

Agroforesterie intraparcellaire à La Bergerie de Villarceaux

*Présentation de l'essai système,
éléments de méthodologie de suivi
et
premiers résultats*



Le projet agroforesterie de la Bergerie de Villarceaux

L'agroforesterie

L'agroforesterie est l'association délibérée des arbres et des cultures ou de l'élevage (*Lundgren, 1982*). Multiforme, cette pratique agricole était déjà pratiquée dans l'Antiquité et au Moyen-Âge, comme dans le Dauphiné où la culture des céréales était associée à la production de noix (*Dupraz & Liagre, 2011*).

Au cours du XX^{ème} siècle, l'intensification de la production agricole et sa mécanisation ont causé un retrait de l'arbre des systèmes cultivés. On estime ainsi que 600 000 kilomètres de haies ont été arrachés en France entre la fin des années 1960 et 1980 (*Baudry & Jouin, 2003*).

Dans les pays tropicaux, en revanche, différentes formes d'agroforesteries traditionnelles ont perduré au cours du XX^{ème} siècle. La recherche agronomique a commencé à s'intéresser à ces systèmes cultureux complexes à partir des années 1980 et plusieurs expérimentations ont alors vu le jour dans les pays tempérés afin de développer de nouveaux modèles d'agroforesterie adaptés à l'agriculture moderne.

L'association des arbres et de la production agricole présente de multiples intérêts :

- agronomiques : arbre et cultures/animaux interagissent. Leur association permet d'optimiser l'utilisation des ressources de l'agroécosystème (sol, eau...) en l'exploitant sur différentes strates. De plus, l'arbre crée un microclimat plus robuste aux intempéries (sécheresse, précipitations, vent...) et favorise les régulations biologiques entre les bioagresseurs et les auxiliaires des cultures.
- économiques : l'exploitation des arbres est une source de revenus supplémentaire pour l'agriculteur soit à long-terme (bois d'œuvre récolté à maturité des arbres) ou à court-terme (exploitation régulière pour la filière bois-énergie, récolte annuelle de fruits) ;
- écologiques : l'introduction d'arbres assure la diversification et la complexification du paysage, offrant habitat et corridors à la faune et permettant le développement d'une flore spécifique.

La Bergerie de Villarceaux

La Bergerie de Villarceaux est une ancienne ferme domaniale, située dans le Parc naturel régional du Vexin français (95), à environ 60 km au Nord-ouest de Paris. Ce territoire rural, propriété de la fondation Charles-Léopold Mayer pour le Progrès de l'Homme, comprend une exploitation agricole de 370 ha engagée dans une transition agroécologique depuis 1994. L'exploitation a été convertie à l'agriculture biologique à partir de 1997, le parcellaire a été remanié, les cultures ont été diversifiées et un élevage bovin viande (race Salers) a été introduit. Depuis 2006, cette ferme est gérée par l'EARL du Chemin Neuf.

Le Centre d'Ecodéveloppement de Villarceaux (CEV), en lien avec des réseaux partenaires comme l'ITAB (Institut Technique de l'Agriculture Biologique) ou l'Afac-Agroforesteries, anime un pôle de réflexion, d'information et de recherche sur la contribution de l'agriculture et des espaces ruraux à la transition écologique.

La recherche agronomique menée à Villarceaux est une recherche systémique, dans laquelle l'objectif est la compréhension globale du fonctionnement du système (Howard, 1943). Cette démarche représente aujourd'hui la ligne directrice de la recherche en agriculture biologique, conduite et coordonnée par l'Institut Technique de l'Agriculture Biologique (ITAB).

Le projet agroforesterie de la Bergerie de Villarceaux

Le projet agroforesterie de la Bergerie est le fruit d'une réflexion initiée depuis 2004 et s'inscrit dans la continuité des actions de recherche agronomique menées à Villarceaux, puisqu'en lien avec les Instituts Techniques Agricoles (ITAB, Arvalis-Institut du Végétal), on y étudie déjà deux systèmes agrobiologiques : un système en polyculture-élevage et un système en grandes cultures sans élevage (dispositif de la

Motte).

L'agroforesterie intraparcellaire est un troisième système qui s'inscrit dans une rotation de huit ans (4 ans de cultures et 4 ans de prairie). En agriculture biologique, l'association des arbres agroforestiers avec à la fois les cultures et l'élevage a encore été peu expérimentée en France à cette échelle.

Le dispositif expérimental, implanté en 2011, occupe 3 parcelles de l'exploitation, soit une superficie de **23 ha**, avec **652 arbres de 11 essences différentes**, implantés selon une orientation Nord-Sud. Les arbres étant à terme valorisés en bois d'œuvre, les bois nobles (noyer, merisier, alisier, cormier) ont été privilégiés, associés à des essences forestières et des fruitiers sauvages (érable, frêne, orme, poirier et pommier francs).

