



EXPERTISE ET SYNTHÈSE



Puzzling Biodiversity

Pieces of experts advices for friendly practices ranking

Synthétiser l'expertise
pour identifier les pratiques
favorables à la biodiversité



Preuve de concept : application
aux socio-écosystèmes "Forêts
exploitées" et "Terres arables"



Sommaire

Note sur l'écriture	4
Note sur cette publication	4
Résumé exécutif	5
Introduction	6
Glossaire	8
Partie 1. La méthode Puzzling Biodiversity	10
1.1 Rappel des éléments conceptuels fondateurs de la méthode Puzzling biodiversity	10
1.2 Rappel des étapes de la méthode Puzzling Biodiversity	12
1.3 Hypothèse et postulats	14
1.4 Objectifs et critères de succès	14
1.5 Périmètre et déroulé	14
Partie 2. Résultats	16
2.1 La production des taxonomies	16
2.2 Mobilisation de l'expertise pour les évaluations des pratiques	19
2.3 L'évaluation des pratiques	25
2.4 Validation de la preuve de concept	29
Partie 3. Discussion et perspective	30
3.1 Retour sur l'hypothèse et les postulats de travail	30
3.2 Limites identifiées	31
3.3 Perspectives	32
Conclusion	33
Liste des acronymes	38
Annexes	34
Annexe A — Comités et contributeurs	34
Annexe B — Mobilisation des experts: canaux et calendrier	36
Annexe C — Méthode statistique	36
Annexe D — Taxonomies complètes (documents téléchargeables)	36

Note sur l'écriture

Conformément aux usages de la littérature scientifique francophone, le masculin générique est utilisé dans ce rapport pour désigner indifféremment les femmes et les hommes. Les formulations épiciques (« la communauté scientifique », « les personnes ayant évalué », etc.) sont privilégiées chaque fois qu'elles n'alourdissent pas la lecture.

Note sur cette publication

Ce rapport présente la preuve de concept de la méthode Puzzling Biodiversity, développée et appliquée par le consortium PRATIC Biodiversity. Elle s'est déroulée en 2024 et 2025. Pour plus d'informations sur la méthode, la lecture du *Synthétiser l'expertise pour identifier les pratiques favorables à la biodiversité*, est encouragée.

Résumé

Cette preuve de concept avait pour objectif de tester la capacité de la méthode scientifique Puzzling Biodiversity à produire un classement de référence des pratiques favorables à la biodiversité à partir d'un exercice de positionnement relatif réalisé par des experts.

L'expérimentation menée sur deux socio-écosystèmes — les forêts exploitées et les terres arables d'Europe occidentale tempérée — montre que la méthode permet d'obtenir des classements interprétables et statistiquement analysables. Les évaluations recueillies révèlent des tendances communes entre experts, avec des niveaux de consensus variables selon les pratiques.

Les analyses confirment que la diversité et le niveau d'expertise des participants constituent des facteurs clés de robustesse des résultats. Elles mettent également en évidence des situations de dissensus, qui ne constituent pas seulement des limites mais apportent une information utile sur les incertitudes et les connaissances sans doute non stabilisées au sein de la communauté d'experts consultés. Certains dissensus sont structurés : on peut caractériser la variation autour de certaines estimations selon des variables définissant les experts.

Ces résultats valident le principe de la méthode Puzzling Biodiversity et montrent son potentiel comme outil complémentaire aux approches existantes d'évaluation des gains de biodiversité. Ils identifient également les principaux axes d'amélioration nécessaires avant son extension à d'autres socio-écosystèmes — notamment la qualité de la rédaction des taxonomies, la condition de comparabilité des pratiques, la longueur de l'exercice.

Introduction

L'érosion de la biodiversité s'accompagne d'un besoin croissant d'outils permettant de comparer les effets des pratiques de gestion et d'orienter les décisions des gestionnaires, des entreprises et des pouvoirs publics. Si les mesures de terrain et les modèles écologiques demeurent indispensables, ils sont souvent coûteux à produire, difficiles à généraliser ou dépendants de jeux de données incomplets. Dans ce contexte, les méthodes fondées sur le dire d'experts se développent comme une approche complémentaire pour synthétiser les connaissances disponibles et rendre explicites les consensus et incertitudes. La communauté scientifique étudiant ces questions dispose d'une connaissance intuitive et tacite des effets des pratiques sur la biodiversité. C'est cette connaissance qu'une approche à dire d'experts cherche à objectiver. C'est dans cette perspective qu'a été développée la méthode scientifique **Puzzling Biodiversity**, volet du programme **PRATIC Biodiversity**. Porté par un consortium réunissant le Muséum national d'Histoire naturelle, Carbone 4 et la Fondation pour la recherche sur la biodiversité, le projet propose une approche originale fondée sur trois principes : décrire les pratiques favorables à la biodiversité au sein de taxonomies standardisées, recueillir les évaluations indépendantes d'un large panel d'experts scientifiques et analyser statistiquement leurs convergences afin de construire un classement de référence des pratiques.

La preuve de concept conduite entre 2024 et 2025 avait pour objectif de répondre à la question de recherche suivante :

Est-il possible d'établir, à dire d'experts, un classement de référence consensuel des pratiques et de leurs niveaux de mise en œuvre à partir d'un exercice de positionnement relatif selon leurs capacités à engendrer un gain de biodiversité ?

Elle reposait sur l'hypothèse que le consensus entre experts peut être objectivé statistiquement à partir de leurs évaluations individuelles. Si cette hypothèse est vérifiée, le classement obtenu gagne en précision avec le nombre de participants, en robustesse avec la diversité des expertises mobilisées et en fiabilité avec le niveau d'expertise des répondants.

Ce document présente les résultats de cette première expérimentation. Il est conçu pour pouvoir être lu indépendamment de la publication « La méthode : concepts et protocole », dont il est complémentaire. Après un rappel du déroulement de la preuve de concept, il présente les résultats de la campagne d'évaluation, leur analyse statistique et les principaux enseignements tirés pour la poursuite du programme.





Glossaire

Ce glossaire fixe le vocabulaire utilisé dans l'ensemble du rapport. Les termes définis ici sont employés avec la même acception tout au long du document.

La lecture des termes de ce glossaire en amont de la consultation du rapport est encouragée; elle facilite la compréhension des éléments conceptuels de Puzzling Biodiversity.

Biodiversité

Désigne, dans ce rapport, l'ensemble du «tissu vivant planétaire » (Robert Barbault, 2010), à tous niveaux d'organisation (du gène au paysage) et selon toutes ses dimensions (composition, structure, fonction, évolution). Cette définition large est délibérée: elle permet de poser la même question aux experts évaluateurs quelle que soit leur connaissance de la biodiversité issue de leur champ propre.

Classement de preuve de concept

Résultat issu de la présente preuve de concept. Il a la même structure qu'un classement de référence, mais n'en a pas le statut compte tenu de l'échantillon limité d'experts mobilisés. Il fournit néanmoins une indication exploitable et démontre la robustesse statistique du protocole.

Classement de référence

Résultat-cible de la méthode: pour un socio-écosystème donné, ordonnancement consensuel des pratiques et de leurs niveaux selon le gain de biodiversité attendu, établi à partir d'une consultation suffisamment large d'experts scientifiques, permettant d'établir la robustesse statistique du consensus. C'est ce classement que la méthode vise à produire.

Consensus

Convergence des évaluations entre experts indépendants. Sa robustesse est appréciée par des indicateurs statistiques détaillés en annexe (concordance des valeurs, concordance des rangs, structure des dissensus).



Experts praticiens

Personnes mobilisées pour la rédaction des taxonomies. Praticiens du socio-écosystème considéré: gestionnaires, exploitants, conseillers techniques. Leur expertise est issue du terrain. Ils savent ce qu'il est faisable de mettre en place.

Experts scientifiques

Personnes mobilisées pour classer les pratiques et les niveaux selon leur gain de biodiversité attendu. Chercheurs et professionnels hors recherche, dont l'activité s'exerce dans le champ de l'écologie scientifique au sens large.

Gain de biodiversité attendu

Amélioration de l'état de la biodiversité associée au passage du niveau 0 à un niveau donné d'une pratique, telle qu'estimée par les experts évaluateurs. Il s'agit d'une espérance, évaluée pour des conditions moyennes du socio-écosystème, exprimée dans une échelle indexée sur le gain attendu de la pratique évaluée comme la plus efficace.

Niveau

Degré de réalisation d'une pratique, ordonné par ambition croissante en faveur de la biodiversité. Chaque pratique est décrite en trois à cinq niveaux, du niveau 0 (absence d'effort : minimum légal, gestion conventionnelle, ou absence de l'élément écologique considéré) au niveau maximum (réalisation la plus ambitieuse compatible avec la fonction sociale du socio-écosystème considéré).

Pratique favorable à la biodiversité (ou « pratique »)

Action de gestion, d'exploitation ou d'aménagement, déployée délibérément par un praticien dans un socio-écosystème donné et dont la mise en œuvre est censée améliorer l'état de la biodiversité. Exemple en forêts exploitées: maintenir des gros bois et très gros bois vivants. Exemple en terres arables: mettre en place et entretenir des bandes enherbées le long des champs cultivés.

Socio-écosystème

Système composé d'un écosystème (biodiversité) en interaction et en équilibre dynamique avec les usages humains qui lui sont associés (gestion, exploitation, aménagement). Le préfixe «socio-» rappelle que l'écosystème n'est pas considéré isolément, mais à travers les pratiques qui s'y déploient — lesquelles dépendent à la fois des conditions pédoclimatiques et de facteurs socio-économiques. Les deux socio-écosystèmes étudiés au cours de la preuve de concept sont les « Forêts exploitées » et les « Terres arables » d'Europe occidentale sous climat tempéré.

Taxonomie de pratiques

Liste structurée des pratiques favorables à la biodiversité applicables à un socio-écosystème donné, accompagnée de la description de leurs niveaux. Une taxonomie compte typiquement entre 15 et 20 pratiques.

Partie 1.

Déroulement de la preuve de concept

1.1 Rappel des éléments conceptuels fondateurs de la méthode Puzzling Biodiversity

La méthode repose sur trois éléments conceptuels fondateurs :

- Le recours à une approche indirecte d'évaluation des gains de biodiversité par les pratiques de gestion. Cette approche indirecte permet de s'affranchir du choix d'éléments spécifiques de la biodiversité pour la décrire et d'une notion de valeur de référence de l'état de la biodiversité. En outre, elle peut être aisément partagée avec les acteurs de terrain et, si nécessaire, révisée pour intégrer de nouvelles connaissances.
- Le choix d'une méthode coopérative, participative et transdisciplinaire qui permet de mobiliser et d'articuler un ensemble de connaissances complémentaires. Ce choix s'incarne d'abord dans une phase de concertation entre praticiens (élaboration de taxonomies), ensuite dans une phase d'évaluation par des experts scientifiques (évaluation de gain de biodiversité selon les pratiques).
- Le choix de la «pratique» comme unité d'évaluation — plutôt qu'une espèce, un compartiment de biodiversité ou un indicateur synthétique. Observable et vérifiable, elle constitue un objet commun de dialogue entre les différents acteurs de la biodiversité. Elle peut être associée à une valeur de gain de biodiversité et est comparable au sein d'un même socio-écosystème.

La méthode est ses éléments conceptuels sont détaillés dans la publication «La méthode: concepts et protocole».

1.2 Rappel des étapes de la méthode Puzzling Biodiversity

Pour un socio-écosystème donné, la méthode vise à produire un classement de référence de pratiques favorables à la biodiversité, assorti, pour chaque pratique, de niveaux de mise en œuvre et, pour chaque niveau, d'une estimation semi-quantitative du gain de biodiversité attendu. La production de ce classement se déroule en trois étapes principales.

1.2.1 Établir une taxonomie de pratiques

Cette étape permet de lister et décrire des pratiques et leurs niveaux de mise en œuvre. Un **groupe de praticiens représentatifs** des acteurs du socio-écosystème étudié — gestionnaires, exploitants, conseillers... — établit une liste des pratiques favorables à la biodiversité applicables au socio-écosystème, décrit pour chacune les niveaux de mise en œuvre, et soumet ce travail à la relecture d'un comité scientifique *ad hoc*. La taxonomie ainsi définie constitue le matériel évalué à l'étape suivante.

1.2.2 Recourir au dire d'experts scientifiques par la consultation en ligne

Cette étape repose sur la mobilisation de l'expertise scientifique la plus large possible afin d'accéder rapidement à des connaissances complémentaires : scientifiques et techniques, explicites et tacites, fondées sur des savoirs et des intuitions nourris par leurs parcours. Un ensemble **d'experts scientifiques, volontaires et bénévoles**, évalue la taxonomie à travers différentes actions, notamment : (i) en estimant pour chaque pratique les écarts de gain de biodiversité attendus suite à la mise en place des différentes actions décrites dans les niveaux de réalisations, (ii) en comparant les pratiques les unes par rapport aux autres selon le gain de biodiversité attendu. L'évaluation s'effectue individuellement, sur la plateforme en ligne dédiée Puzzling Biodiversity (voir le lien d'accès en Annexe D). La méthode n'est pas itérative : chaque expert répond indépendamment, sans connaître les réponses des autres ; ce sont les analyses statistiques a posteriori qui caractérisent le consensus et identifient les dissensus. Le fonctionnement du recueil se déroule en «campagne» et les experts peuvent répondre et modifier leurs réponses tout le long de la période.

1.2.3 Analyse statistique du consensus et/ou du dissensus

Cette étape permet d'identifier la convergence des évaluations, les valeurs sont issues des coordonnées des pratiques et leurs niveaux lors de l'exercice de positionnement. Il est possible d'identifier des lots de pratiques systématiquement mieux classés que d'autres, il est également possible d'identifier des profils d'experts associés à des patrons (ou patterns) de réponses. La méthode est **semi-quantitative** : l'exercice demandé aux experts est qualitatif — positionner des pratiques les unes par rapport aux autres — mais les résultats sont quantitatifs et s'expriment sur une échelle artificielle, étendue de 0 à 100. L'agrégation des évaluations, lorsqu'elle est consensuelle et produite par un nombre d'experts représentatif des communautés de la biodiversité, produit un classement de référence.



1.3 Question de recherche et postulats

La preuve de concept permet de répondre à la question de recherche explorée dans le volet Puzzling Biodiversity du programme scientifique PRATIC Biodiversity: **«Est-il possible d’établir, à dire d’experts, un classement de référence consensuel des pratiques et de leurs niveaux, qui soit issu d’un exercice de positionnement relatif en fonction de leurs impacts positifs pour la biodiversité, c’est à dire de leurs capacités à engendrer un gain de biodiversité?»**.

Pour répondre à cette question, la méthode repose sur une hypothèse et quatre postulats.

Postulats:

1 — La biodiversité est considérée dans son ensemble. La biodiversité dans son ensemble, tous niveaux d’organisation (du gène au paysage) et toutes dimensions (composition, structure, fonction, évolution) confondus est appréhendée comme le «tissu vivant de la planète» (Robert Barbault, 2010), sans la réduire à un sous-ensemble. Ce choix transfère aux experts la responsabilité d’intégrer, chacun à partir de son expérience et champ propres, la pluralité des dimensions de la biodiversité.

2 — Un projet peut être décomposé en pratiques et celles-ci en niveaux. Un projet ou une action de terrain en faveur de la biodiversité, déployé sur un espace délimité, peut être décrit comme un ensemble de pratiques; chaque pratique peut être décomposée en niveaux croissants de mise en œuvre – implementation – et de gains de biodiversité associés. Cette structuration rend possible l’évaluation comparative et le calcul de gains de biodiversité associés à la mise en place d’un projet. Le potentiel d’une pratique correspond à l’écart entre le niveau minimum, représentant une situation de référence sans effort particulier en faveur de la biodiversité, et le niveau maximum, correspondant au degré d’ambition élevé mais opérationnelle en matière d’amélioration de la biodiversité.

3 — Les pratiques sont indépendantes entre elles (approximation). Les pratiques sont considérées indépendantes les unes des autres: le gain de biodiversité d’un projet est approché par la somme des gains des pratiques qui le composent («parcours principal» de l’évaluation), sans tenir compte des potentiels effets synergiques ou antagonistes. Cette hypothèse d’additivité des effets des pratiques est volontairement simplificatrice. La méthode teste sa levée via une évaluation dédiée aux interactions entre pratiques («premier parcours complémentaire» de l’évaluation, présenté dans la publication «La méthode: concepts et protocole»).

4 — L’effet des pratiques est indépendant du contexte écologique (approximation). Le gain de biodiversité attendu d’une pratique est estimé pour un socio-écosystème étudié, sans tenir compte des caractéristiques fines du milieu (paysagères, pédologiques, géologiques, climatiques, etc.). Cette hypothèse, également simplificatrice, fait elle aussi l’objet d’un test via une évaluation dédiée («second parcours complémentaire» de l’évaluation, présenté dans la publication «La méthode: concepts et protocole»).

