

> C-DIVERS

Métaprogramme BIOSEFAIR

Bilan de projet : 2024 - 2026

Janvier 2026

La transition vers des systèmes agricoles durables et résilients, alliant conservation de la biodiversité et amélioration des services écosystémiques, est nécessaire. Les systèmes de culture diversifiés et à faibles niveaux d'intrants (i.e. conçus avec un niveau élevé de diversité cultivée et pour utiliser peu de pesticides et de fertilisants azotés) et les haies sont identifiés comme des moyens potentiels pour opérer la transition vers de tels systèmes, mais des lacunes importantes demeurent concernant leur contribution respective à promouvoir la multifonctionnalité des agroécosystèmes. Les échelles spatiales - parcelle ou paysage - auxquelles les effets des systèmes de culture diversifiés et à faibles niveaux d'intrants et les haies opèrent, ainsi que les facteurs freinant ou facilitant leur mobilisation par les agriculteurs sont également insuffisamment renseignés à ce jour. L'objectif du projet C-DIVERS était d'explorer, dans des exploitations de polyculture-élevage, en Bretagne, (i) les effets de la diversité cultivée, de l'usage des intrants (pesticides et fertilisants azotés) et des haies, aux échelles de la parcelle et du paysage, sur la multifonctionnalité des agroécosystèmes, et (ii) les freins et leviers à la mise en œuvre de systèmes de culture diversifiés et à faibles niveaux d'intrants et des haies au sein de l'exploitation. Nos hypothèses initiales étaient que (i) les systèmes de culture avec rotations diversifiées et faibles niveaux d'intrants, avec des haies en bordure de parcelles, ainsi qu'un contexte paysager hétérogène (diversité cultivée et densité de haies élevées) et à faible usage de pesticides (surfaces importantes en agriculture biologique) favorisent une multifonctionnalité élevée, (ii) les freins et leviers à la diversification végétale (i.e. la mise en œuvre de rotations diversifiées, l'implantation ou le maintien des haies) diffèrent selon l'échelle de temps considérée et selon les déterminants socioéconomiques et techniques à l'origine de ces freins et leviers : en particulier, les déterminants externes à l'exploitation (e.g. les politiques publiques, la structuration des filières) ont plus d'influence, à long terme, sur les freins et leviers à la diversification végétale que les

déterminants internes, et (iii) le coût d'opportunité (i.e. une manière d'évaluer les freins et leviers économiques de la diversification végétale) est, à long terme, défavorable aux haies du fait d'un coût d'entretien trop élevé.

Pour tester ces trois hypothèses, nous avons articulé (i) une évaluation des performances environnementales (sept fonctions), agronomiques (une fonction) et socioéconomiques (deux fonctions) sous-jacentes à la multifonctionnalité de parcelles de céréales d'hiver présentant des niveaux de diversité de culture en rotation et contextes paysagers contrastés, (ii) des enquêtes complètes, s'appuyant sur les résultats d'une étude prospective externe préalable au projet C-DIVERS, pour identifier les déterminants socioéconomiques et techniques agissant comme freins et leviers à l'adoption de systèmes de culture diversifiés et à l'adoption ou au maintien des haies à court et long terme, et (iii) un calcul économique des coûts d'opportunité à long terme de l'implantation ou du maintien des haies dans une exploitation, selon différents projets de valorisation de celles-ci (il n'a pas été possible de faire ce calcul pour la mise en œuvre de systèmes de culture diversifiés).

Nos résultats montrent que la diversité des cultures et les haies, que ce soit à l'échelle locale ou paysagère, ne permettent pas de favoriser l'ensemble des performances attendues pour le développement de d'agroécosystèmes multifonctionnels. Ils soulignent toutefois que la présence d'une haie en bordure de parcelle favorise certaines performances, écologique (pollinisation) ou agronomique (production agricole). Par ailleurs, la réduction de l'usage des pesticides localement ressort comme un levier d'intérêt pour la conservation de la biodiversité. Cependant, la diversité des cultures au sein des mosaïques paysagères semble réduire la fonction de régulation des bioagresseurs de cultures, possiblement en lien avec des effets dilution.

