

PROJET POTA-GE

Évaluer les potentialités de l'Agroforesterie
dans le Grand-Est de la France

SYNTHESE DU RAPPORT FINAL



EXPERTISES

Nov.
2022

REMERCIEMENTS

Les auteurs de ce rapport remercient toutes les personnes qui sont intervenues dans la conduite des dispositifs expérimentaux et dans l'acquisition des données au champ et au laboratoire. Ils remercient également les nombreux stagiaires qui ont travaillé dans le cadre du projet (voir liste en fin de document). Les partenaires de PotA-GE remercient chaleureusement les membres externes du comité de pilotage, Delphine MEZIERE (INRAE), Rémi CARDINAEL (CIRAD) et Marie GOSME (INRAE), ainsi que Thomas EGLIN (ADEME) pour leur participation constructive et enthousiaste aux quatre comités de pilotage ayant jalonné les cinq années du projet.

CITATION DE CE RAPPORT

MARRON Nicolas, PIUTTI Séverine, LACROIX Thomas, COCHARD Patrick, CLIVOT Hugues, THEROND Olivier, PLAIN Caroline, LAFLOTTE Alexandre, 2022. **Projet PotA-GE : évaluer les potentialités de l'agroforesterie dans le Grand-Est de la France. Synthèse de rapport final.** 17 pages.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME

ADEME

20, avenue du Grésillé

BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : 17-03-C0008

Projet de recherche coordonné par : UMR Silva, Nicolas MARRON

Appel à projet de recherche : GRAINE 2016

Coordination technique - ADEME : EGLIN Thomas

Direction/Service : Service Réseaux et Energies Renouvelables, Direction Bioéconomie et Energies Renouvelables

RÉSUMÉ

Dans un contexte européen où l'agroforesterie apparaît comme une voie de diversification des exploitations agricoles, l'objectif général du projet était d'évaluer les potentialités des plantations agroforestières à l'échelle du Grand-Est de la France sur la base d'indicateurs socioéconomiques et biophysiques.

L'impact de l'introduction d'arbres dans les cultures agricoles a été évalué à trois échelles : (1) une analyse fine des processus biophysiques sur le site Pilote de la Bouzule (mélanges d'espèces fixatrices / non fixatrices d'azote : peuplier / luzerne-trèfle et aulne / graminées), (2) une comparaison de certains des processus en les transposant à un premier cercle de plantations (se prêtant à la mise en place d'un plan d'expérience robuste) permettant d'initier la paramétrisation de modèles de fonctionnement et (3) une analyse socioéconomique de l'ensemble des plantations de la région (2^{ème} cercle de plantations).

Les indicateurs biophysiques étudiés sont de trois types : (1) agronomiques (croissance et production des cultures), (2) édaphiques (fonctionnement des sols via la minéralisation de la matière organique et, le recensement des communautés microbiennes) et (3) environnementaux (bilan des gaz à effet de serre, stockage du carbone dans les sols). Des enquêtes menées auprès des agriculteurs régionaux ont permis de renseigner les indicateurs socioéconomiques : intérêt pour les systèmes agroforestiers, freins pour s'engager, besoins pour lever les verrous, etc.

Environ 70 plantations en agroforesterie intra-parcellaire ont été recensées dans la région. En termes biophysiques, d'intéressants effets de l'introduction des arbres ont été observés en termes de rendements, de partage de la ressource en eau entre espèces, de stockage du carbone dans le sol, de fonctionnement organique de sols ou encore de flux de gaz à effet de serre, mais ces effets sont encore légers en raison de la relative jeunesse des plantations étudiées (la plus ancienne ayant une dizaine d'années). En termes socioéconomiques, plus de 300 agriculteurs ont répondu aux enquêtes menées dans le cadre du projet. Sans grande surprise, les principaux freins au développement de l'agroforesterie intra-parcellaire dans la région sont le manque d'accompagnement des projets des agriculteurs dans ce sens et l'insuffisance des aides financières ; ces deux aspects sont cependant pris en charge mais de façon assez hétérogène selon les départements. En outre, la plateforme de modélisation MAELIA a été étendue pour simuler des systèmes agroforestiers. Des simulations ont été réalisées à l'échelle de parcelles sur trois territoires d'étude afin d'évaluer des scénarios de déploiement de l'agroforesterie dans la région. Les résultats obtenus sont en cours de diffusion auprès des acteurs sous la forme de modules de formation et de journées d'information.

ABSTRACT

In an European context where agroforestry appears as a way of diversifying farms, the general objective of the project was to assess the potential of agroforestry plantations at the scale of the Grand-Est region of France based on socioeconomic and biophysical indicators.

The impact of the introduction of trees in agricultural lands was assessed at three levels: (1) a detailed analysis of the biophysical processes on the Pilot site of La Bouzule (mixtures of nitrogen-fixing/non-fixing species: poplar / alfalfa-clover and alder / graminoids), (2) a comparison of some of the processes by transposing them to a first circle of plantations (robust enough to allow the implementation of an experimental design) and (3) a socioeconomic analysis of all the plantations in the region (2nd circle of plantations).

The biophysical indicators studied are of three types: (1) agronomic (crop and tree growth and production), (2) edaphic (soil functioning via the mineralization of organic matter and the inventory of microbial communities) and (3) environmental (greenhouse gas balance, carbon storage in soils). Surveys conducted among regional farmers have provided information about socio-economic indicators: interest in agroforestry systems, obstacles to getting involved, needs to remove obstacles, etc.

About 70 alley cropping agroforestry plantations have been identified in the region. In biophysical terms, interesting effects of the introduction of trees have been observed in terms of yields, sharing of water resources between species, storage of carbon in the soil, organic functioning of soils or fluxes of greenhouse gases, but these effects are still slight due to the relative youth of the studied plantations (the oldest one being about ten years old). In socioeconomic terms, more than 300 farmers responded to surveys conducted under the framework of the project. Unsurprisingly, the main obstacles to the development of intra-plot agroforestry in the region are the lack of technical and financial supports for farmers' projects; these two aspects are however taken in consideration but in a rather heterogeneous way according to the departments. In addition, the MAELIA modeling platform has been adapted to allow simulating agroforestry systems. Simulations were carried out for different situations representative of three territories in order to assess scenarios for the deployment of agroforestry in the region. The results of the project are being disseminated to stakeholders in the form of training modules and information seminars.