Les postulats 3 et 4 sont assumés comme première approximation pour rendre l’évaluation faisable, et la méthode est conçue pour pouvoir les lever progressivement grâce aux parcours complémentaires de l’évaluation des pratiques.

Les postulats sont repris point par point en discussion (voir Partie 3).

1.4 Objectifs et critères de succès

La preuve de concept avait pour objectif de tester la faisabilité de la méthode Puzzling Biodiversity dans des conditions réelles. Elle visait à éprouver l’ensemble de la chaîne méthodologique, depuis la rédaction des taxonomies jusqu’à l’analyse statistique des évaluations, et à vérifier la capacité de la méthode à produire un classement consensuel de pratiques favorables à la biodiversité. Elle s’est appliquée à deux socio-écosystèmes: les «Forêts exploitées» et les «Terres arables», tous deux pris dans le contexte de l’Europe occidentale sous climat tempéré.

Six critères ont guidé l’évaluation du succès de la preuve de concept:

- Est-il possible de constituer une taxonomie de pratiques opérationnelle pour un socio-écosystème donné?
- Le protocole d’évaluation par positionnement relatif des pratiques et de leurs niveaux est-il intelligible pour les experts et techniquement réalisable sur une plateforme?
- La communauté d’experts manifeste-t-elle un intérêt pour la méthode et accepte-t-elle d’y participer?
- Les experts inscrits parviennent-ils à finaliser leur parcours?
- Les évaluations recueillies présentent-elles des signaux statistiquement robustes de consensus ?
- Les résultats produits intéressent-ils le public cible et peuvent-ils être mobilisés comme outil d’aide à la décision?

Ces critères sont repris point par point en discussion (voir Partie 3).

1.5. Périmètre et déroulé

Choix des socio-écosystèmes

Le choix des deux socio-écosystèmes «Forêts exploitées» et les «Terres arables» en contexte d’Europe occidentale sous climat tempéré répondait à trois considérations: (i) l’emprise spatiale de ces socio-écosystèmes en Europe et l’enjeu associé à une amélioration des pratiques à grande échelle; (ii) la qualité de la connaissance disponible et la diversité des référentiels existants; (iii) la familiarité du consortium avec ces sujets, utile en phase de test.

Développement de la plateforme

En parallèle, l’unité de service MOSAIC (Muséum national d’Histoire naturelle – Sorbonne Université) a développé la plateforme web Puzzling Biodiversity. Des phases de test ont permis d’améliorer l’ergonomie, les consignes et le parcours d’évaluation avant l’ouverture de la campagne afin de faciliter et d’encourager la participation des experts.

Campagne d’évaluation

La campagne de consultation s’est déroulée du **19 mai au 7 juillet 2025**. Les experts ont été mobilisés par une campagne de communication nationale et européenne conduite par le consortium. Les évaluations ont été réalisées intégralement en ligne, sur la plateforme Puzzling Biodiversity.

À l’issue de la campagne, les données ont été contrôlées, les participations ne répondant pas aux critères de qualité ont été écartées, puis les analyses statistiques ont été réalisées afin d’établir les premiers classements expérimentaux.

Les parties suivantes présentent successivement les résultats de la mobilisation des experts, la qualité des participations recueillies, les classements obtenus pour les deux socio-écosystèmes et les analyses statistiques permettant d’évaluer le niveau de consensus entre les experts. Ils se concluent par un bilan de la preuve de concept et les principaux enseignements pour la poursuite du programme PRATIC.

Partie 2.

Résultats

2.1 La production des taxonomies

La rédaction des taxonomies a été confiée à un partenaire extérieur au consortium, l'*Organization for Biodiversity Certificates* (OBC), en s'appuyant sur des groupes de travail réunissant gestionnaires et exploitants de chaque socio-écosystème. Cette rédaction s'est déroulée en parallèle du développement du protocole d'évaluation : cela a rendu difficile l'adaptation de la rédaction des pratiques aux exigences méthodologiques encore en cours de définition. Les travaux se sont inspirés, avec l'accord de leurs auteurs, du principe de structuration en niveaux d'ambition croissants développé dans l'outil AgriBest (CDC-Biodiversité — La Coopérative Agricole de l'Ouest), adapté ici pour construire un référentiel d'évaluation et non un outil d'auto-diagnostic.

Les deux taxonomies produites — 16 pratiques pour les Forêts exploitées, 17 pour les Terres arables — ont été relues par un comité scientifique *ad hoc* puis

publiées en *open access*. Si leur niveau de précision est jugé satisfaisant, leur rédaction reste hétérogène d'une pratique à l'autre : cela a complexifié la comparaison par les experts lors de l'évaluation.

La composition détaillée des comités et des experts est présentée en Annexe A.

2.1.1 Taxonomie « Forêts exploitées »

La taxonomie compte 16 pratiques, abordant la gestion de la biodiversité forestière (bois mort, gros bois vivants, dendromicrohabitats, milieux ouverts, lisières, ripisylves, zones humides, mares, îlots de libre évolution) et la sylviculture (diversification et adaptation des essences, équilibre sylvo-cynégétique, régénération naturelle, limitation de l'impact des engins forestiers, protection des sols).

	Pratiques
P1	Maintenir des gros bois (GB) et des très gros bois (TGB) vivants
P2	Maintenir et diversifier le bois mort au sol et sur pied de grosse dimension
P3	Maintenir l'équilibre sylvo-cynégétique
P4	Diversifier les essences (plantation et reprise en gestion)
P5	Adapter les essences au contexte local et climatique en favorisant les essences autochtones
P6	Augmenter le nombre de strates (reprise en gestion)
P7	Protéger la biodiversité et la fertilité des sols forestiers
P8	Promouvoir et conserver la fonctionnalité des lisières forestières
P9	Préserver ou créer des milieux ouverts
P10	Maintenir et favoriser les dendromicrohabitats
P11	Créer des îlots de libre évolution
P12	Préserver les zones humides
P13	Préserver la fonctionnalité du réseau de mares
P14	Favoriser la régénération naturelle
P15	Préserver et restaurer la composition et les fonctions des ripisylves
P16	Limiter l'impact des engins forestiers

TABLE 2 — PRATIQUES DE LA TAXONOMIE « FORÊTS EXPLOITÉES ».

La taxonomie est accompagnée d'une liste de sept prérequis (pratiques rédhibitoires ou conditions obligatoires) dont la mise en œuvre est jugée nécessaire en amont du déploiement des pratiques à l'échelle de la parcelle ou de l'exploitation pour obtenir un gain de biodiversité en cohérence avec les attendus de chaque niveau de mise en œuvre des pratiques.

Lorsque nécessaire, la pratique est accompagnée d'une information précisant les définitions de termes (par ex. « espèces de Peupliers considérées comme indigènes ») ; des seuils de mesure pour les indicateurs quantitatifs (par ex. « circonférence ou diamètre pour les bois mort et vivant »).

2.1.2 Taxonomie « Terres arables »

La taxonomie compte 17 pratiques, pertinentes pour la gestion de la biodiversité (arbres isolés, haies, mares, prairies permanentes et temporaires, bandes tampons, bordures de champs), l'organisation de la culture (diversification spatiale, réduction des surfaces parcellaires, agroforesterie intra-parcellaire) et la réduction des pressions (travail du sol, drainage, herbicides, insecticides, fongicides, fertilisation).

Le détail des niveaux figure en Annexe D.

	Pratiques
P1	Gestion des éléments écologiques remarquables dans la SAU
P2	Mares et plans d'eau
P3	Bandes tampons en bord de cours d'eau
P4	Prairies permanentes (plus de 5 ans)
P5	Prairies temporaires
P6	Bordures de champs
P7	Haie bocagère
P8	Agroforesterie intraparcellaire
P9	Réduire les pressions exercées par le travail du sol
P10	Réduire l'impact sur la faune des travaux et de la récolte
P11	Diversification spatiale des cultures
P12	Réduction de la surface des parcelles (prairies exclues)
P13	Diminution du drainage
P14	Réduire l'utilisation des herbicides de synthèse
P15	Réduire l'utilisation des insecticides de synthèse
P16	Réduire l'utilisation des fongicides de synthèse
P17	Fertilisation

TABLE 3 — PRATIQUES DE LA TAXONOMIE « TERRES ARABLES ».

À la différence de la taxonomie des pratiques forestières, la taxonomie des pratiques agricoles ne présente pas de prérequis à mettre en œuvre, en amont du déploiement des pratiques à l'échelle de la parcelle ou de l'exploitation, pour garantir l'atteinte du gain de biodiversité attendu.

Lorsque nécessaire, la pratique est accompagnée d'une information précisant la nature des indices utilisés ; des seuils surfaciques ; des précisions sur l'Indicateur de Fréquence de Traitements phytosanitaires (IFT) et la nature des traitements proscrits.

La rédaction de cette taxonomie a bénéficié des travaux antérieurs réalisés pour l'outil AgriBest (CDC-Biodiversité — La Coopérative Agricole de l'Ouest) qui porte sur la biodiversité agricole.

L'élaboration de cette taxonomie a nécessité davantage de médiation que celle relative aux « forêts exploitées » en raison de la plus grande diversité des types d'exploitations agricoles et de la difficulté d'articuler des évolutions de pratiques avec les enjeux de rendement et de revenu.

2.2 Mobilisation de l'expertise pour les évaluations des pratiques

La mobilisation de l'expertise pour les deux socio-écosystèmes «Forêts exploitées» et «Terres arables» d'Europe occidentale sous climat tempéré a été réalisée simultanément. Son objectif principal était de diffuser largement l'appel à consultation, à l'échelle nationale et européenne, afin de recruter, en six semaines, le plus grand nombre d'experts possible.

Les personnes sollicitées devaient répondre à deux critères: (i) disposer d'une formation en écologie scientifique et exercer une activité dans le domaine de la biodiversité (recherche académique, entreprise, gestion de la nature, etc.); et (ii) avoir un avis sur l'efficacité des pratiques favorables à la biodiversité pour l'un ou l'autre des deux socio-écosystèmes étudiés.

Une stratégie de communication multicanale à échéances régulières a alors été déployée, en amont et pendant la campagne, par la Fondation pour la recherche sur la biodiversité avec l'appui des partenaires du programme PRATIC Biodiversity. Elle a combiné:

- Trois webinaires de présentation en janvier 2025 : deux en français et un en anglais (> 150 participants et 300 inscrits) ;
- Une diffusion via les sites web des partenaires, les réseaux sociaux, les listes de diffusion scientifiques et professionnelles ;
- Des présentations dans des événements relatifs à l'écologie forestière, agricole et aux mécanismes de financement de la biodiversité ;
- Des relances ciblées en cours de campagne d'évaluation, dans le respect du règlement général sur la protection des données (RGPD).

Les types d'experts effectivement visés aux niveaux français et européen sont listés en Annexe B.

Durant la période d'ouverture de la consultation, il y a eu 718 visites de la plateforme Puzzling Biodiversity, dont plus de 80 % provenant de France.

	Effectif
Visites sur la plateforme	718
Comptes créés (tous pays)	316
Comptes créés en France	262 (≈ 83 %)
Parcours complets (tous socio-écosystèmes)	74
Parcours retenus après tri — Forêts exploitées	31 (sur 34) (28 Français)
Parcours retenus après tri — Terres arables	37 (sur 40) (32 Français)

TABLE 1 - SYNTHÈSE DE LA MOBILISATION AU COURS DE LA CAMPAGNE
(19 MAI – 7 JUILLET 2025).

Pour participer à l'évaluation, un(e) expert(e) devait créer un compte et compléter un questionnaire permettant (i) de connaître la démographie des répondants (information sur la représentativité); (ii) d'identifier les domaines de compétences et les parcours professionnels (information sur la diversité et la qualité des experts); (iii) de se définir en fonction des différentes valeurs de la biodiversité (selon une typologie IPBES) (information pour caractériser les répondants) et (iv) d'auto-évaluer leurs niveaux de connaissance sur le socio-écosystème choisi.

Le profil des inscrits — âge moyen de 43 ans, 57 % issus du secteur public, 36 % du secteur privé — montre une expérience hétérogène: 25 % des inscrits déclarent une expérience dans le domaine de la biodiversité inférieure à 5 ans, mais 28 % déclarent plus de 20 ans. Plus de la moitié s'auto-évaluent comme experts ou très experts.

2.3 L'évaluation des pratiques

Les résultats présentés dans cette section sont issus de la preuve de concept. Ils ne constituent pas un classement de référence de pratiques car l'échantillon d'experts mobilisés pour l'évaluation est insuffisant pour cela. Ils démontrent en revanche que la méthode produit des signaux statistiquement robustes et exploitables pour caractériser la connaissance experte sur les pratiques évaluées.

2.3.1 Tri des évaluations
Quelles participations retenir?

Pour écarter les participations qui ne permettaient pas une analyse statistique robuste, un tri a été effectué selon quatre critères: temps accordé à l'évaluation (en deçà ou non d'un temps de référence obtenu en testant l'évaluation avec le public ciblé); engagement effectif dans l'exercice (repositionnement effectif des niveaux ou maintien de l'ordre présenté); cohérence des évaluations (examen des réponses excentriques aux autres); nombre de pratiques évaluées (retrait de plus ou de moins de 50 % des pratiques).

Après tri des évaluations, 6 des 74 participants ayant répondu de manière complète ont été retirés du processus d'analyse (3 pour chaque socio-écosystème).

2.3.2 Dispersion des évaluations
La variabilité des positionnements des pratiques est-elle corrélée au degré de confiance des experts?

Cette étape vise à tester l'hypothèse selon laquelle la dispersion des positionnements des pratiques (écart-type) est d'autant plus élevée que le niveau de confiance déclaré par les experts est faible pour une pratique donnée.

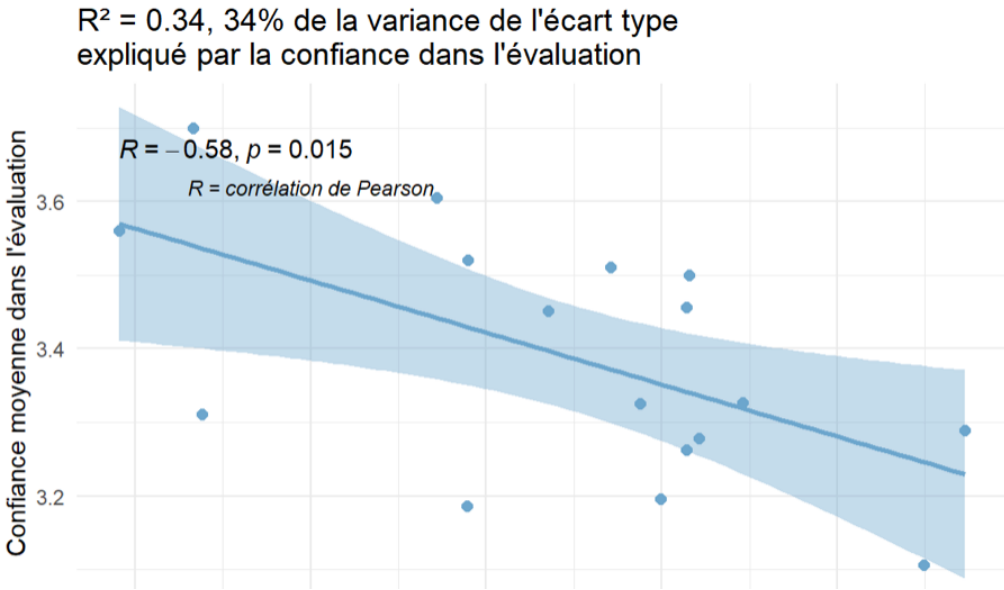


FIGURE 1 - CORRÉLATION NÉGATIVE ET SIGNIFICATIVE ENTRE CONFIANCE MOYENNE ET DISPERSION DES NOTES PAR PRATIQUE (R = -0,58, P = 0,015; R² = 0,34): PLUS LA CONFIANCE EST ÉLEVÉE, PLUS LES NOTES CONVERGENT.

Exemple de lecture: Les pratiques ayant une confiance élevée (auto-évaluation des experts) ont un écart type (dispersion des réponses des experts) plus faible que les pratiques avec une confiance moyenne faible

Les résultats montrent une relation de corrélation négative et significative entre l'écart-type et le niveau de confiance moyen. L'indicateur de confiance semble ainsi remplir le rôle attendu : refléter en partie la qualité de l'évaluation d'une pratique. Par ailleurs, 34 % de la variance de l'écart-type est expliquée par le niveau de confiance (R^2).

En revanche, cette relation ne permet pas d'identifier les causes du manque de confiance qui peuvent relever de la formulation des pratiques, du niveau de connaissance des experts ou de la disponibilité d'une documentation scientifique suffisante sur ces pratiques.

2.3.3 Concordance des évaluations

Les pratiques ont-elles été positionnées de manière similaire par les experts ?

