi les 14 départements scientifiques d'INRAE, le département ACT (Actions transitions et territoires) regroupe 18 unités de recherche et d'expérimentation, dont l'unité ASTER (Agrosystèmes Territoires Ressources), basée à Mirecourt (88500). L'unité est composée de 26 agents. INRAE accueille chaque année plusieurs doctorants, post-doctorants, ingénieurs contractuels ou stagiaires. L'équipe de l'unité ACT-ASTER est pluridisciplinaire, associant sciences agronomiques et zootechniques système, agronomie des territoires, géographie, sociologie. Le projet de l'unité est centré sur les relations entre les agriculteurs et territoires pour accompagner les transformations des systèmes sociotechniques agricoles vers une meilleure durabilité environnementale le projet de l'unité se porte aussi sur les systèmes agri-alimentaires, analysés à plusieurs niveaux d'organisation (de la ferme aux grands territoires), à travers le prisme de l'agronomie, la géographie, la sociologie.

b) Installation expérimentale

Parmi les missions de recherche conduites, l'unité ASTER développe un dispositif ouvert aux communautés scientifiques et aux acteurs socio-économiques et support d'une expérimentation système de long terme à l'échelle d'une ferme entière. Ce support d'expérimentation est appelé installation expérimentale (IE) et fonctionne comme une exploitation agricole, mais est pilotée par des chercheurs, ingénieurs et techniciens. L'installation expérimentale à une surface agricole utile de 240 hectares, des bâtiments hébergeant des animaux, une salle de traite déplaçable, des bâtiments de stockage (productions animales et végétales ainsi que le matériel agricole), une nurserie. Le parcellaire est groupé et les bâtiments se trouvent au nord-est du parcellaire. Le parcellaire se décompose en une centaine de parcelle (3-4 ha en moyenne) réparties en secteurs (**figures 2 et 3**). La **figure 4** représente les évolutions passées et actuelles de l'installation expérimentale.

B. Contexte et enjeux de la mission

1. Contexte

Le territoire des Vosges est engagé dans la promotion de l'agroforesterie. Le dispositif « plantons des haies » a permis de subventionner l'implantation de 55 km de haies de 2017 à aujourd'hui. Dans la continuité de ce dispositif, l'appel à projet « osez l'agroforesterie ! » permet aux exploitants agricoles et collectivités de bénéficier d'une aide pour l'aménagement de dispositifs agroforestiers. Ces dispositifs créent une dynamique de développement rural, en contribuant à la variété et à la richesse des paysages ruraux, mais aussi en expérimentant de nouvelles pratiques agricoles.

Sur l'installation expérimentale, cette dynamique a permis l'implantation de 8 km de haies de 2017 à 2020, et a permis au projet agroforestier de voir le jour



○ INRAE Grand-Est – Nancy
 - Unité Champenoux
 - Unité Mirecourt

Figure 1 Carte représentant la localisation des différents sites INRAE en France métropolitaine



Figure 2 Carte du parcellaire de l'installation expérimentale

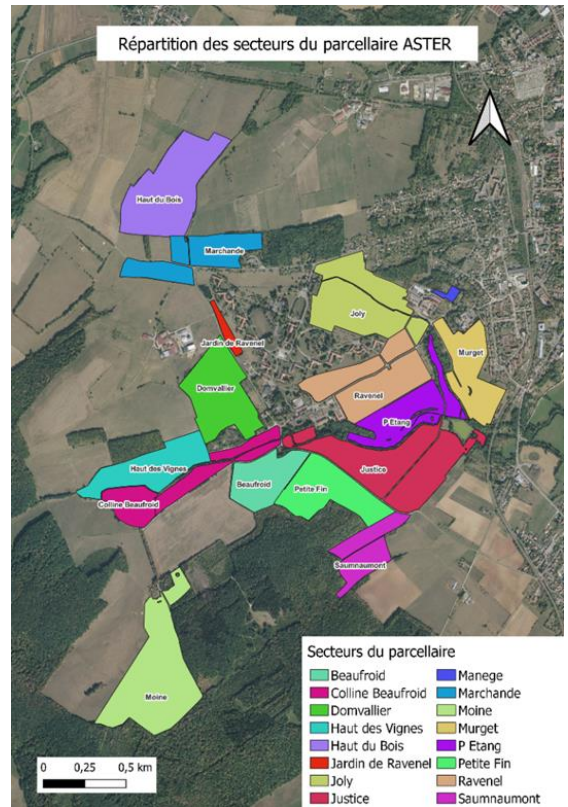


Figure 3 Carte des secteurs du parcellaire

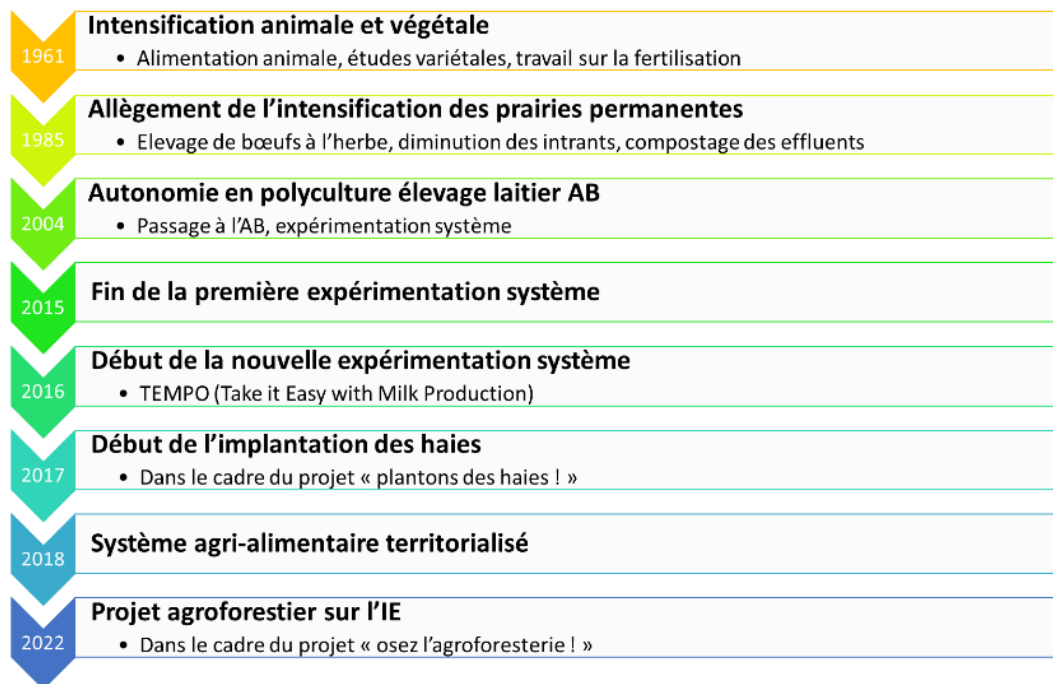


Figure 4 Représentation des évolutions de l'IE ASTER dans le temps

2. Enjeux

L'agroforesterie désigne les pratiques associant arbres, cultures et/ou animaux sur une même parcelle agricole, en bordure ou en plein champ (**AFAF**). Cette définition inclut donc diverses formations arborées : haies, arbres intra parcellaire, les ripisylves, bosquets, arbres isolés, pré-verger, verger maraîcher (**plaquette TERRAF**). Dans le cadre de mon travail l'acceptation de l'agroforesterie est réduite aux arbres intra parcellaire et en bordure de parcelle.

Les objectifs de l'agroforesterie sur l'installation expérimentale de l'unité ASTER sont les suivants :

- Contribuer à la production de denrées à destination de l'alimentation humaine
- Contribuer à l'autonomie fourragère
- Production de bois
- Adaptation au changement climatique et limitation des effets des événements climatiques extrêmes
- Préservation des ressources et atténuation du changement climatique

Le principal enjeu de ma mission en alternance est le suivant :

- Co-concevoir, avec un collectif d'acteurs (ingénieurs, assistants ingénieurs et techniciens travaillant sur l'installation expérimentale) un plan d'implantation, de gestion et d'utilisation agroforestier, sur un territoire d'exploitation de 240 ha conduit en agriculture biologique autonome.

3. Problématique

C'est le fait de déterminer tous ces enjeux qui a fait naître la problématique de la mission : **Pourquoi et comment co-concevoir un système agroforestier sur l'installation expérimentale de l'unité ASTER avec l'ensemble de ses acteurs ?**

Ce rapport traitera de la co-conception d'un plan en agroforesterie sur l'IE ASTER. Nous aborderons les étapes nécessaires à l'organisation de ce projet, la méthodologie employée, tout en ayant un regard critique sur ce qui a été fait, ainsi que sur d'éventuelles pistes d'amélioration.

C. L'agroforesterie

1. Agroforesterie : principes généraux

L'agroforesterie est une pratique agricole associant sur la même surface, des arbres et des cultures ou des animaux. Bien pensé, ce système permet d'augmenter l'efficacité agronomique (éléments minéraux assimilables par les végétaux) d'une parcelle cultivée, tout en diversifiant les productions et en préservant les ressources naturelles. En ce sens, l'agroforesterie constitue un mode de valorisation des terres agricoles alliant plusieurs intérêts (économique, environnemental, sociétal) à plusieurs échelles (parcelle, exploitation, territoire) (**Dupraz et Liagre, 2019**).

L'agroforesterie est pratiquée depuis le néolithique dans de nombreux endroits du monde, et bien qu'elle ait été délaissée en Europe du fait du développement de la mécanisation dans la période post seconde guerre mondiale, elle est toujours très utilisée dans les Pays du Sud (**Mazoyer et Roudart, 2002**). La mécanisation dans les pays développés a conduit à l'uniformisation des paysages agricoles (grandes parcelles rectilignes), et l'arbre est rapidement devenu un obstacle dans le paysage agricole productiviste. Cependant, depuis quelques années on observe un retour de l'agroforesterie dans les pratiques agricoles des pays dits développés. En effet, l'agroforesterie a le potentiel de répondre à certains enjeux actuels en agriculture, tels que les problèmes liés à l'érosion, à la rétention d'eau, à l'adaptation et l'atténuation du changement climatique (**Semenov et al, 2007**).

2. Agroforesterie et changement climatique

Le monde fait actuellement face à une crise climatique sans précédent, le réchauffement climatique est au cœur de toutes les préoccupations. L'influence de l'homme sur le système climatique est manifeste et est de plus en plus forte, on observe ses incidences sur tous les continents et dans tous les océans. Nombre des changements constatés depuis les années 1950 sont sans précédents depuis des dizaines d'années, voire des millénaires (**GIEC, 2022**). L'influence de l'homme sur le système climatique est clairement établie et, aujourd'hui, les émissions anthropiques de gaz à effet de serre sont les plus élevées jamais observées. Les changements climatiques récents ont eu de larges répercussions sur les systèmes humains et naturels (**Id.**). Afin de s'adapter à ces changements climatiques sans précédents, et pour tenter de stabiliser la situation, des solutions d'adaptation existent, avec diverses possibilités et approches en fonction du contexte. Parmi ces solutions on retrouve la modification des pratiques de culture, d'élevage et d'aquaculture (**Id.**). En foresterie, le boisement, la gestion durable des forêts et la réduction du déboisement, sont les mesures d'atténuation présentant le meilleur rapport coût-efficacité. Leur importance relative varie grandement suivant les régions. En agriculture, ce sont la gestion des terres cultivées, la gestion des pâturages et la restauration des sols organiques (**Id.**). Par ailleurs, des interventions directes portant sur l'agriculture, la foresterie et d'autres affectations des terres (**AFAT**) comme la lutte contre le déboisement, la dégradation des forêts et les incendies de forêt ; stockage du carbone dans les systèmes terrestres (par exemple, reboisement) ; production de matières premières bioénergétiques permettent également de réduire les émissions de CO₂ (**Id.**).

Pour faire face à ces enjeux, l'agroforesterie, par l'utilisation d'arbres au sein des parcelles agricoles, est une mesure d'atténuation de ces gaz à effet de serre, en captant et stockant du carbone : un arbre stocke environ 167 kg de CO₂ par an, soit 1 tonne de CO₂ par an pour 6 arbres arrivés à maturité. L'agroforesterie permet aussi de limiter les événements climatiques extrêmes (sécheresses, inondations) causés par le réchauffement climatique : atténuation des sécheresses, meilleure infiltration et rétention d'eau, augmentation de la Surface Equivalente Assolée (SEA)¹, contrôle de l'érosion. Cependant, des effets de compétition peuvent aussi apparaître. Des études sur le sujet sont donc nécessaires afin de mieux comprendre les mécanismes en jeu, et dans quelles conditions ils s'appliquent.

3. Services en agroforesterie

a) Services agronomiques

Les systèmes agroforestiers permettent de concilier à la fois production alimentaire et atténuation du changement climatique par un stockage important dans la biomasse ligneuse des arbres et dans les matières organiques du sol (**Chevallier et al, 2015**). Certaines essences ont la faculté de fixer l'azote atmosphérique, ce sont des légumineuses. L'azote atmosphérique capté par ces essences est potentiellement intéressante pour la fertilité des sols car les taux de fixation de N₂ vont de 40 à 320 kg d'azote par hectare par an pour l'aulne, et de 1 à 200 kg d'azote par hectare par an pour l'acacia (**Forrester et al., 2006 ; Tobita et al., 2016**). Une étude encore plus récente a démontré qu'une autre essence : le robinier faux acacia avait également un potentiel de fixation de l'azote atmosphérique intéressant, il a été démontré que sur des arbres de 2 à 5 ans, plus des trois quarts de l'azote présent venait d'une fixation de l'azote atmosphérique (**Marron et al., 2018**). Ces essences peuvent donc apporter une nutrition azotée dans le sol, et donc aux cultures, permettant ainsi de moins avoir

¹ La surface équivalente assolée est la surface nécessaire pour obtenir un assolement agriculture-forêt la même production qu'un hectare de système agroforestier [Dupraz et Liagre, 2011].

L'effet brise vent apporté par un dispositif agroforestier permet de limiter les pertes par diffusion de traitements (épandages d'engrais notamment). Grâce à cela, l'agroforesterie permet donc de réduire certaines pollutions d'origine agricole (**Id.**).

L'arbre agroforestier offre d'autres services agronomiques, également focalisés sur la production animale. L'intérêt fourrager de certaines essences d'arbres est comparable aux fourrages plus classiques tels que le foin, l'ensilage d'herbe, ou l'herbe pâturée.

b) Services environnementaux

L'arbre agroforestier va rendre compte de nombreux services environnementaux similaires aux services agronomiques, tels que la séquestration du carbone, impact sur les émissions de gaz à effet de serre, limite la lixiviation des nitrates, atténuation du bilan radiatif. En plus de cela, l'arbre en agroforesterie va servir d'ombrage pour les cultures et les animaux (**Marron et Piutti, 2019**).

Si l'agroforesterie permet une régulation climatique à une large échelle, la présence d'arbres régule le climat sur la parcelle. Ce microclimat permet de réguler les excès climatiques (sécheresses/gelées). L'évapotranspiration émise par les arbres en agroforesterie permet de retarder jusqu'à 3 semaines le jaunissement des prairies (**Dupraz et Liagre, 2019**).

Les services liés à l'environnement concernent également la biodiversité : la présence d'arbres sur les parcelles agricoles favorise la présence des auxiliaires de cultures et des pollinisateurs, restaurant ainsi un équilibre trophique (**guide agroforestier du propriétaire terrien, AGROOF**).

c) Services de production

L'arbre agroforestier, en plus d'apporter des services agronomiques et environnementaux, apportent également des services de production. Ces services apportent un bénéfice direct à l'Homme, qui exploite les différentes parties de l'arbre, afin de les transformer pour les revendre, ou pour les revendre telles quel. La première production à être valorisée est le bois, sous forme de bois brut, de bois raméal fragmenté (paillage) ou de bois de plaquette (pour le chauffage). Le bois peut aussi être valorisé en « bois d'œuvre » à partir du moment où il est apte à subir une transformation (meule, palette). Attention, il faut bien faire la distinction entre « bois d'œuvre » et « bois précieux », le bois d'œuvre concerne tous les types de bois pouvant être transformés, qu'elle que soit leur qualité. Les bois dit « précieux » sont des essences avec un intérêt pour la fabrication d'instruments de musique ou de meuble de grande qualité.

d) Services sociaux

L'arbre agroforestier va également permettre de maintenir un lien social sur le territoire, sur plusieurs points. Tout d'abord, l'arbre offre un point d'accroche dans le paysage. En effet, il permet de structurer le paysage, offrant un « point d'accroche » autre que celui de l'horizon (**Labant et al, 2009**). Cela permet de dynamiser les paysages de certains territoires qui sont monotones (plaines céréalières par exemple).

Les systèmes agroforestiers vont également permettre de maintenir un lien social, car ils vont faire travailler ensemble différents acteurs du territoire : collectivités locales, agriculteurs, élus, associations, conseillers agricoles. Qui vont ensemble permettre une promotion de ces systèmes. Ces systèmes maintiennent également un lien social en permettant une amélioration du cadre de vie, en permettant des activités pédagogiques pour s'informer sur l'agroforesterie.

Le **tableau I** reprend les différents services apportés par l'agroforesterie.

Tableau I Recensement des services dispensés par l'agroforesterie (document personnel)

Services agronomiques	Services environnementaux	Services de production	Services socio-culturels
Limite l'érosion des sols	Séquestration du Carbone	Production de bois de chauffage	Structuration du paysage
Améliore la fertilité des sols par l'apport de MO	Limite la perte des nitrates par lixiviation	Production de bois raméal fragmenté ou de bois de plaquette	Inscription de l'arbre dans le patrimoine culturel local et national
Améliore la structure des sols par l'apport de MO	Atténuation du bilan radiatif	Production de bois d'œuvre	Nouveau visage de l'agriculture
Fixation de l'azote	Ombre pour les cultures et animaux	Production de fruits secs, ou de chair	Activités familiales, scolaires
Réduction de l'évapotranspiration	Favorise la présence d'auxiliaires	Production fourragère	
Les racines des arbres remontent les nutriments et l'eau pour les rendre disponibles aux cultures	Diversification des strates du réseau trophique		
Limiter les pertes de nitrates	Fonction mellifère de certaines essences		
Amélioration de l'infiltration des eaux de pluie			
Effet brise vent qui réduit le stress des cultures			
Potentiel fourrages de certaines essences			
Potentiel d'automédication de certaines essences			

4. Disservices en agroforesterie

Lors de l'élaboration d'un système agroforestiers, des freins sont mis en évidence, ces freins peuvent concerner directement le système, mais ils concernent aussi la mise en place du projet en général. Il est nécessaire de raisonner l'implantation des arbres en agroforesterie, pour qu'ils ne soient pas à l'origine d'une rupture avec le système agricole en place. Les éléments susceptibles de provoquer une rupture sur un système agricole sont appelés disservices. En agroforesterie, un disservice est une fonction apportée par l'arbre, perçue négativement pour l'Homme (**Garcia de Jalon et al. 2017**). Ces aspects négatifs sont en partie liés à des disservices que fournissent les espaces arborés et aux préjudices qu'ils provoquent (**Vigan, 2018**). Parmi ces derniers, on retrouve :

- Compétition entre les racines des arbres et les racines des plantes (pour l'eau et les minéraux)
- Présence d'insectes et de parasites qui serait ou non accentuée par la présence d'arbres dans la prairie (rechercher)
- Espacement pour la mécanisation
- Humidité liée à l'ombrage
- Temps d'entretien
- Compatibilité entre les essences et les cultures

Certains de ces disservices sont présents, même lorsqu'on les anticipe le mieux possible. Cela s'explique par le fait que les conditions environnementales sont propres à chacun des dispositifs, parfois on retrouve même plusieurs conditions environnementales sur un même dispositif. De ce fait, certains ne peuvent être anticipés, cependant ils peuvent être réduits au maximum possible, en connaissant son environnement, sa culture et les associations essences/culture que l'on souhaite mettre en place. Pour anticiper un maximum de disservices et éviter tout déconvenue, il est recommandé de se tourner vers des techniciens spécialisés en agroforesterie. Des formations existent également, et de plus en plus d'exploitations agricoles agroforestières ouvrent leurs portes à des exploitants souhaitant se lancer, afin de leur fournir des conseils.