Concernant les déterminants socioéconomiques et techniques, nos résultats montrent qu'à court terme, les caractéristiques de l'agriculteur (e.g. les normes auxquelles il est soumis, les risques perçus) sont décisives pour la diversification végétale, tout comme les coûts et bénéfices marchands et la gestion agronomique. A cela s'ajoutent des déterminants externes à l'exploitation comme les politiques publiques et la structuration des filières (mais pas les technologies accessibles ou le comportement des consommateurs pourtant souvent mentionnés dans la littérature). Sur le long terme (quinze ans), nos résultats montrent que les déterminants liés à la gestion agronomique l'emportent devant les risques perçus et les coûts et bénéfices marchands : la diversification végétale devient un levier pour la gestion des bioagresseurs, le moindre recours aux intrants chimiques et l'alimentation des animaux d'élevage. Cependant, le calcul des coûts d'opportunité sur 25 ans relatifs aux haies montre qu'aucun projet ne permet de compenser la perte de surface en production convertie en haies, même si la gestion d'emprise avec l'adhésion à la MAEC « Biodiversité » du second pilier de la PAC paraît la plus avantageuse quant aux retours sur investissement et au coût d'opportunité.

Résultats détaillés

Evaluation des effets des systèmes de culture diversifiés à faibles niveaux d'intrants et des haies, à différentes échelles, sur la multifonctionnalité des agroécosystèmes

Pour répondre à cet objectif, nous avons mené en 2024 une évaluation de la multifonctionnalité de 24 parcelles de céréales d'hiver dans la Zone Atelier Armorique, présentant des rotations plus ou moins diversifiées et des contextes paysagers variables en termes de quantité de haies. Des relevés de terrain et des enquêtes auprès des agriculteurs gérant ces parcelles ont permis de produire une base de données comprenant 23 indices utilisés pour produire des indicateurs de dix fonctions (sept fonctions environnementales, une fonction agronomique et deux fonctions socio-économiques) et un indice moyen de multifonctionnalité (Tableau 1). Nous avons eu l'opportunité de collaborer avec C. Mony, écologue à l'UMR ECOBIO, ce qui a permis d'intégrer des indices liés à la diversité microbienne dans notre étude, en plus de ce qui était prévu initialement.

Tableau 1 : Liste des indices et indicateurs de fonctions utilisés pour caractériser les performances environnementales, agronomiques et socioéconomiques des systèmes de culture.

Performances	Indicateur de fonction	Indice
Environnementales	Cycle des nutriments	pH
		Ratio carbone/azote (C/N)
		Biomasse microbienne (mg/kg)
		Minéralisation du carbone (mg/kg), minéralisation de l'azote (mg/kg)
	Stockage du carbone	Teneur en carbone dans le sol (%)
	Contrôle de l'érosion	Teneur en agrégats stables à l'eau (%)
	Régulation des bioagresseurs de culture	Activité-densité des carabes, araignées, staphylin
		Abondance des syrphes aphidiphages
		Recouvrement en adventices (%)
		Abondance des insectes pollinisateurs
Pollinisation	Richesse spécifique des adventices, carabes, araignées	
	Richesse taxonomique en bactéries et champignons	
	Richesse en morpho-groupes de pollinisateurs	
Conservation de la biodiversité		
Agronomiques	Production agricole	Rendement des grains (t/ha)
		Teneur en protéine des grains (%)
socio-économiques	Revenu des agriculteurs	Marge semi-nette (€)
	Travail	Temps de travail cumulé (h/ha)

En parallèle de la production de cette base de données, nous avons renseigné les itinéraires techniques réalisés sur les parcelles suivies ainsi que caractérisé le contexte paysager des parcelles dans un rayon de 1000 m.