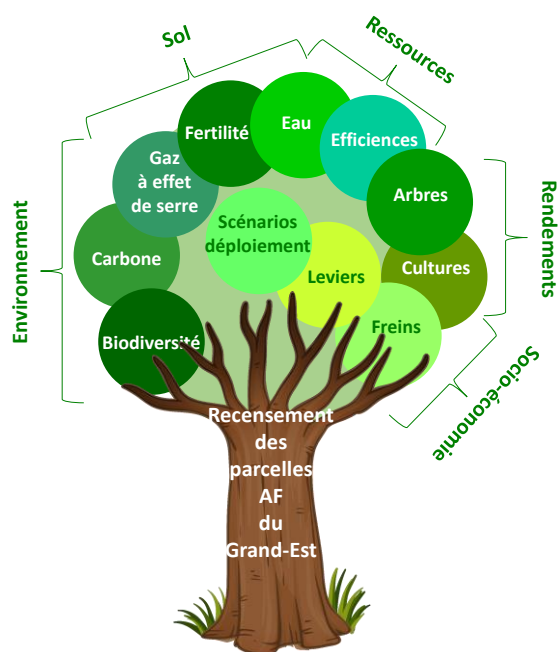
Contexte et objectifs du projet

L'agroforesterie consiste à faire délibérément pousser des arbres en association avec des cultures agricoles et/ou en présence de troupeaux d'animaux pour en tirer des avantages (Nair et al. 2010, Dupraz and Liagre 2008). Les systèmes dit « agroforestiers » sont extrêmement variés ; récemment, Cardinael et al. (2018) en ont identifié huit types dans une revue systématique : (1) les systèmes intra-parcellaires (alley cropping systems), (2) les jachères (fallow), (3) les haies (hedgerows), (4) les systèmes multi-strates (multistrata systems), (5) les parcs (parklands), (6) les systèmes de culture vivace ombragé (shaded perennial crop systems), (7) les systèmes silvoarables et (8) les systèmes silvopastoraux. La pratique de l'agroforesterie apparaît actuellement comme une voie de diversification écologique des exploitations agricoles dans le contexte agricole européen (Smith et al. 2012) et l'arbre est considéré comme un levier agroécologique dans le Plan Stratégique National de la future PAC (AFAC, 2021). En effet, les intérêts potentiels de ce modèle de production sont nombreux tant du point de vue de la production agricole que de la protection de l'environnement (i.e. notion de services environnementaux). Des bénéfices et services tels qu'une augmentation de la productivité à surface équivalente, une réduction de l'érosion des sols ainsi qu'une amélioration de leur fertilité et de la qualité de l'eau ont en effet été observés dans des systèmes agroforestiers associant des arbres aux cultures agricoles (Nair et al. 2009, Kim et al. 2016). Les services attendus de la part des systèmes agroforestiers sont très nombreux, par exemple en termes d'amélioration de la biodiversité, du bien-être animal, de l'impact paysagé de l'agriculture, etc. Mais l'agroforesterie offre également des perspectives de production d'énergie « verte » à substituer aux énergies fossiles et de séquestration du carbone dans la biomasse et dans les sols plus intéressantes qu'un peuplement monospécifique annuel en raison des quantités de carbone importantes contenues dans la biomasse ligneuse, et des dépôts de carbone dans le sol via le turnover de racines fines, la rhizodéposition et les chutes de litières (Luedeling et al. 2014, Lorenz and Lal 2014). Dans un rapport sur le changement d'utilisation des terres et la foresterie (Land Use, Land-Use Change and Forestry, LULUCF), le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a analysé diverses options de changement d'utilisation des terres et a considéré que l'agroforesterie présentait un potentiel considérable de séquestration du carbone (Verchot et al. 2007). Ces éléments sont repris dans l'étude 4 pour mille qui au niveau français indique un stockage additionnel sur l'horizon 0-30 cm de l'ordre de 207 kg C/ha/an (Pellerin et al. 2019) ; le potentiel de stockage de l'agroforesterie a récemment été revu à la hausse en prenant en compte la biomasse dans l'estimation : 4 Mg équivalent CO₂/ha/an pour un coût de 21€/Mg équivalent CO₂, en moyenne (Bamière et al. 2023). De plus, un des objectifs de la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC2) est de développer les puits de carbone agricoles, en particulier en cherchant à multiplier par 5 les surfaces d'agroforesterie et de haies d'ici à 2050 par rapport à 2015. Ce potentiel n'est cependant à l'heure actuelle que peu caractérisé du fait d'une grande diversité des systèmes agroforestiers et de conditions pédoclimatiques contrastées à l'échelle française.

En France, le modèle agroforestier intrigue les agriculteurs et les initiatives individuelles se multiplient sans que l'on sache les quantifier à l'heure actuelle. En Lorraine, la chambre d'agriculture régionale a initié depuis 2014 la constitution d'un Comité Technique d'Agroforesterie réunissant des professionnels d'horizons variés intéressés par l'agroforesterie : chambres départementales d'agriculture, DRAAF, Agence de l'eau, INRA, ENSAIA, etc. Le comité se réunit régulièrement pour échanger et pour organiser le développement de l'agroforesterie sur le territoire. La question de la gestion de la composante forestière reste néanmoins souvent un obstacle à l'intérêt que peut présenter ce système de culture plurispécifique pour le monde agricole. Des indicateurs concrets des potentialités de développement du modèle agroforestier dans le grand quart nord-est de la France en termes de production, de certains services écosystémiques (régulation du climat par séquestration du carbone, régulation de la qualité de l'eau, régulation du cycle des éléments minéraux) et de réduction des impacts environnementaux (limitation des émissions de gaz à effet de serre, et lixiviation des nitrates), ainsi que des verrouillages et performances sociotechniques (difficultés et solutions techniques et rentabilité du système agroforestier) permettrait de mieux informer les agriculteurs et accompagner les initiatives. Le présent projet se propose d'évaluer les potentialités de l'agroforesterie dans le Grand-Est (Alsace Champagne-Ardenne Lorraine) sur la base d'indicateurs biophysiques et socioéconomiques de façon à mieux accompagner l'essor de ces pratiques. Dans ces systèmes multifonctionnels, les fonctions écosystémiques ciblées (émissions de gaz à effet de serre, dynamique des matières organiques du sol, disponibilité en éléments minéraux, etc.) sont en lien avec certains services de régulation (séquestration de carbone, fourniture d'éléments minéraux, recyclage des éléments) et de production (biomasse).

Le projet PotA-GE, financé par l'ADEME sur la période 2017 – 2022 dans le cadre de l'appel à projets GRAINE, réunissait les UMR Silva (coordinateur, INRAE – Université de Lorraine – AgroParisTech), LAE

(Université de Lorraine - INRAE) et les Chambres d'Agriculture des Vosges et de l'Aube autour de la question des **potentialités de l'agroforesterie intra-parcellaire dans la région Grand-Est**. Le projet était basé sur l'alliance d'approches fines menées au site pilote de la Bouzule (54) à des expérimentations plus globales menées sur un réseau de plantations chez des agriculteurs de la région.



Pendant plus de cinq ans, en se basant sur un état des lieux de l'agroforesterie intra-parcellaire dans la région, le projet PotA-GE s'est attaché à collecter des indicateurs des performances des plantations agroforestières intra-parcellaires du Grand-Est afin de juger de la pertinence de ces pratiques dans les conditions pédo-climatiques spécifiques de la région. Ce **bouquet d'indicateurs** balayait une large gamme de services potentiellement rendus par ces systèmes intra-parcellaires : rendements des cultures et des arbres, environnement (flux de gaz à effet de serre, stockage du carbone dans les sols), fonctionnement et fertilité des sols, partage des ressources (notamment en eau) et impact socio-économique (motivations, freins, leviers) pour aboutir *in fine* à l'établissement de scénarios de déploiement de ces pratiques à l'échelle de territoires dans la région.