D. Un exemple de développement de l'agroforesterie sur le territoire des Vosges : TERRAF

Au cours de mon apprentissage, j'ai suivi et contribué au développement d'un projet co-conduit entre INRAE et la chambre d'agriculture des Vosges, le projet TERRAF : territoires agroforestiers. Ce projet a été financé dans le cadre du CASDAR (Compte d'affectation spéciale Développement agricole et rural). Il est porté par le collectif d'acteurs « des Hommes et des Arbres », la chambre d'agriculture régionale Grand-est, INRAE ASTER Mirecourt et Champenoux. Il est conduit depuis le 1^{er} janvier 2021, jusqu'au 31 décembre 2022.

Le projet TERRAF s'appuie sur deux territoires du sud lorrain (l'un situé dans le secteur de Mirecourt et l'autre dans le Saintois). Les deux objectifs de TERRAF sont premièrement de mettre au point une méthodologie de co-conception de territoires agroforestiers, en travaillant avec différents acteurs du territoire, et deuxièmement de promouvoir l'agroforesterie auprès des agriculteurs en établissant des plans au sein de leur exploitation et en renforçant la filière agroforestière sur le territoire. Expérimentée sur les deux territoires projet, cette méthodologie doit être transposable à d'autres territoires. TERRAF mettra aussi en place un observatoire qui permettra de suivre la dynamique de l'agroforesterie en Lorraine. (**Des Hommes et des Arbres – 02/10/2021 – Mathieu Juillet**).

Le projet TERRAF illustre la volonté de développer l'agroforesterie sur le territoire des Vosges, et est étroitement lié à mon projet d'alternance : co-conception de dispositifs agroforestiers ; puisqu'il s'agit, à travers TERRAF de promouvoir l'agroforesterie et ses débouchés sur l'installation expérimentale exploitée par INRAE ASTER, et sur l'exploitation du Lycée agricole de Mirecourt : Braquemont.

Tableau II Représentation des services et de leurs limites

	Impacts environnementaux positifs	Limites
Stockage de carbone dans la biomasse	Entre 0,1 et 1,3 t C/ha/an avec une rotation de 20 ans (Pellerin et al., 2013)	Faible nombre de suivis expérimentaux Stockage réduit par des épisodes de sécheresse
Énergie	Développement d'un stockage de substitution dans la filière bois	Connexion avec l'industrie exige des surfaces trop importantes
Sols	Bilan organique de la parcelle amélioré, risque d'érosion réduit par l'enherbement des alignements d'arbres	Manque d'étude sur la fertilité des sols agroforestiers
Eau	Réduction des pertes de nutriments et des apports de fertilisation chimique	Si les ressources hydriques sont limitées, il peut y avoir concurrence entre les arbres et les cultures annuelles
Biodiversité	Davantage de niches et de corridors écologiques, insectes pollinisateurs et faune auxiliaire des cultures	Ravageurs et adventices liés aux arbres peuvent affecter les cultures
Pression phytosanitaire	Limitation des transferts de bio-agresseurs par l'hétérogénéité du paysage	L'ambiance fraîche et humide peut favoriser le développement de certaines maladies
Air	Rôle brise-vent, captation des poussières et des gaz (traitements phytosanitaires)	

Tableau 1. *Agriculture et environnement* (source : ADEME, fiche n° 6, Réintégrer l'arbre dans les systèmes agricoles, janvier 2015, 12 p.).

II. Matériels et méthodes

A. Matériels

1. Unité de recherche (UR)

L'unité de recherche regroupe les ingénieurs de recherche et d'étude, les assistants ingénieurs (AI), les chargés de recherche (CR), ainsi que les techniciens de recherche. L'unité de recherche accueille également des doctorants, stagiaires, apprentis. L'installation expérimentale présente à ASTER fait partie intégrante de l'unité de recherche. Ensemble, elles pilotent le projet scientifique porté par l'unité : produire des connaissances, méthodes et outils, sur les réorganisations des territoires agricoles et ruraux pour favoriser leur transition pour plus de durabilité. Les chercheurs travaillent également avec des acteurs extérieurs à INRAE (collectivités locales, communautés de communes, agriculteurs). L'équipe de recherche est détaillée dans la **figure 5**.

2. Installation expérimentale (IE)

L'installation expérimentale est une exploitation agricole rattachée à INRAE en polyculture, polyélevage. La SAU est de 240 ha, répartie entre des prairies permanentes (135 ha) et des terres arables (105 ha). Le parcellaire est divisé en 16 secteurs. Chacun de ces secteurs est subdivisé en 7 parcelles en moyenne, ou se trouvent des cultures ou des prairies. Les parcelles font entre 2 et 4 ha, afin de conduire plusieurs expérimentations en même temps sur l'installation, et pour faciliter la gestion des travaux agricoles (pâturage, cultures). L'atelier productions végétales se concentre sur des céréales (blé meunier, avoine de floconnerie, orge brassicole, engrain), légumineuses (lentilles, pois chiches), oléagineuses (colza, tournesol, lin, cameline) conduites pour partie en mélanges et des légumes de plein champs (oignons et pommes de terre). Les ateliers productions animales se concentrent sur les bovins, pour la production de lait, les cochons pour une valorisation des déchets de cultures, et les moutons, pour une valorisation des espaces herbagers, que les vaches ne peuvent pas ingérer en raison des surfaces peu portantes en hiver, et de l'enherbement trop important au printemps. L'ensemble des activités et expérimentations conduites à INRAE ASTER sont inscrites dans une démarche d'expérimentation système conçues « pas à pas » (**Coquil et al, 2019**).

3. L'équipe technique de l'IE

L'équipe technique de l'installation regroupe tous les agents travaillant activement sur l'installation expérimentale (techniciens de recherche et adjoints techniques). L'équipe technique est composée de 13 personnes, et est supervisée par un responsable organisationnel qui a un statut d'assistant ingénieur. Parmi les techniciens de recherche, certains sont spécialisés sur l'atelier production végétale, d'autres sur l'atelier production animale, certains sont sur les deux ateliers. Des membres du collectif de recherche travaillent aussi sur l'IE, il s'agit de D. Foissy (assistant ingénieur), L. Brunet (ingénieur d'études), A. Durpoix (ingénieure d'études), T. Puech (ingénieur de recherche), Bénédicte Autret (ingénieure de recherche). Ces personnes travaillent avec les techniciens de recherche afin de piloter l'expérimentation système. L'ensemble de l'équipe technique est présenté dans la **figure 5**.

B. Méthodes

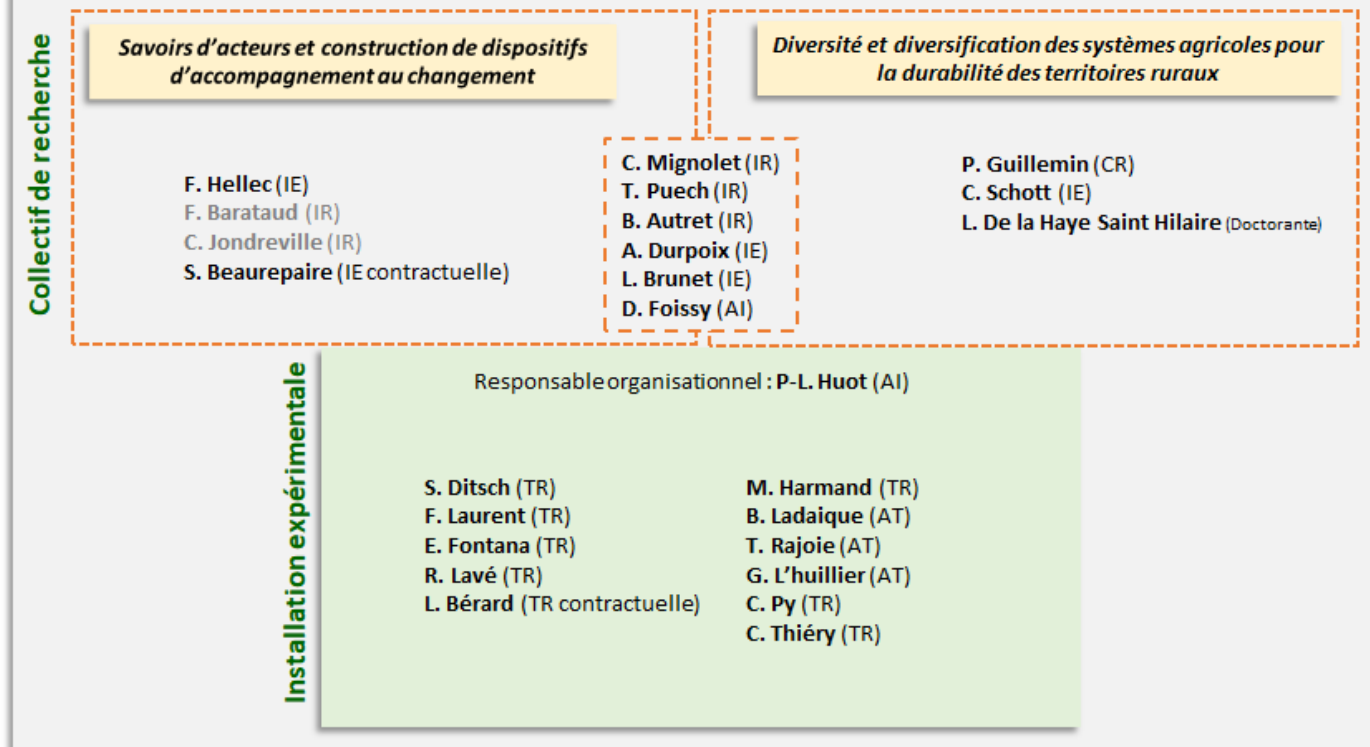
1. Entretiens semi directifs

a) Création du guide d'entretien

Les entretiens sont la première étape du projet, ils ont lieu en octobre et novembre 2021. Leur but est de créer un premier contact avec les membres de l'IE, et de les interroger sur leur vision de l'arbre en général, dans le milieu agricole, et sur l'installation, en prenant en compte les services et disservices qu'ils peuvent apporter. L'objectif est de capter la diversité des visions des agents de l'IE.

Directeur d'unité : **B. Autret** (DR) Directrice adjointe : **A. Durpoix** (IR)
 Gestionnaires d'unité : **C. Lénat** (TR), **E. Saint Mihiel** (TR), **V. Bichet** (AT), **L. Luc** (CDD)

Projet d'unité : Produire des connaissances, méthodes et outils sur les réorganisations des territoires agricoles et ruraux pour favoriser leur transition vers plus de durabilité



C. Jondreville et F. Barataud sont rattachées administrativement à l'unité mais localisées sur le site de Nancy

Figure 5 Organigramme fonctionnel de l'UR 0055 Aster-Mirecourt

Un guide d'entretien semi-directif est créé. Ce guide, a permis de conduire des entretiens avec les agents de l'installation expérimentale. Etant donné que ces entretiens s'inscrivent dans une démarche semi-directive, ce guide d'entretien n'a pas été utilisé de manière systématique ou linéaire, mais s'est avéré utile pour orienter et rythmer les discussions. Les questions doivent s'inscrire dans le fil discursif de l'enquête. En fonction du discours de l'enquêté, l'enquêteur pourra être amené à poser des questions non prévues initialement et/ou à ne pas poser certaines questions initialement prévues (**Imbert, 2019**).

Le guide d'entretien s'articule en 5 parties (**figure 6**). La première partie permet de faire connaissance avec l'enquêté, connaître son parcours professionnel, sa place dans l'unité, ses missions. La deuxième partie place l'enquêté dans le contexte de l'entretien. Cela me permet d'obtenir des informations sur sa perception de l'arbre ainsi de l'intérêt éventuel qu'il y porte. Les troisièmes et quatrièmes parties du guide constituent le cœur de l'entretien, elles permettent de cerner la distance qu'a l'enquêté avec l'arbre en général, en agroforesterie et sur l'installation expérimentale. C'est à partir de ces deux parties que les axes d'analyse principaux vont être dégagés. La cinquième partie est la conclusion de l'entretien (**tableau III**).

Les éléments étudiés lors des entretiens sont :

- ⇒ Informations générales (nom, âge, poste)
- ⇒ Le profil de l'enquêté (parcours, investi dans d'autres organismes que INRAE ou non, présentation du travail)
- ⇒ **Place de l'arbre en général** (représentation de l'arbre, intérêt personnel dans les formations ligneuses)
- ⇒ Rapport avec le temps (temps forestier par rapport au temps de cultures, quelle appréhension de ce pas de temps)
- ⇒ **Place de l'arbre en agriculture** : élevage et cultures (avis sur l'arbre en agriculture, quelle configuration)
- ⇒ **Place de l'arbre sur l'IE** (services, disservices, secteurs d'implantation, avis sur les choix fait précédemment concernant les formations ligneuses)
- ⇒ Avis sur les formations réalisées précédemment
- ⇒ **Conclusion** (vision de l'agroforesterie)

Les éléments en **gras rouge** sont ceux qui ont permis de dégager les deux axes d'analyse principaux, pour ensuite pondérer les résultats sous forme d'échelles. Les autres éléments sont aussi analysés et viendront en complément de l'analyse principale. Tous les entretiens sont enregistrés, puis retranscrits. Le fait d'enregistrer permet d'être plus à l'écoute de l'enquêté et d'être plus réactif dans les échanges. Au total, 14 agents de l'installation expérimentale sont enquêtés.

b) Méthode d'analyse des résultats

Les thèmes abordés lors des entretiens permettent de dégager deux axe d'analyse principaux :

- **Analyse sur l'intérêt système**, c'est-à-dire l'intérêt que l'enquêté porte à l'agroforesterie au regard du système expérimenté, et de son intégration dans le système existant. Pour cela, on étudie sa position sur l'implantation d'arbres sur l'installation expérimentale, on le questionne sur ce qu'il pense que l'agroforesterie dans le cadre professionnel, et sur les services pouvant être apportés sur l'IE.
- **Analyse sur l'intérêt personnel**, c'est-à-dire l'intérêt que l'enquêté porte à l'arbre dans la vie de tous les jours, on cherche à savoir ce qu'évoque l'arbre et l'agroforesterie aux yeux de l'enquêté, s'il en est proche dans sa vie de tous les jours ou pas.

Après avoir défini les axes d'analyse principaux, les données sont traitées. Deux échelles de notation ont donc été réalisées (1 par axe d'analyse). Le but de ces échelles est de pondérer les données obtenues, pour les mettre dans le contexte de l'analyse et les rendre pertinentes. Pour quantifier les résultats, les services et disservices cités par les enquêtés sont dénombrés, ainsi que d'autres éléments qui ont permis de cerner la position de l'enquêté sur son intérêt système et personnel.

L'échelle d'intérêt personnel va de -5 à 5 en passant par 0. La note -5 correspond à une personne totalement désintéressée de l'arbre, qui n'en est pas du tout proche (5 éléments négatifs cités ou plus), qui peut même déranger. Le 0 correspond à une personne neutre qui n'a pas d'intérêt ou désintérêt en particulier, l'arbre est présent il ne pose pas de problème mais n'apporte rien. Une note de + 5 signifie que l'enquêté a une opinion et un rapport personnel très positif avec l'arbre (4/5 éléments positifs cités) (*figure 7*).

L'échelle d'intérêt système fonctionne de la même manière, elle s'appuie juste sur les données récoltées concernant les services et disservices cités, ainsi que la vision de l'arbre en agroforesterie. La note -5 correspond à un enquêté qui voit beaucoup de disservices (au moins 4/5) et qui n'est pas en faveur de l'implantation des arbres sur l'IE, qui n'a pas de perspectives pour l'arbre agroforestier sur l'installation expérimentale. La note de 0 correspond à un enquêté qui ne trouve pas de services/disservices, qui ne s'implique pas dans le rôle de l'arbre en agroforesterie. La note de 5 indique un enquêté qui porte un vif intérêt pour l'arbre sur l'IE et cite beaucoup de services (au moins 5) (*figure 8*).

Pour pondérer les résultats, il a été nécessaire de regarder, pour chaque enquêté les éléments cités en entretien et de les ait dénombré. C'est ces informations qui ont permis une pondération des résultats. Plus un enquêté évoquait de choses positives sur l'arbre d'un point de vue personnel et/ou professionnel, plus sa place sur l'échelle est haute, et vice-versa. Pour visualiser les résultats de manière claire, un graphique est réalisé. Ce graphique reprend les deux axes d'analyse principaux et permet de les croiser. Cette méthode d'analyse permet donc de regarder les corrélations entre les deux axes principaux, et ainsi de voir s'il y a un lien entre l'intérêt personnel et l'intérêt système. Les résultats ont été réalisés de cette manière, car l'intérêt est de faire des groupes d'individus qui se ressemblent à partir d'une classification ascendante hiérarchique.

2. Localisation des secteurs d'implantation

a) Mise en place de l'activité

L'objectif de cette réunion est de rassembler toutes les personnes enquêtées, environ un mois après les entretiens semi-directif, afin de les faire réfléchir à la localisation des futurs dispositifs agroforestiers sur l'installation expérimentale.

En amont de la réunion, une carte du parcellaire de l'installation est réalisé. Cette carte de **1m65 de long et 1m10 de large**, fait office de support de réflexion. Il détaille, de manière précise, les parcelles de l'installation, et plus généralement, leur regroupement sous forme de secteurs. Le choix de la taille du parcellaire est important : il faut un grand format afin que les participants puissent tous se regrouper autour de ce support interactif, afin d'avoir des échanges et une réflexion collective. Pour chaque secteur, les participants ont pour consigne de discuter de ce qu'apporterait un dispositif agroforestier, quels services et disservices il faudrait prendre en compte. L'activité est rythmée par des questions posées par Amandine Durpoix ou moi-même, afin de pousser les participants à expliciter leur pensée et leur connaissance du parcellaire. Chaque secteur est abordé individuellement, par l'ensemble des participants. Lorsqu'une décision collective d'implanter un ou plusieurs dispositifs agroforestiers sur un secteur est validée par l'ensemble du groupe, ces dispositifs sont localisés sur le parcellaire par un trait, chaque trait représentant un alignement d'arbres à planter.

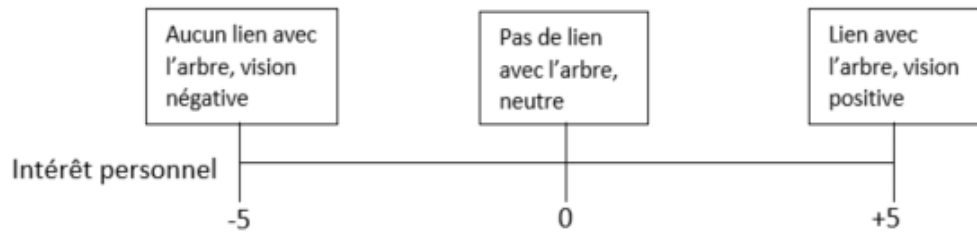


Figure 7 Echelle de pondération de l'intérêt personnel

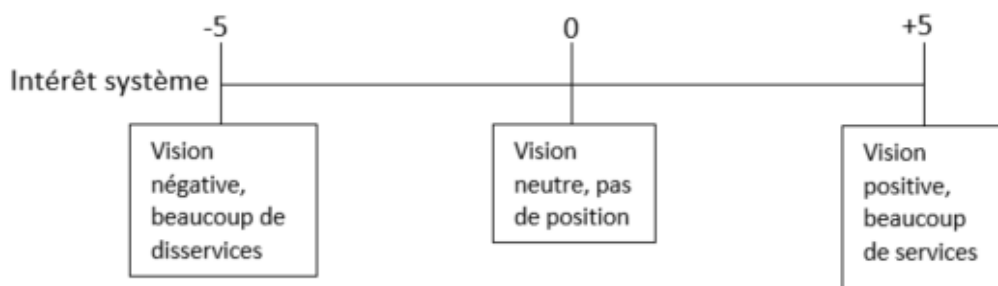


Figure 8 Echelle de pondération de l'intérêt personnel

Le point fort de cette activité est le support de réflexion interactif (**figure 9**) qui rythme les échanges entre les participants. La présence des différents acteurs de l'installation expérimentale est également un point fort : la prise de décision collective et pluridisciplinaire (agronomes, zootechniciens) permet une justification complète de l'intérêt d'implanter des dispositifs agroforestiers.

b) Retranscription des résultats

En aval de l'activité sur la localisation des dispositifs, la réunion est retranscrite, et un document de synthèse est réalisé. Ce document reprend sous forme de tableau, pour chaque secteur, les commentaires et propositions évoqués lors de l'activité. Ce document est une trace écrite qui témoigne des choix réalisés pour la localisation des dispositifs. Ce document est aussi **la première étape pour la création de l'outil d'aide à la décision** sur les configurations des dispositifs, qui sera utilisé lors du deuxième atelier. Une fois les dispositifs localisés, il faut les retranscrire sur le parcellaire. Pour cela une couche nommée « implantation d'arbres » est créée sur Qgis. L'intérêt de cette couche est de localiser précisément les futurs dispositifs dans l'espace, et de déterminer leur taille réelle. Un fond de carte vue aérienne de l'installation expérimentale est utilisé, ainsi qu'une couche qui délimite le parcellaire de l'IE. Le fait de localiser les futurs dispositifs agroforestiers sur Qgis, permet de calculer la longueur réelle des dispositifs à l'échelle des parcelles, mais cela renvoie aussi à une certaine forme d'objectivation de ce qui a été proposé. La longueur de chaque dispositif est calculée. A partir de cette longueur totale, il est possible de déterminer le nombre d'arbres qui composeront chacun des dispositifs. Pour cela, on définit une distance de 8 m entre chaque arbre sur une même ligne, afin qu'ils puissent se développer sans problèmes, et qu'ils ne gênent pas le travail sur les parcelles (**Dupraz et Liagre, 2019**).