Deux indicateurs complémentaires sont mobilisés : le coefficient de corrélation intraclasse (ICC), qui mesure la proximité des valeurs attribuées à une même pratique par les experts, et le coefficient de concordance de Kendall (W), qui mesure la similarité de leur ordre. Le volume de données manquantes étant important, les indicateurs sont calculés sous quatre méthodes d'imputation (moyenne, k-nearest neighbors, ACP « Analyse en Composante Principale », imputation aléatoire répétée). Une imputation, quelle que soit sa méthode, tend à créer artificiellement de la ressemblance entre les réponses : la comparaison avec une imputation aléatoire permet de vérifier que les valeurs du coefficient de corrélation intraclasse (ICC) et du coefficient de concordance de Kendall (W) observées ne sont pas un artefact de cette imputation, mais reflètent une concordance réelle entre experts (voir les valeurs d'ICC et de Kendall W par type d'imputation en Annexe C).

Sur les deux socio-écosystèmes, le coefficient de corrélation intraclasse (ICC) est élevé à excellent et stable selon la méthode d'imputation, tandis que le coefficient de concordance de Kendall (W) reste mauvais. Les experts attribuent donc des valeurs proches aux mêmes pratiques, mais leur ordre exact varie davantage : le consensus s'exprime en blocs de pratiques de gain de biodiversité attendu comparable plutôt qu'en classement strict.



2.3.2 Différenciation des pratiques et significativité – Est-ce que les gains des pratiques sont distincts ?

Cette étape repose sur un modèle linéaire mixte (lmer), avec l'identité de l'expert comme effet aléatoire. Ce choix fait sens dans le contexte de la méthode : chaque expert évalue l'ensemble des pratiques dans un même exercice de positionnement comparatif, ses réponses ne sont donc pas indépendantes les unes des autres — un évaluateur plus sévère ou plus généreux le sera de façon cohérente sur l'ensemble de son parcours. Le modèle absorbe cette variabilité propre à chaque expert pour isoler les différences imputables aux pratiques elles-mêmes. L'objectif est d'identifier les différences significatives entre pratiques.

Les résultats confirment statistiquement l'organisation par blocs, pressentie à partir des indicateurs que sont le coefficient de corrélation intraclasse (ICC) et le coefficient de concordance de Kendall (W) : les gains de biodiversité sont comparables pour certaines pratiques mais distincts d'autres groupes de pratiques. Pour les forêts exploitées, trois à quatre blocs sont ainsi identifiables, avec des recouvrements importants entre les pratiques. Pour les terres arables, la différenciation est plus marquée : davantage de blocs sont identifiés et les pratiques se discriminent mieux.

Le statut de « classement de référence » n'est pas atteint, faute d'un nombre de participants suffisamment représentatif des communautés d'experts de la biodiversité existantes et de la diversité des avis sur ces sujets souvent débattus. Ces résultats montrent néanmoins que la méthode permet de discriminer les pratiques entre elles en terme de gain de biodiversité attendu et de détecter une organisation cohérente des classements.

Interprétation : le graphique présente les pratiques ordonnées selon leur valeur moyenne estimée de gain de biodiversité. Les lettres issues des comparaisons multiples indiquent le regroupement : deux pratiques partageant une lettre ne sont pas significativement différentes ; des lettres distinctes signalent une différence statistiquement significative.



La Figure 2 présente les résultats pour Forêts exploitées.

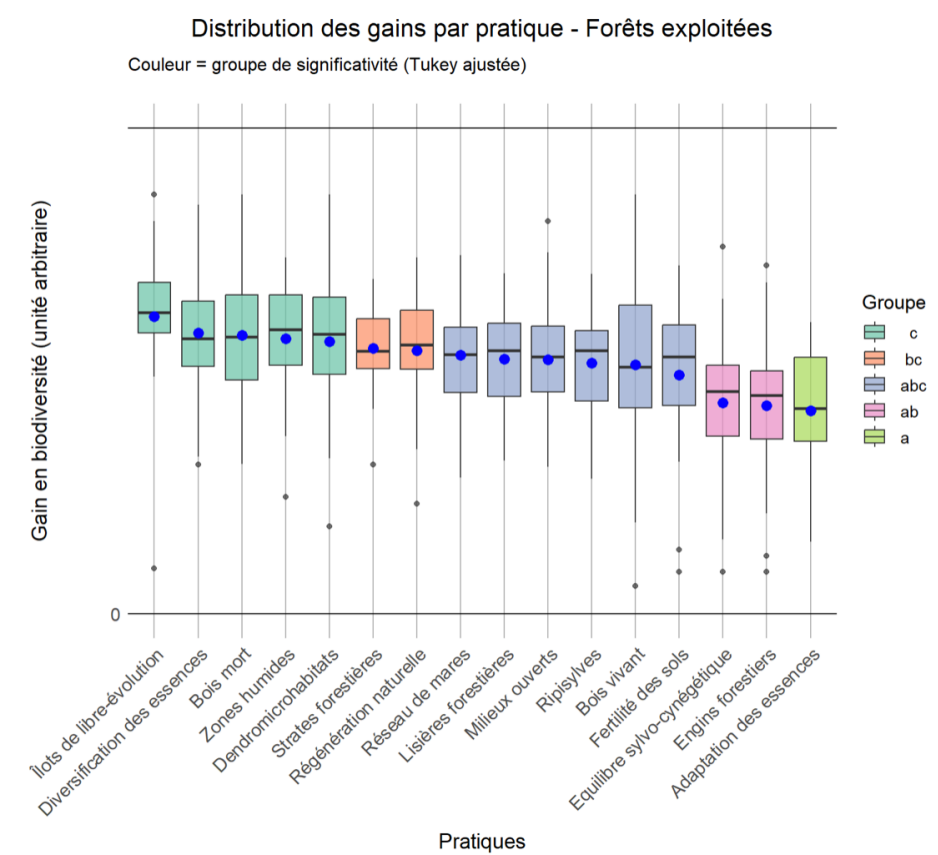


FIGURE 2 - GAIN DE BIODIVERSITÉ PAR PRATIQUE DE GESTION, EN FORÊTS EXPLOITÉES.
BOXPLOTS : MÉDIANE, QUARTILES ET ÉTENDUE DES OBSERVATIONS. POINTS BLEUS : MOYENNES.
LETTRES ET COULEURS : GROUPES DE SIGNIFICATIVITÉ ISSUS DES COMPARAISONS POST-HOC PAR PAIRES (EMMEANS, CORRECTION DE TUKEY); DEUX PRATIQUES PARTAGEANT UNE MÊME LETTRE NE DIFFÈRENT PAS SIGNIFICATIVEMENT ($P > 0,05$ AJUSTÉ).

Exemple de lecture : Les pratiques du bloc « c » sont significativement meilleures que les pratiques des blocs « a » et « ab ». Cependant les pratiques du bloc « c » ne sont ni distinctes entre elles ni distinctes de celle des blocs « b » et « abc ». De même, le bloc « abc » n'est distinct d'aucun autre bloc.

La Figure 3 présente les résultats pour Terres arables.

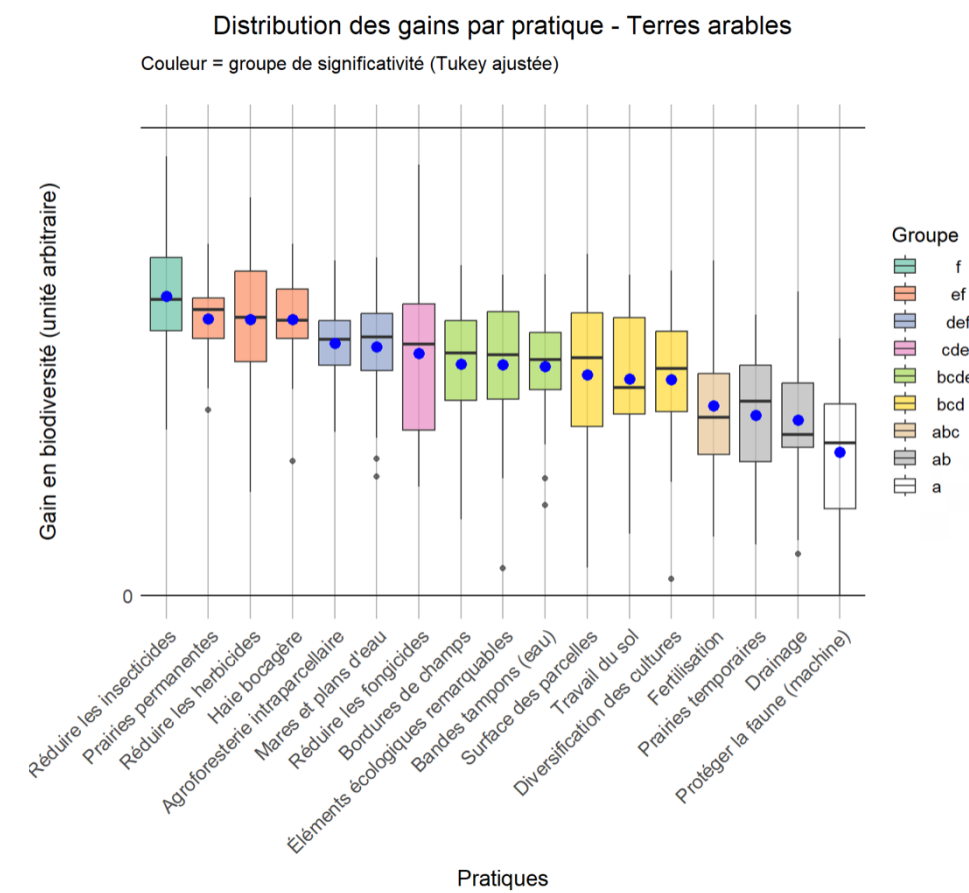


FIGURE 3 - GAIN DE BIODIVERSITÉ PAR PRATIQUE DE GESTION, EN TERRES ARABLES.
BOXPLOTS : MÉDIANE, QUARTILES ET ÉTENDUE DES OBSERVATIONS. POINTS BLEUS : MOYENNES.
LETTRES ET COULEURS : GROUPES DE SIGNIFICATIVITÉ ISSUS DES COMPARAISONS POST-HOC PAR PAIRES (EMMEANS, CORRECTION DE TUKEY); DEUX PRATIQUES PARTAGEANT UNE MÊME LETTRE NE DIFFÈRENT PAS SIGNIFICATIVEMENT ($P > 0,05$ AJUSTÉ).

Exemple de lecture : Les pratiques du bloc « ef » sont significativement meilleures que les pratiques des blocs « bcd », « a », « ab », « abc ». Cependant les pratiques du bloc « ef » ne sont ni distinctes entre elles ni distinctes de celle des blocs « f », « def », « cde », « bcde ».





La Figure 5 correspond au graphique pour Terres arables.

2.3.5 Structure des consensus et dissensus
Est-il possible d'identifier des facteurs qui expliquent pourquoi les experts sont en accord ou non sur l'évaluation des pratiques?

Cette étape vise à apprécier le degré de consensus entre experts à partir de la dispersion des évaluations et de plusieurs indicateurs de position. Les pratiques sont classées selon leur écart-type (du plus faible au plus élevé) qui mesure la dispersion des estimations autour de la moyenne : plus l'écart-type est faible, plus le consensus est fort.

Pour chaque pratique sont également représentés trois indicateurs de répartition: la **moyenne** (valeur moyenne de l'ensemble des évaluations), la **médiane** (valeur qui partage les évaluations en deux moitiés égales) et le **mode** (valeur la plus fréquemment attribuée, ici arrondie à l'entier). Leur proximité renseigne sur la forme de la distribution des réponses.

Interprétation: le graphique présente les pratiques sous forme de violin plots, classées du plus fort au plus faible consensus (écart-type croissant). La largeur du violon indique où les évaluations se concentrent: plus il est large autour d'une valeur, plus de nombreux experts ont attribué une note proche de cette valeur. Un violon présentant plusieurs renflements distincts traduit un dissensus structuré, avec plusieurs groupes de réponses cohérentes; un violon simplement étalé, sans renflement marqué, traduit une dispersion plus diffuse, sans structure identifiable. Une pratique est d'autant plus consensuelle que le violon est peu étalé, enflé, et que la moyenne, la médiane et le mode sont proches. À l'inverse, une distribution étalée et des indicateurs éloignés traduisent un dissensus plus marqué.

La Figure 4 correspond au graphique pour Forêts exploitées.

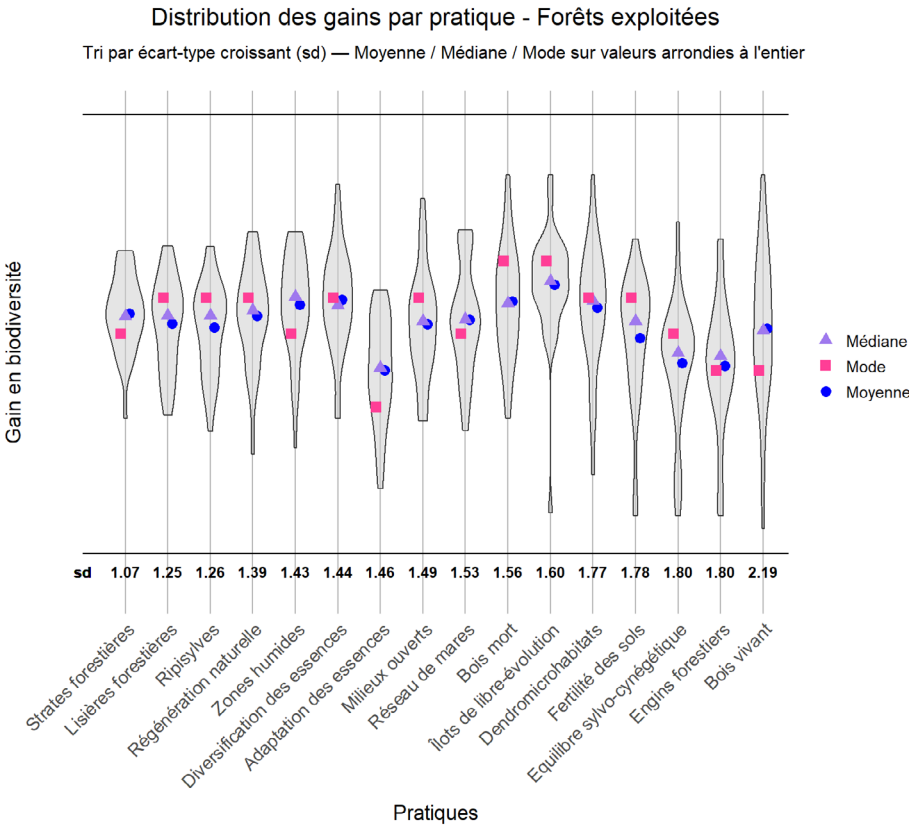


FIGURE 4 - DISTRIBUTION DES GAINS DE BIODIVERSITÉ PAR PRATIQUE (VIOLIN PLOTS), AVEC TOUTES LES PRATIQUES TRIÉES PAR ÉCART-TYPE (SD) CROISSANT. MOYENNE, MÉDIANE ET MODE (SUR VALEURS ARRONDIES À L'ENTIER) SONT INDiquÉS POUR CHAQUE PRATIQUE. FORÊTS EXPLOITÉES.

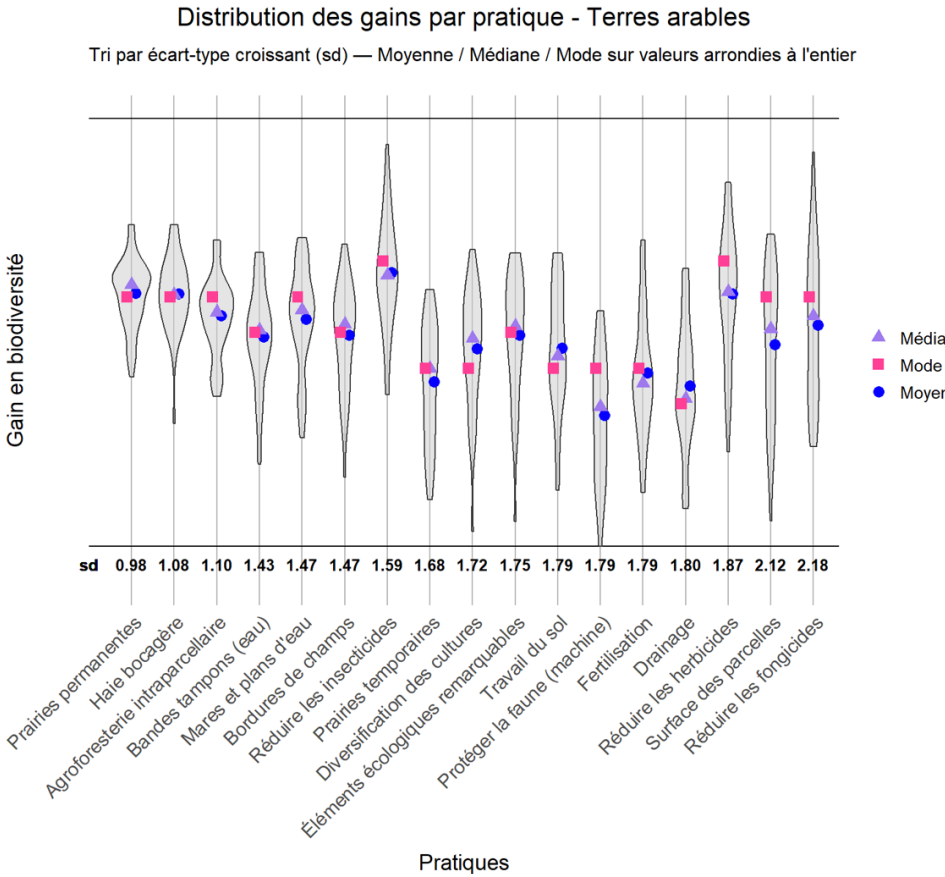


FIGURE 5 - DISTRIBUTION DES GAINS DE BIODIVERSITÉ PAR PRATIQUE (VIOLIN PLOTS), AVEC TOUTES LES PRATIQUES TRIÉES PAR ÉCART-TYPE (SD) CROISSANT. MOYENNE, MÉDIANE ET MODE (SUR VALEURS ARRONDIES À L'ENTIER) SONT INDiquÉS POUR CHAQUE PRATIQUE. TERRES ARABLES.