Méthodologie de suivi de l'essai système

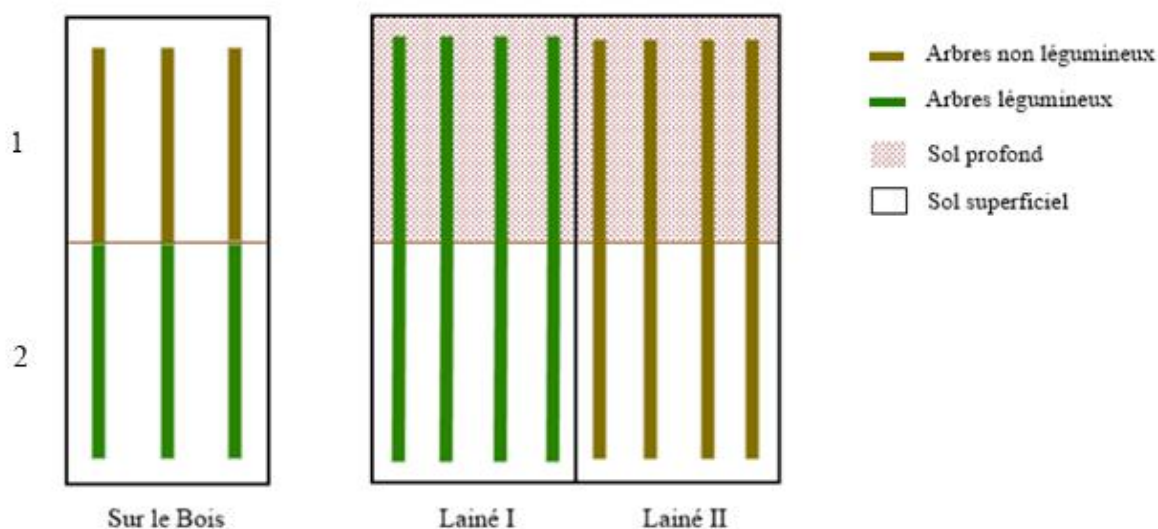
Description du dispositif expérimental

Le dispositif est divisé en six sous-systèmes agroforestiers, définis par la combinaison de trois critères : le type d'arbres majoritaire (légumineux ou non), l'écartement des lignes (28/52 m) et la profondeur du sol.

Deux **essences légumineuses** (févier d'Amérique et robinier faux-acacia), fixatrices d'azote par symbiose bactérienne, ont été intégrées au plan de plantation afin d'étudier plus spécifiquement leur intérêt pour la fertilité du sol.

Les arbres ont été implantés en lignes écartées de 28 ou 52 mètres (multiples de 4 mètres, largeur de base des outils de la ferme). Cette variation permet d'étudier différentes **densités de plantation**, dans un contexte où l'ensoleillement peut être un facteur limitant pour la culture intercalaire.

La **profondeur de sol** intervient également comme modalité expérimentale, celle-ci variant de plusieurs mètres dans la moitié Nord de deux des parcelles à moins d'un mètre dans le reste du dispositif.



Les arbres sont intégrés à la rotation classique moyenne de l'exploitation : quatre années de cultures annuelles et quatre années de prairie (cf. tableau ci-dessous).

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Lainé I	Jachère	Prairie temporaire				Blé	Féverole	Blé
Lainé II	Prairie temporaire	Blé	Lentille	Blé	Engrain	Féverole	Blé	
Sur le Bois	Prairie temporaire		Blé	Féverole	Blé	Jachère	Prairie temporaire	

Les arbres ayant été plantés dans des prairies pâturées, des protections individuelles ont été mises en place lors de l'implantation du dispositif. Elles se composent d'une cage en treillis métallique (photo 1) ou d'un corset grillagé (photo 2), renforcés par une gaine plastique. L'objectif est d'empêcher les bovins de se frotter contre les arbres ou de se nourrir de leur feuillage.



Photo 1 : Cage en treillis métallique



Photo 2 : Corset grillagé

Une bande d'herbe est conservée au pied des arbres, afin de conserver un nombre entier de passages d'outils entre les lignes d'arbres. Cette bande enherbée permet également de faciliter l'accès aux arbres pour les travaux de taille et d'entretien. A Villarceaux, cette bande est composée d'un mélange de graminées et légumineuses correspondant à la prairie en place au moment de la plantation des arbres. Constituant un stock de graines d'adventices susceptible d'envahir les cultures intercalaires, cette bande enherbée requiert un entretien spécifique.

Cadre méthodologique

Le suivi et l'évaluation du dispositif reposent sur un jeu d'indicateurs permettant d'appréhender toutes les thématiques jugées pertinentes dans le contexte du projet.

Le Centre d'Écodéveloppement de Villarceaux ne disposant pas des moyens matériels, humains et financiers d'une station expérimentale classique, les protocoles ont été simplifiés. La démarche suivie est inspirée de la recherche participative, où des protocoles adaptés, mis en œuvre par les agriculteurs, permettent d'obtenir des résultats exploitables et significatifs.

Pour cette étude, cinq thématiques ont été retenues, déclinées en 26 indicateurs et autant de protocoles expérimentaux.

Fertilité et structure du sol

Le suivi de la fertilité du sol dans les parcelles agroforestières a deux objectifs : étudier l'impact des arbres et mieux connaître les conditions de développement de la culture et des arbres.

Les arbres agroforestiers jouent un rôle dans la fertilité du sol en apportant de la matière organique, par la chute annuelle des feuilles, le renouvellement racinaire voire par les résidus d'élagage.

Cette augmentation se traduit par une amélioration de la stabilité structurale et de la porosité du sol et

une augmentation de la réserve du sol en minéraux disponibles pour les plantes (Lee & Jose, 2003 ; Jose et al., 2008 ; Udawatta et al., 2008 ; Udawatta et al., 2008 ; Jose, 2009). La matière organique fraîche favorise quant à elle la pédofaune et notamment les détritivores comme les lombrics ainsi que la biomasse microbienne (Seiter et al., 1999 ; Lacombe et al., 2009).