Pour obtenir le nombre d'arbres nécessaires, on prend la longueur totale d'un dispositif, que l'on divise par 8, cela nous donne donc le nombre d'arbres espacés de 8m à implanter sur un dispositif. C'est lorsque l'on connaît le nombre total d'arbre à implanter un dispositif, que l'on peut déterminer le nombre d'essences que l'on souhaite implanter.

Dans la localisation des dispositifs et leur métrage, un paramètre essentiel est à prendre en compte : la largeur de tournière. Le rôle de la tournière est de délimiter un espace sans arbres, en périphérie des alignements, afin de permettre le passage des machines agricoles. Ici, toutes les largeurs de tournière sont déterminées à 25 m de part et d'autre de chacun des futurs dispositifs, afin d'assurer le passage de n'importe quel engin agricole.

3. Travail sur la configuration

a) Projet photo

Le projet photo se situe directement après la fin du premier atelier, et juste avant le deuxième. L'objectif est de proposer une activité intermédiaire, où pendant deux semaines, le collectif commence à travailler sur des questions liées aux différentes configurations ligneuses présentes sur l'installation expérimentale. A travers le projet photo, l'objectif est de faire regarder l'environnement de travail des participants d'une manière différente, en les sensibilisant à la question de la configuration des dispositifs agroforestiers, à travers les différentes formations ligneuses qui les entourent. Enfin, le projet photo permet de voir les différentes visions des participants sur les configurations des arbres sur l'IE, quelle est leur représentation des arbres.

Avec leur téléphone/appareil photo, les participants doivent se promener sur l'installation expérimentale et prendre en photo différentes formations ligneuses, selon différents critères, définis avec Amandine Durpoix, dans le but d'avoir des photos contrastées selon les participants, qui seront discutées collectivement.

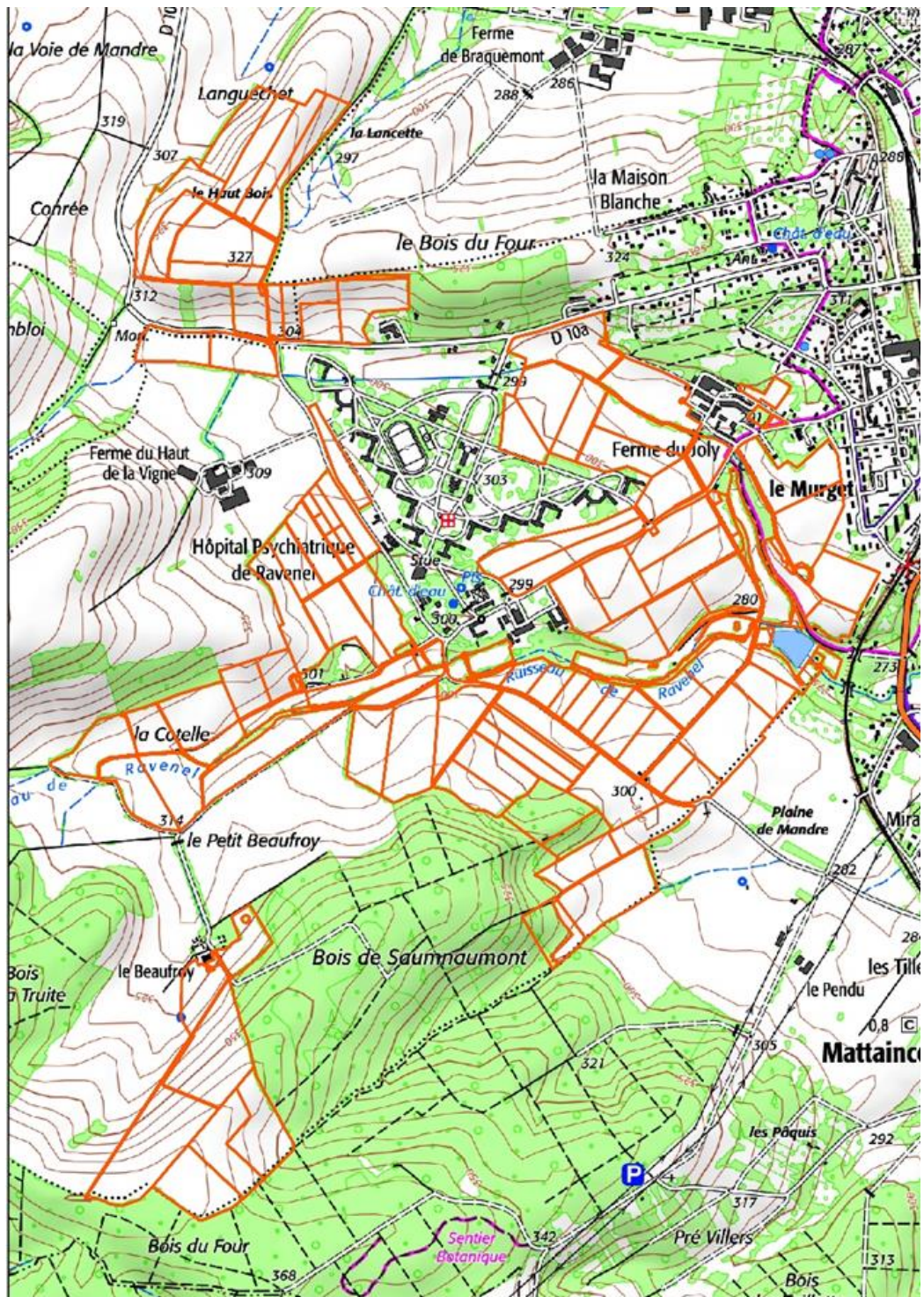


Figure 9 Parcellaire fond IGN, support de l'atelier 1

Ces critères sont les suivants : la plus belle configuration ; la moins belle configuration ; celle qui présente le plus d'atouts pour... (à eux de choisir pour quelle(s) raison(s)) ; celle qui présente les plus de contraintes (à eux de choisir pour quelle(s) raison(s)) ; celle qui est la plus pertinente par rapport aux objectifs de l'installation expérimentale ; celle qui est la moins pertinente par rapport aux objectifs de l'IE. Pour rappel, les objectifs de l'agroforesterie à ASTER sont les suivants : contribuer à l'autonomie fourragère ; contribuer à la production de denrées à destination de l'alimentation humaine ; production de bois ; adaptation au changement climatique ; préservation des ressources.

Lorsque les participants ont pris leurs photos, ils doivent faire un commentaire de ce qui a motivé leur choix, puis afficher leurs photos et leurs commentaires sur un tableau prévu à cet effet. Les résultats du projet photo sont présentés aux participants lors du deuxième atelier, sur la configuration des dispositifs (*figure 10*).

Pour l'analyse des résultats, les commentaires des différents participants sont retranscrits dans un tableur Excel (*tableau IV*). Ce tableau, une fois complété, va permettre de recouper les commentaires de tous les participants, pour chaque catégorie de photos. En comparant les commentaires et photos de chacun, il est possible d'analyser la représentation des configurations ligneuses des participants.

Le point fort de cette activité est le format proposé : en prenant des photos de différentes configurations ligneuses, les participants commencent déjà à réfléchir aux modes de configuration des dispositifs agroforestiers. A rappeler que cette activité survient entre le premier atelier sur la localisation des dispositifs, et le deuxième atelier, sur la configuration (*figure 11*). Le moment où prend place l'activité est donc également un point fort : cela permet de maintenir les participants dans une dynamique de réflexion autour de l'agroforesterie.

Le point faible de cette activité est que toutes les personnes concernées n'ont pas pu participer. Cela peut s'expliquer par le fait que chacun des participants doit prendre de son temps pour aller sur le terrain, prendre des photos, ajouter un commentaire et envoyer la photo ou l'imprimer. Au total, 5 personnes sur 16 n'ont pas pu participer.

b) Outil d'aide à la décision (OAD)

L'outil d'aide à la décision sous forme de jeu de cartes est le **support de réflexion du deuxième atelier** qui porte sur la configuration des dispositifs agroforestiers. Il a été conçu à partir des données collectées lors des entretiens, de l'atelier 1 et du projet photo. L'objectif de cet atelier est de faire réfléchir les agents de l'installation expérimentale à des modèles d'implantations de dispositifs agroforestiers afin qu'ils puissent, pour chaque secteur, se projeter sur la pertinence, les objectifs, les contraintes et les configurations de ces dispositifs. L'intérêt de cet outil est donc de définir les configurations des dispositifs sur les différents secteurs, mais aussi de penser les dispositifs agroforestiers d'A à Z en reprenant tous les éléments abordés depuis le début du projet.



Figure 10 Affiche de présentation réalisée dans le cadre du projet photo

Nom	Plus belle configuration	Moins belle configuration	Plus d'atouts pour	Plus de contraintes pour	Plus pertinente par rapport aux objectifs de l'IE	Moins pertinente par rapport aux objectifs de l'IE	Autres configurations

Tableau IV Tableau de synthèse du projet photo

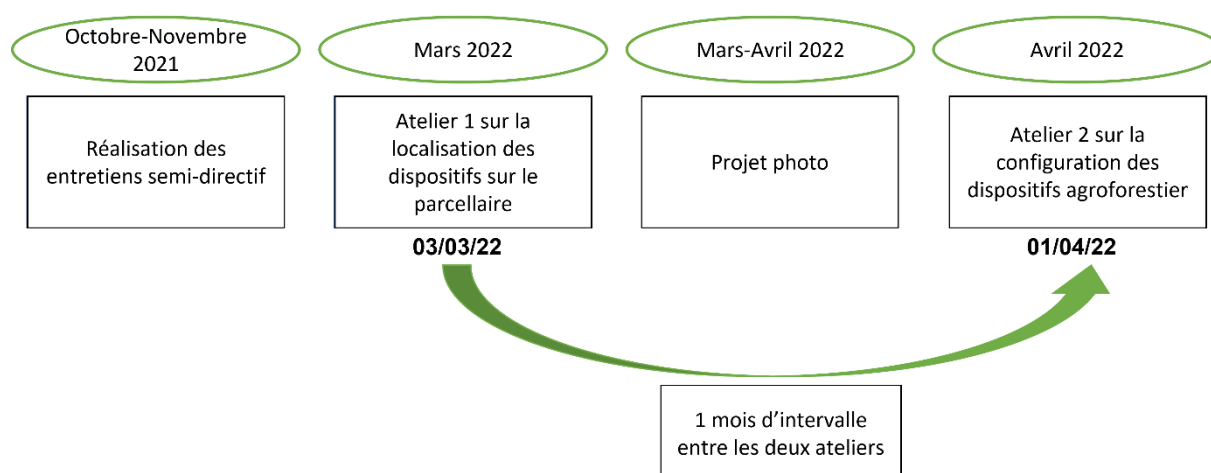


Figure 11 Frise chronologique de l'organisation des ateliers

L'outil d'aide à la décision se décline sous forme de **jeu de carte interactif**. Le but du jeu est d'associer les différentes catégories de cartes créées en amont (**objectifs/services/disservices/configurations**), pour créer des scénarios d'implantation, pour chaque secteur (**figure 12**). Le jeu commence avec la distribution aléatoire des cartes « secteurs » et « commentaires/propositions », qui vont définir sur quel secteur les binômes vont travailler. Les cartes « **objectifs** » sont issues des objectifs fixés par l'équipe de recherche lors de la création du projet, ils sont au nombre de 5 : contribuer à la production de denrées à destination de l'alimentation humaine ; contribuer à l'autonomie fourragère ; adaptation au changement climatique ; préservation des ressources ; production de bois.

Les cartes « **services** » et « **disservices** » sont issues des informations collectées lors des entretiens semi-directifs réalisés au début de l'année. Au total 18 cartes service et 11 cartes disservice sont créés. Les cartes « **configurations** » avaient pour but de représenter schématiquement les différentes configurations que peuvent avoir les arbres dans un dispositif agroforestier. Au total, 12 cartes ont été créées, chacune représentant un mode de configuration : jachère de rotation ; plantation en bordure ; brise vent ; mélange aléatoire de faible densité ; culture intercalaire ; mélange aléatoire forte densité ; arbre isolé ; bosquets/ilots pour l'élevage ; pré-verger en alignement ; pré-verger aléatoire ; alignement fourrager/automédication ; aléatoire fourrager/automédication. Grâce à ce large panel de diversité de configurations, les joueurs ont pu se représenter un maximum de configurations sur les différents secteurs. Les cartes « **secteur** » reprennent, pour chaque secteur, son nom et sa localisation sur le parcellaire, les cartes « **commentaires/propositions** » reprennent, pour chaque secteur, les commentaires et propositions faites lors du premier atelier (sur les secteurs d'implantation). Ces deux groupes de cartes font office de « base de jeu », à partir desquelles le joueur développera sa réflexion. Les cartes « **objectifs** » ; « **services** » ; « **disservices** » et « **configurations** » sont distribuées à chaque groupe. En raison du nombre de participants limité (8 joueurs), l'activité est organisée en trois « tours ». Un tour est terminé lorsque tous les groupes ont terminé leur travail sur le secteur qui leur est attribué, et qu'ils ont restitué leurs idées aux autres groupes.

c) Création d'une grille de synthèse et analyse des résultats de l'OAD

Les données collectées avec l'utilisation de l'outil d'aide à la décision sont traitées dans un tableur Excel, afin d'aboutir à une grille de synthèse qui reprend, pour chaque secteur, les objectifs, services, disservices et configurations cités et non cités pour chaque secteur. Cette grille permet donc de recouper l'ensemble des résultats obtenus avec l'OAD et d'analyser le raisonnement porté par chaque groupe lors de l'activité. Le compte rendu de la réunion, ainsi que des photos des résultats finaux obtenus grâce à l'OAD ont permis de compléter la grille de synthèse. Comme on peut le voir sur cette grille d'analyse, les cases vertes indiquent des informations citées et les cases noires, des informations non citées. Cette grille permet une lecture facilitée des résultats obtenus

(1) Méthode d'analyse des spécificités de certains secteurs

Pour avoir un plus large panel de résultats, et pour comparer les secteurs d'implantation entre eux, une analyse sur les spécificités des secteurs est réalisée. Cette analyse vise à relever les spécificités d'objectifs, services, disservices et configurations évoquées lors de la session d'utilisation de l'OAD. Pour cela, on regarde la grille de synthèse, et on regarde, pour chaque catégorie de carte et chaque secteur, quelles cartes ont le moins été utilisées. On considère qu'une carte n'est peu ou pas utilisée lorsqu'elle est présente sur moins de deux secteurs. En filtrant les résultats de cette manière, il est possible de déterminer que certains secteurs ont des caractéristiques qui leur sont propres et que par conséquent, les cartes de l'OAD n'ont été utilisées que sur ces derniers. Une analyse de ces spécificités est ensuite réalisée, et pour faciliter la lecture des résultats, un parcellaire est créé, et reprend chaque spécificité d'objectifs/services/disservices/configurations sous forme de pictogrammes qui sont situés sur les secteurs concernés.

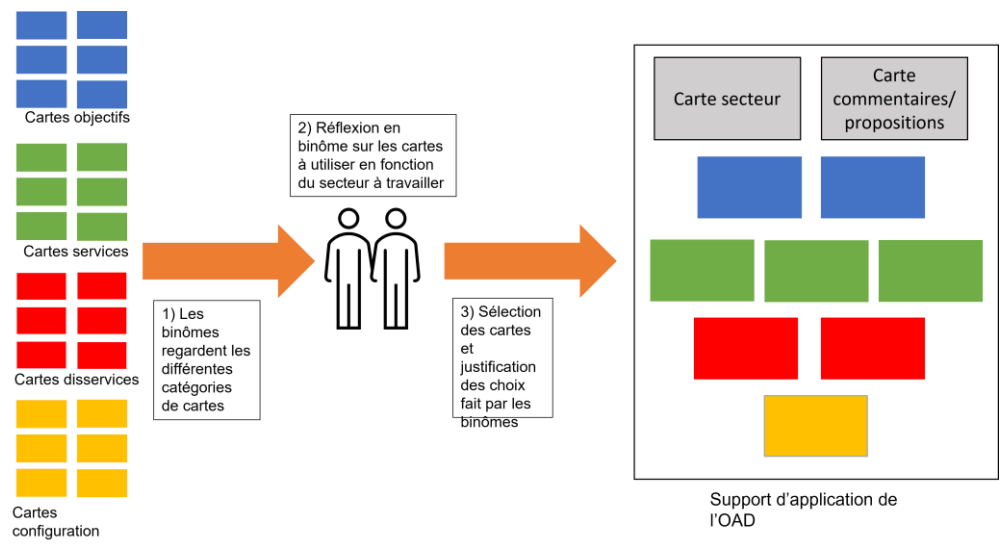


Figure 12 Schéma du fonctionnement de l'outil d'aide à la décision

(2) Priorisation des secteurs d'implantation

(a) Création d'une matrice de décision multicritères

La matrice de décision multicritères se présente comme une alternative aux méthodes de décision classiques basées sur la définition d'une fonction unique. Elle prend en compte plusieurs critères, souvent non comparables entre eux. L'analyse multicritère (AMC) n'a pas forcément vocation à être utile à la décision, mais dans le cas de la priorisation des secteurs d'implantation, on choisit d'utiliser l'AMC.

L'intérêt de l'analyse multicritère est de considérer un ensemble de critères de différentes natures et de les orienter pour une prise de décision. Il ne s'agit pas de rechercher un optimum, mais plutôt un compromis qui peut prendre diverses formes, dans le cas présent, un classement des secteurs du parcellaire pour décider de l'implantation des dispositifs agroforestier dans le temps. L'analyse multicritère permet d'effectuer un choix entre plusieurs solutions en décomposant une **grille d'analyse** en plusieurs critères, chacun pondéré d'un **coefficient** en fonction de son importance (poids relatif)

(b) Méthode de priorisation des secteurs

Pour exploiter les résultats de l'OAD afin de prioriser les secteurs, j'ai donc décidé de réaliser une analyse multicritère. La **figure 13** reprend sous forme de schéma la méthode utilisée pour prioriser les secteurs d'implantation, les numéros présentés correspondent aux numéros ci-dessous, et expliquent la méthode :

1) Extraction des données de l'OAD

A la suite de l'analyse des principaux résultats de l'OAD, un tableau est réalisé. Il reprend, pour chaque secteur, le nombre de cartes citées pour chaque catégorie. Ce tableau permet de comptabiliser le nombre d'objectifs, services, disservices et configurations cités. Une fois les cartes comptabilisées, les résultats sont convertis en pourcentage, afin d'avoir une idée de combien de cartes ont été utilisées pour chaque catégorie.