Exemple de lecture: Les violons permettent d'observer la répartition des estimations pour chaque pratique: plus ils sont larges à une valeur donnée, plus les réponses sont nombreuses autour de cette valeur. La position et l'écart entre le mode, la médiane et la moyenne permettent ensuite de caractériser cette répartition. Les pratiques sont dans l'ordre de l'écart type le plus faible au plus grand. On constate que « Strates forestières » est plutôt bien estimé, indicateurs proches et violons larges autour de ces valeurs. « Ilots de libre évolution » est mal estimé, le mode se détache et le violon est étendu.

Exemple de lecture: On constate que « Prairies permanentes » est plutôt bien estimé, indicateurs proches et violons larges autour de ces valeurs. « Réduire les herbicides » est mal estimé, le mode se détache et le violon est étendu.

2.3.6 Appréciation structurée des consensus et dissensus: analyse des variations entre experts

L'analyse exploratoire a montré que certaines pratiques font l'objet d'un consensus relativement fort tandis que d'autres présentent une dispersion plus importante des évaluations. Une forte dispersion ne signifie toutefois pas nécessairement que les experts sont en désaccord de manière aléatoire. Elle peut traduire l'existence de plusieurs façons cohérentes, mais différentes, d'évaluer une même pratique. L'objectif de cette étape est donc de déterminer si les dissensus observés sont structurés, c'est-à-dire s'ils s'organisent selon des groupes d'experts partageant des schémas d'évaluation similaires.

Pour répondre à cette question, une analyse en composantes principales (ACP) est réalisée après imputation des données manquantes selon la méthode MissMDA, adaptée aux données multivariées incomplètes. L'ACP ne cherche pas directement à expliquer les désaccords; elle identifie les pratiques dont les évaluations évoluent conjointement, positivement ou négativement. Les premières dimensions mettent ainsi en évidence les principales structures de variation présentes dans les réponses des experts.

La Figure 6 représente les deux premières dimensions de l'ACP pour « Terres arables ».

Les coordonnées des experts sur ces dimensions sont ensuite utilisées pour construire des groupes d'experts par la méthode de « classification hiérarchique sur composantes principales » (HCPC). Cette méthode permet de regrouper les experts présentant des schémas de réponses proches en les distinguant de ceux dont les évaluations s'organisent différemment. Les groupes d'experts – clusters – obtenus représentent ainsi différentes manières cohérentes d'évaluer les pratiques.

La Figure 7 représente les répartitions des réponses des clusters sur la première dimension de l'ACP.

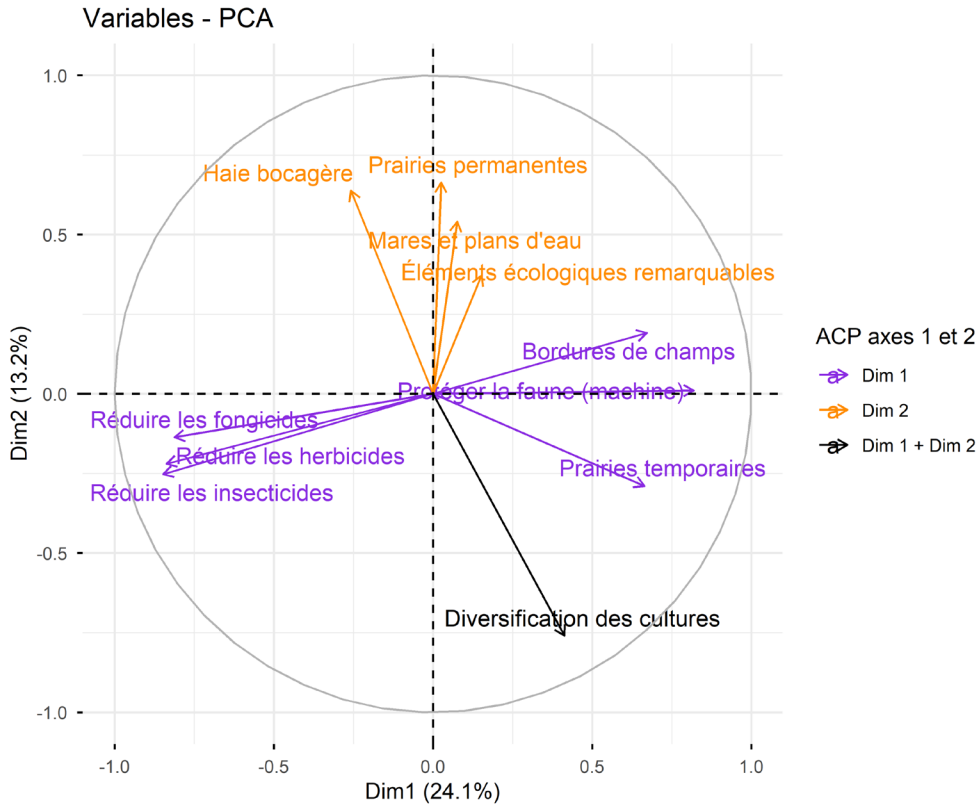


FIGURE 6 - CERCLE DES CORRÉLATIONS DE L'ACP (DIM1: 24,1 %; DIM2: 13,2 % DE VARIANCE EXPLIQUÉE). LA LONGUEUR ET L'ORIENTATION DES VECTEURS INDIQUENT LA CONTRIBUTION ET LA CORRÉLATION DE CHAQUE VARIABLE AUX DEUX AXES; LES VARIABLES PROCHES SONT CORRÉLÉES ENTRE ELLES. COULEUR: AXE PRINCIPAL DE CONTRIBUTION DE CHAQUE VARIABLE (DIM1, DIM2, OU LES DEUX).

Exemple de lecture: La dimension 1 oppose deux ensembles de pratiques. « Prairies temporaires », « Bordure de champs », « Protéger la faune (machines) » et « Diversification des cultures » évoluent de manière similaire, mais en opposition à « Réduire les fongicides », « Réduire les insecticides » et « Réduire les herbicides ». Ainsi, une évaluation élevée des pratiques d'un ensemble est généralement associée à une évaluation plus faible de celles de l'autre ensemble.

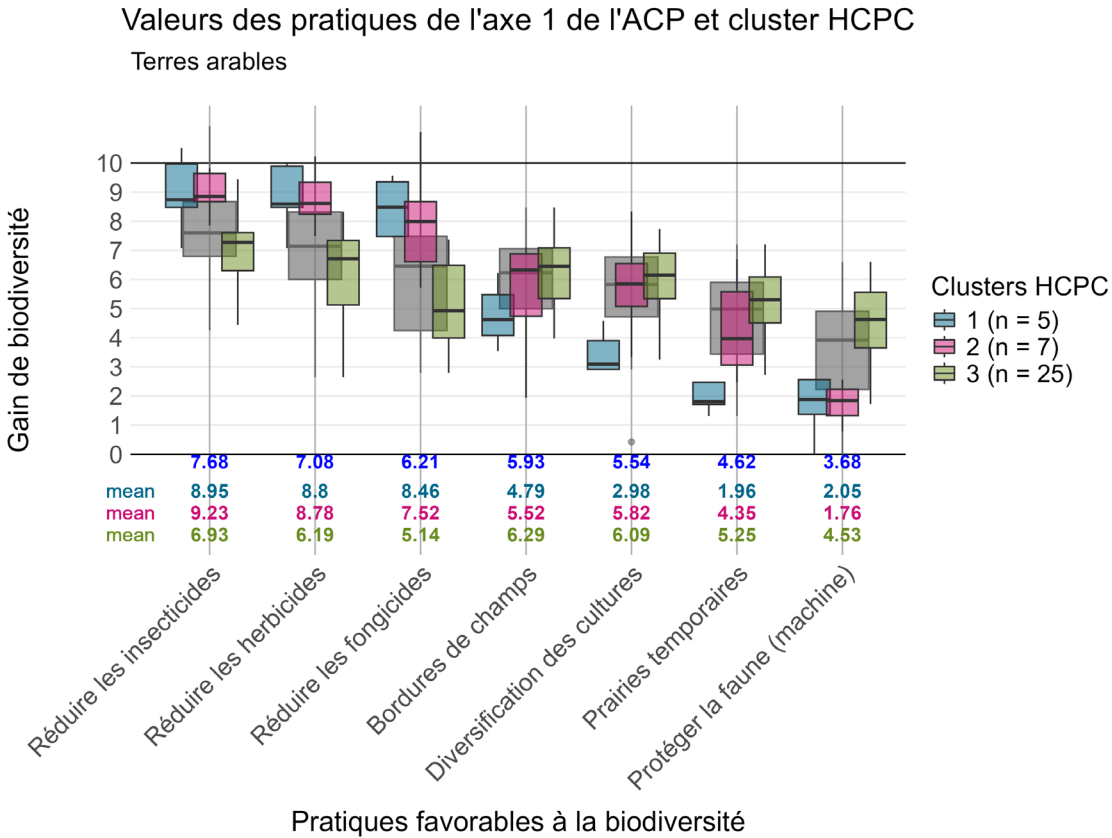


FIGURE 7 - GAIN DE BIODIVERSITÉ PAR PRATIQUE (TERRES ARABLES), CROISÉ AVEC LES 4 CLUSTERS ISSUS D'UNE CLASSIFICATION HIÉRARCHIQUE SUR COMPOSANTES PRINCIPALES (HCPC, ACP AXE 1). BOXPLOTS GRIS: DISTRIBUTION GLOBALE PAR PRATIQUE; BOXPLOTS COLORÉS: DISTRIBUTION PAR CLUSTER (N INDIQUÉ EN LÉGENDE). VALEURS EN BAS: ÉCART TYPE PAR PRATIQUE (BLEU) ET PAR CLUSTER (COULEURS).

Exemple de lecture: On reprend les 7 pratiques qui caractérisent le premier axe de l'ACP. Les clusters 1 et 2 présentent des profils de notation similaires, en opposition aux clusters 3.1 et 3.2. Les experts des clusters 1 et 2 attribuent des notes plus élevées aux pratiques de réduction des intrants, tandis que ceux des clusters 3.1 et 3.2 ont des évaluations plus homogènes et moins marquées entre les différentes pratiques.

Les clusters sont ensuite caractérisés à partir des informations recueillies dans le questionnaire. Les variables du questionnaire n'interviennent pas dans leur construction: elles sont analysées a posteriori afin d'identifier les modalités significativement sur- ou sous-représentées dans chaque groupe. Cette étape permet d'associer les profils d'évaluation à certaines caractéristiques des experts, sans établir de relation causale.

Parmi les variables discriminantes, la valeur instrumentale de la biodiversité (selon une typologie IPBES) fait partie de celles qui distinguent le plus clairement les clusters. Les experts accordant une plus forte importance à cette dimension attribuent des gains plus élevés aux pratiques de réduction des produits phytosanitaires et plus faibles aux pratiques d'aménagement écologique (prairies temporaires, bordures de champs, diversification des cultures, protection de la faune). Cette représentation montre qu'une partie des dissensus reflète des cadres de référence différents sur la biodiversité plutôt qu'un désaccord aléatoire.

La Figure 8 donne un exemple de caractérisation des clusters par une variable du questionnaire.

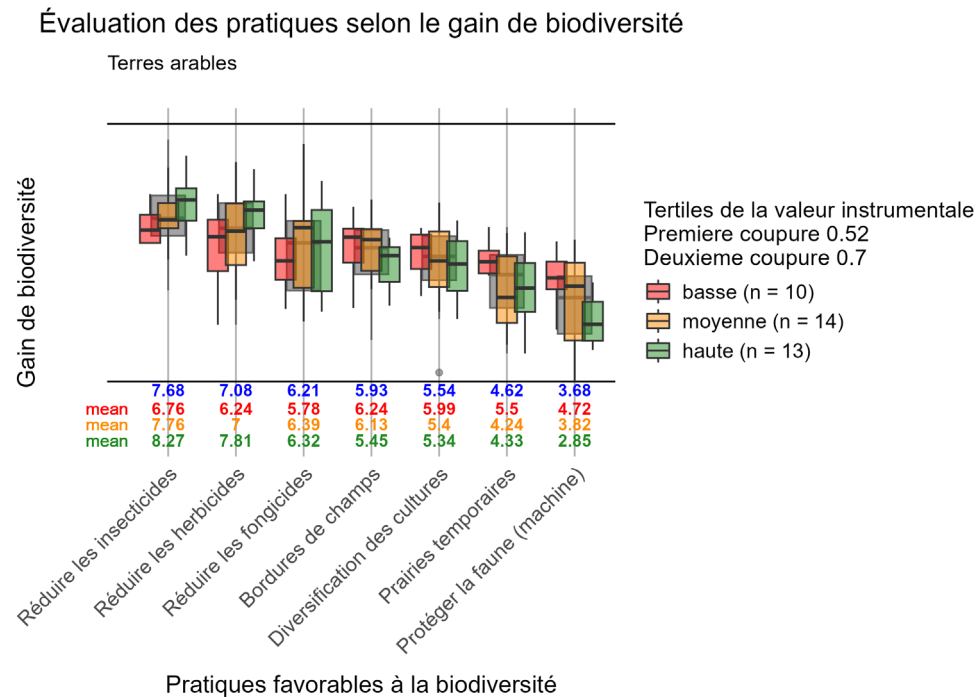


FIGURE 8 - GAIN DE BIODIVERSITÉ PAR PRATIQUE (TERRES ARABLES), SELON LES TERTILES DE LA VALEUR INSTRUMENTALE ATTRIBUÉE AUX ÉVALUATEURS (BASSE, MOYENNE, HAUTE; SEUILS À 0,52 ET 0,7).
BOXPLOTS GRIS: DISTRIBUTION GLOBALE PAR PRATIQUE; BOXPLOTS COLORÉS: DISTRIBUTION PAR TERTILE (N INDIQUÉ EN LÉGENDE). VALEURS EN BAS: SCORE MOYEN GLOBAL PAR PRATIQUE (NOIR) ET MOYENNE PAR TERTILE (COULEURS).

Exemple de lecture: On observe une tendance entre la valeur accordée à la biodiversité pour les pratiques de la première dimension de l'ACP et l'importance accordée à la valeur instrumentale de la biodiversité. Lorsque l'intérêt pour cette valeur augmente, les pratiques de réduction des intrants — « Réduire les fongicides », « Réduire les insecticides » et « Réduire les herbicides » — sont davantage valorisées. À l'inverse, lorsque cet intérêt est plus faible, les pratiques « Prairies temporaires », « Bordure de champs », « Protéger la faune (machines) » et « Diversification des cultures » présentent des valeurs plus élevées. Cette tendance s'inverse lorsque l'intérêt pour la valeur instrumentale augmente. Cette tendance s'inverse lorsque l'intérêt pour la valeur instrumentale diminue.

Cette analyse n'a fourni des résultats interprétables que pour « Terres arables », où les dissensus présentent une structure identifiable. Pour « Forêts exploitées », les structures mises en évidence ne sont pas suffisamment robustes pour être interprétées.

Cette analyse permet donc d'identifier l'existence de profils d'évaluation différenciés entre experts et de proposer des éléments d'interprétation des dissensus observés. Elle ne permet toutefois pas encore de déterminer, pratique par pratique, quelle part de la dispersion des réponses est réellement liée à ces profils d'experts.

Pour qualifier la structure des consensus et dissensus à l'échelle de chaque pratique, les répartitions des évaluations dans les différents clusters sont comparées à la répartition globale des réponses. Cette approche permet de distinguer les pratiques pour lesquelles les différences entre experts sont principalement liées aux profils identifiés, de celles pour lesquelles la dispersion reste indépendante des clusters.