Ce suivi des caractéristiques de la fertilité du sol est particulièrement important pour l'étude de l'intérêt des arbres légumineux en agroforesterie biologique. Ceux-ci exsouderaient en effet dans le sol une partie de l'azote capté par les bactéries des nodules racinaires (Sierra et al., 2007 ; Nygren et al., 2012).

Culture intercalaire

Les plantations agroforestières sont globalement plus productives en biomasse que des parcelles agricoles ou forestières pures (Graves et al., 2007 ; Dupraz & Liagre, 2011). Néanmoins, la part de cette productivité correspondant à la culture ou aux arbres évolue au cours du temps, car arbres et cultures sont en compétition pour les différentes ressources du milieu, ce qui influe sur la productivité de l'un ou de l'autre (Kho, 2008).

Lorsque les arbres se développent, ils projettent une ombre portée de plus en plus grande qui freine le développement de la culture dans les zones ombragées et peut faire diminuer le rendement (Talbot, 2011 ; Dufour et al., 2013). Cette compétition évolue également au fil des saisons, car les cycles de l'arbre et de la culture ne sont pas synchronisés.

L'ombre peut aussi poser des problèmes de qualité au moment de la récolte, avec une hétérogénéité du taux d'humidité dans la parcelle. De même, certaines maladies foliaires peuvent être favorisées par l'humidité et la moindre circulation de l'air dans les parcelles agroforestières (Dupraz & Liagre, 2011).

Le suivi de la culture intercalaire a pour objectif d'en étudier le développement, le rendement, l'enherbement et l'état sanitaire.

Arbres

Les arbres agroforestiers ont un comportement différent des arbres forestiers. La compétition avec les arbres voisins étant moins forte, ils ont généralement une croissance plus rapide qui peut être accélérée par l'effet de serre de la gaine de protection (Cabanettes et al., 1999 ; Balandier & Dupraz, 1999 ; Bergez & Dupraz, 1999).

Ils se développent aussi différemment. Dans une forêt, les arbres voisins jouent le rôle de tuteur et permettent d'obtenir une bille bien rectiligne avec peu de branches latérales basses (Marquier & Balandier, 2000). Dans une plantation agroforestière, c'est l'exploitant qui doit jouer ce rôle, par une taille de formation puis un élagage régulier afin d'assurer un bois d'œuvre de qualité (Marquier & Balandier, 2004).

L'enracinement est lui aussi spécifique puisque le sol doit être partagé entre la culture et les arbres. La plasticité racinaire des arbres permet de résoudre en partie cette compétition. En effet, les racines des arbres sont capables de descendre en profondeur lorsque les premiers horizons sont occupés par les racines de la culture intercalaire (Schroth, 1999 ; Mulia & Dupraz, 2006 ; Jose et al., 2008). Cet effet peut être accentué par le travail du sol dans les premières années de la vie de l'arbre (Schroth, 1999 ; Dupraz & Liagre, 2011).

Le suivi des arbres comprend des indicateurs permettant de contrôler la croissance et le développement des arbres (hauteur, diamètre à hauteur de poitrine et enracinement) et des indicateurs concernant leur santé et la qualité du bois (conformation).

Humain

L'introduction des arbres dans les parcelles a des conséquences sur l'organisation du travail de l'exploitant et nécessite des interventions supplémentaires (Dupraz & Liagre, 2011).

Les lignes d'arbres au milieu de la parcelle engendrent du temps et des manœuvres supplémentaires, pour aligner correctement les passages d'outils. Cette perte de temps doit être évaluée et suivie dans la durée au fur et à mesure que les arbres se développeront.

De plus, les arbres nécessitent des soins particuliers. Ce temps consacré à l'entretien des arbres fait partie des données collectées lors du programme de suivi. Ces travaux concernent : le broyage de la bande enherbée (environ une heure par bande enherbée de 650 mètres), la taille de formation annuelle (environ 4 jours de travail pour une personne seule) et l'entretien des protections (campagne annuelle de réfection, entretien courant et amélioration des protections).

La plupart de ces travaux est actuellement assurée par CEV, mais dans une plantation agroforestière « classique », ils resteraient à la charge de l'agriculteur, ce qui est parfois un frein pour l'établissement de nouveaux projets agroforestiers (*Pottiez, 2006 ; Ori et al., 2012*).

Paysage

L'agroforesterie intraparcellaire modifie progressivement et durablement le paysage. Au fur et à mesure de leur croissance, les arbres « ferment » le paysage. Cette fermeture peut être négative dans des zones de forte déprise agricole, ou positive dans des zones à forte pression urbaine ou d'agriculture intensive (*Guillon et al., 1994*).

Un observatoire photographique sera utilisé pour suivre l'évolution du paysage tout au long de la vie des arbres. Cet outil permet une appréciation objective et qualitative, ainsi qu'une comparaison année après année (*Ambroise & Hubert, 2002 ; Seguin & Soufflet-Leclerc, 2008*).

L'objectif est de disposer de quelques clichés ciblés pour chaque parcelle et de reprendre ces photographies avec le même cadrage et à la même période d'année en année, afin de constater la pousse des arbres et l'évolution du paysage.