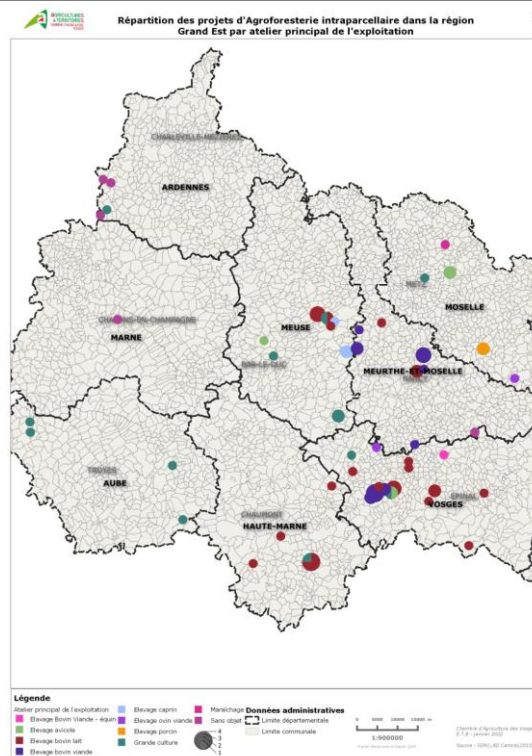
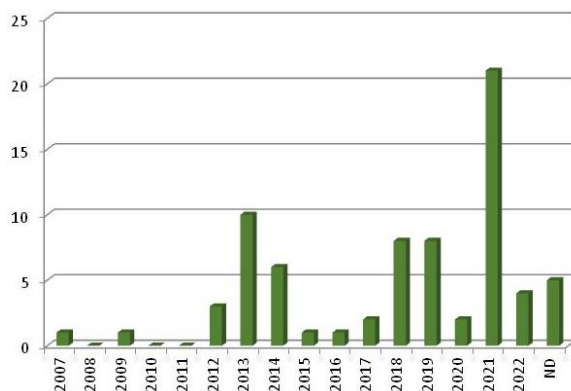
Une sélection des principaux résultats obtenus dans le cadre du projet est présentée ici.

Recensement des plantations en agroforesterie intra-parcellaire du Grand-Est

Un développement significatif de l'agroforesterie dans le Grand-Est !

Une base de données regroupant plus de 70 plantations agroforestières a été constituée dans le cadre de PotA-GE ; elle catégorise l'agroforesterie intra-parcellaire du Grand-Est selon 23 critères. Les parcelles en agroforesterie intra-parcellaire de la région ont également été localisées géographiquement sur le territoire. Globalement, deux vagues de plantation ont été identifiées : entre 2012 et 2014 puis entre 2017 et 2022, périodes où les actions d'accompagnement des agriculteurs ont été les plus significatives. Ce type d'agroforesterie est essentiellement lié aux ateliers d'élevage. En lien avec cela, près de la moitié des exploitants ont pour objectif de répondre à des enjeux zootechniques (bien-être animal notamment). La production de bois d'œuvre est largement dominante. Les densités de plantations balayent large, de 3 à 95 arbres par hectare.

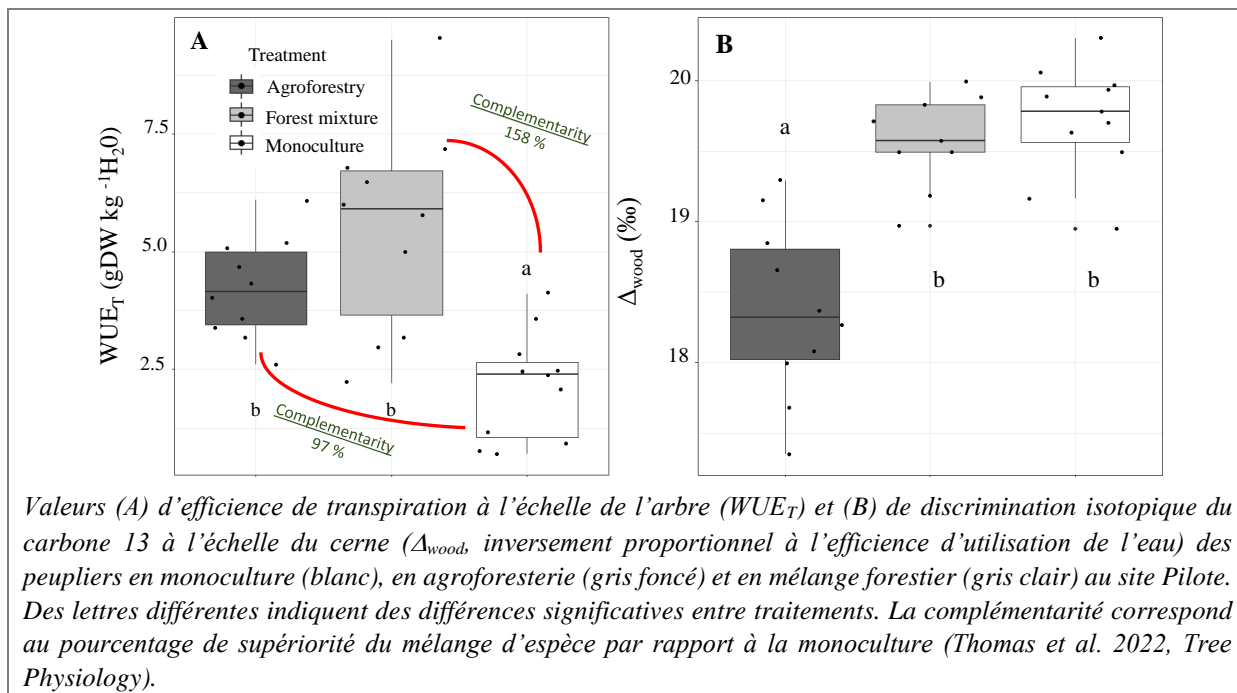
Nombre de parcelles en agroforesterie intra-parcellaire implantées par années depuis 2007 en région Grand-Est et Répartition des projets d'agroforesterie intra-parcellaire dans la région Grand-Est par atelier principal de l'exploitation.