Effets de la diversité des cultures dans les rotations et des niveaux d'intrants utilisés

Nos résultats montrent que les valeurs de multifonctionnalité et des fonctions ne varient pas en fonction de la diversité des cultures dans les rotations, malgré une tendance à des niveaux de multifonctionnalité plus élevés dans les systèmes avec rotations très diversifiées. Les niveaux d'intrants n'ont pas d'effet sur l'indice de multifonctionnalité, mais ils impactent les fonctions de pollinisation (plus élevée en cas d'apports azotés minéraux et organiques importants) et de conservation de la biodiversité (réduite en cas d'IFT¹ (herbicides et fongicides) élevé). Les effets limités des types de rotations testés et des quantités d'intrants pourraient être liés à une variabilité trop faible de ces pratiques au sein de l'échantillon de parcelles considérés dans notre étude.

Effets de la présence de haies en bordure des parcelles

Nos résultats montrent que la présence d'une haie en bordure de parcelle n'a pas d'effet sur l'indice de multifonctionnalité et qu'elle influence globalement peu les fonctions étudiées. Elle se traduit toutefois par des niveaux plus élevés de pollinisation, en particulier à proximité immédiate de la haie (+23%), possiblement en lien avec les ressources florales fournies par la haie à ces insectes. La fonction de production agricole est également plus élevée (+10%) en présence d'une haie, suggérant un effet brise-vent. Concernant les autres fonctions étudiées, l'absence d'effet pourrait être liée à la variabilité de la composition végétale et de la structure des haies étudiées, caractéristiques qu'il n'a pas été possible de contrôler lors de la construction de l'échantillon.

Effets de l'hétérogénéité du paysage

Aucune des métriques paysagères testées n'a d'effet significatif sur l'indice de multifonctionnalité. Cependant, des effets de la composition du paysage ont été constatés pour certaines fonctions. De façon surprenante, la fonction de cycle des nutriments est plus élevée dans les paysages avec de grandes quantités d'habitats semi-naturels. La diversité des cultures dans le paysage a des effets négatifs sur la régulation des bioagresseurs de cultures). Des analyses complémentaires, testant les effets paysagers sur les indices composant chaque fonction, sont nécessaires pour pouvoir comprendre ces effets. Enfin, nous n'avons pas constaté d'effet de la quantité de haies et des surfaces en agriculture biologique sur les fonctions étudiées.

Freins et leviers à la diversification végétale, à court et long termes

¹ Indice de Fréquence de Traitement

Pour explorer les freins et leviers à la diversification végétale, nous avons conduit des entretiens semi-directifs auprès de 11 agriculteurs (dont les productions majoritaires se répartissent comme suit : deux bovins lait & grandes cultures, un bovin viande, trois bovins mixte et grandes cultures, un porcin et grandes cultures, quatre grandes cultures) afin d'identifier les déterminants socioéconomiques et techniques, internes et externes à l'exploitation, de court et long termes, agissant comme freins et leviers à la diversification végétale. En plus de questions habituelles pour ce type d'entretien et afin de travailler particulièrement sur les perspectives de long terme, trois scénarios hypothétiques basés sur l'étude « *Agricultures bretonnes en 2040* » (Chambres d'agriculture de Bretagne 2020) ont été proposés aux répondants pour y projeter l'avenir de la diversification végétale (les scénarios étaient nommés : Tendanciel, Bas Carbone, Territorialisation). Des calculs de coûts et bénéfices marchands de la haie, sur 25 ans, au sein d'une exploitation de polyculture-élevage, ont été également réalisés selon différentes hypothèses d'implantation / entretien / exploitation de la haie, ceci pour évaluer le coût d'opportunité de la haie à long terme (Figure 1).