2) Création d'un tableau

Un deuxième tableau est réalisé, celui-ci reprend les cartes citées en pourcentages uniquement, pour chaque catégorie de carte et pour chaque secteur.

3) Pondération des résultats en pourcentage

Pour rendre les résultats exploitables, j'ai dû les pondérer. Pour cela, 3 échelles de pondération comprises entre 0 et 100% pour les objectifs, services et disservices sont réalisées. Ces échelles permettent de pondérer les pourcentages de cartes sélectionnées, afin d'obtenir des valeurs qui seront exploitable pour la réalisation de la matrice de décision.

Pour la catégorie « objectifs » la pondération va de 1 à 4. Pour le premier quartile de l'échelle (0% - 24%), l'indice de pondération associé est de 1. Pour le deuxième quartile, l'indice de pondération est de 2, et ainsi de suite jusqu'au dernier quartile dont l'indice de pondération est de 4. Pour un secteur avec un indice de 1 dans la catégorie « objectifs », on considère le résultat « nul », c'est-à-dire qu'uniquement un objectif a été cité. Pour un indice de 4, on considère le résultat « très bien », c'est-à-dire que au moins 3 objectifs sur 4 sont cités.

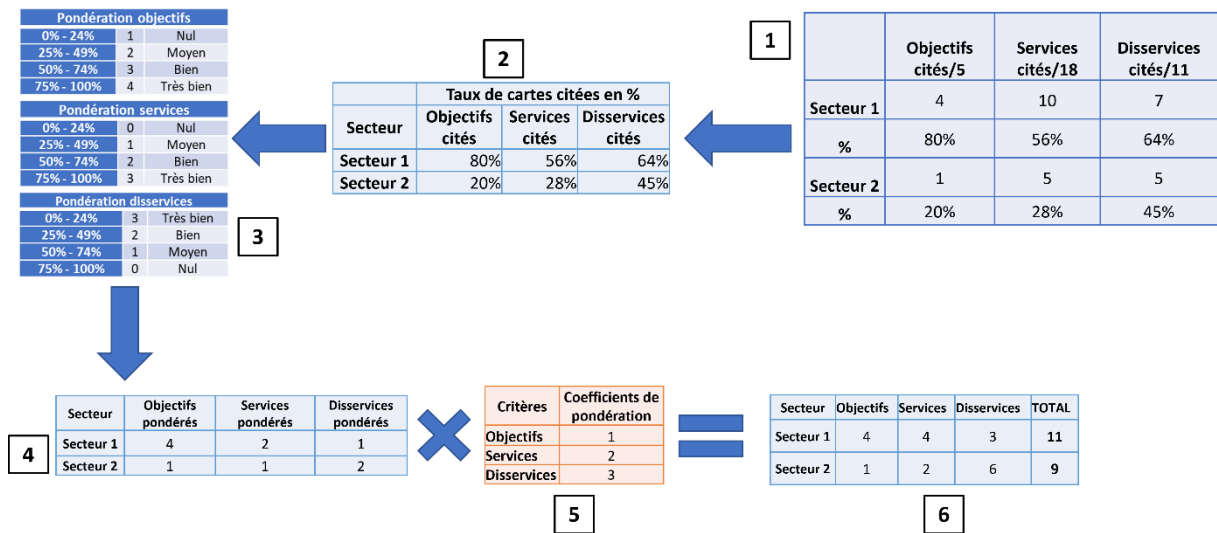


Figure 13 Récapitulatif de la méthode de priorisation des secteurs

Pour la catégorie « services », la pondération va de 0 à 3. Pour le premier quartile de l'échelle (0% - 24%) l'indice de pondération associé est de 0. Ici, on commence à 0 car lors de l'utilisation de l'OAD, les joueurs auraient très bien pu ne pas citer de services pour un ou plusieurs secteurs, cette éventualité est donc prise en compte. Pour le second quartile, l'indice de pondération est de 1, et ainsi de suite jusqu'au dernier quartile dont l'indice est de 3. Pour un secteur avec un indice de 0 dans la catégorie « services » on considère le résultat « nul », c'est-à-dire que maximum services ont été cités. Pour un indice de 3, on considère le résultat comme étant « très bien », car au moins 14 services sur 18 sont cités.

Pour la catégorie « disservices », la pondération va de 3 à 0. Pour le premier quartile de l'échelle (0% - 24%) l'indice de pondération associé est de 3. Ici on commence avec un indice de 3, car on considère que moins on a de disservices mieux c'est, et que par conséquent, un secteur avec peu de disservices aura un indice de pondération élevé. Cela permet de relativiser les disservices par rapport aux services, c'est n'est pas parce qu'un secteur a beaucoup de services qu'il est très prioritaire, il faut regarder le nombre de disservices aussi. Pour le second quartile, l'indice de pondération est de 2, et ainsi de suite, jusqu'au dernier quartile dont l'indice est de 0. Pour un secteur avec un indice de 3 dans la catégorie « disservices », on considère le résultat comme « très bien », puisque cela signifie que maximum 2 disservices ont été cités.

4) Création d'un tableau des résultats pondérés

Lorsque tous les résultats sont pondérés, un tableau est créé. Il reprend tous les résultats obtenus grâce aux échelles de pondération, pour toutes les catégories de cartes et pour tous les secteurs.

5) Définition des coefficients de pondération pour chaque catégorie

Les coefficients de pondération sont fixés pour chaque catégorie de carte. Cette étape est très importante, car ce sont les coefficients de pondération qui vont conditionner les résultats finaux. En effet, les coefficients de pondération serviront à faire le produit des résultats pondérés précédemment.

Le coefficient de pondération pour la catégorie « objectifs » est fixé à 1, car on considère que même si l'objectivation sur les secteurs est un critère important, il n'est pas le plus déterminant dans la priorisation des secteurs. De plus, ce n'est pas parce qu'un secteur a tous les objectifs qu'il s'agit d'un secteur prioritaire, au contraire il s'agit de secteurs dont l'anticipation doit être plus importante et par conséquent, sera moins prioritaire. Attribuer un coefficient de pondération de 1 aux objectifs permet donc de relativiser l'importance du nombre d'objectifs cités, car il faut aussi prendre en compte les services et disservices.

Le coefficient de pondération pour la catégorie « services » est fixé à 2, car ils sont importants à prendre en compte dans la priorisation. En effet un secteur avec beaucoup de services cités signifie que l'implantation d'un dispositif agroforestier va avoir un impact positif sur le milieu, cela traduit un besoin en services que le dispositif peut apporter.

Le coefficient de pondération pour la catégorie « disservices » est fixé à 3. Les disservices ont le coefficient de pondération le plus élevé car il est indispensable de les prendre en compte si on veut une priorisation des secteurs d'implantation correcte. En effet, si on a un secteur avec beaucoup de services mais encore plus de disservices, il est important de souligner dans les résultats que ce ne sont pas les services qui font la priorisation mais aussi les disservices qui exercent une réelle influence. Le coefficient des disservices est fixé de manière qu'ils soient comparables au nombre de services cités sur chaque secteur.

6) Calcul des résultats finaux

Les critères pondérés (étape 4) sont multipliés par le coefficient de pondération qui leur est associé. Pour les objectifs, les résultats sont multipliés par 1, pour les services par 2 et pour les disservices, par 3. Cela va aboutir aux résultats finaux de l'analyse multicritère. Etant donné que l'on veut classer les secteurs en fonction des objectifs, services et disservices, les données des 3 catégories sont agrégées, pour chaque secteur, afin d'aboutir à un résultat définitif, qui attribuera un score à chaque secteur. Lorsque nous avons l'ensemble des scores, ils sont classés pour donner l'ordre de priorisation des secteurs.

III. Résultats et discussion

A. Entretiens semi-directifs

Suite à l'analyse, 5 groupes ressortent (**figure 14**):

- Groupe 1 : Intérêt personnel et système fort
- Groupe 2 : Intérêt personnel faible et intérêt système fort
- Groupe 3 : Intérêt personnel faible et intérêt système faible
- Groupe 4 : Intérêt personnel fort et intérêt système négatif
- Groupe 5 : Intérêt personnel et système négatif

L'intérêt personnel et système sont élevés. Il est intéressant de noter que lorsqu'un enquêté porte un intérêt personnel à l'arbre élevé, l'intérêt système est généralement corrélé. On observe aussi que ce n'est pas parce qu'un enquêté porte un faible intérêt d'un point de vue personnel, que l'intérêt système l'est aussi. En revanche on observe un groupe de 3 enquêtés ayant un intérêt système négatif vis-à-vis de l'arbre agroforestier, cependant leur vision est négative mais ils ne sont pas opposés à l'implantation des arbres sur l'IE. Cet aspect négatif est apparu par un grand nombre de disservices cités, par un discours non favorable à l'implantation des arbres. L'élément le plus important de ce graphique est que peu importe l'intérêt que les enquêtés portent à l'arbre d'un point de vue personnel, presque tous y voient un intérêt d'un point de vue implantation sur l'IE (intérêt système).

Au total, 18 services ont été cités, ceux qui sont le plus revenu sont : apport d'ombrage ; valorisation de l'arbre en bois de chauffage ; automédication et complément fourrage ; brise vent. Ce sont 17 disservices qui ont été cités au total, ceux qui sont le plus revenus sont : difficultés liées au passage d'engins agricoles dans les parcelles ; temps d'entretien ; concurrences ; rien ne pousse sous les arbres ; protection des arbres les premières années.

Pendant l'enquête, la question de la temporalité liée à l'agroforesterie est évoquée. L'objectif est de savoir quel est la position de l'enquêté sur la question du temps forestier, qui est beaucoup plus long que le temps des cultures ou des animaux. Cela ne semble pas être un facteur limitant, la plupart du temps, soit l'enquêté est sans avis, soit il est conscient de cette différence de temps, mais ne le prend pas comme une contrainte. Cela peut s'expliquer par le fait que les techniciens de l'IE sont habitués aux changements de certaines pratiques sur l'exploitation, qui induisent des pas de temps plus long. Par exemple avant, le vêlage des génisses se faisaient à 2 ans, maintenant c'est 3 ans. Lorsque l'IE est passé en bio en 2004, cela a induit un changement des pratiques sur l'IE, ce qui fait qu'aujourd'hui l'idée d'implanter des arbres et d'attendre plusieurs années avant d'avoir un résultat ne pose pas de problème. Pendant les entretiens j'ai aussi demandé aux enquêtés leur avis sur les choix réalisés précédemment, concernant la gestion des formations ligneuse.

Résultat d'enquête sur l'intérêt personnel et système lié à l'arbre

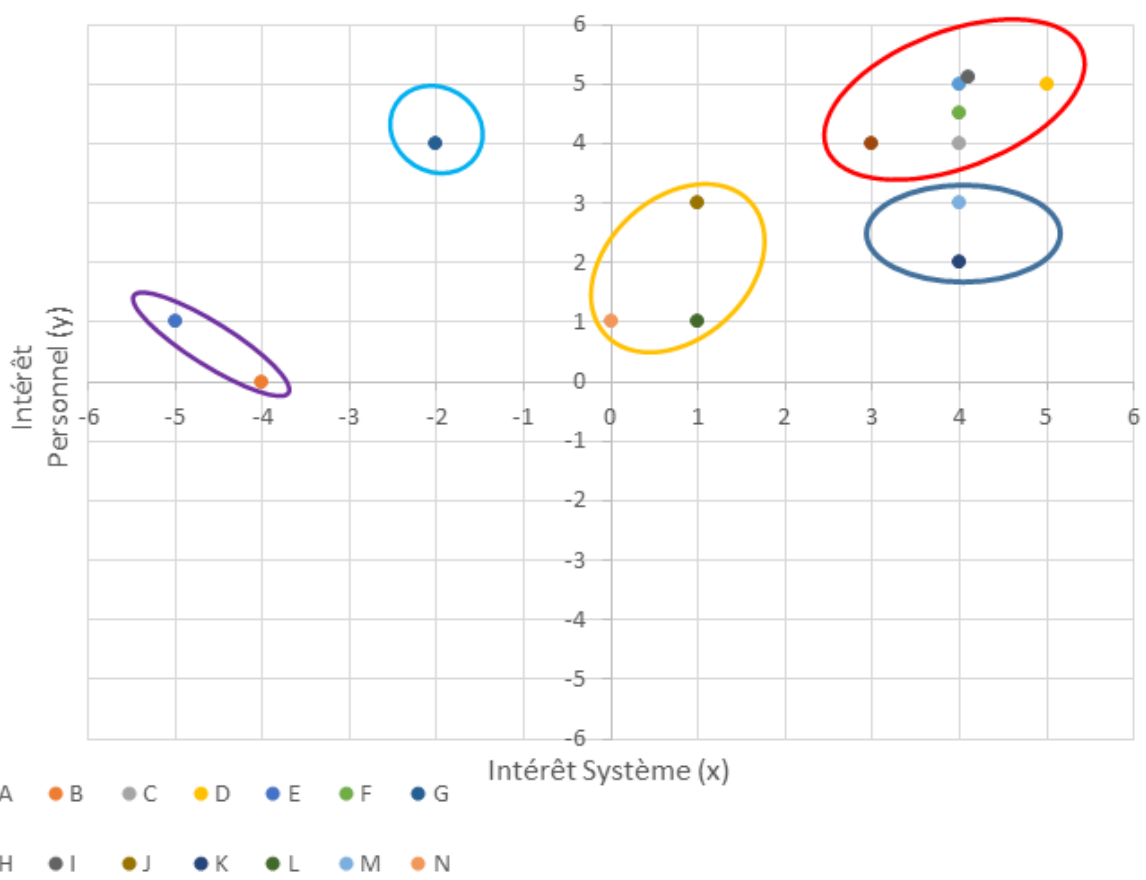


Figure 14 Graphique de répartition des enquêtés

Cela m'a permis de déterminer la distance que chacun avait avec les formations ligneuses sur l'IE. Globalement les choix réalisés semblent cohérents pour chacun, notamment vis-à-vis de l'implantation des haies, en revanche pour ce qui est de laisser revenir la végétation spontanée au niveau des clôtures, les avis sont partagés : d'un côté c'est moins de travail mais d'un autre côté, cela pose des questions d'ordre sanitaire pour les moutons (problème de myiases), mais aussi d'entretien, car il est difficile d'entretenir ces haies spontanées qui poussent dans les clôtures.

Il a aussi été demandé aux agents enquêtés, comment ils verraient les arbres sur l'IE, dans quelle configuration ils voudraient qu'ils soient. Cette question a permis de faire ressortir de nombreux types de configurations. Les plus citées ont été le pré-verger, l'alignement d'arbres intra parcellaire et le bosquet.

La question des secteurs d'implantation des arbres sur l'IE a également été soulevée. Cette question, qui au début ne devait pas être introduite dans la première session d'entretiens, s'est avérée plutôt concluante. De nombreux enquêtés ont exprimé leur avis concernant les secteurs d'implantation (Joly, Petite fin, Justice). Les informations récoltées seront utiles pour la suite du projet, cela a montré que bon nombre d'enquêtés avaient déjà commencé à réfléchir sur des secteurs d'implantation.

En conclusion, la série d'entretiens réalisés avec les agents de l'IE a bien répondu aux objectifs définis : premier contact, faire un état des lieux de l'idée que chacun a de l'arbre en général et en agroforesterie, évaluer l'intérêt de chacun pour l'objet (l'arbre), et recueillir les services et disservices. Les questions sur la configuration et les secteurs d'implantation ont permis de commencer à avancer sur la prochaine étape du projet qui va porter sur l'implantation des arbres sur l'IE. Les services et disservices cités correspondent aux **figures 15 et 16**.

A la suite des entretiens, avec les données sur les services et disservices récoltées, un travail d'acculturation est réalisé pour les agents de l'IE. Ce travail d'acculturation se présente sous forme de 4 fiches techniques et une fiche de vocabulaire agroforestier. Les thématiques de ces fiches d'acculturation ont été choisies en fonction des disservices les plus cités. L'objectif de ces fiches est d'informer les agents de l'IE sur la gestion d'un projet agroforestier, sur les disservices à prendre en compte, et sur les manières de les éviter ou de les atténuer. L'objectif transversal de ces fiches est d'offrir la possibilité aux agents volontaires de monter en compétences dans le domaine de l'agroforesterie. Un poster des entretiens est également réalisé, il sera présenté aux participants de l'atelier 1 (**annexe 1**).

Les résultats d'enquête ont donc permis de commencer à travailler sur la conception du projet. Ces résultats vont servir de modèle de comparaison avec les résultats des autres étapes.