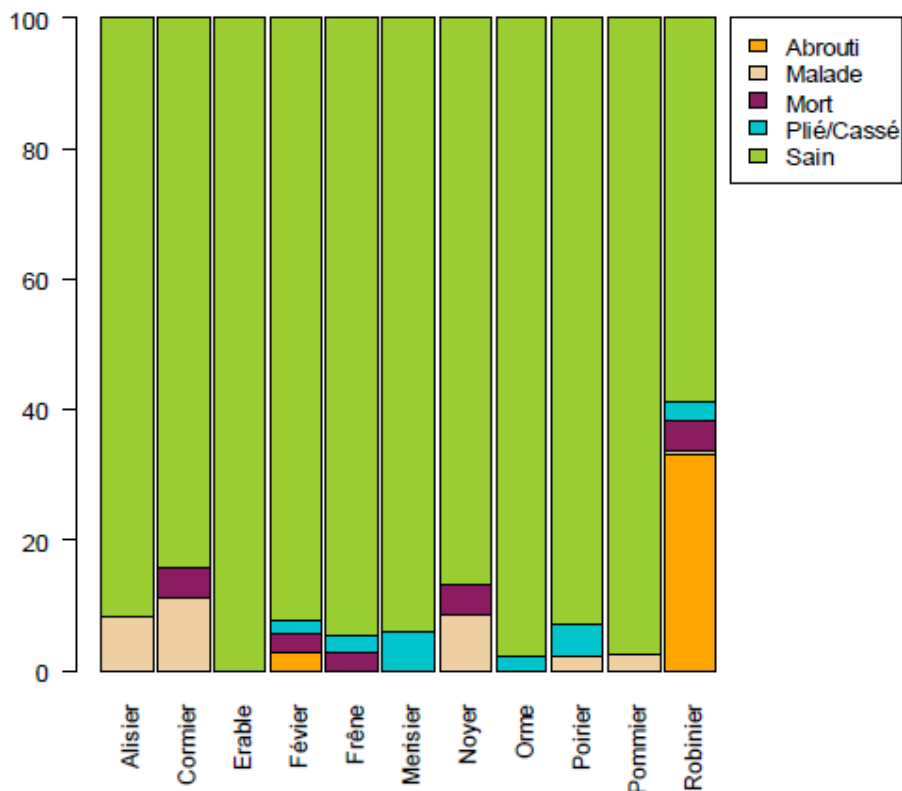
Premiers résultats

Une partie des protocoles, concernant l'état sanitaire et la conformation des arbres, a pu être mise en œuvre dès l'été 2014. Ce travail prolonge une étude de 2012 qui faisait le bilan de la première année de plantation des arbres, en comparant l'état sanitaire entre les essences et les parcelles (Louis, 2012). L'étude proposait également des critères de classification des principaux défauts de forme rencontrés chez les arbres agroforestiers. Ceux-ci n'avaient pu être utilisés en 2012 mais ont été appliqués en 2014 avant la taille de formation.

L'objectif de cette première application d'une partie des protocoles est de comparer l'état sanitaire des arbres en 2012 et 2014, par essence ainsi que par type de gestion de parcelle (influence du pâturage par les bovins sur l'état sanitaire et la conformation des arbres).

État sanitaire des arbres

Le **taux de reprise** global en 2014 est de 96,03 % contre 92,65 % à l'issue de la première année de plantation (un regarnissage ayant été effectué l'hiver 2013-2014). Le graphique suivant présente l'état sanitaire par essence en 2014.



Quelques disparités dans l'état sanitaire sont à noter selon les essences. Ainsi, 33,1 % des robiniers sont abrouitis, alors que les féviers ne sont abrouitis qu'à hauteur de 2,8 % et les autres essences ne le sont pas du tout. On observe moins d'arbres malades qu'en 2014 (40 % en 2012 contre 10 % environ en 2014).

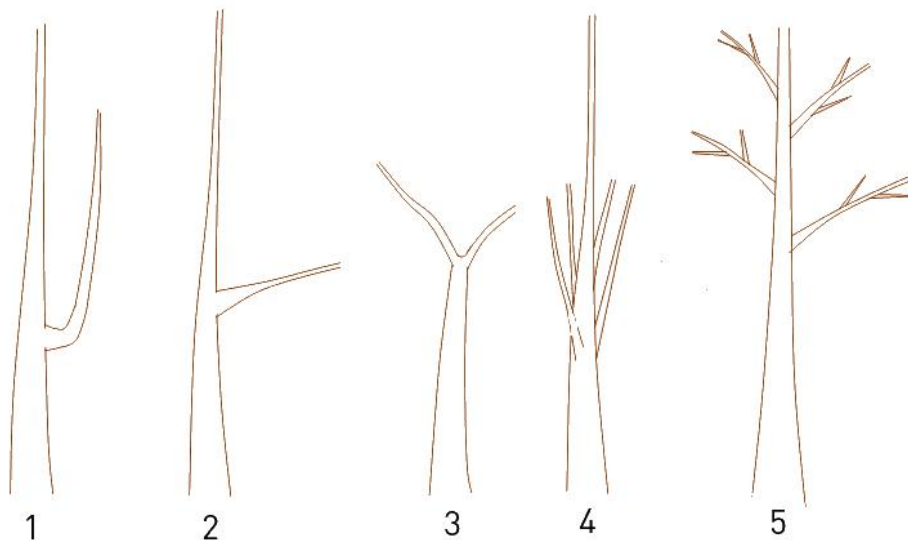
Les arbres légumineux sont les essences les plus touchées par l'abrouitissement : 70 % des féviers en 2012 et 33,1 % des robiniers en 2014. Leur feuillage est en effet particulièrement appétent pour les bovins. Les féviers étant plus accessibles en 2012, ils ont été particulièrement touchés. Des gaines plastique plus hautes ont permis de les protéger en 2014. En revanche, la croissance rapide des robiniers les a fait émerger de ces nouvelles protections, les rendant ainsi vulnérables à l'abrouitissement.