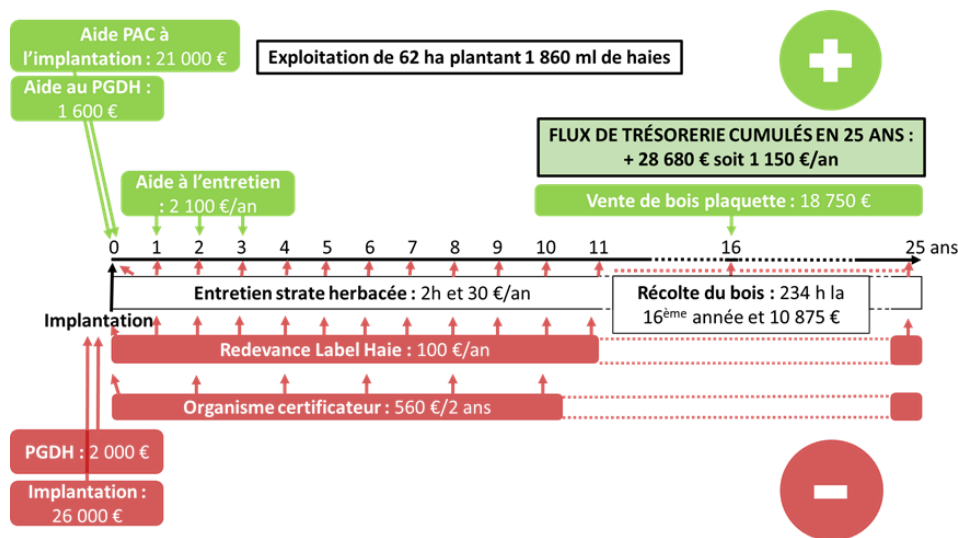


Figure 1. Exemple d'évaluation des coûts et bénéfices marchands de la haie sur 25 ans, dans le cas d'une valorisation sous forme de bois plaquette.

Les entretiens ont montré que la majorité des freins et leviers perçus à court terme sont internes à l'exploitation (en particulier, en lien avec les normes et les risques perçus mais aussi les coûts et bénéfices marchands et la gestion agronomique). Il ne ressort pas de scénario particulièrement favorable à la diversification végétale : le scénario *Bas Carbone* est cité 4 fois sur 11 et les deux autres scénarios, 3 fois chacun. A horizon 2040, la gestion agronomique est le déterminant le plus cité comme élément favorable à la diversification végétale (gestion des pathogènes, apport de nutriments, diminution de l'usage des intrants chimiques), malgré certaines limites (baisse des surfaces en cultures de vente, moindre valorisation en alimentation animale). Les services écosystémiques sont systématiquement vus comme des leviers à long terme (i.e. stockage de carbone, filtration et stockage d'eau, protection des animaux et des cultures, limitation de l'érosion, préservation de la biodiversité). Les contraintes liées à l'entretien et à la valorisation du bois, la réticence à inscrire la haie dans un projet territorial et non dans un projet privé, peuvent également faire obstacle.

Les calculs de coûts d'opportunité montrent qu'avec les aides actuelles à l'investissement, les projets avec plantation sont plus rentables que les projets d'entretien de haies existantes sauf en cas de récolte et valorisation du bois (plaquettes). Par ailleurs, le coût d'opportunité de la haie par rapport au statu quo, sur 25 ans, est positif et élevé : > 85 000€ sur 25 ans, soit 3 500 € / an pour une surface correspondant à 6% de la SAU de 62 ha en polyculture élevage. Les coûts d'entretiens demeurent très élevés. Enfin, il apparaît que la MAEC Biodiversité est plus incitative que le seul bonus haie, si elle est maintenue sur 25 ans.

Conclusion

Nos résultats suggèrent, pour le contexte de notre étude, que les systèmes de culture avec des rotations diversifiées et à faibles niveaux d'intrants ne permettent pas de favoriser l'ensemble des performances attendues pour le développement de systèmes multifonctionnels. Ils soulignent toutefois que la réduction des IFT localement, le maintien d'une haie en bordure de parcelle, ou la diversification des cultures dans la mosaïque paysagère demeurent des leviers pour favoriser certaines performances des agroécosystèmes, écologiques ou agronomiques. Concernant les déterminants socioéconomiques et techniques, les facteurs internes (caractéristiques de l'agriculteur, coûts et bénéfices marchands, gestion agronomique) et externes (politiques publiques et structuration des filières) à l'exploitation sont des facteurs décisifs de l'adoption des pratiques de diversification végétale. Sur le long terme, les déterminants liés à la gestion agronomique l'emportent devant les risques perçus et les coûts et bénéfices marchands. Cependant, la perte de surface productive liée à l'implantation de haies sera difficile à compenser économiquement.