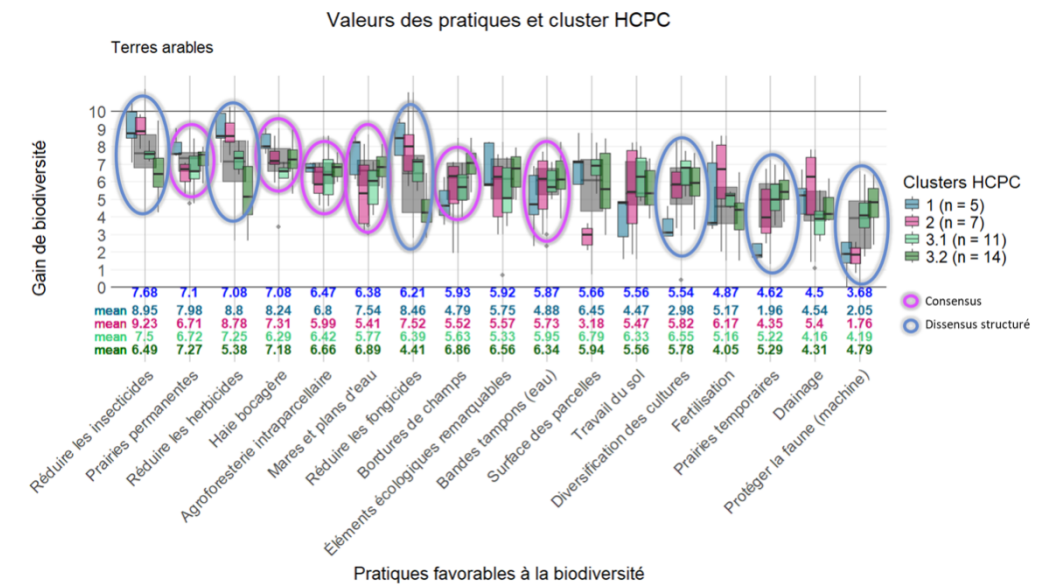


FIGURE 9 - GAIN DE BIODIVERSITÉ PAR PRATIQUE (TERRES ARABLES), CROISÉ AVEC LES 4 CLUSTERS HCPC (N INDIQUÉ EN LÉGENDE). BOXPLOTS GRIS: DISTRIBUTION GLOBALE PAR PRATIQUE; BOXPLOTS COLORÉS: DISTRIBUTION PAR CLUSTER. VALEURS EN BAS: SCORE MOYEN GLOBAL (NOIR) ET PAR CLUSTER (COULEURS).
ENTOURAGE ROSE = « CONSENSUS » (ACCORD ENTRE CLUSTERS);
ENTOURAGE BLEU = « DISSENSUS STRUCTURÉ » (DÉSACCORD MARQUÉ ENTRE CLUSTERS).

Exemple de lecture des résultats: Les clusters d'experts apposés sur les réponses aux pratiques (ainsi que les valeurs dans la table 4 ci-dessous) permettent d'identifier les pratiques consensuelles et si les pratiques dissensuelles s'expliquent par une répartition de l'expertise. Ici, « Agroforesterie intraparcélaire » est consensuelle, faible écart-type de base et pas de différenciation par les clusters. « Réduire les insecticides » a un dissensus structuré, les groupes 3.1 et 3.2 se détachent instinctivement et sont peu étalés. « Fertilisation » n'est pas expliquée, les estimations sont desordonnées même au sein des groupes.

Les clusters permettent ainsi de décomposer la dispersion observée pour chaque pratique en deux composantes : une part expliquée par les différences entre groupes d'experts (variance inter-clusters) et une part correspondant aux désaccords restant à l'intérieur de chaque groupe (variance intra-clusters). La variance intra-clusters correspond à la moyenne pondérée des variances observées dans chaque cluster, afin de tenir compte de leurs effectifs différents.

Le rapport entre variance inter-clusters et variance intra-clusters indique dans quelle mesure les dissensus sont structurés par les profils d'experts identifiés. En le confrontant au niveau de dispersion global de chaque pratique, il devient possible de distinguer trois situations : les pratiques consensuelles, les pratiques présentant un dissensus structuré et les pratiques présentant un dissensus résiduel.



TABLE 4 - DÉCOMPOSITION DE LA VARIANCE DES NOTES PAR PRATIQUE EN VARIANCE INTER-CLUSTERS ET INTRA-CLUSTERS (MOYENNE PONDÉRÉE PAR LES EFFECTIFS), ET RATIO INTER/INTRA, POUR LE SOCIO-ÉCOSYSTÈME « TERRES ARABLES ». PRATIQUES CLASSÉES PAR RATIO DÉCROISSANT.

Exemple de lecture : Ce tableau permet de distinguer les pratiques qui font consensus de celles qui font dissensus et de déterminer si le dissensus est structuré par l'expertise ou non. Sont mis en relation la variance de la pratique, la variance au sein des cluster (intra) et la variance d'un cluster à l'autre (inter). Puis le calcul du ratio inter/intra, s'il est élevé les clusters expliquent les différences entre les réponses. Ainsi, les pratiques comme « Prairies permanentes » présentent peu de variabilité dès l'origine, elles font consensus entre les experts. Alors que, « Réduire les herbicides » et « Réduire les fongicides » présentent à la fois une forte variabilité et un rôle important des clusters : les experts ne sont pas tous d'accord, mais leurs différences d'évaluation sont structurées selon leur profil d'expertise. Enfin, « Drainage » ou « Fertilisation » présentent une forte variabilité, mais celle-ci ne s'explique pas par les clusters : les avis sont dispersés sans qu'un profil d'expertise permette de comprendre ces différences.

Titre de la pratique	Variance			Ratio inter/intra	Typologie
	Pratiques	Inter Cluster	Intra Cluster*		
Réduire les herbicides	3,48	2,63	1,45	1,82	variance pratique haute, rôle des clusters fort
Réduire les fongicides	4,76	3,04	2,47	1,23	variance pratique haute, rôle des clusters fort
Prairies temporaires	2,81	2,42	1,64	1,48	variance pratique moyenne, rôle des clusters fort
Diversification des cultures	2,96	2,48	1,78	1,39	variance pratique moyenne, rôle des clusters fort
Protéger la faune (machine)	3,19	2,3	1,71	1,34	variance pratique moyenne, rôle des clusters fort
Surface des parcelles	4,51	2,71	2,96	0,91	variance pratique haute, rôle des clusters moyen
Réduire les insecticides	2,52	1,65	1,36	1,21	variance pratique moyenne rôle des clusters moyen
Haie bocagère	1,17	0,64	0,84	0,77	variance pratique basse, rôle des clusters moyen
Mares et plans d'eau	2,17	0,97	1,76	0,55	variance pratique basse, rôle des clusters moyen
Prairies permanentes	0,96	0,36	0,84	0,43	variance pratique basse, rôle des clusters moyen
Bordures de champs	2,17	0,73	1,78	0,41	variance pratique basse, rôle des clusters moyen
Fertilisation	3,2	0,75	2,9	0,26	variance pratique haute, rôle des clusters faible
Drainage	3,25	0,31	3,56	0,09	variance pratique haute, rôle des clusters faible
Travail du sol	3,19	0,58	3,24	0,18	variance pratique moyenne, rôle des clusters faible
Éléments écologiques remarquables	3,06	0,29	3,18	0,09	variance pratique moyenne, rôle des clusters faible
Bandes tampons (eau)	2,04	0,38	2,04	0,19	variance pratique basse, rôle des clusters faible
Agroforesterie intraparcellaire	1,2	0,16	1,21	0,11	variance pratique basse, rôle des clusters faible
*la variance intra cluster est une moyenne pondérée par le nombre d'individus dans chaque cluster					

L'examen pratique par pratique met ainsi en évidence trois types de situations :

- Les pratiques consensuelles (rose) : la dispersion des évaluations est faible et les réponses des experts sont proches. Les clusters n'apportent pas d'information supplémentaire significative, car les experts convergent déjà vers une estimation similaire.
- Les pratiques en dissensus structuré (bleu) : la dispersion des évaluations est plus importante, mais elle est en grande partie expliquée par les différences entre clusters. Les experts ne s'accordent pas tous sur une même estimation, mais les divergences suivent des profils de réponses cohérents et caractérisables.
- Les pratiques en dissensus non expliqués (rouge) : la dispersion des évaluations est importante, mais elle n'est pas expliquée par les clusters. Les différences entre experts ne semblent pas correspondre aux profils identifiés et peuvent traduire une incertitude persistante, une connaissance moins stabilisée ou une formulation perfectible de la pratique.

Pour le socio-écosystème « Terres arables », cette analyse montre que 11 pratiques fournissent une information de bonne qualité, soit parce qu'elles font consensus, soit parce que les dissensus observés sont structurés et peuvent être interprétés à partir des caractéristiques des groupes d'experts.

2.3.7 Valeurs des pratiques

Outre les analyses de données, une réflexion a été menée sur la représentation visuelle d'un référentiel de pratiques. Ces valeurs sont préliminaires : il s'agit du classement issu de la preuve de concept. De plus, elles ne pondèrent ni le degré de confiance des experts, ni la distinction entre les pratiques consensuelles et les pratiques avec des dissensus, structurés ou non. Leur intérêt principal, à ce stade, est d'illustrer la forme attendue du résultat final.

Les classements des pratiques des deux socio-écosystèmes de la preuve de concept peuvent être présentés sous forme de valeurs numériques pour chaque pratique et chaque niveau, sur une échelle de 0 à 100 afin de rendre la comparaison de potentiel de gain de biodiversité plus simple. Le niveau le plus élevé de la pratique jugée la plus favorable se voit attribuer la valeur 100 ; les autres pratiques sont positionnées proportionnellement. Les valeurs présentées sont la moyenne des évaluations des experts retenus, sans pondération par le niveau de confiance ou par le cluster.

Les Figures 10 et 11 présente les résultats pour Forêts exploitées.

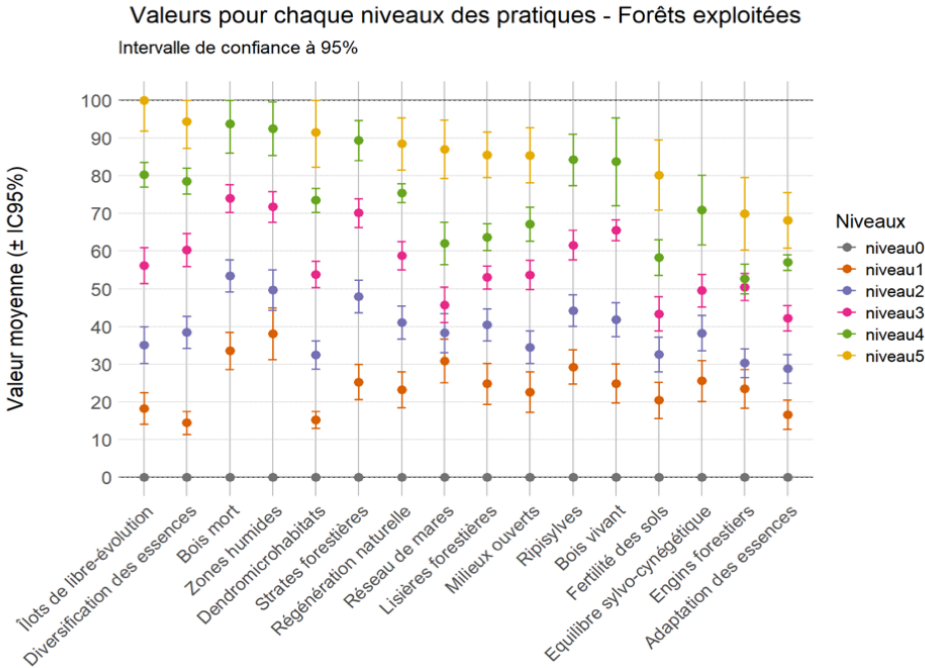


FIGURE 10 - VALEUR MOYENNE ESTIMÉE (± IC 95 %) POUR CHAQUE NIVEAU D'IMPLÉMENTATION (0 À 5) DE CHAQUE PRATIQUE, EN FORÊTS EXPLOITÉES..

Exemple de lecture : La lecture de ces graphiques est à mettre en relation avec le précédent. Ici on présente directement les valeurs plutôt que les points. Dans un objectif d'outil d'aide à la décision cette représentation est la plus efficace pour comparer les valeurs. Les valeurs sont cependant instables et les intervalles de confiance ne doivent pas être négligés. Ici, imaginons que l'on ai les moyens (humain / financier) pour le premier niveau de « zones humides » ou le premier niveau de « diversification des essences » il est plus intéressant pour la biodiversité de réaliser celui de « zones humides »

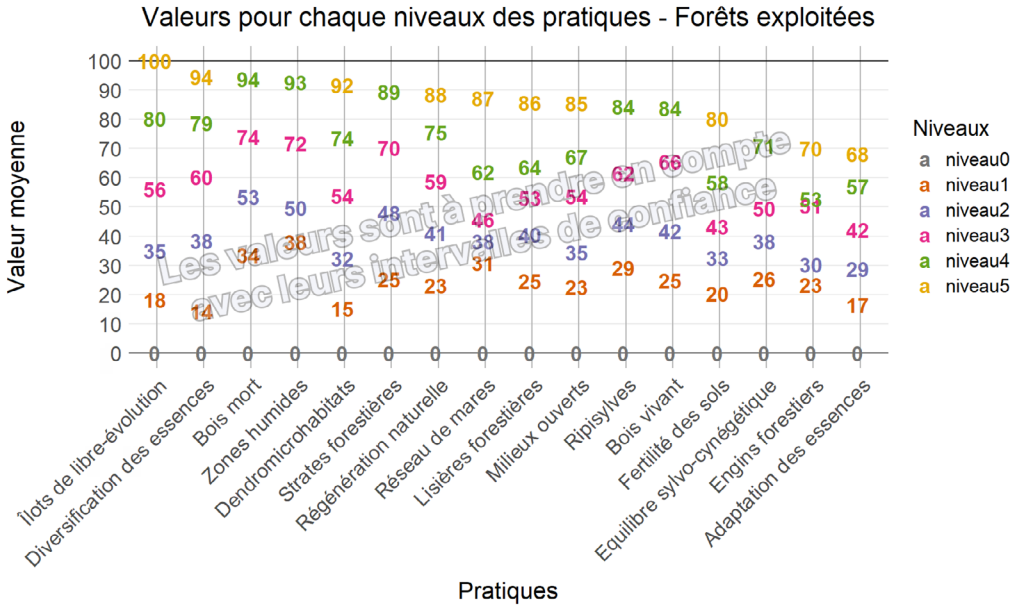


FIGURE 11 - VALEUR MOYENNE POUR CHAQUE NIVEAU D'IMPLÉMENTATION (0 À 5) DE CHAQUE PRATIQUE, EN FORÊTS EXPLOITÉES (VOIR TABLEAU 8 EN ANNEXE C POUR LES INTERVALLES DE CONFIANCE À 95 %).

Exemple de lecture : La lecture de ces graphiques est à mettre en relation avec le précédent. Ici on présente directement les valeurs plutôt que les points. Dans un objectif d'outil d'aide à la décision cette représentation est la plus efficace pour comparer les valeurs. Les valeurs sont cependant instables et les intervalles de confiance ne doivent pas être négligés. Ici, imaginons que l'on ai les moyens (humain / financier) pour le premier niveau de « zones humides » ou le premier niveau de « diversification des essences » il est plus intéressant pour la biodiversité de réaliser celui de « zones humides »

Les Figures 12 et 13 présentent les résultats pour Terres arables.

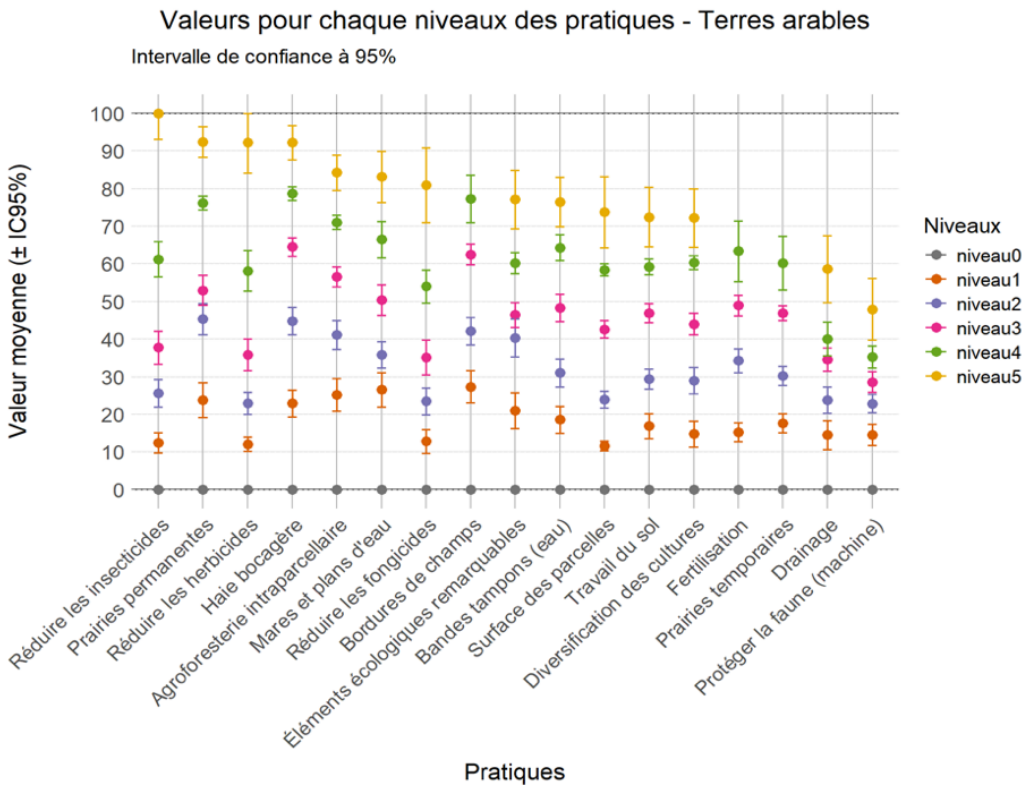


FIGURE 12 - VALEUR MOYENNE ESTIMÉE (± IC 95 %) POUR CHAQUE NIVEAU D'IMPLÉMENTATION (0 À 5) DE CHAQUE PRATIQUE, POUR LE SOCIO-ÉCOSYSTÈME « TERRES ARABLES »..