Conformation

Les arbres seront à terme valorisés en bois d'œuvre et doivent donc répondre à certaines exigences de qualité : une bille bien rectiligne, assez haute (5 m), dépourvue de branches basses pour éviter les nœuds qui diminuent la valeur marchande du bois.

Plusieurs défauts de forme sont caractéristiques des plantations à faible densité comme l'agroforesterie (Marquier & Balandier, 2004) et cinq catégories ont été définies pour l'étude :

- 1. Branche dominante/codominante : défaut de dominance apicale qui se produit lorsqu'une des branches s'élève verticalement et que sa cime dépasse celle de la tige principale ;
- 2. Branche forte : rameau horizontal dont le diamètre est d'au moins la moitié de celui de la tige principale ;
- 3. Fourche : défaut de dominance apicale pour lequel deux cimes se sont développées sur la tige principale ;
- 4. Pseudo-verticille : au moins trois branches latérales se développant au même point d'insertion ;
- 5. Sans défaut.



Plus de la moitié des arbres (52,4%) ne présentent pas de défaut de forme, ce qui est assez satisfaisant. Toutefois 38,45 % présentent un défaut de dominance apicale, principalement une branche dominante/codominante (30,7%). Le type de défaut est statistiquement lié à l'essence. Par exemple, les érables champêtres ont une proportion importante (50%) de pseudo-verticilles.

Une analyse statistique (Analyse des Correspondances Multiples suivie d'une Classification Ascendante Hiérarchique) a été effectuée sur les variables correspondant à la parcelle, l'état sanitaire, la conformation, l'essence, la profondeur du sol et l'écartement entre les lignes d'arbres. Cette analyse a permis de montrer l'existence d'un lien entre l'abrutissement dont sont victimes les arbres et le développement de branches dominantes/codominantes.

Ce défaut pourra vraisemblablement être corrigé par une taille de formation régulière et soignée. De plus, les jeunes arbres étant très plastiques, un défaut au début de la vie de l'arbre, corrigé rapidement, n'aura pas forcément un impact significatif sur la qualité du bois pour une valorisation en bois d'œuvre au terme de sa vie. Enfin, les parcelles agroforestières étant en polyculture-élevage, les années en culture devraient permettre aux arbres de se développer harmonieusement hors d'atteinte des vaches.

Limites et perspectives

Limites d'un essai système

Chaque système de culture a ses propres caractéristiques (pédologiques, climatiques, paysagères...). L'évaluation d'un ou plusieurs systèmes de cultures ne peut donc pas prétendre à fournir un modèle unique transposable directement à d'autres exploitations agricoles (*Jeuffroy, 2014*). Un essai système a donc plutôt vocation à faire émerger des idées et des pistes d'amélioration tout en produisant des références pour un contexte donné. Il permet de provoquer le débat avec un prototype.

Un essai système devient plus pertinent lorsqu'il est inclus dans un réseau d'essais similaires afin de synthétiser les résultats en limitant les variations dues au contexte local (*Association pour la Relance Agronomique en Alsace, 2011*).

Perspectives de développement de l'expérimentation

La sélection des thématiques de suivi faite en amont de l'étude introduit nécessairement un biais dans la synthèse des résultats et une limite à leur interprétation. Certains paramètres ne seront en effet pas pris en compte pour l'interprétation des données collectées. Ainsi, l'étude de la biodiversité fonctionnelle, de l'eau et de la séquestration de carbone ont été volontairement écartées en raison d'un manque de moyens humains et matériels. Ce choix n'est pas définitif et ces thématiques pourront faire l'objet d'un suivi à l'avenir.

Plusieurs perspectives de développement de l'étude sont d'ores et déjà envisagées pour les années à venir, qui permettront à la fois d'élargir le champ des thématiques couvert et d'intégrer des réseaux d'expérimentation et de recherche.

Ainsi, le CEV pourrait à l'avenir utiliser les protocoles élaborés dans le cadre du projet CASDAR Auximore pour le suivi simplifié de la biodiversité. Certains de ces protocoles vont en effet être adaptés au cas des parcelles agroforestières.

De même, l'expérimentation de Villarceaux pourrait rejoindre le réseau d'agriculteurs agroforestiers du projet AGRIPSOL, porté par Agroof dans le cadre d'un appel à projet de l'ADEME. Ce projet a pour objectif d'étudier les mécanismes de stockage du carbone dans les systèmes agroforestiers, et des protocoles de suivi du carbone et de la pédofaune devraient être proposés dans ce cadre.