Impact sur le rendement des arbres et des cultures

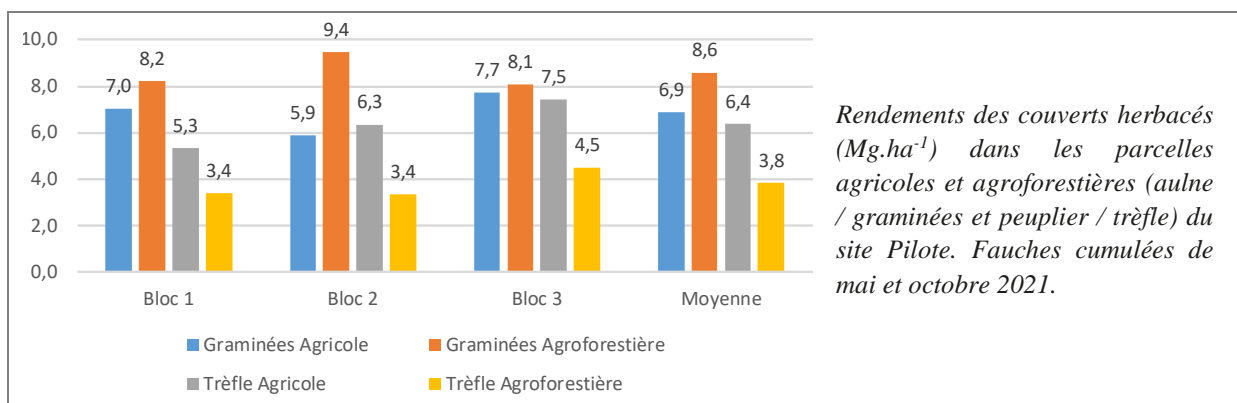
Les peupliers agroforestiers sont beaucoup plus productifs qu'en monoculture !

Sur le site Pilote, après une phase de compétition intense avec les herbacées peu après l'installation des arbres, les peupliers agroforestiers ont bénéficié de l'apport d'azote dans les mélanges avec des fixatrices d'azote ainsi que de l'espacement supérieur entre les lignes d'arbres en présentant une croissance très supérieure à leur monoculture. Cette productivité très stimulée des arbres en agroforesterie était associée avec (1) une efficacité d'utilisation de l'eau (quantité de biomasse produite par unité d'eau consommée) très supérieure à la monoculture, (2) un développement des houppiers beaucoup plus important qu'en monoculture et (3) une saison de végétation des arbres légèrement plus longue qu'en monoculture probablement lié à l'apport d'azote par la fixatrice et à une exposition plus importante aux facteurs climatiques en raison de la densité de plantation plus faible qu'en monoculture. Pour les aulnes, malgré une tendance à des houppiers plus larges en agroforesterie, très peu d'effets significatifs ont été observés par rapport à leur monoculture sans doute en raison de la croissance plus lente des aulnes par rapport aux peupliers et donc des interactions moins fortes entre espèces que dans le cas du peuplier.



Un système agroforestier favorable à la croissance des arbres et l'autre favorable à la croissance de la culture !

Dans les deux systèmes agroforestiers du site Pilote, en 2022, l'un est très favorable à la croissance de l'arbre (peuplier / luzerne – trèfle), mais avec un effet négatif sur la culture sous couvert (ombrage très important par les arbres), alors que l'autre est favorable à la croissance de la culture (aulne / graminées) en raison de l'apport d'azote par les aulnes, mais sans effet sur l'arbre. Tous les arbres du site Pilote vont être coupés au cours de l'hiver 2022-2023 en raison de l'intense compétition que les peupliers exercent sur la culture dans les parcelles agroforestières. Une deuxième rotation du dispositif débutera au printemps 2023.

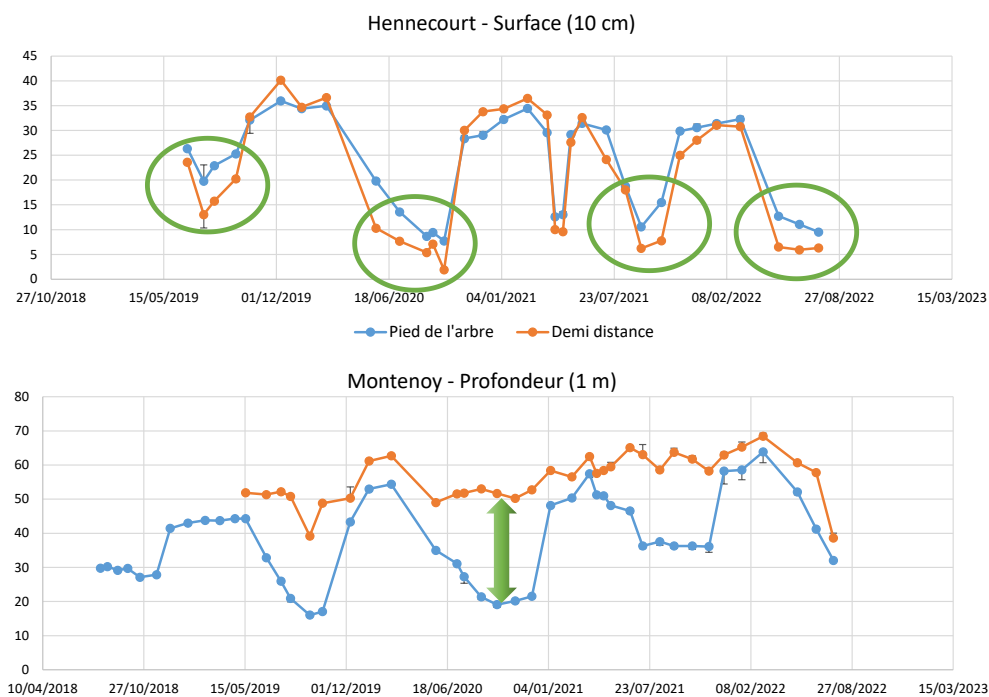


Impact sur le partage de la ressource en eau

Une coopération optimisée entre arbre et culture pour la ressource en eau !

- L'arbre et la culture ne puisent pas l'eau dans les mêmes horizons ; pour l'arbre, cela semble être essentiellement dans les horizons profonds (même s'il prélève également dans les horizons de surface dans une moindre mesure).
- L'arbre favorise l'infiltration de l'eau dans le sol vers les horizons profonds lorsque les conditions climatiques redeviennent humides à l'automne.
- L'arbre peut favoriser le maintien d'une humidité du sol plus importante en surface qu'en plein champ lorsque les conditions deviennent sèches.

/!\ L'observation (ou non) de ces phénomènes est très dépendante des conditions pédoclimatiques des parcelles, de l'état de développement du couvert végétal (maturité, phénologie des arbres et cultures), etc.



Exemple d'évolution des teneurs en eau du sol (% volumique) entre 2018 et 2022 aux sites de Hennecourt (Vosges) à 10 cm de profondeur, et de Montenoy (Meurthe-et-Moselle) à 1 m de profondeur, au pied de l'arbre et à mi-distance entre deux arbres où l'arbre est supposé ne plus avoir d'impact. La flèche verte indique un prélèvement de l'eau important par l'arbre à son pied en profondeur ; les cercles verts indiquent au contraire un maintien de l'eau de surface au pied de l'arbre par rapport à la mi-distance.