Exemple de lecture : Sur ce graphique on voit la valeur attribuée à chaque niveau (point) ainsi que la précision de cette valeur, ainsi que la précision de cette valeur grâce aux intervalles de confiance (traits autour du point). Plus la précision est resserrée plus la valeur est fiable, si plusieurs intervalles de confiance se recoupent les niveaux ne sont pas réellement discernables.

On constate que certains petits niveaux de « moins bonnes » pratiques dépassent ceux de « meilleures pratiques ».

On peut discerner quelles mesures sont les plus efficaces en fonction du niveau de détail de mise en œuvre de la pratique.

Ici, imaginons que l'on ait les moyens (humain / financier) pour le premier niveau de « Mares et plans d'eau » ou le premier niveau de « Réduire les insecticides » il est plus intéressant pour la biodiversité de réaliser celui de « Mares et plans d'eau ».

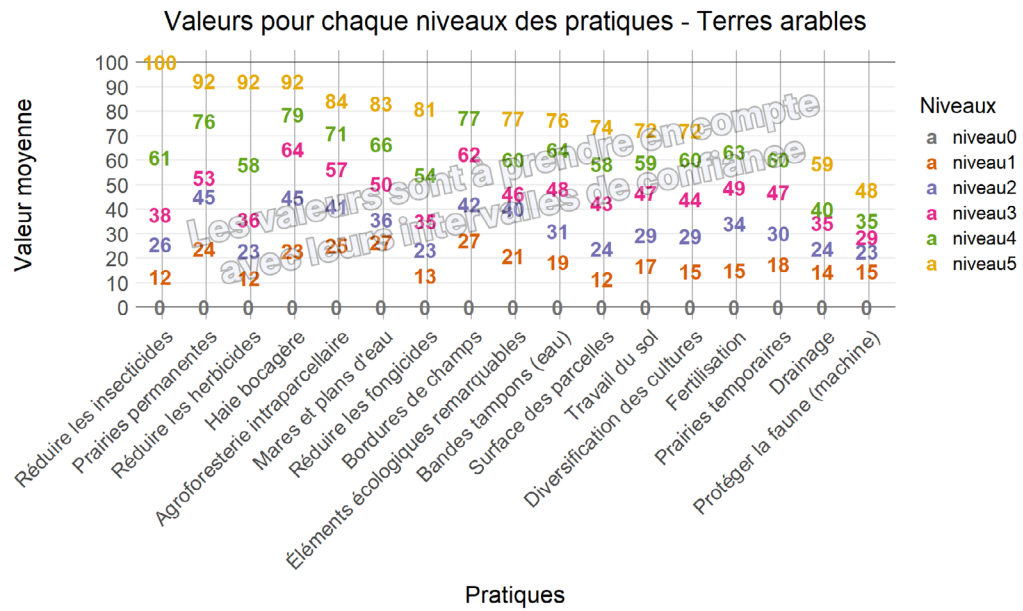


FIGURE 13 - VALEUR MOYENNE POUR CHAQUE NIVEAU D'IMPLÉMENTATION (0 À 5) DE CHAQUE PRATIQUE, POUR LE SOCIO-ÉCOSYSTÈME « TERRES ARABLES » (VOIR TABLEAU 9 EN ANNEXE C POUR LES INTERVALLES DE CFIANCE À 95 %).

Exemple de lecture : La lecture de ces graphiques est à mettre en relation avec les précédents.

Ici on présente directement les valeurs plutôt que les points.

Dans un objectif d'outil d'aide à la décision cette représentation est la plus efficace pour comparer les valeurs.

Les valeurs sont cependant instables et les intervalles de confiance ne doivent pas être négligés.

Ici, imaginons que l'on ait les moyens (humain / financier) pour le premier niveau de « Mares et plans d'eau » ou le premier niveau de « Réduire les insecticides » il est plus intéressant pour la biodiversité de réaliser celui de « Mares et plans d'eau ».



2.4 Validation de la preuve de concept

Les six critères de succès présentés en partie 1.3 permettent de structurer le bilan et d'identifier des axes d'amélioration de la méthode et de son protocole :

Faisabilité de la taxonomie. Deux taxonomies ont été produites, l'une de 16 pratiques pour les «forêts exploitées», l'autre de 17 pratiques pour les «terres arables», toutes deux relues par un comité scientifique et publiées en open access et open source. Ce critère est satisfait – tout en présentant une réserve: la qualité de rédaction des pratiques et de leurs niveaux (simplicité, homogénéisation, comparabilité...) n'est pas encore au niveau requis pour que l'évaluation soit pleinement fluide.

Protocole d'évaluation des pratiques par positionnement relatif. Le parcours principal en trois étapes a été déployé sur la plateforme Puzzling Biodiversity et a démontré sa faisabilité technique. Les retours qualitatifs recueillis auprès des experts ayant complété leur parcours sont majoritairement positifs sur l'ergonomie, tout en soulignant la complexité intrinsèque de l'exercice. La plateforme remplit son rôle.

Intérêt suscité auprès de communautés expertes. Trois webinaires ont mobilisé une fréquentation croissante (jusqu'à une centaine de participants), la campagne a généré 718 visites (visiteurs uniques) et 316 comptes ont été créés. Les présentations conduites tout au long de 2024-2025 dans diverses communautés expertes (groupe «forêt» du Conseil National de la Biodiversité, la Fédération des Parcs Naturels Régionaux, les Conservatoires d'Espaces Naturels, le comité français de l'UICN, etc.) confirment un accueil favorable des communautés techniques et scientifiques. Le critère est là aussi satisfait.

Taux de finalisation des parcours d'évaluation. C'est un point faible identifié de la preuve de concept. Sur 316 comptes créés (certains par des personnes non qualifiées pour répondre), 74 parcours complets ont été produits, dont 68 retenus après tri. Le taux de conversion entre intérêt manifesté et participation effective s'est avéré inférieur aux attentes des membres du programme de recherche PRATIC. Les retours formulés par les participants pointent deux facteurs principaux, au cœur des améliorations à apporter: la lourdeur de l'exercice — en particulier la première étape de positionnement des niveaux — ; la qualité hétérogène de la rédaction des taxonomies.

Robustesse statistique des résultats. Les indicateurs de concordance sont élevés, la différenciation entre certains «blocs» de pratiques est significative, les dissensus sont, pour la plupart, structurés et leurs déterminants peuvent être identifiés (ici en fonction du rapport à la biodiversité). Avec 31 et 37 parcours analysables, les signaux sont clairs: cela valide le potentiel de la méthode. Le critère est satisfait à l'échelle de la preuve de concept, mais l'échantillon est trop faible pour prétendre au statut de «classement de référence».

Utilité opérationnelle pour l'aide à la décision. Cette dimension dépasse le cadre de la preuve de concept, mais les premiers retours sont indicatifs: les classements produits suscitent l'intérêt des gestionnaires, des entreprises et des acteurs publics rencontrés au fil du projet. Le critère sera confirmé ou nuancé lors des prochaines campagnes.

Globalement, la preuve de concept est concluante. La méthode est faisable, elle suscite un intérêt notable, elle produit des signaux robustes. Les limites identifiées sont des chantiers d'amélioration cernés et opérables, non des remises en cause du principe.

En regard de la question de recherche — est-il possible d'établir, à dire d'experts, un classement de référence consensuel des pratiques et de leurs niveaux de mise en œuvre à partir d'un exercice de positionnement relatif selon leurs capacités à engendrer un gain de biodiversité — la preuve de concept apporte une réponse positive de principe: le design expérimental permet de discriminer les pratiques entre elles, d'estimer des gains relatifs et de mettre en évidence des structures de consensus et de dissensus interprétables. Cette réponse reste toutefois à nuancer compte-tenu de la taille de l'échantillon mobilisé: elle valide le potentiel de la méthode, sans permettre encore de produire un classement de référence au sens strict.



Partie 3.

Discussion et perspectives

3.1 Retour sur les postulats

Les quatre postulats de travail énoncés en partie 1.2 peuvent être discutés à la lumière des résultats :

3.1.1 La biodiversité est considérée dans son ensemble

La consigne a été très majoritairement acceptée par les experts et le travail conduit sur cette base. La majorité des experts, bien que pleinement consciente des variabilités de réponses des différentes composantes de la biodiversité, trouvait pertinent de pouvoir répondre à un effet sur la biodiversité dans son ensemble. L'analyse en composantes principales (ACP) a révélé que les conceptions de la biodiversité — en particulier au sens des valeurs IPBES (intrinsèque, instrumentale, relationnelle) — peuvent structurer les évaluations. L'exercice est ainsi appréhendé à travers différentes valeurs, et ces valeurs expliquent une part des dissensus observés. Cette pluralité, mise en évidence par la méthode, constitue un résultat à part entière : au-delà de la recherche d'un consensus, elle permet de caractériser les différences de cadres de référence mobilisés par les experts pour évaluer la biodiversité.

3.1.2 Un projet peut être décomposé en pratiques et celles-ci en niveaux

Les deux taxonomies, estimées par les communautés techniques et scientifiques concernées comme couvrant de manière satisfaisante les actions réalisables, soutiennent cette hypothèse. La structuration en niveaux a été lisible et exploitable. La décomposition d'un projet en pratiques peut être cohérente à l'échelle d'une exploitation (forestière ou agricole) ou d'un espace délimité ; à des échelles plus larges (territoire(s) et politique territoriale ou stratégie d'entreprise), elle reste à éprouver dans des cas d'usage. Cette structuration en niveaux facilite également l'appropriation opérationnelle de la méthode : elle permet de relier l'évaluation à des trajectoires d'amélioration des pratiques et constitue un support directement mobilisable pour l'aide à la décision.

3.1.3 Les pratiques sont indépendantes entre elles (approximation)

Ce postulat simplificateur n'a pas été testé

. Le parcours complémentaire « Interactions entre pratiques » est un axe de recherche à développer. Le nombre de participation est trop faible sur ces parcours pour imposer une influence sur l'ensemble des résultats.

3.1.4 L'effet des pratiques est indépendant du contexte écologique

Ce postulat simplificateur n'a pas été testé. Le parcours complémentaire « Effet du milieu d'implantation » est un axe de recherche à développer. Le nombre de participation est trop faible sur ces parcours pour imposer une influence sur l'ensemble des résultats.

3.2 Limites identifiées

Quatre limites principales se dégagent de cette preuve de concept et structurent les chantiers de la suite :

La qualité de rédaction des taxonomies

Le travail de rédaction a été engagé en parallèle du développement du protocole d'évaluation, sans que l'ensemble des contraintes liées à l'évaluation soit clairement défini. La rédaction qui en est issue, satisfaisante sur le fond, est hétérogène dans la forme : niveau de précision de la rédaction variable d'une pratique à l'autre, structure de phrase inégale, comparabilité parfois difficile. Or, l'exercice demandé aux experts repose précisément sur cette comparabilité. Ce point — apparu au cours de la preuve de concept comme l'un des plus déterminants pour la participation à l'évaluation — appelle un protocole de rédaction plus contraint et une animation renforcée des groupes d'experts praticiens.

La taille de l'échantillon d'évaluateurs

Après tri des participations, 31 et 37 parcours analysables permettent d'identifier des signaux robustes, mais ne suffisent pas à établir un classement de référence représentatif de l'ensemble des communautés d'experts de ces socio-écosystèmes. Il ne s'agit pas d'une limite liée à la qualité des résultats, mais à la représentativité de l'échantillon. Le nombre d'experts nécessaire dépendra du socio-écosystème considéré, mais un effectif d'au moins une centaine de participants offrirait un niveau de confiance plus satisfaisant pour des socio-écosystèmes aussi politisés que la forêt exploitée et l'agriculture.

Le périmètre géographique des évaluateurs

Plus de 80 % des comptes créés et l'essentiel des parcours complétés sont issus de France. Pour des taxonomies relatives à l'Europe occidentale tempérée, une mobilisation européenne plus large est nécessaire.

Les postulats d'indépendance entre pratiques

Ces postulats restent, en l'état, des simplifications appliquées au parcours principal. Les parcours complémentaires, conceptualisés et intégrés à la plateforme, n'ont pas pu être exploités. Leur mise en œuvre effective est un chantier pour la suite.

3.3 Perspectives

La preuve de concept valide la méthode et identifie les chantiers prioritaires de la suite. Six axes structurent le programme pour la phase à venir :

3.3.1 Renforcer le pilotage et le protocole de rédaction des taxonomies

La rédaction des taxonomies constitue, au même titre que le protocole d'évaluation, une composante centrale du dispositif. Elle a cependant été moins formalisée au cours de la preuve de concept et apparaît aujourd'hui comme un chantier prioritaire. Trois actions sont engagées.

L'élaboration d'un protocole formalisé de rédaction

Au-delà du cahier des charges générique déjà établi, ce protocole précisera : la structure-type d'une pratique (énoncé, périmètre, formulation des niveaux, notes informatives), les règles d'homogénéité de rédaction entre pratiques, les exigences de comparabilité, le traitement des éléments quantitatifs (seuils, références temporelles, indicateurs), les principes de gestion des cas spécifiques (pratiques réhibitoires, pratiques conditionnelles). Il intégrera également la possibilité de décliner plusieurs formats de rédaction selon les usages — mise en œuvre, vérification, évaluation — afin d'adapter le niveau de détail et la structuration des pratiques aux objectifs poursuivis.

Une animation renforcée des groupes de travail

Le consortium prendra en charge l'organisation et l'animation des ateliers de rédaction, le suivi des productions intermédiaires, la coordination entre experts techniques et comité scientifique. L'objectif est de garantir la conformité au protocole sans se substituer aux praticiens pour la rédaction des taxonomies.

Une internalisation de la compétence de rédaction

Une personne dédiée à la production des taxonomies, formée au protocole et à la méthode, sera intégrée au consortium.

3.3.2 Élargir la mobilisation des experts

Plusieurs leviers sont envisagés :

- Formalisation institutionnelle des contributions — Une implication institutionnelle formalisée (par exemple via conventions de partenariat ou accords-cadres) permet de renforcer l’engagement effectif des experts, en inscrivant la participation dans un cadre reconnu par leur organisation. Ainsi la contribution est plus effective et moins dépendante de la disponibilité personnelle des experts.
- Ciblage des experts — Un ciblage plus précis des experts spécialistes des grands thèmes abordés dans la taxonomie (unités de recherche, associations, gestionnaires reconnus) est nécessaire. Ce ciblage suppose une cartographie initiale du paysage de l’expertise, en amont de la campagne.
- Déploiement à l’échelle européenne — Un déploiement européen, en s’appuyant sur des unités et laboratoires de recherche en collaboration régulière avec des homologues étrangers, est visé.
- Format des campagnes de recueil — Une réflexion sur le format des campagnes est menée : des vagues plus ciblées, permettant un relationnel plus spécifique avec les répondants, plutôt qu’une campagne unique de longue durée dont l’expérience montre qu’elle mobilise moins.
- Simplification du parcours d’évaluation — Des versions allégées du parcours sont envisagées, permettant de se positionner uniquement, au niveau du classement, des pratiques entre elles, sans repositionner les niveaux de chaque pratique – cela afin de réduire la charge de réponse et limiter les abandons, quitte à accepter une perte d’information au profit d’une meilleure mobilisation.

3.3.3 Exploiter les parcours complémentaires

Les parcours «Interactions entre pratiques» et «Effet du milieu d’implantation» visent à lever les postulats simplificateurs d’indépendance formulés dans le protocole (postulats 3 et 4, cf. 3.1.3 et 3.1.). Leur exploitation suppose un volume de réponses nettement supérieur à celui recueilli lors de la preuve de concept.