Références bibliographiques

- Ambroise R. & Hubert D. (2002) L'agriculture et la forêt dans le paysage. Paris : Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des Affaires rurales.
- Association pour la Relance Agronomique en Alsace (2011) Les essais systèmes de culture alsaciens. Strasbourg : Association pour la Relance Agronomique en Alsace.
- Balandier P. & Dupraz C. (1999) Growth of widely spaced trees. A case study from young agroforestry plantations in France. *Agroforestry systems* 43 : pp. 151-167.
- Baudry J. & Jouin A. (2003) De la haie aux bocages : organisation, dynamique et gestion. Paris : INRA.
- Bergez J. & Dupraz C. (1999) Effect of ventilation on growth of *Prunus avium* seedlings grown in treeshelters. *Agricultural and forest meteorology* 104 : pp. 199-214.
- Cabanettes A., Auclair D. & Imam W. (1999) Diameter and height growth curves for widely-spaced trees in European agroforestry. *Agroforestry systems* 43 : pp. 169-181.
- Dupraz C. & Liagre F. (2011) Agroforesterie : des arbres et des cultures (2^e édition). Paris : La France agricole.
- Graves A., Burgess P., Palma J., Herzog F., Moreno G., Bertomeu M., Dupraz C., Liagre F., Keesman K., van der Werf W., Koeffeman A. & van der Briel J.P. (2007) Development and application of bio-economic modelling to compare silvoarable, arable and forestry systems in three European countries. *Ecological engineering* 29 (4) : pp. 434-449.
- Guitton J., Dupraz C., Auclair D. & de Montard F. (1994) Quel projet agroforestier pour l'Europe tempérée ? *Revue forestière française* 46 : pp. 179-188.
- Howard A. (1943) An agricultural testament. Oxford : Oxford University Press
- Jeuffroy M. (2014) Concevoir des systèmes de culture innovants, pour concilier performances économiques, sociales et écologiques. Paris.
- Jose S., Allen S. & Nair P. (2008) Tree-crops interactions : lessons from temperate alley-cropping systems. Dans : Batish D., Kohli R., Jose S. & Singh H. (eds) *Ecological basis of agroforestry*. Boca Raton : CRC Press. pp. 15-36.
- Jose S. (2009) Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits : an overview. *Agroforestry systems* 76 : pp. 1-10.
- Lacombe S., Bradley R., Hamel C. & de Beaulieu C. (2009) Do tree-based intercropping systems increase the diversity and stability of soil microbial communities ? *Agriculture, ecosystems and environment* 131 : pp. 25-31.
- Lee K. & Jose S. (2003) Soil respiration and microbial biomass in a pecan alley cropping system in Southern USA. *Agroforestry systems* 58 : pp. 45-54.
- Lundgren B. (1982) What is agroforestry ? *Agroforestry systems* 1 : pp. 7-12
- Marquier A. & Balandier P. (2000) Influence de la taille de formation et de l'élagage sur la croissance en diamètre des branches de noyers hybrides. *Ingénieries EAT* 22 : pp. 63-73.
- Marquier A. & Balandier P. (2004) Caractérisation et correction de la forme de feuillus précieux plantés à faible densité en l'absence d'accompagnement ligneux. *Revue forestière française* 56 (4) : pp. 323-336.
- Mulia R. & Dupraz C. (2006) Unusual fine root distribution of two deciduous tree species in Southern France : what consequences for modelling of tree root dynamics ? *Plant and soil* 281 : pp. 71-85.
- Nygren P., Fernandez M., Harmand J.-M. & Leblanc H. (2012) Symbiotic dinitrogen fixation by trees : an underestimated resource in agroforestry systems ? *Nutrient cycling in agroecosystems* 94 (2-3) : pp. 123-160.
- Ori D., Béral C. & Liagre F. (2012) Enquêtes sur le potentiel de développement de l'agroforesterie et des pratiques agricoles plus respectueuses de la ressource en eau. Travail réalisé dans le cadre du projet Grappe 3 financé par l'Agence de l'eau RMC.
- Pottiez R. (2006) Faisabilité du développement de l'agroforesterie dans la Somme : étude de l'intérêt des agriculteurs pour l'adoption de cette pratique. Mémoire de fin d'études de l'ENITAB.
- Schroth G. (1999) A review of belowground interactions in agroforestry, focusing on mechanisms and management options. *Agroforestry systems* 43 : pp. 5-34.
- Seguin J. & Soufflet-Leclerc E. (2008) Itinéraires photographiques, méthode de l'Observatoire photographique du paysage. Paris : Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement.
- Seiter S., Ingham E. & William R. (1999) Dynamics of soil fungal and bacteria biomass in a temperate climate alley cropping system. *Applied soil ecology* 12 : pp. 139-147.
- Sierra J., Daudin D., Domenach A., Nygren P. & Desfontaines L. (2007) Nitrogen transfer from a legume tree to the associated grass estimated by the isotopic signature of tree roots exudates : a comparison of the ¹⁵N leaf feeding and natural ¹⁵N abundance methods. *European journal of agronomy* 27 : pp. 178-186.
- Udawatta R., Gantzer C., Anderson S. & Garrett H. (2008) Agroforestry and grass buffer effects on pore characteristics measured by high-resolution X-ray computed tomography. *Soil science society of America journal* 72 : pp. 295-304.
- Udawatta R., Kremer R., Adamson B. & Anderson S. (2008) Variations in soil aggregate stability and enzyme activities in a temperate agroforestry practice. *Applied soil ecology* 39 : pp. 153-160.