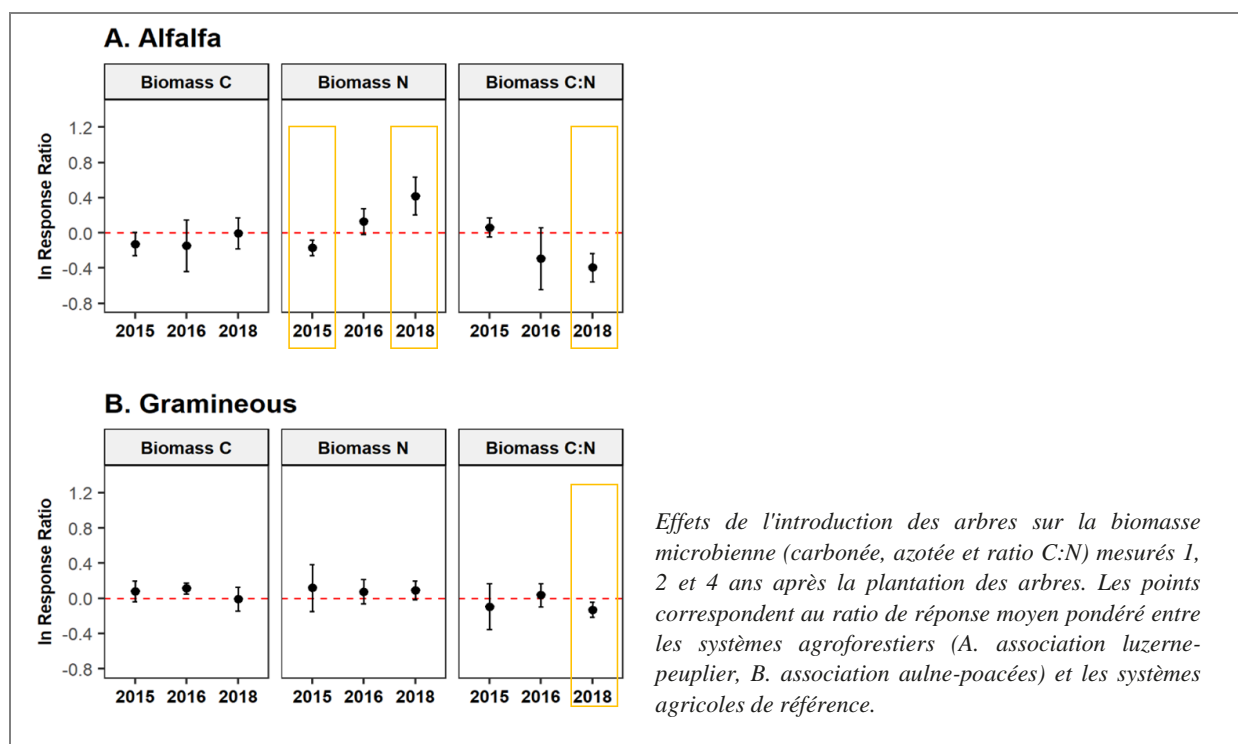
Des mouvements d'eau dans le sol aux multiples déterminants !

Outre l'influence évidente de l'importance des précipitations, l'assèchement du sol au printemps est dépendant de la vigueur de la végétation et en particulier de la strate arborée ; cela est normal car la majeure partie du transfert de l'eau entre le sol et l'atmosphère transite par la végétation. Par contre, la végétation n'a pas d'influence sur le ré-engorgement des sols à l'automne qui est un processus mécanique, dépendant essentiellement de la texture du sol. Il semblerait aussi que lorsque ce ne sont pas les précipitations qui influencent majoritairement les vitesses de ces flux d'eau dans le sol, la texture devienne le déterminant principal.

Impact sur le fonctionnement des sols

L'effet de l'introduction de l'arbre sur le fonctionnement microbien du sol :

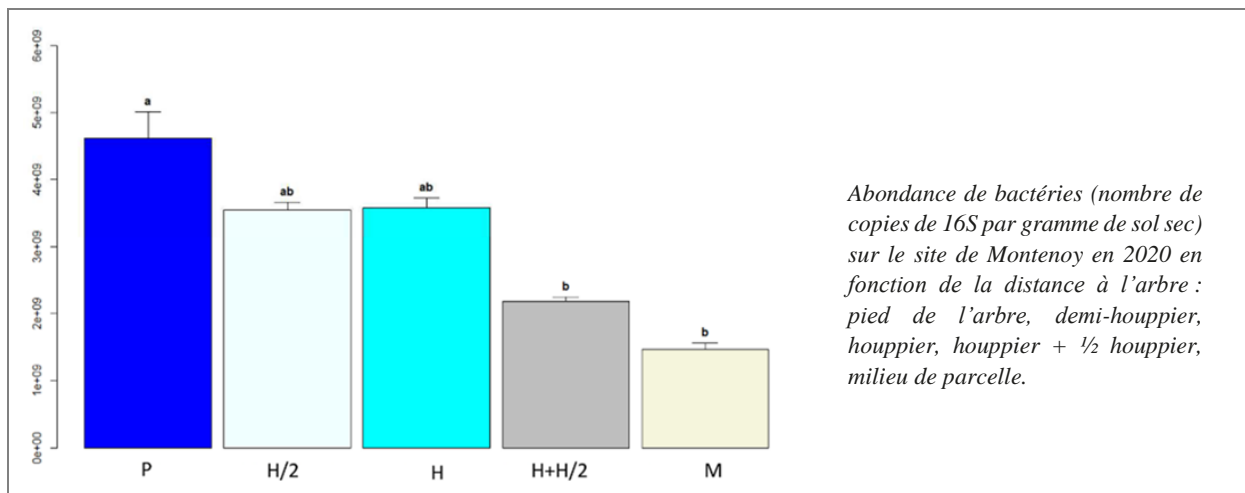
- se met en place selon une dynamique temporelle à moyen terme... et se traduit par des changements d'abondance, de diversité et de fonctionnalité des communautés microbiennes,
- et se traduit par une structuration spatiale plus marquée des variables microbiennes dans les parcelles agroforestières en comparaison des parcelles agricoles.



Élément à mettre en avant

Un effet bénéfique de l'arbre sur les teneurs en carbone soluble du sol et le fonctionnement microbien... mais qui reste dépendant des conditions pédoclimatiques et des systèmes de cultures dans lesquels l'arbre est intégré.