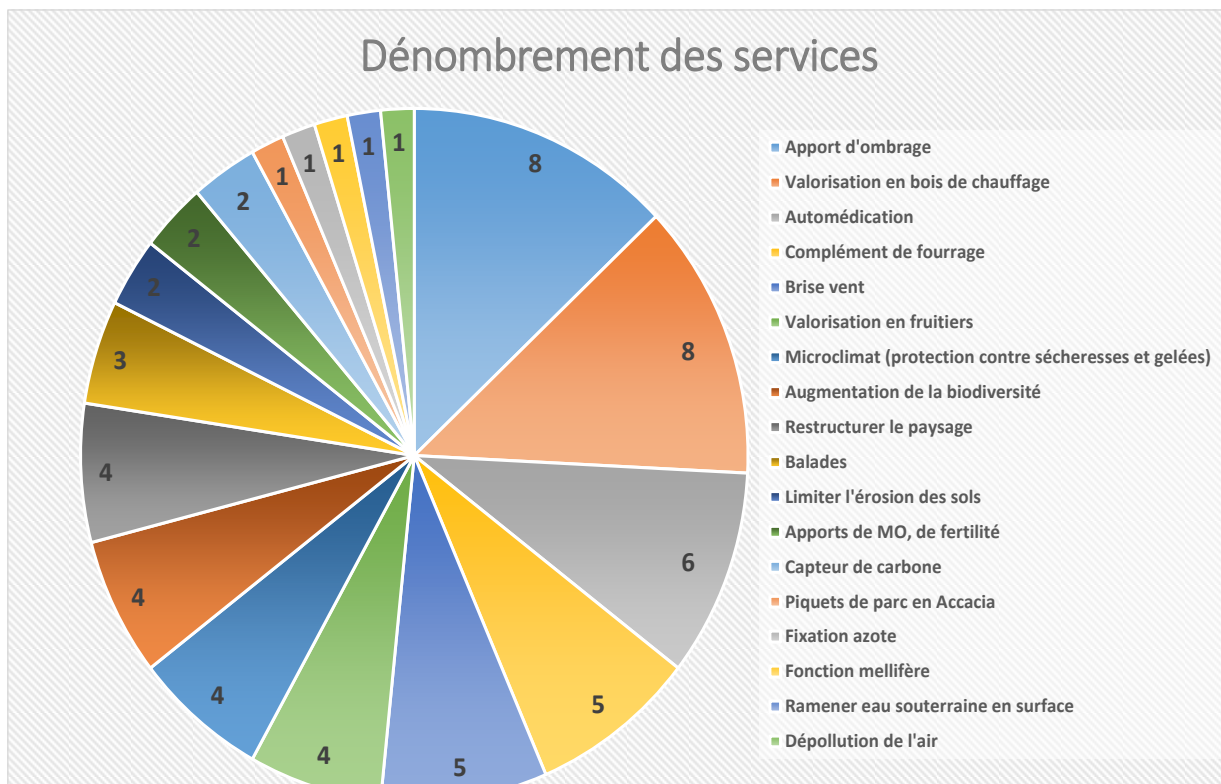


Figure 15 Graphique de répartition des services cités en entretien

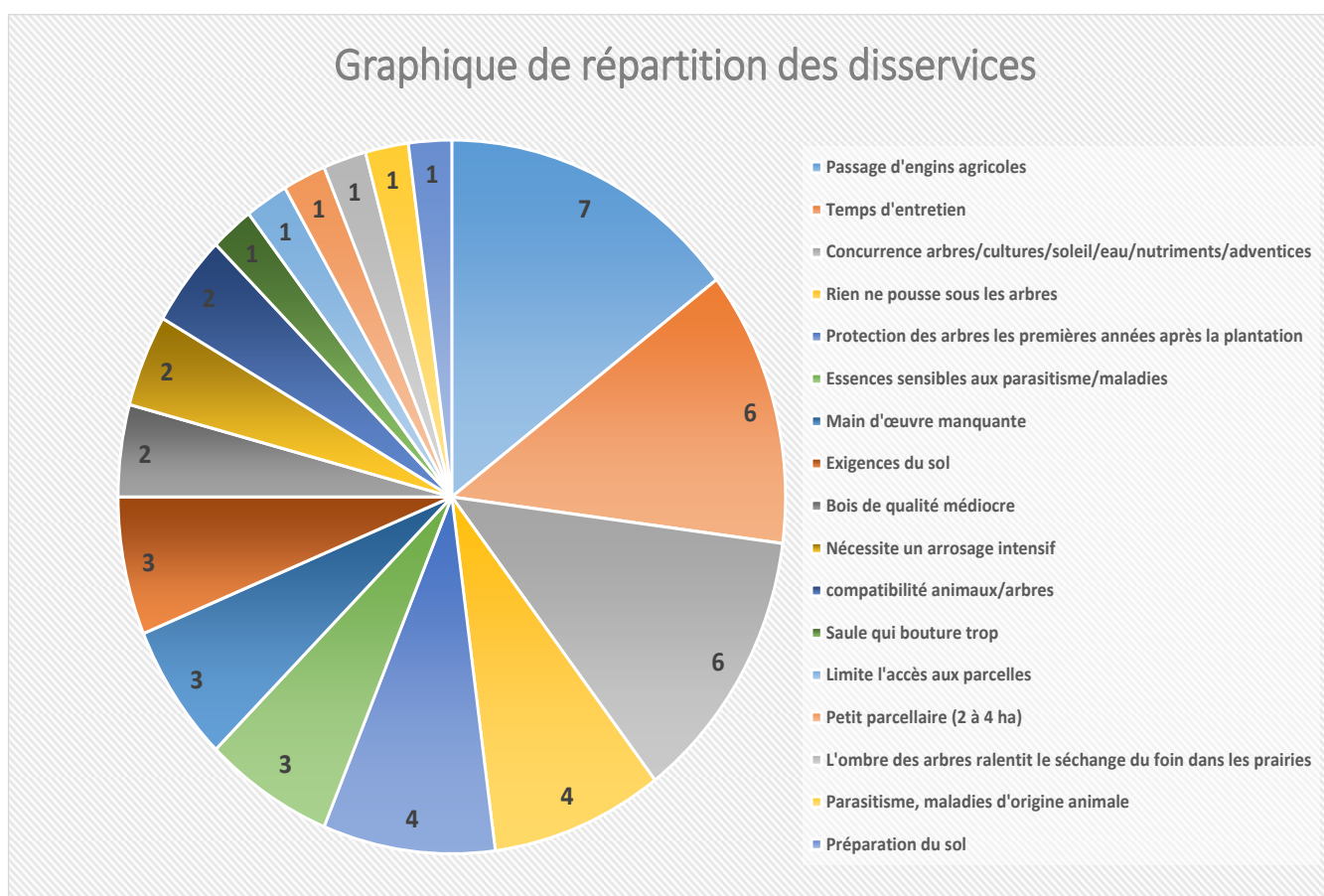


Figure 16 Graphique de répartition des disservices cités en entretien

B. Localisation des dispositifs agroforestier sur les secteurs de l'installation expérimentale

1. Localisation sur le parcellaire

Secteur Haut du bois :

Haut du Bois 2-3 : alignement d'arbres au milieu de la 2 et la 3 ; au moins une rangée car c'est un secteur où il y a beaucoup de vent.

Haut du bois 2-1 : pas besoin d'implanter un dispositif, les haies de l'exploitation agricole protègent déjà.

Haut du bois 5 et 4 : implantation en bordure pour protéger du vent et enlever l'humidité du sol. Attention, le type de sol est marne, donc pas favorable à l'implantation d'arbres, la présence d'arbres est tout de même compatible, mais la croissance sera plus lente. Redéfinir la limite entre Haut du bois 4 et Haut du bois 5 avec cette ligne d'arbres à planter.

Les haies implantées sur ce secteur en 2017 et 2019 ne sont pas en très bon état, il est suggéré de compléter ces haies avec des arbres.

Secteur Justice :

Entre Justice L et l'exploitation agricole voisine : créer une barrière physique pour se couper de l'exploitation voisine qui est en conventionnel. Planter une ligne d'arbres au milieu de la parcelle pour bénéficier d'un effet brise vent également. Attention au réseau de drainage présent sur la parcelle : si on met les arbres au milieu, ils vont se retrouver en plein milieu des collecteurs qui descendent, donc tout le réseau de drainage peut être bouché et donc inutilisable. La ligne d'arbres sera donc implantée le plus loin possible des collecteurs.

Secteur Murget :

Planter une haie tout le long des HLM : créer une barrière physique pour se couper des habitations.

Implantation d'une ligne entre Murget 21 et la Murget 22 : attention à bien espacer les arbres pour laisser de l'espace aux vaches. Prendre en compte la fauche : penser l'espacement afin que les machines puissent passer sans problème.

Secteur Ravenel :

Ravenel 3 : ligne d'arbre intra parcellaire pour enlever l'humidité.

Planter une rangée d'arbres en alignement sur la clôture entre les parcelles Ravenel 3 et 12 et étang 4, étang 3 et 2, dans le but de lutter contre l'érosion, très marquée à cet endroit.

Planter une ligne entre Ravenel 33 et Ravenel 3 pour lutter contre l'érosion et créer des zones d'ombre et bénéficier d'un effet brise vent.

Ravenel 11 et Ravenel 12 : planter une rangée d'arbres entre les deux parcelles, pour les protéger du vent. Attention à la station météo : rien ne doit s'y trouver dans un périmètre de 50 m, la station météo n'est pas un problème. L'implantation sur la clôture entre les deux parcelles, permet de ne pas gêner le passage des machines, et de travailler de part et d'autre des arbres.

Secteur Joly :

Joly 1-2 : alignement d'arbre intra parcellaire dans le but d'apporter de l'ombre aux animaux.

Joly 7-8-9 haut : implantation d'un alignement proche de la bordure. Il y a déjà un arbre présent à cet endroit, idée de remettre des arbres en plus, pour apporter de l'ombre aux animaux.

Joly 51-52 : alignement d'arbres pour enlever l'humidité.

Ravenel 6 : alignement d'arbres pour apporter des zones d'ombre, prendre en compte le passage d'engins agricoles dans les parcelles. Par rapport à la topographie, veiller à un espacement correct des arbres, en prenant en compte les vents dominants.

Secteur Marchandes :

Marchande 2 : alignement pour faire de l'ombre. Attention, il faut garder des parcelles portantes pour les épandages, prévoir un écartement entre les arbres suffisamment importants pour permettre le passage des machines. Problème avec le fumier de raclage, problème pour passer avec la table d'épandage, il faut éviter de « crépir les arbres ». Solution : épandre plus large que les rangées, ne pas serrer les arbres.

Secteur Domvallier :

Domvallier 3, 4 et 5 : problèmes liés au manque d'ombrage sur ces parcelles. Une haie est déjà présente sur la clôture Domvallier 2 et Domvallier 3. Plantée en 2019, elle est un peu dégarnie, il faut donc rajouter des arbres dans cette haie.

Domvallier 0 et Domvallier 1 : alignement en bordure des deux parcelles, implantation à partir du milieu de Domvallier 0, parce qu'il y a un décalage lié au fossé qui capte le méthaniseur de l'exploitation voisine.

Domvallier 1 : alignement d'arbres intra parcellaire, dans le prolongement de l'ancien emplacement de la cabane aux cochons, pour apporter de l'ombre aux animaux.

Domvallier 4 : compléter la haie plantée en 2018 avec des arbres, afin d'enlever l'humidité du sol.

Secteur Haut des vignes :

Haut des vignes 1 : pas possible, car la parcelle est trop en pente.

Haut des vignes 2 et 32 : alignement en bordure de ces deux parcelles, pour prévenir l'érosion et apporter de l'ombre.

Haut des vignes 31 : alignement intra parcellaire perpendiculaire à l'alignement entre Haut des vignes 2 et 31, par rapport à l'ensoleillement et la pente.

Secteur Moine :

Moine 22 et Moine 21 : haie implantée en 2018. Il y a également une forêt à côté de ce secteur.

Implantation d'un alignement d'arbres le long de la clôture Moine 21 et 22, à l'opposé de la haie. Prise en compte de l'accessibilité aux parcelles : il y a beaucoup de portes qui permettent d'accéder aux parcelles, la solution est de faire un alignement d'arbres discontinus en évitant de bloquer les portes. Le but de cet alignement Moine 21 et 22 est de créer un effet brise vent, de créer de l'ombre. Idée d'implanter du noyer pour éloigner les mouches : tanins dans les feuilles + effet allopathique répulsif.

Il n'est pas possible de mettre des arbres au milieu de la parcelle car il ne faut pas trop tirer l'eau (source peu profonde).

Moine 21 : se couper de l'exploitation agricole voisine (conventionnel), pour séparer les animaux entre eux avec une haie, dans le but de contrer les échanges de maladies.

Secteur Petite fin :

Plus de cohérence de mettre des arbres sur ce secteur plutôt que sur Beaufroid, par rapport aux cultures, il s'agit d'un milieu plus ouvert.

Petite fin 1 : Enlever l'humidité du sol avec un alignement intra parcellaire, perpendiculaire à la bordure de Saumnaumont 21. Utiliser les arbres à enracinement profond qui vont aller remonter le calcium des roches, pour contrer l'excès de sodium sur cette parcelle, et ainsi lutter contre le décarbonatage. L'alignement est la meilleure alternative : secteur humide pas toujours très praticable, il faut faire au mieux pour que ça le reste.

Petite fin 22 : alignement d'arbres, dans le prolongement de l'alignement sur petite fin 1, afin d'enlever l'humidité, très présente à certaines périodes de l'année.

Secteur Saumnaumont :

Saumnaumont 21 et 22 : secteur fréquemment engorgé, implanter un alignement intra parcellaire sur ces deux parcelles, afin de les désengorger. Attention, les parcelles Saumnaumont 21 et 22 ne sont pas très grandes (2ha), et surtout très étroites. Prendre en compte les difficultés d'accessibilité liées aux arbres, possibilité de faire un alignement épars. Proposition d'arbres très espacés au milieu pour pouvoir tourner autour.

Compte tenu de la problématique liée à l'accessibilité, le secteur Saumnaumont reste une hypothèse.

Les secteurs Beaufroid/colline Beaufroid ; Friche et étang ont été abordés avec les participants, mais ils n'ont pas jugé indispensable d'implanter des arbres sur ces secteurs, jugeant que leur présence affecterait négativement la productivité des parcelles.

Les dispositifs agroforestiers ont donc été localisés sur 11 secteurs. Le **tableau V** synthétise les résultats obtenus.

Lors des entretiens, la question des secteurs d'implantation est évoquée, et certains enquêtés m'ont donné leurs idées d'implantation de dispositifs agroforestier sur certains secteurs. 5 enquêtés m'avaient parlé d'implanter des dispositifs sur les parcelles du secteur Joly, 3 enquêtés voulaient des dispositifs sur les parcelles Domvallier. 2 enquêtés m'ont parlé du secteur Moine comme étant un secteur de choix pour l'implantation de fruitiers, un autre enquêté m'a parlé d'implanter un dispositif entre le secteur Ravenel et le secteur étang, un autre sur le secteur Haut du bois, et d'autres sur les secteurs Justice, Murget, Marchandes ou encore Colline Beaufroid et Beaufroid.

Tableau V Récapitulatif de l'atelier 1

Secteurs	Zones d'implantation	Arguments	Contraintes
Haut du bois	Au milieu de HdB 2 et 3	Secteur où il y a beaucoup de vent	Nature du sol hydromorphe qui peut être problématique pour certaines essences
	Entre HdB 4 et 5 : peut-être redéfinir la limite entre les 2 parcelles	Secteur hydromorphe, les arbres peuvent pomper l'excédent d'eau	Type de sol : marnes => les arbres risquent de ne pas pousser vite
	Au niveau des haies	Compléter les haies en mauvais état	
Justice	Entre Justice L et la ferme du voisin	Pour se couper du voisin	Présence de drains
Murget	Le long des HLM : 21, 22, 42	Se couper des HLM	Penser l'espacement pour permettre le passage des machines
	Entre la 21 et la 22	Ombre pour les animaux Pomper l'eau	Attention a pas trop en planter pour pouvoir rester dans la parcelle
Ravenel	Ravenel 6	Apporter de l'ombre	Topographie : penser au passage des engins agricoles dans les parcelles
	Ravenel 3 et 33	Pour pomper l'eau	
	Entre Ravenel et étang	Limiter l'érosion	
	Ravenel 3	Brise vent	/
	Bordure Ravenel 11-12	Brise vent	Station météo : rien dans un périmètre de 50 m
Joly	Joly 1-2	Apporter de l'ombre	/
	Joly 7-8-9 haut	Ombre, accompagner l'arbre déjà présent	/
	Joly 51-52	Pour pomper l'eau	/
Marchandes	Marchande 2	Ombre	Garder des parcelles portantes lorsqu'on veut épandre Problèmes pour passer avec la table d'épandage
Domvallier	Domvallier 4	Ombre et pomper l'humidité	/
	Entre Domvallier 0 et 1G		Décalage lié au fossé qui capte le méthaniseur
	Domvallier 1	Regarnir la haie déjà existante	/
	Au milieu de la haie entre Domvallier 2 et 3		
Haut des vignes	HdV 2	Lutter contre l'érosion, apporter de l'ombre	Attention à la pente
	Entre la 2 et la 31		Tenir compte de l'ensoleillement et de la pente
	HdV 31		
Moine	Moine 21-22 : le long de la clôture	Secteur venteux et ensoleillé : apporter du confort aux animaux	Présence d'une source peu profonde : attention à ne pas l'épuiser avec les arbres
		Utiliser des essences répulsives pour les insectes (Noyer par ex)	Présence de portes pour accéder aux parcelles : les prendre en compte à l'implantation
	Moine chevaux	Se couper du voisin (barrière physique)	Le sol ne permet pas l'implantation d'une haie ou d'arbres car au moment de l'implantation (automne), le sol est trop humide
		Contre les échanges de maladies avec les animaux du voisin	
Petite fin	Petite fin 22 jusqu'à PF1	Tirer l'eau sur PF1	Attention au type de sol : superficiel, marne
		Lutter contre le décarbonatage (érosion chimique)	Excès de sodium : contre cet excès avec du calcium, présent dans les roches, et récupéré par les arbres Secteur humide, pas toujours très praticable (idée d'un alignement pour faciliter l'accès au secteur)
Saumnaumont	Saumnaumont 21-22	Secteur très humide	Petites parcelles sur lesquelles il serait difficile de planter des arbres

2. Dimensions des dispositifs

Au total, ce sont 25 dispositifs qui ont été localisés sur le parcellaire. Les résultats suivants traduisent les calculs qui ont été faits pour chacun des dispositifs, afin de déterminer le nombre d'arbre à planter, en fonction de la tournière, de l'espacement entre les arbres et de la longueur du dispositif localisé. La **figure 16** représente la localisation des dispositifs agroforestier, avec leur longueur réelle et la largeur de tournière. L'**annexe 1** représente les dimensions de chaque dispositif agroforestier.

Le secteur qui compte le plus d'arbres est Ravenel, avec un nombre total d'arbres à planter de 114, pour un métrage total de 914 mètres. Le secteur qui compte le moins d'arbres est Marchande, avec 16 arbres, pour un métrage total de 126 mètres. Sur la **figure 16**, on voit tous les futurs dispositifs agroforestiers localisés sur le parcellaire. Les dispositifs de cette carte sont les mêmes que ceux placés sur le grand parcellaire lors de l'atelier 1. Les dispositifs sont bien répartis sur l'ensemble des secteurs. 2 haies sont prévues sur les secteurs Moine et Murget, en complément des haies déjà implantées. Si les dispositifs agroforestiers n'ont pas été localisés sur l'ensemble des secteurs, c'est parce que INRAE n'est pas propriétaire de l'ensemble des parcelles, il est donc plus compliqué de mettre en place un projet agroforestier sur ces parcelles. Une autre raison pour laquelle des dispositifs ne sont pas présent sur l'ensemble du parcellaire est que les agents de l'IE, lors de la réunion ont souhaité laisser des secteurs sans arbres, comme les secteurs Colline Beaufroid et Beaufroid, pour préserver les rendements des cultures. Cela ne veut pas dire qu'il n'y aura jamais d'arbres sur ces secteurs, mais il s'agit d'un compromis trouvé avec les agents pour que des dispositifs agroforestiers soient implantés sur d'autres secteurs.

Certains dispositifs vont être implantés en bordure de parcelles ou proche du bord, comme les dispositifs des secteurs Justice et Moine. Ces dispositifs seront aussi proche des parcelles d'une exploitation agricole voisine en agriculture conventionnelle. Les plantations constituées de poiriers et de pommiers haute tige doivent être plantées à 2,33 mètres du fonds voisin, les autres plantations de plus de 2 mètres doivent être plantées à plus de 2 mètres de la limite séparative (**Chambre d'agriculture de Normandie**). Pour cette raison, les dispositifs agroforestiers qui seront plantés en bordure d'une parcelle avec un voisin devront être pensé de manière à respecter cette réglementation.

Les dimensions ont été appliquées à l'échelle des parcelles, avec le logiciel Qgis. Les largeurs de tournière ont été fixées à 25 mètres sur l'ensemble des secteurs, après concertation avec Amandine Durpoix. Le dimensionnement des dispositifs aurait pu être fait d'une autre manière, nous avons envisagé une réunion de terrain avec les agents de l'installation expérimentale. Lors de cette réunion, nous avons prévu d'utiliser un terminal de collecte de données GPS portable, afin de placer des points GPS aux endroits où seraient les futurs arbres, en prenant en compte l'espacement de 8 mètres entre chaque arbre. Cela aurait permis d'avoir des dispositifs encore plus précis que ceux réalisés sur Qgis. Si cette manière de faire n'a pas abouti cette année, il est possible qu'une réunion se fasse l'année prochaine afin de réaliser des mesures sur le terrain.