Perspectives scientifiques.

Plusieurs perspectives de recherche se dégagent à l'issue du projet :

L'évaluation de la multifonctionnalité des agrosystèmes a été réalisée en adoptant une approche par le calcul d'une valeur moyenne des niveaux d'indicateurs de fonctions. Cependant une telle approche ne permet pas de tenir compte des attentes potentielles des agriculteurs en termes de seuils d'expression de certaines fonctions (par exemple, seuils d'infestation par les bioagresseurs de culture en deçà desquels il n'est pas nécessaire de traiter). Nous souhaitons approfondir ce point en considérant des arbres de décisions, basés sur des dires d'experts, la littérature scientifique et les dires des agriculteurs.

Concernant les facteurs impactant la multifonctionnalité et les fonctions étudiées, nous souhaitons approfondir l'analyse des effets de la présence de haies en bordure de parcelles, en tenant compte de la variabilité liée à leur composition et structure végétales (fortement liées aux modalités de gestion par les agriculteurs). Cette question sera abordée en 2026 en mobilisant les données existantes concernant les caractéristiques des haies et leur biodiversité, relevées notamment pendant la campagne d'échantillonnage de 2024. Par ailleurs, nous souhaitons approfondir l'analyse des effets de la diversité cultivée, des niveaux d'usage d'intrants et des haies à différentes échelles non plus seulement au niveau des indicateurs de fonction, mais également au niveau des indices plus fins utilisés pour le calcul de ces indicateurs. En effet, l'agrégation des indices (par moyenne ou par somme) pour le calcul des indicateurs de fonctions pourrait masquer d'éventuelles réponses faisant plus de sens d'un point de vue écologique. Par exemple, certaines fonctions, telles que la conservation de la biodiversité, la pollinisation ou la régulation des bioagresseurs de culture, sont basées sur des données de biodiversité agrégeant des groupes d'espèces aux traits de vie contrastés (e.g. arthropodes prédateurs, micro-organismes du sol, plantes vasculaires) et des réponses potentiellement également contrastées aux pratiques agricoles et aux structures paysagères. Par ailleurs, les effets limités de la diversité cultivée et des haies constatés dans notre étude nous amène à nous interroger sur les limites inhérentes à l'évaluation de la multifonctionnalité sur la base d'une seule année d'observation. En effet, ces leviers sont susceptibles d'opérer sur des pas plus longs, et d'impacter la stabilité et la résilience des fonctions agro-écosystémiques plus que leur état à un instant t. Il conviendrait donc de reproduire notre étude à moyen et long terme.

Nous identifions également des perspectives de recherche concernant la question de l'organisation du travail et de la gestion des risques, qui ressortent comme des facteurs clés des décisions des agriculteurs, en particulier concernant les haies. D'une part, les facteurs socio-psychologiques, (normes personnelles et sociales et attitude par rapport au risque), sont des déterminants récurrents dans les entretiens. D'autre part, la diversification est plus citée comme un facteur d'accroissement que de diminution des risques. Également, les aspects liés au travail, à la gestion des pics, à la priorisation du travail auprès des animaux, aux risques humains (accident), sont des freins à la diversification mentionnés de façon récurrente. Enfin, le coût d'opportunité de la haie, calculé sur 25 ans, est positif et élevé dans tous les scénarios,

rappelant que la rémunération du travail liée à cette implantation, serait négative. Aussi, il nous semble que l'ensemble de ces aspects de la diversification végétale, constitue un enjeu de recherche à venir. De plus, en termes de risques, nos approches exploratoires n'intègrent pas les effets du changement climatique à long terme qui pourraient rebalancer l'intérêt en faveur des haies et de la diversification.