3.3.4 Étendre la méthode à de nouveaux socio-écosystèmes

Au-delà des forêts exploitées et des terres arables d’Europe occidentale, plusieurs socio-écosystèmes sont candidats pour les prochaines campagnes. Le choix se fera en lien avec les enjeux portés par les communautés scientifiques, les besoins exprimés par les acteurs (financeurs, gestionnaires, acteurs publics) et la disponibilité d’une base de connaissance suffisante.

3.3.5 Faire essaimer la méthode

La méthode Puzzling Biodiversity a vocation à être reproduite — par d’autres équipes, dans d’autres contextes, sur d’autres socio-écosystèmes — sans que la totalité du déploiement repose sur le consortium initial. Cet essaimage suppose un protocole stabilisé, des outils mis à disposition (cahier des charges de rédaction, plateforme d’évaluation, méthodes statistiques d’analyse), une documentation accessible et un dispositif d’accompagnement initial.

3.3.6 Consolider les méthodes d’agrégation des évaluations

Les prochaines campagnes permettront d’évaluer d’autres modalités d’agrégation, notamment une pondération des réponses par le degré de confiance déclaré ou la prise en compte des structures de dissensus identifiées entre groupes d’experts. L’objectif sera de déterminer si ces approches permettent d’améliorer encore la robustesse des classements de référence.

Conclusion

Cette preuve de concept avait pour objectif de tester si la méthode Puzzling Biodiversity permet d’établir, à dire d’experts, un classement de référence consensuel des pratiques favorables à la biodiversité. Les résultats obtenus sur les deux socio-écosystèmes étudiés y répondent positivement : la chaîne méthodologique — de la taxonomie à l’analyse statistique — s’est révélée robuste, les évaluations recueillies présentent une concordance de valeurs élevée et une structuration claire des consensus comme des dissensus, et la méthode démontre sa capacité à discriminer les pratiques entre elles.

Ces résultats ne constituent cependant pas encore des classements de référence au sens strict : l’effectif d’experts mobilisé, bien que suffisant pour produire des signaux statistiquement robustes, reste trop restreint pour être représentatif de l’ensemble des communautés concernées. Le principal frein identifié à une participation plus large tient à l’hétérogénéité de rédaction des taxonomies, qui complique l’exercice de comparaison demandé aux experts.

Ces constats ouvrent des chantiers précis plutôt qu’ils ne remettent en cause la méthode elle-même : formalisation du protocole de rédaction des taxonomies, élargissement et diversification du panel d’experts, exploitation des parcours complémentaires. Le programme scientifique PRATIC Biodiversity et son volet Puzzling Biodiversity entrent désormais dans une phase de consolidation dont l’objectif est de produire les premiers classements de référence.



Liste des acronymes

PRATIC : Programme de Recherche-ActIon Coopératif (pour la Biodiversité)	IPBES : Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques
MNHN : Muséum national d'Histoire naturelle	ICC : coefficient de corrélation intraclasse
FRB : Fondation pour la recherche sur la biodiversité	ACP : analyse en composantes principales
MOSAIC : Méthodes et Outils pour les Sciences Participatives (unité MNHN — Sorbonne Université)	HCPC : <i>Hierarchical Clustering on Principal Components</i>

Annexes

Annexe A — Comités et contributeurs

Forêts exploitées

Groupe de travail (rédaction de la taxonomie). Biota, EcoTree, France Valley, Fransylva, Le Printemps des Terres, Reforest’Action.

Comité scientifique *ad hoc* (relecture). Nicolas Fanin (INRAE), Marion Vinot-Gosselin (INRAE), Camille Piponiot (CIRAD), Xavier Morin (CNRS), Hervé Jactel (INRAE).

Experts externes consultés sur des points précis. Simon Dufour (Université de Rennes), Laurent Larrieu (INRAE), Victor Mignon (Chambre d’agriculture des Landes), Noémie Havet (CNPf).

Terres arables

Groupe de travail (rédaction de la taxonomie). Biota, Kering, Noé, Pernod Ricard, Reforest’Action.

Comité scientifique *ad hoc* (relecture). Damien Beillouin (CIRAD), Clélia Sirami (INRAE), Sabrina Gaba (INRAE), Aude Vialatte (INRAE), Daniel Cluzeau (CNRS).

Experts externes consultés sur des points précis. Hélène Gross (ACTA), Michel Busch et Stéphane Galais (Confédération Paysanne), Baptiste Briand, Emmanuel Leveugle et Nelly Le Corre Gabens (FNSEA), Comité d’experts BiodivLabel, Xavier Aubin (Vivescia), Christian Dupraz, Marie Gosme, Delphine Burger-Leenhardt, Claire Wittling, Pascal Carrere, Audrey Alignier, Christian Bockstaller, Jean-Noël Aubertot et Romain Escassut-Nandillon (INRAE), Victor Dupuy (SNPN), Fabienne Launay et Noémie Bataille (Idele), Didier Alard (Université de Bordeaux), Gaëtan Gotanègre, Romuald Marandet et Jérôme Millet (OFB), David Forissier (Syndicat interdépartemental du Sage de la Nonette), François Prud’homme (CBNPMP), Richard Lambert (Institut catholique de Louvain), Jean-Roger Estrade (AgroParisTech), Pierrick Priault (Université de Lorraine), Nicolas Marron (INRAE), Sandrine Emeriau (Réseau Haie).



Annexe B – Mobilisation des experts : canaux et calendrier

Canaux de diffusion

- Sites web des partenaires (FRB, MNHN, Carbone 4) et réseaux sociaux (LinkedIn, BlueSky).
- Listes de diffusion scientifiques: SFEcodiff (Société française d’écologie et d’évolution), EvolFrance (biologie évolutive), Géotamtam (géographie francophone).
- Réseaux d’experts FRB (environ 5 000 contacts dans la recherche, le secteur public, le secteur économique, le tissu associatif).
- Réseaux forestiers: Association française d’agroforesterie, Forest Stewardship Council, société coopérative et participative Agroof.
- Réseaux agricoles: Agroscope, GIS REVALIM, Chambres d’agriculture France, infrastructure de recherche AgroBRC-RARe, Pesticide Action Network Europe.
- Réseaux mixtes: Ministère chargé de l’Agriculture, Académie d’agriculture, Conservatoires d’espaces naturels (CEN), Fédération des Parcs naturels régionaux de France (FPNRF), Comité français de l’UICN, projet Horizon Europe «BioAgora», partenariat européen Biodiversa+, réseau GEO-BON Europe, Agence française du développement (AFD), France nature environnement (FNE).
- Réseaux d’entreprises: Entreprises pour l’environnement (EpE), Caisse des dépôts (CDC), CDC-Biodiversité, Mouvement des entreprises de France (Medef), Association des grandes entreprises françaises (Afed), Aéroports de Paris (ADP), projet Horizon Europe «Bio-Capital».
- Présentations dans des événements thématiques (Groupe forêt du Comité national biodiversité (CNB), Fédération des parcs naturels régionaux de France (FPNRF), congrès des CEN, comité français de l’UICN, etc.) tout au long de 2024 et 2025.
- Trois webinaires en amont de la campagne (deux en français, un en anglais), enregistrés et accessibles sur la chaîne YouTube de la FRB.

Calendrier de communication

- Fin janvier 2025 — annonce des webinaires; fréquentation croissante (jusqu’à environ 100 participants pour le dernier).
- 28 avril 2025 — pré-annonce de l’ouverture de la plateforme aux experts identifiés.
- 19 mai 2025 — ouverture officielle de la campagne d’évaluation.
- Mi-juin 2025 — communication de mi-parcours.
- Fin juin 2025 — relance ciblée auprès des experts ayant entamé un parcours, proposition de prolongation d’une semaine, largement acceptée.
- 7 juillet 2025 — clôture définitive de la campagne.

Annexe C – Méthode statistique

C.1 Préparation des données

Principe de la transformation

Les données traitées dans cette section sont celles de l'étape 2 du parcours principal, réajustées par le curseur de l'étape 3 — c'est-à-dire des valeurs comprises entre la hauteur du curseur k et 100 pour chaque participant. On distingue les *données brutes* (avant transformation) des *données nettes* (après transformation).

Pour chaque participation complète, la valeur de chaque pratique est calculée à partir de la position relative P_i obtenue en étape 2 ($P_i \in [0; 1]$) et de la valeur du curseur d'étape 3 ($k \in [0; 1]$). La pratique jugée la plus favorable vaut 100; la moins favorable vaut k .

P_{ik} — valeur de la pratique i intégrant le curseur k :

$$P_{ik} = (k + (1 - k) \times P_i) \times 100$$

Un curseur k fortement remonté par un participant n'indique pas nécessairement que toutes les pratiques sont jugées très favorables, mais qu'elles sont perçues

comme équivalentes entre elles. À l'inverse, un curseur fortement abaissé traduit une discrimination marquée entre pratiques. Pour neutraliser cet effet d'échelle individuelle, les données sont transformées comme si chaque participant avait eu 100 points à répartir entre les pratiques:

$$P_{i.net} = (P_i \div \sum P_i) \times 100, \text{ avec } \sum P_{i.net} = 100$$

Trois séries de tests statistiques ont été menées pour vérifier que cette transformation améliore la qualité du jeu de données sans en altérer la structure ni en perdre l'information, en comparant systématiquement les données brutes (calculées sur $P_i \in [k; 100]$) et les données nettes ($\sum P_{i.net} = 100$).

Effet sur la structure des données

Le test de Mantel évalue si la structure multivariée est conservée, c'est-à-dire si le positionnement relatif d'un participant par rapport aux autres reste le même avant et après transformation. Le coefficient RV apporte une information équivalente, mais portée sur la structure entre variables (ici, les pratiques).

Socio-écosystème	R de Mantel	p.value Mantel	RV	p.value RV
Forêts exploitées	0.97	0.001	0.86	0.001
Terres arables	0.97	0.001	0.86	0.001

Un R de Mantel supérieur à 0,9 indique une structure des individus quasi identique; un coefficient RV entre 0,8 et 0,9 indique une très forte similarité entre les structures de variables. Les p-values confirment la significativité de ces résultats. La transformation ne modifie donc pas l'information structurelle du jeu de données.

Effet sur la stabilité statistique

Quatre critères sont examinés : la normalité multivariée, la normalité univariée (pratique par pratique), l'asymétrie (skewness) et l'aplatissement de la distribution (kurtosis). La normalité multivariée est testée par le test de Henze-Zirkler, recommandé pour sa puissance de détection en dimensions élevées ; la normalité univariée par le test d'Anderson-Darling, plus sensible que le test de Shapiro-Wilk aux écarts dans les queues de distribution.

Test	Forêts exploitées		Terres arables	
	Brutes	Nettes	Brutes	Nettes
Stat mvn	1.003	1.034	1	1.014
p.value	<0.001	0<0.001001	0.027	<0.001
Conclusion	Not normal	Not normal	Not normal	Not normal

Les données, avant comme après transformation, ne suivent pas une loi normale en analyse multivariée — un résultat fréquent pour des jeux de données issus de l'observation du réel, notamment en écologie et en sciences sociales.

En revanche, la normalité **univariée** (pratique par pratique) s'améliore nettement après transformation : le nombre de pratiques suivant une distribution normale passe de 4 à 11 sur 16 pour les forêts exploitées, et de 7 à 12 sur 17 pour les terres arables.

Forêts exploitées			Terres arables		
Pratiques	Brutes	Nettes	Pratiques	Brutes	Nettes
Réseau de mares	✗ Not normal	✓ Normal	Réduire les fongicides	✗ Not normal	✓ Normal
Lisières forestières	✗ Not normal	✓ Normal	Bandes tampons (eau)	✗ Not normal	✓ Normal
Milieux ouverts	✓ Normal	✓ Normal	Agroforesterie intraparcellaire	✓ Normal	✓ Normal
Dendromicrohabitats	✗ Not normal	✓ Normal	Diversification des cultures	✓ Normal	✓ Normal
Engins forestiers	✓ Normal	✓ Normal	Réduire les insecticides	✗ Not normal	✗ Not normal
Régénération naturelle	✗ Not normal	✓ Normal	Protéger la faune (machine)	✓ Normal	✓ Normal
Equilibre sylvo-cynégétique	✗ Not normal	✗ Not normal	Drainage	✗ Not normal	✓ Normal
Diversification des essences	✗ Not normal	✓ Normal	Bordures de champs	✓ Normal	✓ Normal
Ripisylves	✓ Normal	✗ Not normal	Prairies permanentes	✗ Not normal	✗ Not normal
Bois vivant	✗ Not normal	✓ Normal	Fertilisation	✓ Normal	✗ Not normal
Strates forestières	✗ Not normal	✗ Not normal	Travail du sol	✓ Normal	✓ Normal
Adaptation des essences	✓ Normal	✓ Normal	Surface des parcelles	✗ Not normal	✓ Normal
Fertilité des sols	✗ Not normal	✗ Not normal	Prairies temporaires	✓ Normal	✓ Normal
Bois mort	✗ Not normal	✓ Normal	Réduire les herbicides	✗ Not normal	✓ Normal
Îlots de libre-évolution	✗ Not normal	✗ Not normal	Réduire les herbicides	✗ Not normal	✗ Not normal
Zones humides	✗ Not normal	✓ Normal	Mares et plans d'eau	✗ Not normal	✗ Not normal
			Éléments écologiques remarquables	✗ Not normal	✓ Normal
Total normal	4	11		7	12

L'asymétrie et le kurtosis sont également examinés, à partir des quartiles calculés sur l'ensemble des pratiques :

Test	Forêts exploitées							
	Brutes				Nettes			
	1 ^{er} Q	Médiane	Moyenne	3 ^e Q	1 ^{er} Q	Médiane	Moyenne	3 ^e Q
Asymétrie	0.690	1.020	1.044	1.180	0.294	0.581	0.764	1.069
Kurtosis	2.772	3.574	4.011	4.090	3.475	3.933	4.577	4.577

Test	Terres arables							
	Brutes				Nettes			
	1 ^{er} Q	Médiane	Moyenne	3 ^e Q	1 ^{er} Q	Médiane	Moyenne	3 ^e Q
Asymétrie	0.284	0.632	0.689	0.996	0.261	0.468	0.479	0.708
Kurtosis	2.060	2.863	3.066	3.541	2.740	3.124	3.423	3.692

L'asymétrie se recentre autour de 0 après transformation, ce qui traduit des distributions plus symétriques. Le kurtosis reste globalement élevé, y compris après transformation — un effet mécanique attendu, la transformation ayant tendance à accentuer les positions extrêmes. Les répondants dont les évaluations se situent systématiquement en dehors de la répartition générale font l'objet d'un examen spécifique lors du tri des participations (cf. C.2).

Effet sur le bruit résiduel

L'ACP recherche la configuration qui capture le plus de variance réelle en un minimum d'axes; les deux premiers axes sont ceux qui en captent le plus. Le bruit, par nature, augmente la variance totale sans lui donner de direction privilégiée: il se répartit de façon diffuse sur l'ensemble des axes plutôt que de se concentrer sur les premiers. Si la part de variance expliquée par les deux premiers axes augmente après transformation, cela signale donc une réduction de la part de variance non structurée, c'est-à-dire du bruit.

Variance expliquée (ACP)	Forêts exploitées		Terres arables	
	Brutes	Nettes	Brutes	Nettes
Axe 1	24.92	27.50	23.15	27.95
Axe 2	17.99	23.75	17.38	13.38
Somme	42.91	51.25	40.53	41.33

Pour les forêts exploitées, la transformation augmente nettement la variance expliquée par les deux premiers axes, ce qui indique une réduction significative du bruit et fait ressortir deux structures cohérentes dans les données. Pour les terres arables, l'amélioration est

plus modérée: l'axe 1 progresse nettement tandis que l'axe 2 diminue, ce qui suggère que la transformation renforce la structure principale tout en réduisant une part de variance secondaire, probablement liée au bruit.

Conclusion

Sur les trois critères examinés — conservation de la structure, stabilité statistique et réduction du bruit —, la transformation améliore la qualité du jeu de données sans en altérer l'information. Les données transformées (nettes) sont retenues pour l'ensemble des analyses présentées dans ce document.

C.2 Tri sur la qualité des participations

Deux critères sont mobilisés.

Soin effectif dans l'exercice. On calcule la corrélation entre l'ordre initial des pratiques (propre à chaque expert) et l'ordre rendu en étape 2. Si l'expert se contente de modifier l'ordre de quelques pratiques sur l'axe, l'ordre rendu est fortement corrélé à l'ordre initial. Le seuil de 0,4 est calibré par simulation (100 000 tirages aléatoires de listes de 16 ou 17 items): une corrélation supérieure à 0,4 est observée par hasard dans moins de 5 % des cas si l'expert a effectivement reclassé toutes les pratiques. Au-delà de ce seuil, la participation est examinée et écartée si elle apparaît effectivement douteuse.