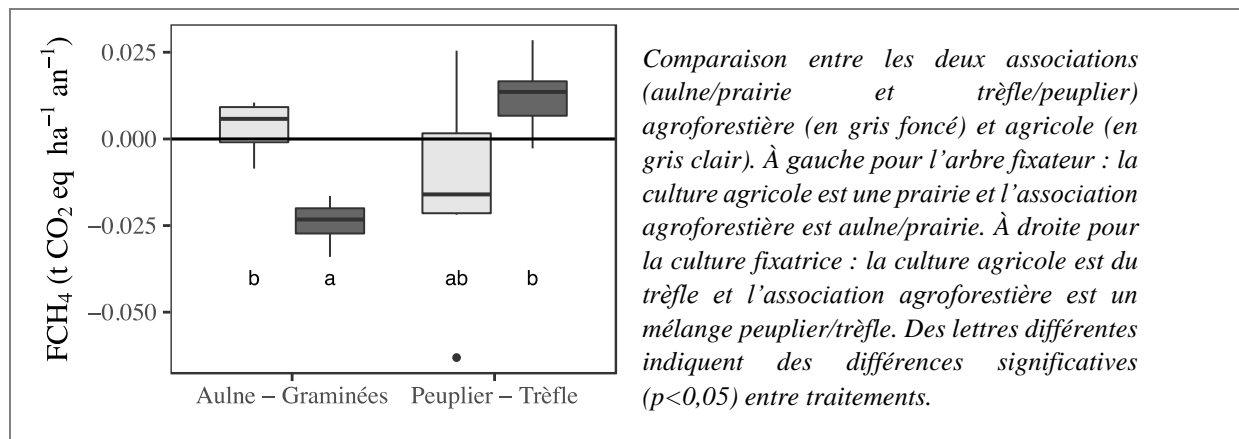
Les teneurs en carbone soluble, l'abondance des communautés bactériennes et les activités enzymatiques en lien avec les différents cycles du carbone et de l'azote sont notamment supérieures à proximité de l'arbre du fait des dépositions de litières aériennes et racinaires spécifiques à l'arbre mais aussi à la végétation herbacée présente dans le linéaire sous arboré (LSA). Les effets sont d'autant plus marqués lorsque l'arbre est intégré dans les systèmes de grandes cultures plutôt que dans des prairies permanentes. Les effets de la distance à l'arbre sont plus prononcés dans la parcelle que dans la rangée d'arbres.



Impact sur les flux de gaz à effet de serre (méthane et protoxyde d'azote)

Un effet non significatif de l'arbre sur les flux de méthane du sol... mais dépendant du type d'association d'espèces considéré !

Si l'introduction d'arbres en milieu agricole n'a pas provoqué d'effet significatif sur les flux de N₂O et de CH₄ du sol dans le cadre du suivi réalisé dans PotA-GE, un effet significatif de puits de CH₄ a été mis en évidence en agroforesterie par rapport à la parcelle agricole en pur. Néanmoins, un effet apparaît dépendant du type de mélange d'espèces étudié : l'association d'aulnes à de la prairie temporaire (arbre fixateur d'azote) induisait un effet de puits de méthane du système alors que l'association de peuplier à des légumineuses (culture fixatrice d'azote) ne provoquait pas d'effet significatif sur le flux de méthane.

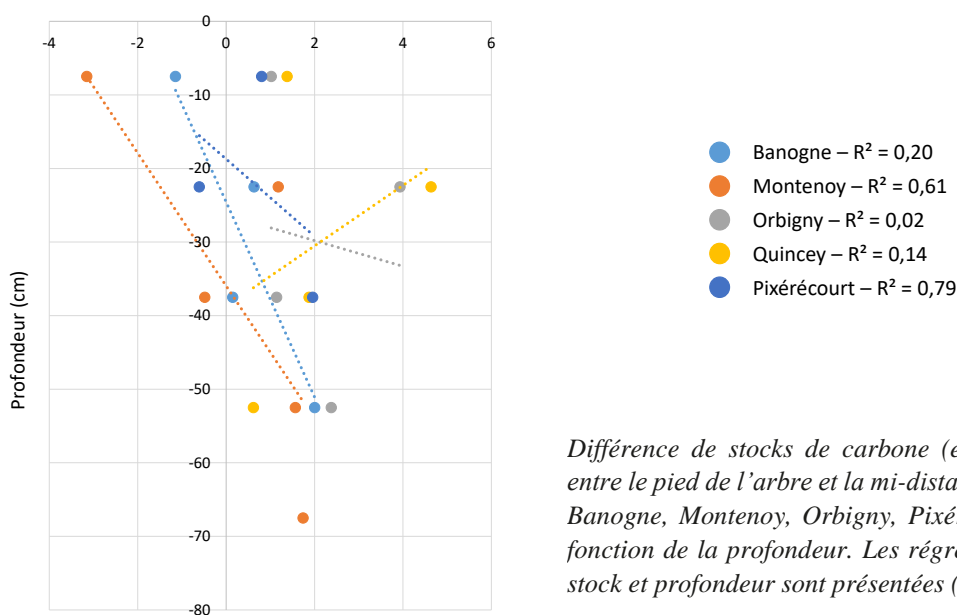


Impact sur les stocks de carbone du sol

Pas d'effet significatif de l'arbre sur le carbone organique des sols agricoles du Grand-Est... mais des tendances prometteuses !

L'hypothèse d'un stock accru de carbone organique du sol en présence de l'arbre dans la parcelle agroforestière par rapport au champ n'a pas été validée pour le réseau de sites du Grand-Est. Cependant, des tendances à une augmentation des stocks au pied de l'arbre comparé au plein champ ont été observées en profondeur, là où l'enracinement plus profond des arbres par rapport aux herbacées pourrait avoir un impact sur les stocks, pour la plupart des parcelles suivies. Les parcelles du réseau sont sans doute encore jeunes pour que les arbres aient déjà un effet significatif sur les stocks de carbone du sol mais les tendances observées laissent augurer un effet bénéfique de l'agroforesterie dans les années à venir. Le suivi doit continuer !

Différence entre le pied de l'arbre et la mi-distance entre deux arbres en termes de teneur en C organique du sol ($\text{MgC}\cdot\text{ha}^{-1}$)



Différence de stocks de carbone (en $\text{MgC}\cdot\text{ha}^{-1}$) des sols entre le pied de l'arbre et la mi-distance de l'arbre voisin à Banogne, Montenois, Orbigny, Pixérécourt et Quincey en fonction de la profondeur. Les régressions linéaires entre stock et profondeur sont présentées (R^2 de Pearson).