Bilan des indicateurs

	Avantages	Inconvénients	Indicateurs
Sol	<ul style="list-style-type: none"> - Amélioration de la stabilité - Amélioration de la porosité - Augmentation de la réserve en nutriments - Développement de la pédofaune et biomasse microbienne - Diminution de l'érosion (eau et vent) - Augmentation de la capacité de stockage en eau - Stockage de carbone - Piégeage des nitrates 	<ul style="list-style-type: none"> - Partage des ressources (minéraux, eau...) - risque d'allélopathie négative entre certaines essences 	<ul style="list-style-type: none"> Biomasse microbienne C organique Rapport C/N Fractionnement MO Lombrics CEC pH N,P,K et minéraux Texture Structure Porosité Stabilité des agrégats
Culture/Elevage	<ul style="list-style-type: none"> - Biomasse produite / unité de surface / an - Protection climatique (micro-climat) - bien être animal (protection contre le soleil, le vent, diversité alimentaire...) - Biodiversité fonctionnelle favorisée 	<ul style="list-style-type: none"> - Concurrence eau/lumière/sol - Humidité favorisant des maladies - Risque de salissement à partir de la bande enherbée/Stock d'adventices - Diminution du rendement de la culture intercalaire avec la croissance des arbres - surveillance des animaux 	<ul style="list-style-type: none"> Pieds au m² Talles au m² Hauteur de paille/herbe État sanitaire Rendement Adventices
Arbres	<ul style="list-style-type: none"> - Croissance rapide par rapport aux arbres en forêt - Bon enracinement par rapport aux arbres en forêt - Diversité des productions (bois d'oeuvre, bois de chauffage, fruits...) 	<ul style="list-style-type: none"> - Taille et élagage nécessaire - Protections contre les animaux nécessaires 	<ul style="list-style-type: none"> Hauteur Diamètre Enracinement État sanitaire Conformation
Humain/Économique	<ul style="list-style-type: none"> - Satisfaction personnelle - Plus-value à long-terme/Constitution d'un patrimoine - Amélioration du foncier - image de l'agriculture 	<ul style="list-style-type: none"> - Charge de travail supplémentaire - Savoir faire à acquérir - Gêne lors des travaux agricoles mécanisés - statut de l'arbre (exploitant vs propriétaire) - trésorerie investie - complexité administrative ? 	<ul style="list-style-type: none"> Temps consacré aux arbres
Paysage	<ul style="list-style-type: none"> - Complexification 	<ul style="list-style-type: none"> - Fermeture 	<ul style="list-style-type: none"> Observatoire photographique

Budget de l'implantation du dispositif

Coût d'achat par plant :

Robinier faux acacia	0,51 €
Févier d'Amérique	1,10 €
Alisier torminal	1,83 €
Cormier	1,92 €
Merisier	0,90 €
Orme	3,87 €
Erable champêtre	1,07 €
Frêne	0,78 €
Noyer commun	2,09 €
Pommier commun	0,98 €
Poirier commun	0,98 €

Budget par plant hors protection bovins

Gaine plastique 60 cm	0,25 €
Paillage	0,33 €
Tuteur	0,04 €

Budget global du projet :

Piquetage

Matériel	55 €
Main d'œuvre	-

Trous tarière

Matériel	-
Main d'œuvre	-

Plantation

Plants	1213 €
Temps de travail	1600 €

Protections

Matériel	18 644 €
Fabrication	11 732 €
Mise en place	10 758 €

TOTAL 43 822 €

Comparaison des deux types de protection :

Coût fixe par arbre (hors protection bovins)

Plant, dalle paillage, gaine plastique

Coût fixe total 6,19 €

Protection avec cage en treillis soudé

Treillis soudé + piquet + façonnage cage + pose cage 67,12 €

Prix total par arbre 73,31 €

Protection avec corset grillagé

Corset + cône + piquet + pose 36,14 €

Prix total par arbre 42,33 €

Retour sur expérience

Il est d'ores et déjà possible de tirer certains enseignements concernant les choix faits lors de l'implantation du dispositif.

Implantation des arbres

Le repérage de l'emplacement des futures lignes doit être réalisé le plus rigoureusement possible, par exemple en utilisant un GPS de précision (submétrique voire centimétrique). Cela afin d'obtenir des lignes rectilignes facilitant le passage des outils, et d'éviter les empiètements sur la bande enherbée.

Choix des parcelles

Pour limiter au maximum les dégâts infligés aux arbres par les animaux, il semble préférable de planter dans des parcelles qui entrent en culture, afin que les arbres ne soient pas exposés aux bovins pendant les quatre années de cultures de la rotation. Cela permettrait d'augmenter le taux de reprise des arbres en les protégeant durant la période charnière que représentent les trois à quatre premières années.

Protection des plants

Les protections fixes contre les bovins (de type cage ou corset grillagé) sont un poste important du budget du dispositif agroforestier. Il serait judicieux de comparer le coût de ce type de protection avec celui d'une protection par clôture électrique.