C. Choix des essences

Pour concevoir des dispositifs agroforestier complet, il faut travailler sur la question des essences à planter. Le premier secteur à être implanté, à l'automne 2022 est le secteur du Joly. Pour ce secteur il a donc été nécessaire de sélectionner les essences à planter. Pour les autres dispositifs, le choix des essences pourra se faire l'année de l'implantation. Etant donné que le projet agroforestier de l'unité ASTER est soutenu par le plan de subvention « osez l'agroforesterie » les essences sont entièrement subventionnées par les partenaires du projet : la région Grand-Est et la chambre d'agriculture des Vosges. Cependant, une liste est imposée et les essences à choisir doivent être dans cette liste. Pour le choix des essences, je me suis donc basé sur cette liste, mais aussi sur la

Localisation des dispositifs agroforestier sur les différents secteurs de l'IE

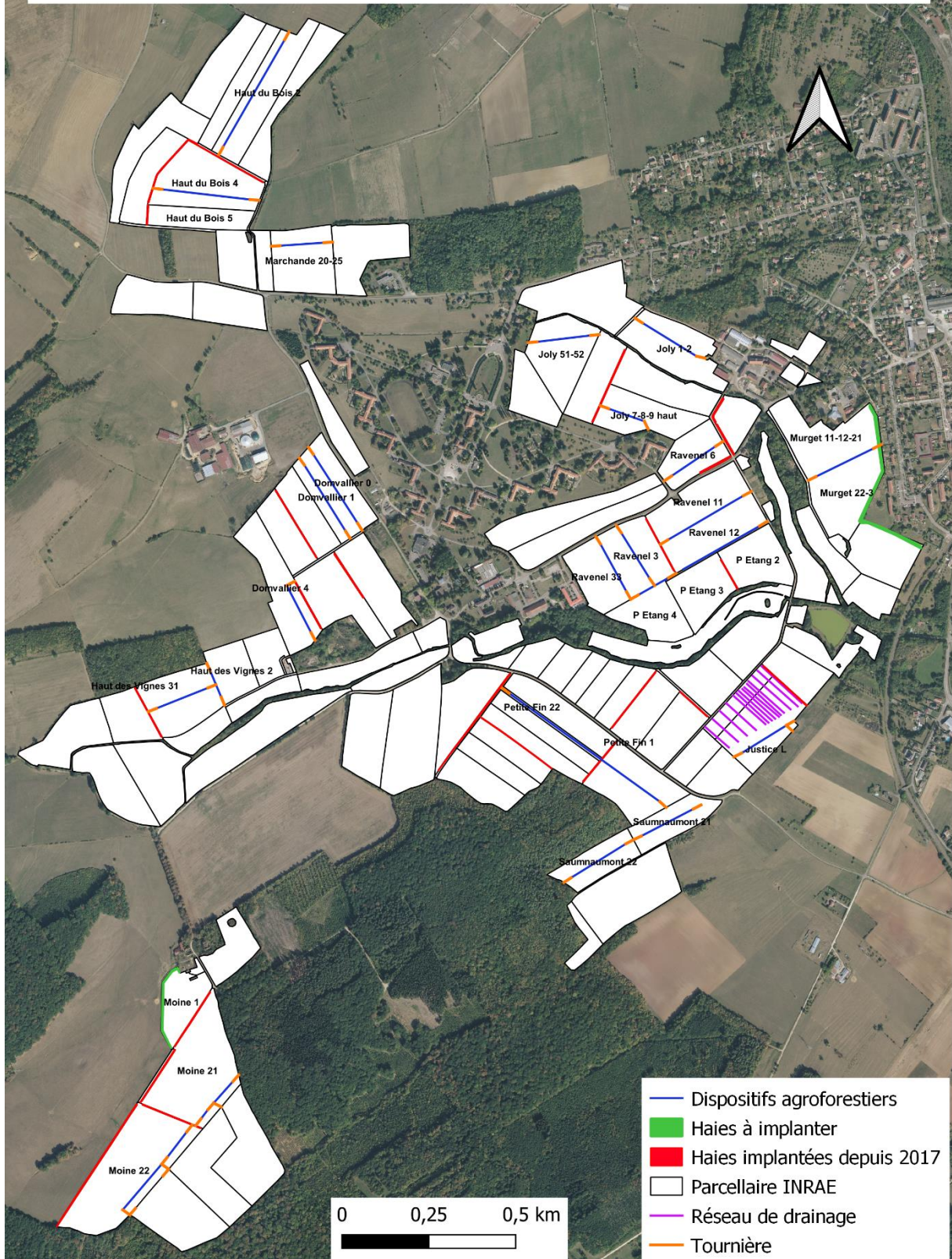


Figure 17 Carte des dispositifs agroforestiers

D. Projet photo

Plus belle configuration :

D'après les réponses des participants au projet photo, une belle configuration est une configuration qui a une bonne densité pour avoir un effet brise vent, qui apporte donc un service. C'est une configuration qui est bien entretenue, non seulement pour le côté esthétique et paysager, mais aussi car une configuration bien entretenue est une configuration qui fournira des services de qualité (brise vent, ombrage pour les animaux, ne gêne pas le passage des engins agricoles). C'est aussi une configuration qui contribue à la diversification des productions agricoles, avec des essences fruitières. Selon les participants, une belle configuration est une configuration qui sera bien entretenue, et qui permettra ainsi d'apporter une diversité de services. Le choix des essences est important, en effet il faut privilégier les essences mellifères, diversifier les strates (arborée et arbustive) afin d'apporter des services en faveur de la biodiversité. Aucun participant n'a cité une configuration « type » (alignement, bosquet, haie).

Moins belle configuration :

Selon les participants, la moins belle configuration est celle qui est mal entretenue, mal taillée, ou les essences ne sont pas adaptées (maladies) qui va apporter peu d'ombre et d'intérêt au paysage. Un mauvais entretien d'une configuration va engendrer une perte de services et qui n'est pas intéressante. On remarque à travers ces résultats que les éléments qui font qu'une configuration n'est pas esthétique sont l'inverse des éléments qui font qu'une configuration est belle (CF ci-dessus).

Plus d'atouts :

Une configuration qui présente le plus d'atouts peut être une configuration type (exemple : le bosquet) mais de manière générale on s'aperçoit que ce qui fait qu'une configuration présente beaucoup d'atouts est lié à la diversité des essences, et aux services associés (réservoir de biodiversité, apport d'ombrage, intérêt mellifère, brise vent). Ici il n'y a qu'une personne qui a cité une configuration précise, les autres participants partent du principe que peu importe la configuration, il y a des critères (essences et services) qui font qu'une configuration va apporter des atouts.

Plus de contraintes :

Les configurations qui présentent le moins d'atouts sont les configurations qui vont nécessiter un entretien fréquent. Cet entretien fréquent peut être dû à un mauvais choix des essences, qui sont vulnérables à des maladies/parasites du milieu. Par exemple une invasion de gui dans les arbres va nécessiter un entretien plus assidu, ce qui va présenter des contraintes. Il faut donc penser au choix des essences, afin d'éviter ce genre de problèmes. Les configurations qui présentent le plus de contraintes sont celles qui vont gêner le passage des engins agricoles également.

Plus pertinente par rapport aux objectifs de l'IE :

Les configurations qui présentent le plus d'atouts sont des configurations qui répondent aux objectifs du projet agroforestier, fixés avec le comité de recherche. Les configurations qui répondent aux objectifs de l'IE sont des configurations qui ont une diversité d'essences et de strates, qui vont apporter de la biodiversité. Une configuration pertinente est une configuration qui est pensée en fonction de l'usage de la parcelle sur laquelle les arbres sont implantés, c'est une configuration qui va apporter une diversité de services.

Moins pertinente par rapport aux objectifs de l'IE :

Les configurations qui présentent le moins d'intérêt sont celles qui sont le moins bien entretenues. Le manque d'entretien des formations ligneuses fait qu'elles gênent les travaux agricoles, et n'apportent pas de services. En conclusion, plusieurs éléments sont récurrents dans les réponses des participants :

- L'entretien des configurations apparaît comme un levier important pour avoir un dispositif agroforestier intéressant qui présente des services. La taille par exemple est très importante, elle va permettre d'orienter les arbres et va conditionner les services apportés : ombrage, brise vent. La taille va aussi apporter un côté esthétique au dispositif agroforestier.
- Les services apportés : peu importe la configuration, le raisonnement des participants est que tant que l'arbre apporte des services, la configuration n'a pas vraiment d'importance.
- Penser le design agroforestier : il faut prendre en compte l'usage de la parcelle, les rotations, la topographie. Ces éléments vont conditionner le passage des engins agricoles avec les arbres. Un dispositif agroforestier bien pensé permet un passage facilité des engins agricoles, avec un espacement suffisant entre les arbres et les rangées d'arbres.

Le **tableau VI** reprend les principaux éléments du projet photo.

E. Analyse de l'outil d'aide à la décision

1. Analyse par catégories de cartes

a) Objectifs :

Les objectifs les plus évoqués sont : adaptation aux changements climatiques (8 fois sur 10) ; préservation des ressources (7 fois sur 10) ; contribuer à l'autonomie fourragère (6 fois sur 10). L'objectif de production de denrées à destination de l'alimentation humaine est cité 4 fois sur 10. L'objectif le moins cité est la production de bois (2 fois sur 10). Pour ce qui est de la contribution à l'autonomie fourragère cela s'explique par le fait que l'ensemble des troupeaux d'animaux (bovin, porc, caprin) sont en herbivorie stricte, ce qui implique une consommation exclusive de fourrages l'hiver. Avoir un complément fourrager est très intéressant, tant d'un point de vue nutritif que d'un point de vue automédication. En effet, selon les essences qui seront choisies certaines sont aussi nutritives qu'un fourrage herbager, et certaines possèdent des propriétés médicinales, comme le noyer qui possède des propriétés antiparasitaires (**Dupraz et Liagre, 2019**). Cependant pour faire du bois de chauffage, du paillage ou des piquets de parc le bois n'a pas besoin d'être impeccable, c'est pourquoi l'objectif est quand même évoqué pour deux secteurs.

b) Services :

Sur les 18 cartes « services », 5 sont récurrentes : apport d'ombrage (8 fois) ; automédication (8 fois) ; complément fourrager (6 fois) ; brise vent (10 fois) ; fonction mellifère (9 fois). Ces services sont liés à la production fourragère et au pâturage. Cette récurrence s'explique par le fait qu'il apparaît plus simple de faire de l'agroforesterie en élevage plutôt qu'en cultures. En effet les interventions mécaniques sont moins fréquentes et nécessitent moins de temps et de main d'œuvre. Ces services sont aussi liés à l'objectif « contribuer à l'autonomie fourragère » qui a beaucoup été cité.

Il reste tout de même certains services qui sont peu cités : bois de chauffage (1 fois) ; valorisation avec des arbres fruitiers (3 fois) ; microclimat (3 fois) ; balades (1 fois) ; limiter l'érosion (3 fois) ; apport de matière organique (1 fois) ; valorisation en piquets de parc (1 fois) ; fixation de l'azote (2 fois) ; ascenseur hydraulique (1 fois) ; dépollution de l'air (2 fois).

Tableau VI Carte Récapitulatif des résultats du projet photo

Plus belle configuration	Moins belle configuration	Plus d'atouts pour...	Plus de contraintes pour...	Plus pertinente par rapport aux objectifs de l'IE	Moins pertinente par rapport aux objectifs de l'IE
Brise vent	Mal entretenue	Configuration en bosquet	Gêne le passage des machines	En fonction de l'usage de la parcelles	Configurations trop denses
Bien entretenue	Essences pas adaptées	Intéressant pour la biodiversité	Arbre isolé	Configurations qui produisent des denrées alimentaires	Configuration peu productive
Apporte de l'ombre	N'apporte pas de services	Apport d'ombre	Mauvais choix d'essence	Apport d'ombre	Configuration qui prend de la place
Production de petits fruits		Production de fruits	N'apporte pas de brise vent	Automédication	Configuration mal entretenue (taille)
Intéressant pour la biodiversité		Maintien des berges	Sur un terrain en pente	Apport fourrager	Configuration qui entraîne une perte de services
Structure le paysage		Fonction d'automédication		Coupe-vent	
		Valorisation du bois		Design AF bien pensé, bien orienté	
		Orientation de la configuration par rapport au vent		Associer des essences	
		Brise vent		Production de bois	
		Ne gêne pas les travaux agricoles		Configuration qui va attirer des pollinisateurs	
				Microclimat qui garde fraîcheur	

De manière générale, les cartes services ont bien été utilisées, le principal problème avec ces cartes aurait été qu'elles soient peu utilisées et laissées de côté, mais ça n'a pas été le cas. Cela signifie que depuis le début du projet, initié en septembre, les perspectives de certaines personnes concernant la place de l'arbre et ses services ont évolués.

La faible récurrence de certains services (bois de chauffage, microclimat, balades...) s'explique par le fait qu'ils n'offrent pas un service immédiat ou ne sont pas visibles directement. Par exemple il est plus facile d'estimer le bénéfice de, l'ombre apportée par les arbres plutôt que la capacité de dépollution de l'air, ou la capacité d'ascenseur hydraulique, ou de microclimat. Par rapport aux services cités par les enquêtés lors des entretiens semi-directif, les résultats sont les mêmes. En entretien les services qui revenaient le plus souvent étaient les mêmes que les services les plus cités lors de l'utilisation de l'OAD. Cela signifie que le raisonnement en termes de besoins de services est le même qu'au début du projet, il y a une constance dans la réflexion des agents de l'installation expérimentale.

c) Disservices :

Sur les 11 cartes « disservices », les plus cités sont : passage des engins agricoles dans les parcelles (8 fois) ; protection des arbres les premières années (8 fois) ; temps d'entretien (7 fois) ; exigences du sol (6 fois).

Les moins cités sont : réseau de drainage (4 fois) ; problèmes lors de l'épandage (3 fois) ; ressource disponible en eau (3 fois) ; concurrences (2 fois) ; limite l'accès aux parcelles (1 fois) ; topographie (1 fois).

Si certains sont plus cités que d'autres, c'est parce qu'il s'agit de disservices concrets : ce sont des contraintes de terrain (passage des engins agricoles dans les parcelles ; protection des arbres les premières années ; temps d'entretien ; exigences du sol). Cependant, avec de l'anticipation, ces disservices peuvent être gérés au mieux, afin de minimiser leur impact. Le fait que les autres disservices soient peu cités s'explique par le fait que contrairement à ceux les plus cités, ces derniers sont typiques de certains secteurs, par exemple, la topographie n'est citée qu'une seule fois, sur la seule parcelle où la topographie peut poser un problème. Pour ce qui est des drains, c'est la même chose : seules certains secteurs sont drainés, c'est pourquoi le disservice « réseau de drainage » revient assez peu. On constate que ceux qui montrent une contrainte directement sur le terrain sont les plus cités, ceux qui ne correspondent qu'à quelques secteurs sont moins cités. Par rapport aux disservices cités par les enquêtés lors des entretiens semi-directif, les résultats sont les mêmes. En entretien, ceux qui reviennent le plus souvent sont les mêmes que ceux qui sont plus cités lors de l'utilisation de l'OAD. Cela signifie qu'il n'y a pas eu de changement au niveau de la gestion des disservices, mais cela ne pose pas de problème et ne signifie pas que leur perception des disservices est toujours la même. En effet, même si les disservices les plus cités sont les mêmes, lors de l'utilisation de l'OAD, leur choix a été justifié par les participants. Cela veut dire qu'un travail a été effectué sur les disservices, afin de les anticiper le mieux possible. De plus les disservices qui reviennent le plus sont : passage des engins agricoles, temps d'entretien ou encore protection des arbres. Il s'agit ici de disservices pouvant être rencontrés sur l'ensemble des secteurs. Au total, 17 disservices avaient été cités en entretien, et finalement seulement 11 ont été introduits dans l'OAD, cette différence s'explique par le fait qu'après relecture des disservices cités en entretien, plusieurs étaient similaires. De ce fait, j'ai choisi de regrouper ces disservices similaires, afin de ne pas « perdre » les participants lors du deuxième atelier. Parmi ces disservices fusionnés on retrouve ceux liés au temps d'entretien des arbres, à la protection des arbres les premières années, la main d'œuvre disponible.

d) Configurations :

Les configurations les plus citées sont : plantation en bordure (5 fois) ; alignement fourrager/automédication (5 fois) ; brise vent (4 fois). La culture intercalaire, quant à elle a été citée 3 fois, la configuration en bosquets/ilots pour l'élevage est revenue pour 2 secteurs, et enfin, la disposition aléatoire d'essences fourragères/automédication, ainsi que la configuration pré-verger alignement et l'arbre isolé ont été cités une seule fois.

Plusieurs configurations n'ont pas été sélectionnées du tout : jachère de rotation ; mélange aléatoire faible densité ; mélange aléatoire forte densité ; pré-verger aléatoire.

La culture intercalaire est peu évoquée, sans doute par rapport au fait qu'il est compliqué de conduire une culture intercalaire en raison des contraintes imposées par le passage des engins agricoles dans les parcelles et l'entretien des arbres. La configuration en bosquets/ilots pour l'élevage est envisagée sur des secteurs fortement exposés au soleil, ou se trouvent souvent des animaux. Enfin, la disposition aléatoire d'essences fourragères/automédication, ainsi que la configuration pré-verger alignement et l'arbre isolé ont été cités une seule fois. Le fait que ces configurations soient peu citées indique qu'elles ne sont pas forcément applicables aux secteurs de l'installation expérimentale (pas vraiment d'intérêt à mettre un arbre isolé dans une parcelle).

Pour certains secteurs, le choix de faire une configuration en mode « aléatoire » (pré-verger aléatoire ou essences fourragères/médicinales aléatoires) a été évoqué, notamment sur le Joly. Compte tenu des attentes des techniciens sur les dispositifs agroforestiers de ce secteur, la configuration aléatoire n'est pas permise, la configuration en alignement d'arbres est donc privilégiée. Cette distorsion entre l'activité (proposition d'implantation aléatoire) avec la réalité (alignements d'arbres) montre que l'OAD ne peut pas toujours refléter la réalité à 100%.

En conclusion, le deuxième atelier sur la configuration des dispositifs agroforestier a permis de construire des dispositifs complets qui reprennent, pour chaque secteurs les objectifs, services, disservices et configurations envisagées pour l'implantation. A l'issue de cet atelier j'ai donc pu réaliser des cartes de synthèse qui reprennent pour chaque secteurs les éléments abordés avec l'OAD, j'ai aussi retranscrit les résultats des cartées citées et non citées dans un tableau qui m'a été utile pour l'analyse de l'OAD sur les secteurs, et pour l'analyse sur la priorisation des secteurs.

La manière dont a été réalisée cet atelier, en binômes, a permis d'avancer rapidement sur la prise de décision. Cela a également permis à des personnes assez discrètes habituellement, de se mettre en avant et de s'exprimer sur leurs idées, au même titre que ceux qui sont plus à l'aise pour s'exprimer à l'oral. Le fait d'avoir réalisé le projet photo en amont de cet atelier a permis aux participants de se sensibiliser aux questions liées à la configuration.

Le **TABLEAU X** reprend les cartes citées en vert et les non citées en noir.

2. Analyse par secteurs

Les objectifs/services/disservices qui sont communs à plusieurs secteurs ne permettent pas de les caractériser. En revanche, ceux qui pendant l'atelier 2 n'ont été évoqués que sur un ou deux secteurs permettent de les catégoriser. En procédant de cette manière, on peut observer quels secteurs ont des particularités. Les résultats sont synthétisés dans le **tableau VIII**.

Secteur Murget :

Ce secteur est le seul à avoir un seul objectif : « contribuer à l'autonomie fourragère ». La particularité du Murget est donc que les futurs dispositifs qui seront implantés auront pour unique vocation la production fourragère.

Secteurs Justice et Haut des vignes :

Ces deux secteurs ont un objectif qui leur est propre : « production de bois », ce qui signifie que ces deux secteurs auront la particularité de produire du bois. Le service « bois de chauffage » est cité uniquement pour le secteur Haut des vignes, cela signifie que ce secteur sera le seul à assurer une production de bois de chauffage. Ce service va de pair avec l'objectif « production de bois ». Le service « valorisation en piquets de parc » est cité uniquement pour le secteur Justice, ce secteur sera donc le seul à avoir vocation à produire du bois pour valorisation en piquets de parc. Ce service va de pair avec l'objectif « production de bois » évoqué sur ce secteur.

Les secteurs Haut des vignes et Justice se démarquent donc des autres secteurs par leur objectif « production de bois » et le service qui leur est associé « valorisation en piquet de parc » et « bois de chauffage ». Ces deux secteurs ont également un service associé qui n'est présent sur aucun autre secteur : « limiter l'érosion des sols ». Cela signifie qu'aujourd'hui ces deux secteurs sont sujets à l'érosion, et que l'implantation de dispositifs agroforestiers sur ces secteurs permettra de limiter cette érosion. Cette information sur ces secteurs est vérifiée par les résultats des entretiens et de la réunion sur la localisation des dispositifs, qui confirment que ces deux secteurs sont sujets à l'érosion.

Secteur Marchande :

Les services « apport de matière organique et fertilité des sols » ; « fixation de l'azote atmosphérique » et « ascenseur hydraulique » évoqués sur le secteur Marchande uniquement traduisent des problèmes liés à la fertilité et la ressource disponible en eau sur ce secteur. Le fait que ces services aient été évoqués uniquement sur ce secteur traduit un besoin spécifique. Le disservice « topographie » est uniquement évoqué sur ce secteur, il se différencie donc des autres secteurs par cette caractéristique.

Secteurs Petite fin/Saumnaumont :

Le disservice « limite l'accès aux parcelles » est uniquement évoqué sur ce secteur. Cela correspond à ce qui avait été dit pendant la réunion sur la localisation des dispositifs : ce secteur à des petites parcelles étroites, rajouter des arbres sur ces parcelles va complexifier l'accessibilité.

Secteur Domvallier :

Les configurations « arbre isolé » et « pré-verger alignement » ont été proposées uniquement sur le secteur Domvallier. Cela signifie que ce secteur se démarque des autres par les configurations choisies, sur ce secteur uniquement on retrouvera des dispositifs agroforestiers sous forme d'arbre isolé et/ou de pré-verger.