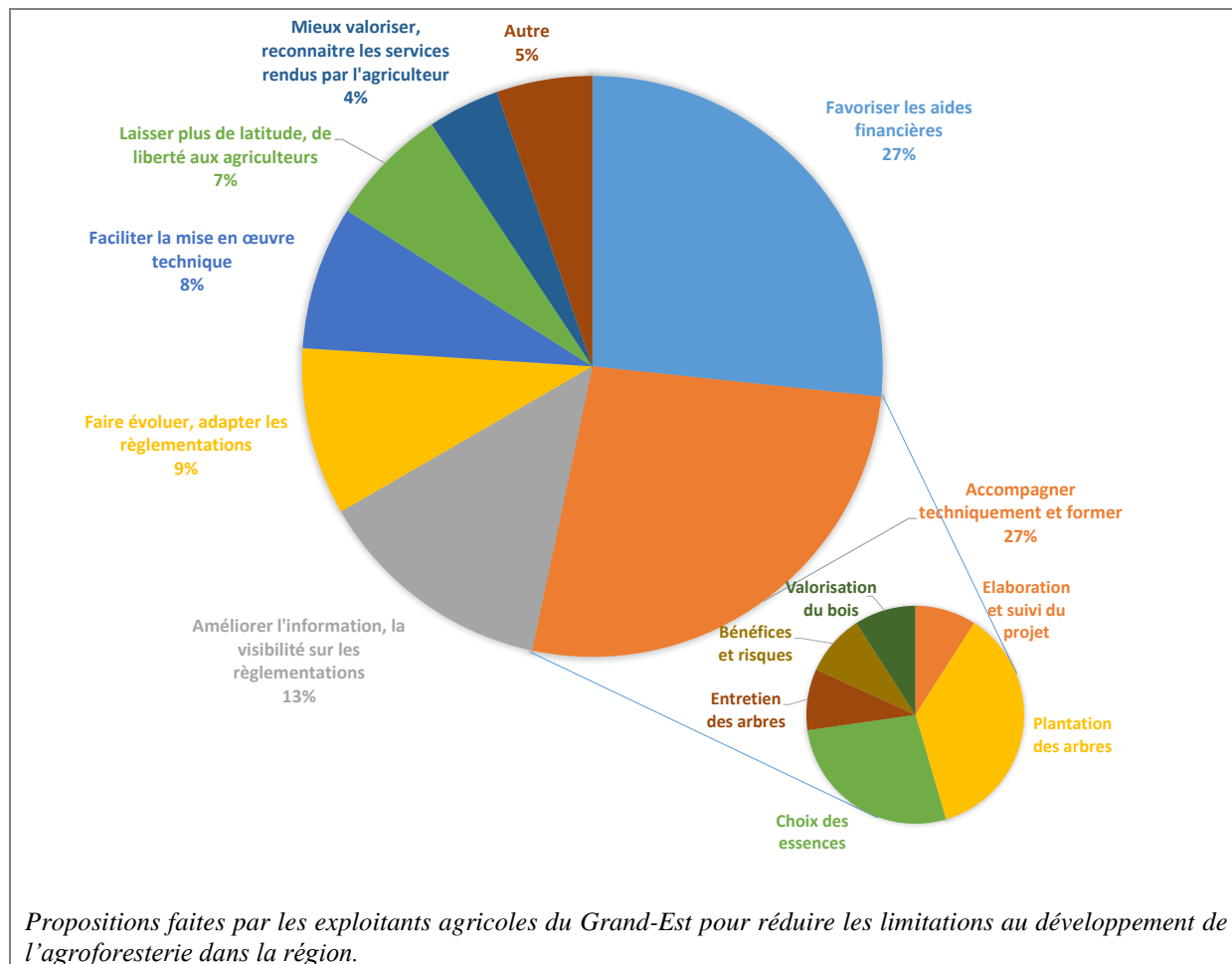
Les stocks de carbone des sols et leur fertilité sous l'influence de la texture des sols !

Bien que le stockage du carbone dans les sols ne soit pas corrélé à la présence de l'arbre, il semblerait que les stocks de carbone organique du sol des parcelles agroforestières du Grand-Est reflètent bien la fertilité des sites, influençant le taux de croissance des arbres. La texture des sols (sables et éléments grossiers) semble également jouer un rôle important. Les stocks de carbone mesurés sont aussi à relativiser en fonction de l'historique des sites, des travaux et pratiques agricoles réalisés sur la parcelle et de leurs éventuels effets « stockant » ou « déstockant » sur le carbone ainsi que de l'état initial des sols; les rapports C/argiles ont en effet montré que cet indicateur de la qualité de la structure des sols était dégradé sur la plupart des sites.

Motivations des exploitants et leviers pour le développement de l'agroforesterie

Des pistes pour mieux accompagner le développement de l'agroforesterie dans le Grand-Est !

Plus de 300 exploitants agricoles du Grand-Est ont répondu aux enquêtes à propos de leurs motivations et réserves pour l'agroforesterie intra-parcellaire. Le financement de la plantation reste un obstacle majeur au développement de ces pratiques au niveau régional, suivi par le manque d'accompagnement technique personnalisé à la plantation et au suivi des projets ainsi que sur les réglementations entourant l'installation d'une parcelle en agroforesterie. Les répondants ont fait des propositions parfois très créatives pour favoriser l'émergence de projet d'agroforesterie intra-parcellaire dans la région.

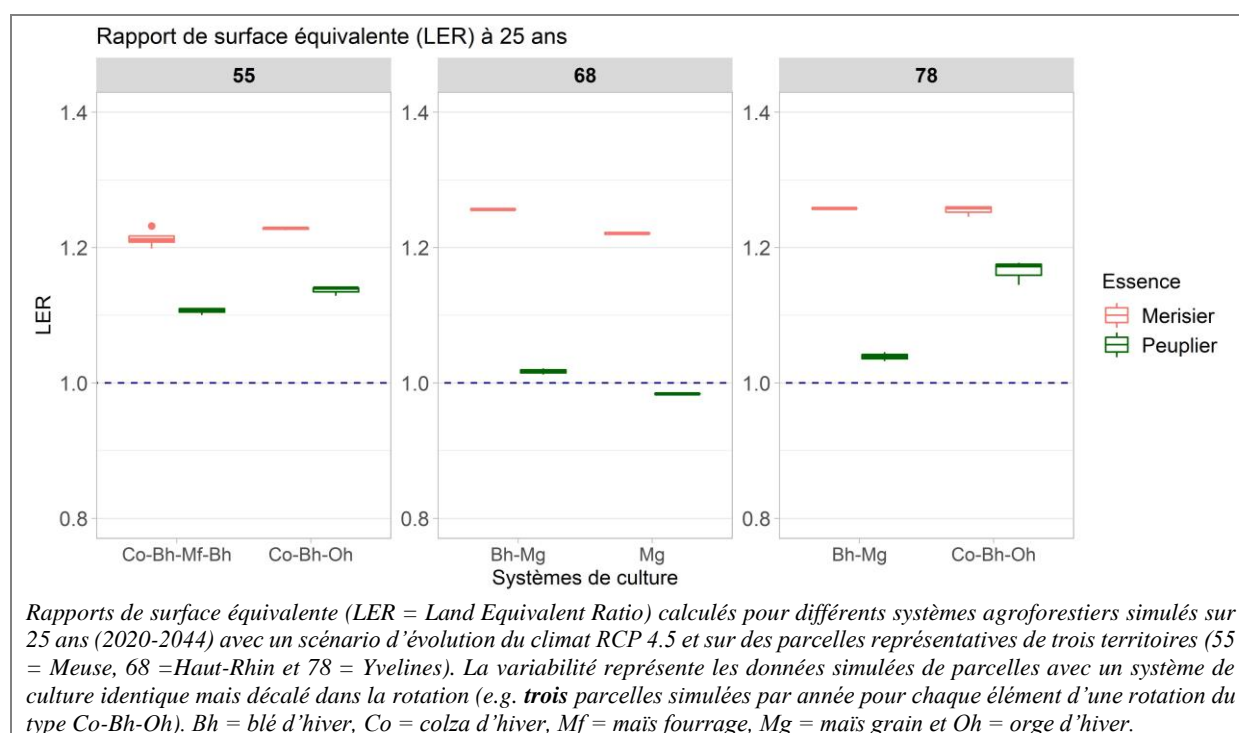


Scénarios de déploiement pour différents territoires du Grand-Est

Des simulations de surfaces équivalentes assolées (LER) dans la Région très encourageantes !