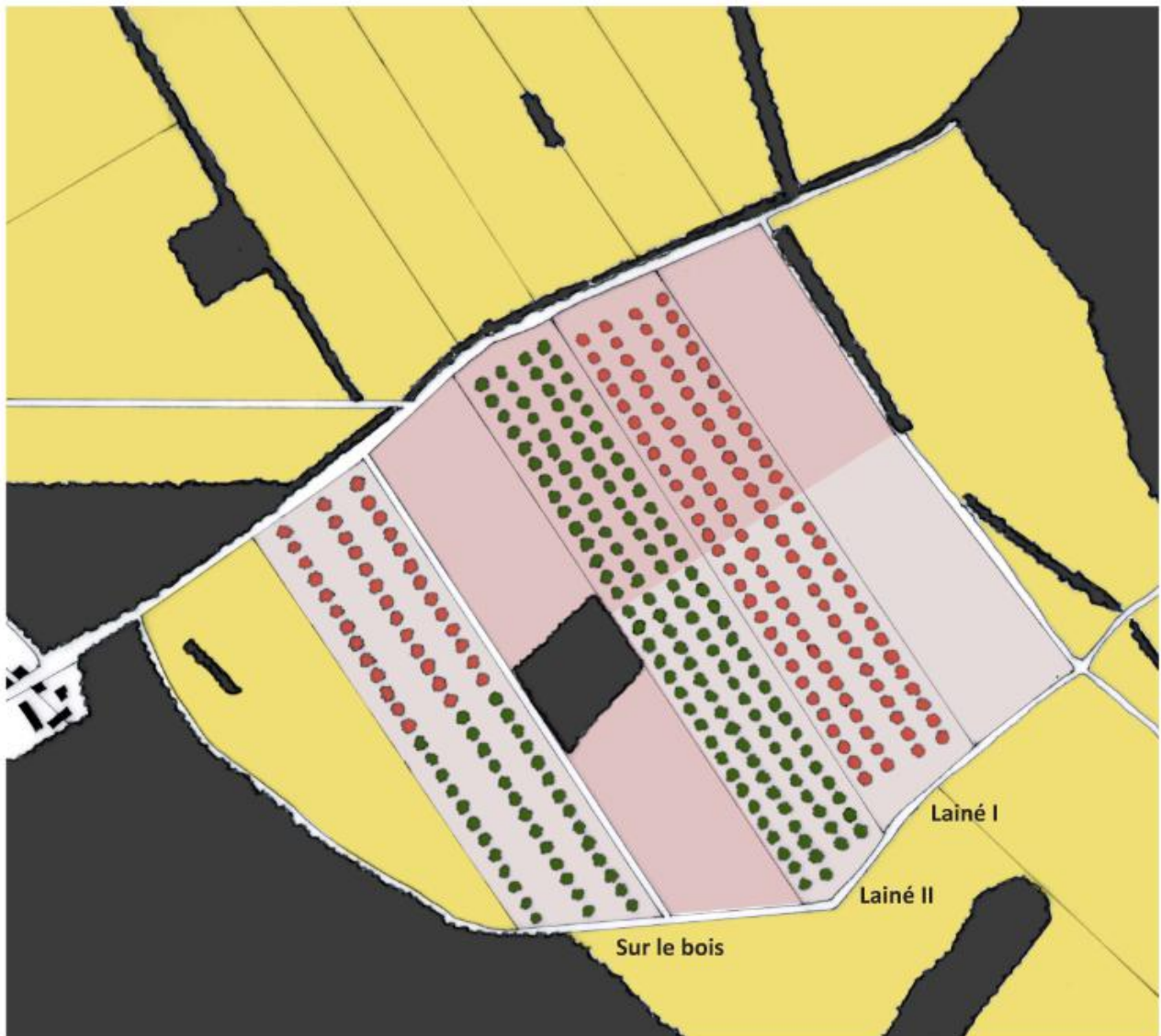
Paillage

Les dalles isoplant 40 cm n'étant plus assez couvrantes au bout de deux ans, il serait judicieux de prévoir un paillage plus pérenne pour d'autres plantations, comme la fibre de coco ou des copeaux de bois. Ce dernier type de paillage pourrait être obtenu lors des travaux d'entretien et d'exploitation des haies et forêts de la Bergerie de Villarceaux. Environ 1 m³ sont nécessaires pour pailler 10 arbres, soit 65 m³ pour l'ensemble du dispositif.

Gestion de la bande enherbée

Des tests de resemis de la bande enherbée devraient être réalisés en 2015. L'objectif est de contrôler le développement de certaines adventices, comme le chiendent, par l'utilisation de couverts végétaux. Certaines graminées comme le dactyle, le fromental ou le seigle ont un effet concurrentiel voire allélopathique sur le chiendent. De plus, un broyage régulier de la bande enherbée devrait empêcher la montée en graine des adventices, et la concurrence avec les jeunes arbres.

Plan du dispositif



Plan des parcelles d'agroforesterie



- Arbre non légumineux
- Arbre légumineux
- Sol peu profond
- Sol profond

Pour contacter le Centre d'Ecodéveloppement de Villarceaux, au sujet de l'agroforesterie

Héloïse Boureau ou Baptiste Sanson
Bergerie de Villarceaux – 95710 Chaussy
00 33 (0)1 34 67 91 23
heloise.boureau@bergerie-villarceaux.org
baptiste.sanson@bergerie-villarceaux.org

Ce dossier de présentation du dispositif agroforestier de la bergerie de Villarceaux reprend en synthèse des éléments du mémoire de fin d'études d'Alice Louis, soutenu à l'ISA Lille en octobre 2014.

Pour un approfondissement, nous vous invitons à consulter ce mémoire et le manuel de suivi du dispositif disponibles sur le site internet de la Bergerie de Villarceaux
(partie publications/ressources)
www.bergerie-villarceaux.org

Le projet agroforesterie de Villarceaux a reçu le soutien de la Région Île-de-France