Secteur Joly :

La configuration « aléatoire fourrager/automédication » a été citée uniquement sur ce secteur, cela signifie qu'en théorie, les dispositifs de ce secteur seront les seuls à avoir cette configuration. En pratique ce ne sera pas le cas, compte tenu des attentes vis-à-vis du passage des engins agricoles, la configuration aléatoire n'est pas possible. En revanche un alignement fourrager/automédication est possible et sera mis en place sur ce secteur.

Les pictogrammes permettent de comprendre rapidement les spécificités de chaque secteur et facilitent la compréhension et le repérage dans l'espace de ces spécificités (*annexe 2*).

	Murget	Justice	Haut des vignes	Marchande	Petite fin/Saumnaumont	Domvallier	Joly
Objectifs caractéristique	Contribuer à l'autonomie fourragère	Production de bois	Production de bois				
Services caractéristique		Valorisation en piquets de parc	Bois de chauffage	Apport de MO et fertilité des sols			
		Limiter l'érosion des sols	Limiter l'érosion des sols	Fixation de l'azote			
Disservices caractéristique				Ascenseur hydraulique			
Configurations caractéristique				Topographie	Limite l'accès aux parcelles		
						Pré verger alignement Arbre isolé	Aléatoire fourrager
Conclusion	Ce secteur se différencie par son objectif unique de contribuer à l'autonomie fourragère. Sur ce secteur, les dispositifs agroforestier auront pour unique vocation de répondre à cet objectif.	Ce secteur se différencie par son objectif de production de bois, plus précisément par le fait que c'est le seul secteur ou le bois sera valorisé en piquets de parc.	Ce secteur se différencie par son objectif de production de bois, plus précisément par le fait que c'est le seul secteur ou le bois sera à vocation de bois de chauffage.	Ce secteur se différencie des autres par les services qu'apporteront les dispositifs agroforestiers, et qui sont propres à ce secteur.	Ce secteur se différencie des autres par la taille des parcelles	Ce secteur se différencie des autres par les configurations proposées	Ce secteur se différencie des autres par les configurations proposées

Tableau VIII Tableau de synthèse de l'analyse des spécificités des secteurs

F. Priorisation sur les secteurs

L'outil d'aide à la décision a permis de voir quels objectifs, services, disservices et configurations étaient attribués à chaque secteurs. Il a aussi permis de mettre en lumière certaines spécificités de certains secteurs. Mais il permet aussi, en fonction des cartes citées, d'observer l'ordre d'implantation des dispositifs, au fil des années. La base d'un projet agroforestier étant l'organisation du planning des travaux, il est donc indispensable de définir la priorisation des secteurs, afin d'établir un calendrier prévisionnel d'implantation permettant d'articuler le projet dans le temps. La **figure 18** reprend les résultats ayant conduit à la priorisation des secteurs. D'après les analyses réalisées, le premier secteur à planter est Ravenel, avec un score total de 14. Avec un score de 13, le second secteur à planter est Marchande. En troisième position, avec un score de 11, on retrouve les secteurs Joly, Domvallier et Petite Fin. On retrouve ensuite Haut des vignes et Moine avec un score de 10, Haut du bois et Murget avec un score de 9, et Le secteur Justice avec un score de 8.

J'ai choisi de procéder ainsi à la priorisation car cela me paraissait être la manière la plus simple de faire, compte tenu du temps et des moyens que j'avais. Ces résultats sont théoriques, ce sont ceux que j'ai trouvé avec la méthode que j'ai choisie. Cette méthode n'est pas vraiment précise et permet de donner un ordre d'idée de la priorisation uniquement. La méthode de pondération et le fait de se baser sur le taux de cartes citées n'est pas un indicateur fiable de la priorisation. Pour obtenir un véritable ordre de priorisation, il faudrait prendre en compte d'autres variables que les objectifs, services, disservices. On pourrait par exemple prendre en compte les fonds disponibles, les budgets alloués qui sont la base de la réalisation d'un tel projet. Un autre paramètre qui pourrait être pris en compte est la main d'œuvre disponible, c'est un paramètre important, car d'une année à l'autre on peut avoir une main d'œuvre plus ou moins importante, ce qui va jouer sur les possibilités d'implantation. La configuration des dispositifs agroforestiers peut aussi jouer sur l'ordre de priorisation. En effet, si on considère qu'une certaine configuration doit être implantée à un moment donné, alors on fait de la configuration un facteur dans la priorisation.

Dans l'analyse de priorisation que j'ai faite, le secteur Joly se situe en troisième position dans la priorisation, après Ravenel et Marchande. Cependant le secteur Joly sera le premier secteur à être implanté, à l'automne 2022. Ce secteur sera le premier à être implanté car un budget lui a été alloué, dans le cadre du projet « Osez l'agroforesterie ! » initié par le conseil départemental, en partenariat avec la Fédération Départementale des Chasseurs des Vosges, la Chambre Départementale d'Agriculture des Vosges et la Direction Départementale des Territoires.

Pour obtenir des résultats plus précis, et un ordre de priorisation en fonction de plus qu'uniquement les objectifs, services, disservices, j'aurais pu procéder autrement, en utilisant un outil de décision multicritère plus poussé que celui que j'ai utilisé. Martin Vigan, dans ses travaux de thèse, a utilisé une méthode qui pourrait être intéressante pour la priorisation des secteurs. Le modèle Terafor est un outil d'évaluation multicritère qualitative pour considérer l'ensemble des fonctions des espaces arborés dans les territoires agricoles (Vigan, 2018). Les résultats de l'OAD, associés à d'autres facteurs appliqués à ce modèle d'analyse auraient permis une caractérisation et une priorisation des secteurs plus exacte.

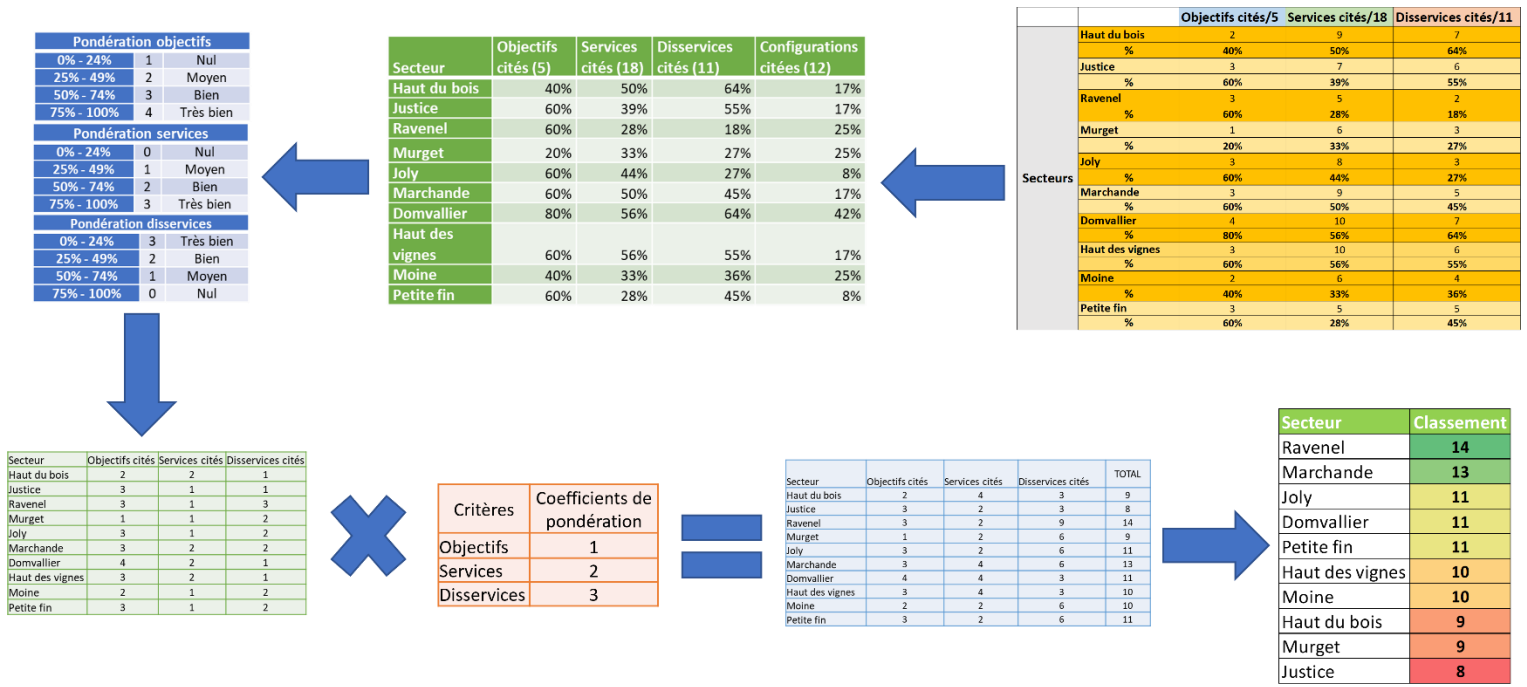


Figure 19 Résultats de la priorisation des secteurs d'implantation

IV. Zoom sur le secteur du Joly

Les premiers dispositifs agroforestiers implantés sur le parcellaire de l'installation expérimentale seront sur le secteur du Joly (**figure 20**). Ce choix a été fait pour plusieurs raisons. Premièrement, une demande de subvention pour l'achat des arbres a été demandée en mars 2022, cette demande a été faite pour le secteur du Joly. Deuxièmement, du fait de sa proximité avec l'installation expérimentale, le secteur Joly est un secteur pertinent pour une première implantation de dispositifs agroforestier, car cela facilite l'accessibilité aux parcelles. Enfin, c'est un secteur de 17 ha uniquement composé de prairies permanentes, comme nous l'ont montré les entretiens et les deux ateliers, l'implantation de dispositifs agroforestiers est plus acceptable sur des prairies que sur des surfaces de cultures par les techniciens, c'est donc un bon moyen d'installation et d'acceptation et d'installation progressive des dispositifs agroforestiers à ASTER.

Le premier atelier a permis de déterminer que 4 parcelles auraient des dispositifs agroforestiers : Joly 51-52 ; Joly 1-2 ; Joly 7-8-9 haut ; Ravenel 6 (**figure 21**). Le second atelier a permis de définir les objectifs, services et disservices des dispositifs, ainsi que les configurations, grâce à la réalisation d'une carte de synthèse des secteurs visés par l'OAD la **figure 22** représente la carte de synthèse réalisée pour le Joly, mais d'autres cartes similaires ont été faites pour les 10 autres secteurs. Les configurations choisies ne seront pas celles réellement implantées, les configurations seront d'une rangée d'arbres par dispositifs uniquement.

Le choix des essences a été fait en concertation avec Amandine Durpoix, en fonction de la liste d'essences proposée. Les essences sont raisonnées en fonction des objectifs attribués aux dispositifs. Sur le secteur Joly, les objectifs sont les mêmes pour les 4 dispositifs :

- Contribuer à l'autonomie fourragère
- Contribuer à la production de denrées à destination de l'alimentation humaine
- Adaptation au changement climatique

Pour répondre à ces 3 objectifs, les essences à choisir devront être des essences fruitières ou fourragère. Pour ce qui est du dernier objectif, il n'y a aucune essence spécifique, les essences qui seront implantées pour répondre aux deux premiers objectifs permettront d'y répondre. Au total, ce sont 75 arbres qui seront implantés sur quatre parcelles, soit environ 600 mètres linéaire répartis en 10 essences différentes. **L'annexe 2** détaille la composition des dispositifs agroforestier du Joly.

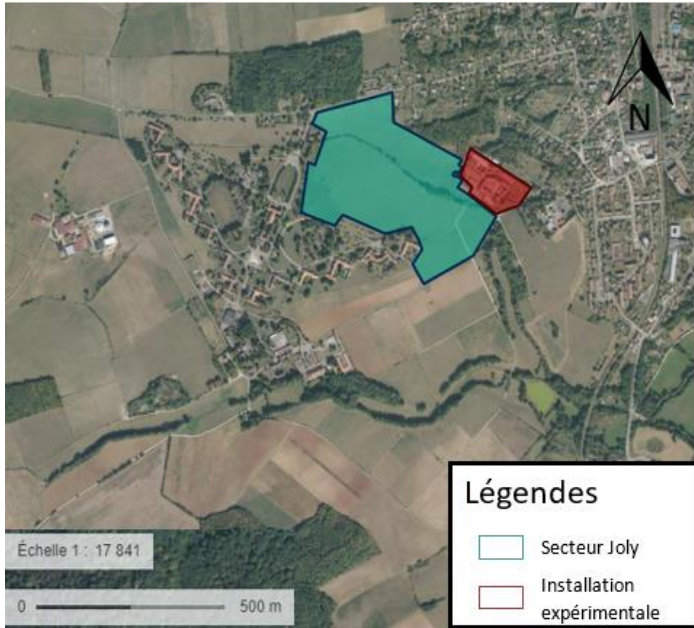


Figure 20 Localisation du secteur du Joly

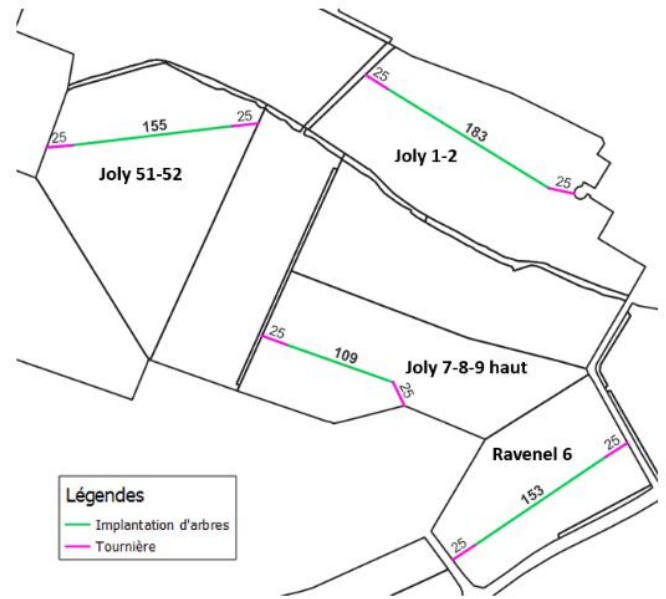


Figure 21 Plan de conception des dispositifs du Joly

Joly

Objectifs : contribuer à l'autonomie fourragère, contribuer à la production de denrées à destination de l'alimentation humaine, adaptation au changement climatique

Services : microclimat, brise vent, automédication, apport d'ombrage, fonction mellifère, ascenseur hydraulique, complément fourrager, valorisation fruitiers

Disservices : ressource disponible en eau, protection des arbres les premières années, temps d'entretien

Configuration :

<p>Essences fourragères et/ou automédication : aléatoire</p> <p>Fourrage</p>	<p>Mélange aléatoire fruitiers</p> <p>Culture/Élevage</p>
--	---

Figure 22 Carte de synthèse de l'OAD sur le secteur du Joly

V. Conclusion

Le projet de co-conception des dispositifs agroforestiers sur l'installation expérimentale de l'unité ASTER d'INRAE a permis de mettre en place des outils afin de permettre aux agents de l'installation expérimentale de prendre part au projet et d'être décisionnaires. En ce sens, j'ai pu répondre à ma problématique :

Pourquoi et comment concevoir un système agroforestier sur l'installation expérimentale de l'unité ASTER avec l'ensemble de ses acteurs ? Comment s'assurer de sa plus large acceptabilité, garante de sa viabilité ?

Comme nous l'avons expliqué dans la première partie de ce rapport, l'intérêt de concevoir un projet agroforestier est lié aux enjeux climatiques actuels et aux transitions des systèmes agricoles. L'agroforesterie apparaît donc comme un levier dans la transition agroécologique, permettant de s'adapter aux changements actuels. INRAE a pour objectif d'explorer, comprendre, expérimenter et anticiper sur des enjeux sociétaux. Dans ce contexte, expérimenter une pratique comme l'agroforesterie apparaît comme évident, surtout sur une unité expérimentale associée à une installation expérimentale en agriculture biologique, cela permet d'expérimenter l'agroforesterie dans un cadre adapté. De plus, les projets agroforestiers sont soutenus par les politiques publiques dans le grand-est, ce qui justifie encore le plus le fait de pratiquer l'agroforesterie à ASTER. Le choix de conduire la conception avec les agents de l'unité est justifié par le prisme des compétences apportées par les différentes personnes : techniciens en expérimentation animale, végétale, ingénieurs d'étude, de recherche. Cela permet de rassembler des personnes qui font converger leurs compétences professionnelles afin de conduire un projet innovant.

Pour s'assurer de la plus large acceptabilité du projet, il est nécessaire d'inclure tous les agents de l'installation expérimentale afin de les rendre décisionnaires. Pour promouvoir l'agroforesterie par le biais des agriculteurs, la réflexion doit être faite avec eux, le but n'est pas de leur proposer des solutions toutes prêtes, mais de les faire réfléchir afin que les idées de conception viennent d'eux. Pour cela, j'ai utilisé différentes techniques : en premier lieu, les entretiens semi directifs m'ont permis de prendre contact avec les agents et de connaître leur position sur l'agroforesterie. Lors du premier atelier, l'ensemble des participants ont pris part à la localisation des dispositifs agroforestier, à travers un support imaginé pour construire un raisonnement solide et justifié. Le projet photo a permis de créer un « pont » entre le premier et le deuxième atelier, permettant aux participants de rester dans le thème de l'agroforesterie et de continuer à réfléchir aux questions liées à la configuration. Le deuxième atelier a permis de concrétiser la conception des dispositifs à travers la création d'un outil d'aide à la décision qui a permis aux agents de l'unité de participer de manière active à la réalisation du projet (*figure 23*).

En conclusion, la conception d'un projet agroforestier permet de contribuer à la transition des systèmes agricoles conventionnels. Le projet doit être pensé avec un collectif d'acteurs, ici les agents de l'unité ASTER, et coordonné par une personne en charge de l'animation des différentes étapes. Les outils utilisés pour mobiliser les différents acteurs permettent de créer une dynamique de réflexion collective, où chacun a un poids égal dans la prise de décision. C'est cette notion de prise de décision collective qui permet une large acceptabilité du projet, et par conséquent sa viabilité et sa durabilité dans le temps.