Cohérence des évaluations - Excentricité des réponses. Pour chaque expert, on calcule, pour chaque pratique, l'écart entre sa réponse et la moyenne des réponses des autres experts, divisé par l'écart-type de ces réponses, élevé au carré, puis sommé sur l'ensemble des pratiques. On définit un seuil à $Q3 + 1,5 \times IQR$ (où Q3 est le troisième quartile et IQR l'écart interquartile), au-delà duquel les participations excentriques sont mises en évidence et examinées. Un parcours pour les forêts exploitées et deux pour les terres arables ont ainsi été écartés; un même expert apparaissait dans les deux, ce qui suggère une mécompréhension de l'exercice.

Sont également écartées les participations pour lesquelles plus de la moitié des pratiques ont été retirées par l'expert.



C.3 Indicateurs de concordance

Coefficient de corrélation intraclasse (ICC). Mesure la similarité des valeurs attribuées à un même item par les évaluateurs. Seuils d'interprétation usuels: < 0,50 mauvais, 0,50–0,75 modéré, 0,75–0,90 bon, > 0,90 excellent.

W de Kendall. Mesure la concordance des rangs. Seuils usuels: 0–0,10 mauvais, 0,10–0,30 faible, 0,30–0,50 modéré, 0,50–0,70 bon, > 0,70 fort.

Ces deux indicateurs ne se calculent pas sur des jeux comportant des données manquantes. Pour éviter les biais d'imputation, les indicateurs sont calculés sous quatre conditions: imputation par la moyenne, imputation par k-NN, imputation par ACP, et imputation aléatoire avec 100 000 répétitions (intervalle de confiance entre les 2,5 % et les 97,5 %). La stabilité des valeurs sous imputation aléatoire renseigne sur la robustesse intrinsèque du résultat.

Les résultats observés sur les deux socio-écosystèmes montrent un ICC élevé et stable, et un Kendall W faible. Les évaluations sont concordantes en valeur mais non en rang strict.

Seuils d'interprétation :

- ICC — < 0,50 mauvais, 0,50–0,75 modéré, 0,75–0,90 bon, > 0,90 excellent (Koo, T. K., & Li, M. Y., 2016. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. Journal of Chiropractic Medicine, 15(2), 155-163).
- Kendall W — 0–0,10 mauvais, 0,10–0,30 faible, 0,30–0,50 modéré, 0,50–0,70 bon, > 0,70 fort (grille de lecture retenue par le consortium, adaptée à un exercice de positionnement relatif en sciences sociales mobilisant un nombre restreint d'évaluateurs — environ 35 — et d'items — 17).

Résultats:

- Forêts exploitées

TABLE 5 - RÉSULTATS DES ICC ET KENDALL W POUR FORÊTS EXPLOITÉES.

Methode d'imputation	ICC	p_value_ICC	Kendall_W	p_value_Kendall
Moyenne	0.84	1.40e-11	0.01	1.00e+00
kNN	0.83	1.29e-10	0.01	1.00e+00
PCA	0.83	2.08e-10	0.01	1.00e+00
Aléatoire (2.5%)	0.67		0.01	
Aléatoire (97.5%)	0.80		0.03	

- Terres arables :

TABLE 6 - RÉSULTATS DES ICC ET KENDALL W POUR TERRES ARABLES

Methode d'imputation	ICC	p_value_ICC	Kendall_W	p_value_Kendall
Moyenne	0.94	3.53e-37	0.01	1.00e+00
kNN	0.94	1.78e-36	0.01	1.00e+00
PCA	0.94	26e-37	0.01	1.00e+00
Aléatoire (2.5%)	0.87		0.01	
Aléatoire (97.5%)	0.92		0.02	

TABLE 7 - EXEMPLE D'UNE STRUCTURE DE RÉPONSE EN BLOCS

Exemple illustratif : Ordre des pratiques et valeurs associées – bon ICC / mauvais Kendall W									
User1	A 16	B 14.5	C 14	D 9	E 8.5	F 7.5	G 4	H 3.5	I 2
User2	B 14.5	C 14	A 13.5	E 8.5	D 8	F 7	I 3.5	H 3	G 2.5
User3	A 15	C 13	B 13.5	F 8	D 7.5	E 7	G 4	I 3	H 2.5

C.4 Modèle linéaire mixte (fonction lmer)

Pour identifier les pratiques significativement différentes en termes de valeurs attribuées, un modèle linéaire mixte est appliqué. L'expert est modélisé comme effet aléatoire, la pratique comme effet fixe. Les comparaisons par paires identifient les blocs de pratiques pour lesquelles l'absence de différence significative n'est pas rejetée. Le résultat est représenté par un code lettre : deux pratiques partagent une lettre si leur différence n'est pas significative ; deux pratiques sans lettre commune sont significativement distinctes.

Pour les forêts exploitées, le modèle identifie trois à quatre blocs avec des recouvrements importants entre les pratiques les plus favorables. Pour les terres arables, davantage de blocs sont identifiés et la différenciation est plus marquée.

C.5 Représentation des consensus sur les valeurs des pratiques

Pour chaque pratique, la distribution des valeurs attribuées par les experts est représentée par un diagramme en violon, accompagné de trois indicateurs de tendance centrale (moyenne, médiane, mode arrondi à l'entier le plus proche) et d'un indicateur de dispersion (écart-type). La convergence des trois indicateurs et un écart-type faible signalent une pratique consensuelle. Une distribution étalée ou bimodale, ou des indicateurs éloignés, signalent un dissensus.

C.6 Analyse en composantes principales et clustering

Les évaluations sont analysées par ACP. L'imputation des données manquantes utilise la méthode MissMDA, qui préserve la structure multivariée des données. Les axes principaux identifient les pratiques dont les évaluations varient de manière dépendante.

Un clustering HCPC (hiérarchique sur les composantes principales) est effectué sur les coordonnées des experts dans l'ACP. Les clusters sont caractérisés par les modalités du questionnaire d'inscription qui y sont sur- ou sous-représentées par rapport à la distribution globale.

Pour chaque pratique, on calcule la variance intra-cluster (moyenne pondérée par l'effectif de chaque cluster) et la variance inter-cluster (entre les moyennes des clusters). Le ratio variance inter / variance intra indique la part de variance des évaluations expliquée par les clusters. Combiné à la variance initiale, ce ratio permet de classer les pratiques en quatre catégories : consensuelles (variance basse) ; en dissensus structuré (variance haute, ratio élevé) ; en dissensus résiduel (variance haute, ratio faible) ; moyennement bien estimées (intermédiaires).

Pour les terres arables, le clustering est de bonne qualité (indicateur silhouette satisfaisant pour trois clusters, séparation supplémentaire du cluster majoritaire en deux sous-groupes). La première dimension de l'ACP explique 24 % de la variance et oppose les évaluations d'un cluster majoritaire (25 experts) à celles de deux clusters minoritaires (5 et 7 experts). Pour les forêts exploitées, le clustering n'est pas significatif : le bruit résiduel n'est pas expliqué par les modalités du questionnaire, ce qui appelle un examen au cas par cas (qualité de la rédaction, état de la connaissance).

Les variables du questionnaire sont utilisées dans l'analyse statistique pour caractériser les clusters d'experts identifiés à l'ACP (cf. D.6).

C.7 Valeur des pratiques

TABLE 8 - VALEUR MOYENNE (± IC 95 %) ATTRIBUÉE À CHAQUE NIVEAU D'IMPLÉMENTATION (0 À 5) POUR CHAQUE PRATIQUE, EN FORÊTS EXPLOITÉES.

Pratiques	Niv. 0	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Niveau 5
Îlots de libre-évolution	0	18 € [14; 23]	35 € [30; 40]	56 € [51; 61]	80 € [77; 83]	100 € [92; 100]
Diversification des essences	0	14 € [11; 18]	38 € [34; 43]	60 € [56; 65]	79 € [75; 82]	94 € [87; 100]
Bois mort	0	34 € [29; 38]	53 € [49; 58]	74 € [70; 78]	94 € [86; 100]	
Zones humides	0	38 € [31; 45]	50 € [44; 55]	72 € [68; 76]	93 € [85; 100]	
Dendromicrohabitats	0	15 € [13; 17]	32 € [29; 36]	54 € [50; 57]	74 € [70; 77]	92 € [82; 100]
Strates forestières	0	25 € [21; 30]	48 € [44; 52]	70 € [66; 74]	89 € [84; 95]	
Régénération naturelle	0	23 € [18; 28]	41 € [37; 45]	59 € [55; 63]	75 € [73; 78]	88 € [82; 95]
Réseau de mares	0	31 € [25; 37]	38 € [33; 43]	46 € [41; 50]	62 € [56; 68]	87 € [79; 95]
Lisières forestières	0	25 € [19; 30]	40 € [36; 45]	53 € [50; 56]	64 € [60; 67]	86 € [80; 92]
Milieux ouverts	0	23 € [17; 28]	35 € [30; 39]	54 € [50; 58]	67 € [63; 72]	85 € [78; 93]
Ripisylves	0	29 € [25; 34]	44 € [40; 48]	62 € [58; 66]	84 € [77; 91]	
Bois vivant	0	25 € [20; 30]	42 € [37; 46]	66 € [63; 68]	84 € [72; 95]	
Fertilité des sols	0	20 € [16; 25]	33 € [28; 37]	43 € [39; 48]	58 € [54; 63]	80 € [71; 90]
Équilibre sylvo-cynégétique	0	26 € [20; 31]	38 € [34; 43]	50 € [45; 54]	71 € [62; 80]	
Engins forestiers	0	23 € [18; 29]	30 € [26; 34]	51 € [47; 54]	53 € [49; 57]	70 € [60; 80]
Adaptation des essences	0	17 € [13; 21]	29 € [25; 33]	42 € [39; 46]	57 € [55; 59]	68 € [61; 76]

TABLE 9 - VALEUR MOYENNE (± IC 95 %) ATTRIBUÉE À CHAQUE NIVEAU D'IMPLÉMENTATION (0 À 5) POUR CHAQUE PRATIQUE, POUR LE SOCIO-ÉCOSYSTÈME « TERRES ARABLES ».

Pratiques	Niv. 0	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Niveau 5
Réduire les insecticides	0	12 € [10; 15]	26 € [22; 29]	38 € [33; 42]	61 € [57; 66]	100 € [93; 100]
Prairies permanentes	0	24 € [19; 28]	45 € [41; 49]	53 € [49; 57]	76 € [74; 78]	92 € [88; 97]
Réduire les herbicides	0	12 € [10; 14]	23 € [20; 26]	36 € [32; 40]	58 € [53; 64]	92 € [84; 100]
Haie bocagère	0	23 € [19; 26]	45 € [41; 48]	64 € [62; 67]	79 € [77; 80]	92 € [88; 97]
Agroforesterie intraparcellaire	0	25 € [21; 30]	41 € [37; 45]	57 € [54; 59]	71 € [69; 73]	84 € [80; 89]
Mares et plans d’eau	0	27 € [22; 31]	36 € [32; 39]	50 € [46; 54]	66 € [62; 71]	83 € [76; 90]
Réduire les fongicides	0	13 € [10; 16]	23 € [20; 27]	35 € [31; 40]	54 € [50; 58]	81 € [71; 91]
Bordures de champs	0	27 € [23; 32]	42 € [38; 46]	62 € [60; 65]	77 € [71; 84]	
Éléments écologiques remarquables	0	21 € [16; 26]	40 € [35; 45]	46 € [43; 50]	60 € [57; 63]	77 € [69; 85]
Bandes tampons (eau)	0	19 € [15; 22]	31 € [27; 35]	48 € [45; 52]	64 € [61; 68]	76 € [70; 83]
Surface des parcelles	0	12 € [10; 13]	24 € [22; 26]	43 € [40; 45]	58 € [57; 60]	74 € [64; 83]
Travail du sol	0	17 € [14; 20]]	29 € [27; 32]	47 € [44; 49]	59 € [57; 61]	72 € [64; 80]
Diversification des cultures	0	15 € [11; 18]	29 € [25; 32]	44 € [41; 47]	60 € [59; 62]	72 € [64; 80]
Fertilisation	0	15 € [13; 18]	34 € [31; 37]	49 € [46; 52]	63 € [55; 71]	
Prairies temporaires	0	18 € [15; 20]	30 € [28; 33]	47 € [45; 49]	60 € [53; 67]	
Drainage	0	14 € [11; 18]	24 € [20; 27]	35 € [31; 38]	40 € [35; 45]	59 € [50; 67]
Protéger la faune (machine)	0	15 € [12; 17]	23 € [20; 25]	29 € [26; 31]	35 € [32; 38]	48 € [40; 56]

Annexe D — Taxonomies complètes (documents téléchargeables)

Les versions complètes des deux taxonomies — pratiques et niveaux détaillés, notes informatives, pré-requis pour les forêts exploitées — font l'objet de documents téléchargeables sur la plateforme web Puzzling Biodiversity - <https://www.puzzling-biodiversity.org/fr/>

- Taxonomie «Forêts exploitées d'Europe occidentale sous climat tempéré» — version 2025.
- Taxonomie «Terres arables d'Europe occidentale sous climat tempéré» — version 2025.



Citation : Thévenard, F., Dupuis, L., Gaboriau, M., Julliard, R., Fontaine, C., Pivin, A., Delavaud, A., Jacq, U., Soubelet, H. (2026). Synthétiser l’expertise pour identifier les pratiques favorables à la biodiversité. Preuve de concept : application aux socio-écosystèmes « Forêts exploitées » et « Terres arables ». Coll. Expertise et synthèse. Fondation pour la recherche sur la biodiversité, Paris, France : 54 pages.

Coordination de la rédaction : Aurélie DELAUAUD (FRB), Matthias GABORIAU (FRB), Urielle JACQ (MNHN), Flavie THEVENARD (MNHN), Romain JULLIARD (MNHN)

Relectures : Pauline COULOMB (FRB), Colin FONTAINE (CNRS), Fanny LAVASTROU (FRB), Arthur PIVIN (PRATIC Biodiversity), Hélène SOUBELET (FRB)

Remerciements : Flore BASTELICA (Carbone 4), Romain FRELAT (FRB), Thy-Pha PHAM (MNHN), les chercheuses et les chercheurs qui se sont prêtés aux tests de la plateforme Puzzling Biodiversity avant son ouverture publique, les experts qui se sont engagés dans les évaluations sur la plateforme, toutes les personnes qui ont accompagné le projet depuis son origine. Ce programme de recherche a bénéficié du mécénat du Fonds de dotation *Muséum pour la Planète*, grâce aux soutiens de Kering, de l’Organization for *Biodiversity Certificates*, d’AXA, Vinci Construction, de l’Occitane en Provence et de Natran.

Direction de la publication :
Pour la FRB : Hélène SOUBELET
Pour le MNHN : Romain JULLIARD

Crédits photographiques : ©NicolasDubois

Graphisme : François Junot
Mise en page : Marie Cellard

© FRB 2026

ISBN pdf: 979-10-91015-81-3

On assiste à un besoin croissant d'outils permettant d'évaluer de manière transparente et opérationnelle l'incidence des actions anthropiques sur la biodiversité. La méthode « Puzzling Biodiversity » propose une approche à dire d'experts, distincte des méthodes de mesure directe ou de modélisation les plus courantes.

Cette méthode s'intéresse aux écosystèmes inscrits dans des trajectoires de gestion et/ou exploités par les humains : ce n'est pas directement leur état écologique qui est évalué, mais comment l'état de la biodiversité dépend des pratiques de gestion qui s'y déploient.

Développée dans le « Programme de Recherche-Action Coopératif pour la biodiversité », cette méthode a réuni les forces de la Fondation pour la recherche sur la biodiversité, du Muséum national d'Histoire naturelle et de l'entreprise Carbone 4.

Carbone 4 accompagne la transformation des organisations vers la décarbonation, l'adaptation au changement climatique et la préservation de la biodiversité. Carbone 4 a développé une expertise approfondie des enjeux propres aux différentes composantes de l'économie à travers ses activités de conseil, de production de données, de formation et de sensibilisation.

Synergie unique au monde entre recherche, expertise, collections, enseignement et diffusion des connaissances, le Muséum se consacre quotidiennement à la nature et à ses relations avec l'espèce humaine. Au carrefour des sciences de la Terre, de la Vie et de l'Homme, le Muséum allie l'épopée historique de la connaissance, la science au cœur de la société, le partage des savoirs et la préservation de la nature.

Fondation de coopération scientifique, la Fondation pour la recherche sur la biodiversité a pour mission de favoriser les activités de recherche sur la biodiversité en lien avec les acteurs de la société. Son centre de recherche, le Cesab, concentre les activités de pointe de synthèse de données et de connaissances. La Fondation réunit aussi une Assemblée des parties prenantes pour intégrer les enjeux des acteurs et co-construire des projets de recherche. Enfin, elle est associée aux grandes négociations internationales sur l'avenir environnemental. Susciter l'innovation, développer et soutenir des projets, diffuser les connaissances et mobiliser l'expertise sont au cœur de ses actions.

Fondation pour la recherche sur la biodiversité (FRB)
195, rue Saint-Jacques 75005 Paris
www.fondationbiodiversite.fr
@FRBiodiv



Membres Fondateurs de la FRB