Pour la Meuse, le Haut-Rhin et les Yvelines (territoires pour lesquels les simulations ont été réalisées), le modèle prédit un LER* supérieur à 1 dans la majorité des situations, suggérant une production supérieure des plantes en association par rapport aux monocultures à surface équivalente. Pour tous les systèmes de cultures et territoires, les LER sont légèrement supérieurs pour les systèmes avec merisier (LER moyen de 1,24) par rapport au peuplier (LER moyen de 1,10). Des valeurs proches de 1 sont observées pour les systèmes agroforestiers en peuplier du territoire du Haut-Rhin (68). Comparativement aux merisiers, les peupliers associés ont une productivité relativement moindre par rapport aux arbres seuls dans ces prédictions faites par le modèle, impactant davantage cet élément du calcul du LER pour les systèmes en peuplier.

* LER = Land Equivalent Ratio ou surface équivalente assolée, correspondant à la somme des rendements/productions des espèces associées relativement à leurs monocultures respectives.



En résumé, environ 70 plantations en agroforesterie intra-parcellaire ont été recensées dans la région. En termes biophysiques, d'intéressants effets de l'introduction des arbres ont été observés en termes de rendements, de partage de la ressource en eau entre espèces, de stockage du carbone dans le sol, de fonctionnement organique de sols ou encore de flux de gaz à effet de serre, mais ces effets sont encore légers en raison de la relative jeunesse des plantations étudiées (la plus ancienne a une dizaine d'années). En termes socioéconomiques, plus de 300 agriculteurs ont répondu aux enquêtes menées dans le cadre du projet. Sans grande surprise, les principaux freins au développement de l'agroforesterie intra-parcellaire dans la région sont le manque d'accompagnement des projets des agriculteurs dans ce sens et l'insuffisance des aides financières ; ces deux aspects sont cependant pris en charge mais de façon assez hétérogène selon les départements. En outre, la plateforme de modélisation MAELIA a été paramétrée pour les systèmes agroforestiers. Des simulations ont été réalisées à l'échelle de territoires d'étude de la Région afin d'évaluer des scénarios de déploiement de l'agroforesterie dans la région et ils sont très encourageants. Les résultats obtenus sont en cours de diffusion auprès des acteurs sous la forme de modules de formation et de journées d'information.

Littérature citée :

- AFAC. 2021. https://afac-agroforesteries.fr/wp-content/uploads/2021/03/Contribution-concertation-PSN-PAC_Agroforesteries_mars2021.pdf
- Bamière, L., V. Bellassen, D. Angers, R. Cardinael, E. Ceschia, C. Chenu, J. Constantin, N. Delame, A. Diallo, A.-I. Graux, S. Houot, K. Klumpp, C. Launay, E. Letort, R. Martin, D. Mézière, C. Mosnier, O. Réchauchère, M. Schiavo, O. Théron, S. Pellerin. 2023. A marginal abatement cost curve for climate change mitigation by additional carbon storage in French agricultural land. *Journal of Cleaner Production*. 383.
- Cardinael R, V. Umulisa, A. Toudert, A. Olivier, L. Bockel and M. Bernoux. 2018. Revisiting IPCC Tier 1 coefficients for soil organic and biomass carbon storage in agroforestry systems. *Environmental Research Letters* 13: 124020.
- Dupraz, C., and F. Liagre. 2008. *Agroforesterie: des arbres et des cultures*. Editions France Agricole.
- Kim, D.-G., M. U. F. Kirschbaum, and T. L. Beedy. 2016. Carbon sequestration and net emissions of CH₄ and N₂O under agroforestry: Synthesizing available data and suggestions for future studies. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 226:65-78.
- Lorenz, K., and R. Lal. 2014. Soil organic carbon sequestration in agroforestry systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 34:443-454.
- Luedeling, E., R. Kindt, N. I. Huth, and K. Koenig. 2014. Agroforestry systems in a changing climate - challenges in projecting future performance. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 6:1-7.
- Nair, P. K. R., B. M. Kumar, and V. D. Nair. 2009. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science-Zeitschrift Fur Pflanzenernahrung Und Bodenkunde* 172:10-23.
- Nair, P. K. R., V. D. Nair, B. M. Kumar, and J. M. Showalter. 2010. Carbon sequestration in agroforestry systems. Pages 237-307 in D. L. Sparks, editor. *Advances in Agronomy*, Vol 108.
- Pellerin et al. 2019. Stocker du carbone dans les sols français. Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour mille et quel coût ? Synthèse du rapport d'étude INRA, 114 p.
- Smith, J., B. D. Pearce, and M. S. Wolfe. 2012. A European perspective for developing modern multifunctional agroforestry systems for sustainable intensification. *Renewable Agriculture and Food Systems* 27:323-332.
- Verchot, L. V., M. Van Noordwijk, S. Kandji, T. Tomich, C. Ong, A. Albrecht, J. Mackensen, C. Bantilan, K. V. Anupama, and C. Palm. 2007. Climate change: linking adaptation and mitigation through agroforestry. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12:901-918.

L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique -, nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, économie circulaire, alimentation, mobilité, qualité de l'air, adaptation au changement climatique, sols... - nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

LES COLLECTIONS DE L'ADEME



FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.



Projet PotA-GE : Potentialités de l'agroforesterie dans le Grand-Est

Le projet PotA-GE a permis d'évaluer le potentiel de l'agroforesterie intra-parcellaire en région Grand-Est en se basant sur un état des lieux de l'existant et sur la documentation d'indicateurs de performances aussi variés que les rendements, les services environnementaux potentiellement rendus par ces systèmes, leur impact sur le fonctionnement et la fertilité des sols, le partage des ressources, les motivations et leviers pour ces pratiques, etc.

Malgré des effets prometteurs de l'introduction de l'arbre en milieu agricole, par exemple sur le partage de la ressource en eau, la jeunesse des plantations régionales a pour conséquence une faible influence de l'arbre sur des processus dont la mise en place peut être longue, comme le stockage du carbone dans les sols ou les flux de gaz à effet de serre.

Le projet a également permis d'adapter la plateforme MAELIA (<http://maelia-platform.inra.fr/>) pour simuler des systèmes agroforestiers intra-parcellaires.

L'essentiel à retenir

- L'agroforesterie intra-parcellaire est en train de se développer spectaculairement dans le Grand-Est.
- Le potentiel de ces plantations reste pourtant modéré en raison de la jeunesse des arbres agroforestiers dans la région (moins de 10 ans) mais les tendances, que ce soit en termes biophysiques et socio-économiques sont encourageantes.