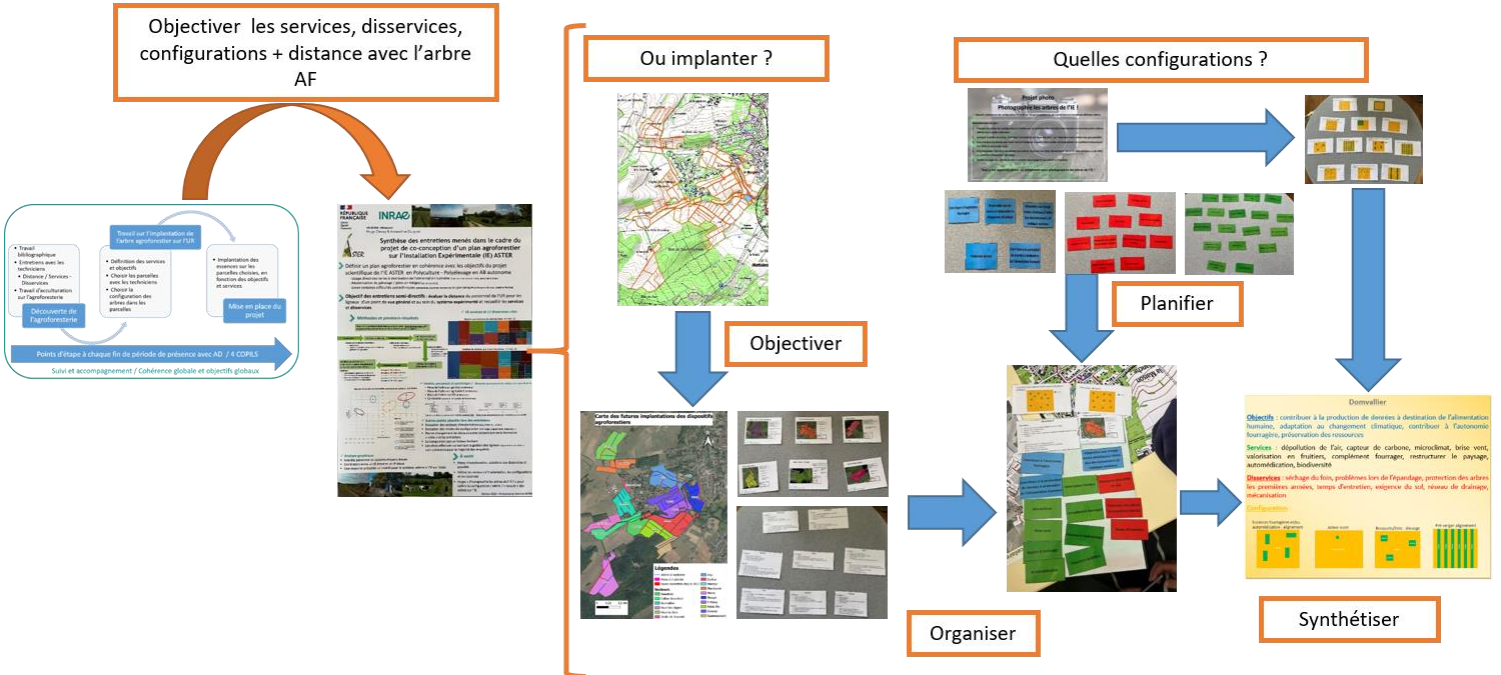




Figure 23 Schéma bilan des opérations menées pendant le projet de co-conception d'un dispositif agroforestier

VI. Annexes


Annexe 1 : Poster de présentation des entretiens semi-directifs




RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité



INRAE



UR ASTER - Mirecourt
Hugo Devay & Amandine Durpoix



Synthèse des entretiens menés dans le cadre du projet de co-conception d'un plan agroforestier sur l'Installation Expérimentale (IE) ASTER

➤ Définir un plan agroforestier en cohérence avec les objectifs du projet scientifique de l'IE ASTER en Polyculture - Polyélevage en AB autonome

- Usage direct des terres à destination de l'alimentation humaine (herbivorie stricte ruminants, porcs détritvores)
- Maximisation du pâturage / plein air intégral (ovins - porcsins)
- Lever certaines difficultés zootechniques (croisements, nourrices, monotraite) et agronomiques (mélanges culturaux, rotations flexibles)

➤ **Objectif des entretiens semi-directifs : évaluer la distance du personnel de l'UR pour les ligneux d'un point de vue général et au sein du système expérimenté et recueillir les services et disservices**

➤ **Méthodes et premiers résultats**

Recueillir les services et disservices apportés et évaluer les Intérêts personnel (IP) et système (IS) portés par le personnel de l'UR concernant les ligneux

18 participants → Entretiens individuels → Traitement de l'information → Premières analyses des données collectées

Création d'un Guide d'Entretien :

- Semi directif
- Questions orientées sur la vision de l'arbre en général et en agriculture

Collecte des données :

- Enregistrement audio
- Retranscription dans un fichier Excel

3 axes d'analyse :

- Nombre de services et disservices cités
- Intérêt personnel (IP)
- Intérêt système (IS)

Synthèse des entretiens et préparation de pistes d'acculturation en fonction des résultats obtenus

Résultats :

- Représentation graphique de l'IP et l'IS
- Dénombrement de services et disservices
- Début de réflexion sur les secteurs d'implantation et les configurations

Classement des enquêtes

- Groupe 1 : IP et IS fort
- Groupe 2 : IP faible et IS fort
- Groupe 3 : IP et IS faibles
- Groupe 4 : IP fort et IS négatif
- Groupe 5 : IP et IS négatif

✓ 18 services et 17 disservices cités

Nombre par citations de services (max : 8 / min : 2)

Apport d'ombrage	Valorisation en bois de chauffage	Complément de fourrage	Autres	Valorisation en bœufs	Augmentation de la biodiversité	Restructurer le paysage
Autres	Autres	Autres	Autres	Microclimat (protection contre sécheresses et gelées)	Palatins	Apport de MO, de fertilité
Autres	Autres	Autres	Autres	Autres	Autres	Autres

Nombre de citations par disservices (max : 7 / min : 2)

Miconisation	Concurrence arbres/cultures/soliviers/boisements arboricoles	Non ne pousser tout les arbres	Evénements sensibles aux parasites/maladies	Protection des arbres les premières années après la plantation	Maint d'œuvre mécanique	Exigences du sol
Autres	Autres	Autres	Autres	Autres	Autres	Autres
Autres	Autres	Autres	Autres	Autres	Autres	Autres

✓ **Intérêts personnel et systémique / Eléments ayant permis le codage des axes IP et IS**

- Place de l'arbre en général (3 éléments)
- Place de l'arbre en agriculture (3 éléments)
- Place de l'arbre sur l'IE (4 éléments)
- Conclusion (prend l'ensemble de l'entretien)

Echelle de détermination de l'intérêt système (IS)

Intérêt système

Vision négative, absence de discussion

Vision neutre, sans jugement

Vision positive, reconnaissance de services

Intérêt personnel

Avoir les yeux fermés, même négatif

Pas de lien avec l'arbre, même positif

Lien avec l'arbre, même positif

Intérêt personnel

Echelle de détermination de l'intérêt personnel (IP)

Intérêt personnel

Avoir les yeux fermés, même négatif

Pas de lien avec l'arbre, même positif

Lien avec l'arbre, même positif

Intérêt personnel

➤ **Autres points abordés lors des entretiens**

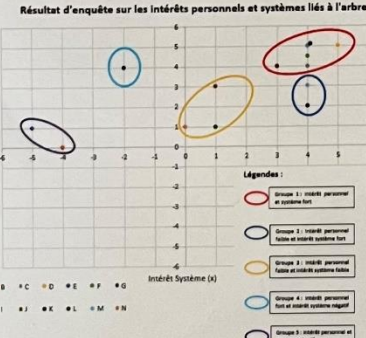
- Evocation des secteurs d'implantation (Joly, Petite fin, Justice)
- Evocation des modes de configuration (Pré-verger, alignements, bosquets,...)
- Pas de changement de discours entre octobre lors de la formation « taille » et les entretiens
- Le temps n'est pas un facteur limitant
- Les choix effectués concernant la gestion des ligneux (implantation de haies...) sont cohérents pour la majorité des enquêtés

➤ **À venir**

- Pistes d'acculturation, solutions aux disservices si possible
- Définir les secteurs d'implantation, les configurations et les essences
- Projet « Photographie les arbres de l'IE ! » pour définir la configuration / utilité / « beauté » des arbres sur l'IE

➤ **Analyse graphique**

- Intérêts personnel et système moyens élevés
- Corrélation entre un IS élevé et un IP élevé
- Une majorité présente un intérêt pour le système, même si l'IP est faible



Résultat d'enquête sur les Intérêts personnels et systèmes liés à l'arbre


Intérêt Personnel (Y)

Intérêt Système (X)

• A B C D E F G
• H I J K L M N

Légendes :

- Groupe 1 : intérêt personnel et système fort
- Groupe 2 : intérêt personnel faible et intérêt système fort
- Groupe 3 : intérêt personnel et intérêt système faibles
- Groupe 4 : intérêt personnel fort et intérêt système négatif
- Groupe 5 : intérêt personnel et système négatif



Février 2022 – Présentation interne ASTER

Annexe 2 : tableau des dimensions des dispositifs agroforestiers

	Tournière	Métrage total	Nombre total d'arbres
Joly	25 m	600	75
Ravenel	25 m	914	114
Murget	25 m	184	23
Justice	25 m	151	19
Saumnaumont	25 m	353	44
Petite fin	25 m	534	67
Moine	25 m	381	47
Haut des vignes	25 m	240	30
Domvallier	25 m	612	76
Haut du bois	25 m	613	77
Marchande	25 m	126	16
TOTAL		4708	588

Annexe 2 : illustration des spécificités des secteurs

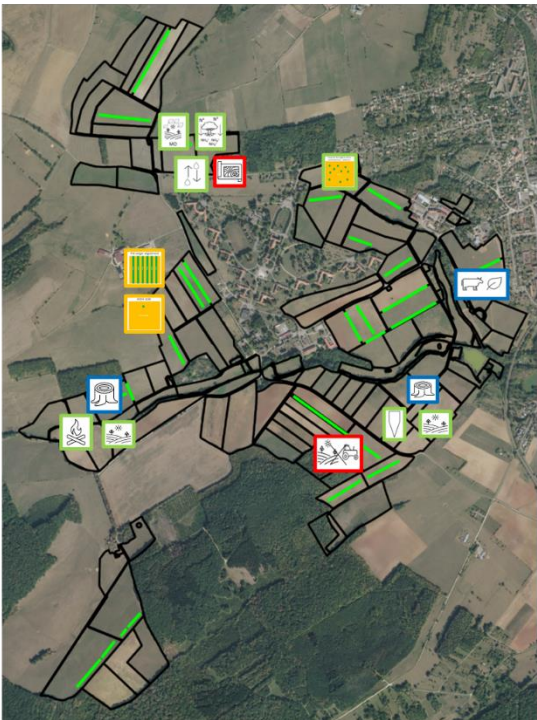
Spécificités de certains secteurs ressortis lors des jeux

Objectifs :

- Contribuer à l'autonomie fourragère
- Production de denrées alimentaires à destination de l'alimentation humaine
- Préservation des ressources
- Adaptation aux changements climatiques
- Production de bois

Services :

- Apport d'ombrage
- Bois de chauffage
- Automédication
- Complément fourrager
- Brise vent
- Valorisation fruitiers
- Création d'un microclimat
- Augmentation de la biodiversité
- Balades
- Fonction mellifère
- Restructurer le paysage
- Limiter l'érosion
- Apport de matière organique
- Capteur de carbone
- Valorisation en piquets de parc
- Fixation de l'azote atmosphérique
- Ascenseur hydraulique
- Dépollution de l'air



Disservices :

- Passage d'engins agricoles
- Temps d'entretien
- Concurrences arbres/cultures
- Protection des arbres
- Exigences du sol
- Réseau de drainage
- Limite l'accès aux parcelles
- Séchage du foin plus lent
- Obstacle lors de l'épandage
- Terrain en pente
- Ressource disponible en eau

Configuration :

- Jachère de rotation
- Plantation en bordure
- Brise vent
- Mélange aléatoire faible densité
- Culture intercalaire
- Mélange aléatoire forte densité
- Arbre isolé
- Bosquet/ilot élevage
- Pré-verger alignement
- Pré-verger aléatoire
- Alignement fourrager/automédication
- Aléatoire fourrager/automédication

Annexe 3 : détail des dispositifs du Joly

Joly 51-52 :

Essence	pH sol	Hauteur	Croissance	Fonction
Murier blanc	6-8	30 m	Moyenne	Alimentation fourragère
Poirier	5-8	10 à 15 m	Lente	Fruit de bouche
Erable champêtre	5,5-8	8 à 12 m	Rapide	Alimentation fourragère
Noyer	6-8	3 à 6 m	Moyenne	Fruit à coque

Joly 7-8-9 haut :

Essence	pH sol	Hauteur	Croissance	Fonction
Noisetier	6-8	3 à 6 m	Moyenne	Fruit à coque
Saule marsault	6-8	6 à 14 m	Moyenne	Alimentation fourragère
Orme champêtre	7-8	20 à 25 m	Rapide	Alimentation fourragère
Mirabellier	7-8	6 à 10 m	Rapide	Fruit de bouche

Ravenel 6 :

Essence	pH sol	Hauteur	Croissance	Fonction
Noyer	6-8	3 à 6 m	Moyenne	Fruit à coque
Poirier	5-8	10 à 15 m	Lente	Fruit de bouche
Alisier Terminal	5,5-8	12 à 18 m	Rapide	Alimentation fourragère
Murier blanc	6-8	30 m	Moyenne	Alimentation fourragère

Joly 1-2 :

Essence	pH sol	Hauteur	Croissance	Fonction
Amandier	7-8	6 à 10 m	Rapide	Fruit à coque
Mirabellier	7-8	6 à 10 m	Moyenne	Fruit de bouche
Erable champêtre	5,5-8	8 à 12 m	Rapide	Alimentation fourragère
Orme champêtre	7-8	20 à 25	Rapide	Alimentation fourragère

VII. Bibliographie

- Balandier, P. et Dupraz, C. (2000). Growth of widely spaced trees. A case study from young agroforestry plantations in France. *Agroforestry Systems*. 43, pp 151-167.
- Beral C., Cardinael R., Chenu C., Chevallier T., 2015. L'agroforesterie permet-elle de concilier production agricole et atténuation du changement climatique ? *Revue forêt entreprise*-n°225-novembre 2015., p 49-54.
- Boeckler G.A., Gershenzon J., Unsicker S.B. (2011). "Phenolic glycosides of the Salicaceae and their role as anti-herbivore defenses." *Phytochemistry* 72, 1497-1509.
- Camille Béral, Donato Andueza, Cécile Ginane, Mickaël Bernard, Fabien Liagre, et al. PARASOL : AGROFORESTERIE EN SYSTÈME D'ÉLEVAGE OVIN - Étude de son potentiel dans le cadre de l'adaptation au changement climatique. Agrofor; Inra; Idele; UniLaSalle. 2018. fhal-02932381.
- Chevalier T., Beral C., Cardinel R., Chenu C. Nov 2015 : L'agroforesterie permet-elle de concilier production agricole et atténuation du changement climatique ? *Forêt entreprise* – N°225 – 50-54 p – Nov 15
- Chevallier T., Cardinael R., Béral C., Chenu C., Bernoux M. 2015. L'agroforesterie permet-elle de concilier production agricole et atténuation du changement climatique ? *Forêt Entreprise* (225) : p. 49-54
- Den Herder M., Santiago-Freijanes J.J., Rois-Díaz M., Moreno G., Aldrey-Vázquez J.A., Mosquera-Losada M.R., Ferreiro Domínguez N., Pantera A., Pisanelli A., Rigueiro-Rodríguez A., 2018. Agroforestry in Europe: A land management policy tool to combat climate change. *Agrofor. Syst.* 92, 1117–1127.
- Dupraz C., Capillon A. (2005). L'agroforesterie: une voie de diversification écologique de l'agriculture européenne ? *Cahier d'étude DEMETER - Economie et Stratégies agricoles*, Paris, 11 p.
- Dupraz C., Liagre F., 2019. *Agroforesterie, des arbres et des cultures*. GFA éditions, Paris, 432p.
- Emile J.C., Delagarde R., Barre P., Novak S. (2016). "Nutritive value and degradability of leaves from temperate woody resources for feeding ruminants in summer." 3rd European Agroforestry Conference 'Celebrating 20 years of Agroforestry research in Europe'. Montpellier, France 23-25 May 2016. Book of Abstracts 410-413.
- Forrester, D. I., Bauhus, J., Cowie, A. L., Vanclay, J. K. (2006): Mixed-species plantations of Eucalyptus with nitrogen-fixing trees: a review. *Forest Ecol. Manag.* 233, 211–230.
- GIEC, 2014: Changements climatiques 2014: Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer]. GIEC, Genève, Suisse, 161 p.
- Guide PAGESA, 2009 : principes d'aménagement et de gestion des Systèmes Agroforestiers : https://www.google.com/search?q=Guide+PAGESA+2009+%3A+principes+d%E2%80%99am%C3%A9nagement+et+de+gestion+des+Syst%C3%A8mes+Agroforestiers&rlz=1C1GCEA_enFR976FR976&sxsrf=AOaemvLN8GgeFL_hlPfHo-Ax7C1FHjP02A%3A1638366000726&ei=MHunYYvqK8-Ya6Kpm8AJ&ved=0ahUKEwiLwvD73ML0AhVPzBoKHaLUBpgQ4dUDCA4&uact=5&oq=Guide+PAGESA+2009+%3A+principes+d%E2%80%99am%C3%A9nagement+et+de+gestion+des+Syst%C3%A8mes+Agroforestiers&gs_lcp=Cgdnd3Mtd2l6EAMyBwgjEK4CECdKBAhBGABKBAhGGA BQAFgAYNcFaABwAngAgAGuAYgBrgGSAQMwLjGYAQCGAQKGAHQHAAQE&sclient=gws-wiz
- Imbert, G. (2010). L'entretien semi-directif : à la frontière de la santé publique et de l'anthropologie. *Recherche en soins infirmiers*, 102(3), 23-34.

- Jean Christophe Moreau., Camille Beral., Y. Hannachi., Séverin Lavoyer., S. Monier., et al. ARBELE - L'arbre dans les exploitations d'élevage herbivore : des fonctions et usages multiples. *Innovations Agronomiques*, INRAE, 2020, 79, pp.499-521. ff10.15454/zrtp-av46ff. fihal-03210021f.
- Luske B., Meir I., Altinalmazis Kondylis A., Roelen S., Van Eekeren N. (2017). "Online fodder tree database for Europe." Louis Bolk Institute and Stichting Duiboeren, The Netherlands. <http://www.voederbomen.nl/nutritionalvalues>
- Luske B., Van Eekeren N. (2017). "Nutritional potential of fodder trees on clay and sandy soils." *Agroforestry Systems* 92(4), 975-986.
- Marron N., Piutti S., Amiaud B., Dallé E., Epron D., Laflotte A., Plain C., Pirault P. Colloque scientifique « valorisation du végétal – entre recherche et innovation » - 24 avril 2019 – archives HAL
- Mazoyer M., Roudart L. *Histoire des agricultures Encyclopédie universelle* 2008, Editions universalis, 2008
- Ministry of Agriculture Fisheries and Food, (1990). "UK tables of nutritive value and chemical composition of feedstuffs." Rowett Research Institute, Aberdeen.
- Moreno, G., Aviron, S., Berg, S. et al. Agroforestry systems of high nature and cultural value in Europe: provision of commercial goods and other ecosystem services. *Agroforest Syst* 92, 877–891 (2018). <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0126-1>
- Mosquera-Losada M.R., Santiago-Freijanes J.J., Rois-Díaz M., Moreno G., den Herder M., Aldrey-Vázquez J.A., FerreiroDomínguez N., Pantera A., Pisanelli A., Rigueiro-Rodríguez A., 2018. Agroforestry in Europe: A land management policy tool to combat climate change. *Agrofor. Syst.* 92, 1117–1127. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0251-5>
- Nicolas Marron, Cécilia Gana, Dominique Gerant, Pascale Maillard, Pierrick Priault, et al. Estimating symbiotic N₂ fixation in Robinia pseudoacacia. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, Wiley VCH Verlag, 2018, 181 (2), pp.296-304. ff10.1002/jpln.201700503ff. fihal-01893936f
- Papanastasis (1995) Effects of thinning, fertilisation and sheep grazing on the understory vegetation of Pinus pinaster plantations. *Forest ecology and management.* 77, pp181-189.
- Pollard, J. C. (2006) Shelter for lambing sheep in NZ, a review. *New Zealand journal of agricultural research.* 49:4, pp395-404.
- Robinson B.H., Mills T.M., Green S.R., Chancerel B., Clothier B.E., Fung L., Hurst S., Mclvor I. (2005). "Trace element accumulation by poplars and willows used for stock fodder." *New Zealand Journal of Agricultural Research* 48: 489-497.
- Rogosic J., Pfister J.A., Provenza F.D., Grbesa D. (2006). "Sheep and goat preference for and nutritional value of Mediterranean maquis shrubs." *Small Ruminant Research* 64: 169-179.
- Semenov, M. A. and Halford, N. H. (2009) Identifying target traits and molecular mechanisms for wheat breeding under a changing climate. *Journal of experimental botany.* 60:10, pp. 2791-2804.
- Tobita, H., Yazaki, K., Harayama, H., Kitao, M. (2016): Responses of symbiotic N₂ fixation in Alnus species to the projected elevated CO₂ environment. *Trees* 30, 523–537
- Xavier Coquil, Juliette Anglade, Fabienne Barataud, Laurent Brunet, Amandine Durpoix, et al.. TEASER-lab : concevoir un territoire pour une alimentation saine, localisée et créatrice d'emplois à partir de la polyculture - polyélevage autonome et économe. La diversification des productions sur le dispositif expérimental ASTER-Mirecourt. *Innovations Agronomiques*, INRAE, 2019, 72, pp.61-75. [10.15454/B1QGII](https://doi.org/10.15454/B1QGII) (hal-02194742)