

➤ Ampli Gamma

Aménagement des paysages et multi-diversité gamma –

Métaprogramme BIOSEFAIR

Bilan de projet : 2021 – 2024

Août 2024

Dans un contexte global de perte et de fragmentation des habitats naturels, de changements d'usages des sols et des pratiques de gestion, le consortium a abordé la question suivante : Quel est le lien entre hétérogénéité de composition et de configuration de la mosaïque paysagère et diversité spécifique et fonctionnelle multi-taxonomique à différentes échelles spatiales ?

Cette question est centrale pour comprendre et analyser le rôle des types de gestion sur la biodiversité dans nos paysages anthropisés, et proposer des modes d'organisation du paysage plus favorables à la biodiversité.

Pour faire un état de l'art sur cette question, **une revue systématique sur la relation entre hétérogénéité paysagère et biodiversité**, respectant les standards en vigueur a été réalisée. Les objectifs de cette revue sont les suivants :

- (1) explorer et analyser à partir de résultats d'études empiriques de terrain la relation entre hétérogénéité du paysage et diversité (relation HD), en axant sur la nature de la relation (positive, négative, en courbe en cloche) ;
- (2) analyser quels sont les facteurs de l'étude, qu'ils soient d'ordre méthodologique (ex. qualité du plan d'échantillonnage, taille de l'échantillon) ou écologique (contexte paysager de l'étude, type d'hétérogénéité, niveau de biodiversité analysé) qui peuvent expliquer la variabilité de cette relation ;

(3) identifier les lacunes de connaissances qui subsistent, notamment en termes de contextes paysagers, d'indicateurs de biodiversité, de groupes taxonomiques, d'échelle de mesure de la biodiversité ou de biomes.

Les résultats indiquent que la plupart des facteurs d'étude (méthodologique et écologique) contribuent à expliquer la variabilité de la relation hétérogénéité-diversité.

Résultats détaillés

La revue systématique respecte les recommandations de la méthode PRISMA (définition de la question de recherche ; application des critères PICOC ; critères d'éligibilité lors de la sélection des études et équation de recherche ; évaluation de la phase de tri ; extraction des données relatives à certaines variables définies en amont ; analyse des biais).

Les articles recherchés répondent aux critères PICOC suivants :

- La population (P) est l'ensemble des plantes et des animaux des écosystèmes terrestres et d'eaux douces ;
- Les interventions (I) et le comparateur (C) (aussi appelés témoin et traitement) incluent des indices de biodiversité dans des paysages complexes ou hétérogènes vs. des paysages simples ou homogènes ;
- Le résultat (outcome, O) comprend des indices de biodiversité tels que la richesse, l'abondance, la diversité taxonomique ou fonctionnelle, ou d'autres indices dès lors que l'indice caractérise la communauté ou une partie de la communauté ;
- Le contexte (C) inclut des études réalisées dans tous les types de paysages (agricoles, forestiers, aquatiques, urbains, mixtes), contenant des données d'observations sur le terrain et menées en Europe.

La recherche des références a été effectuée exclusivement sur le WoS au moyen d'une équation de recherche constituée d'une combinaison de mots-clés.

L'équation de recherche a permis de sélectionner 2605 références (liste arrêtée au 23/02/2024). Ces références ont ensuite été triées en respectant un protocole de tri sous Rayyan, une application web gratuite permettant d'inclure ou exclure des références, en collaboration avec d'autres internautes, en aveugle, en consultant le titre, le résumé, les mots-clés associés et, si besoin, l'article complet. La phase de tri a été suivie par une phase d'extraction des données de chaque article en respectant un protocole d'extraction. L'extraction des données a consisté à relever pour chaque relation HD analysé dans un article 26 caractéristiques méthodologiques (emprise de l'étude, taille d'échantillon...) ou écologiques (indices d'hétérogénéité, niveau de diversité, groupes taxonomiques...). Pour vérifier le degré de reproductibilité de notre protocole de tri, nous avons analysé le taux d'erreur d'assignation des articles à partir d'un même échantillon de 100 articles triés par 6 opérateurs différents, en calculant l'indice Kappa de Fleiss. Le degré d'accord entre observateurs a été jugé très satisfaisant puisque l'indice Kappa de Fleiss obtenu s'élève à 0,704.

Les deux phases de tri et d'extraction appliquées successivement ont abouti à sélectionner 159 références et 3523 résultats élémentaires (chaque relation HD analysé dans un article correspond à un résultat élémentaire).

Après vérification, harmonisation et codage (ou recodage) des 26 variables, nous avons regardé en premier lieu la distribution des données (au niveau résultat élémentaire ou article). Ensuite, nous avons testé si les caractéristiques méthodologiques et écologiques des études élémentaires pouvaient influencer sur la significativité ou la non significativité de la relation HD, au moyen d'une régression logistique multiple et en appliquant une pondération des données par le logarithme de la taille d'échantillon (afin de donner à chaque résultat élémentaire un poids proportionnel à la taille d'échantillon).

La relation HD est très souvent non significative (75,6%), les relations positives (16,7%) étant plus fréquentes que les relations négatives (5,6%) (Figure 1a). Les relations de type courbe en cloche (Hmax) sont anecdotiques (0,6%). Le quatrième type de résultat correspond au cas

des relations HD pour des indices de diversité bêta, cas pour lesquels le signe de la relation est très souvent sans importance (par ex. effet significatif de l'hétérogénéité paysagère sur la composition en espèces des communautés biotiques dans le cas d'une RDA ou d'une ACC). De plus, même en ne retenant que les études qui indiquent avoir testé ce type de réponse (Figure 1b), les relations HD en courbe en cloche restent rares (seulement 6% des études ayant testé ce type de relation).

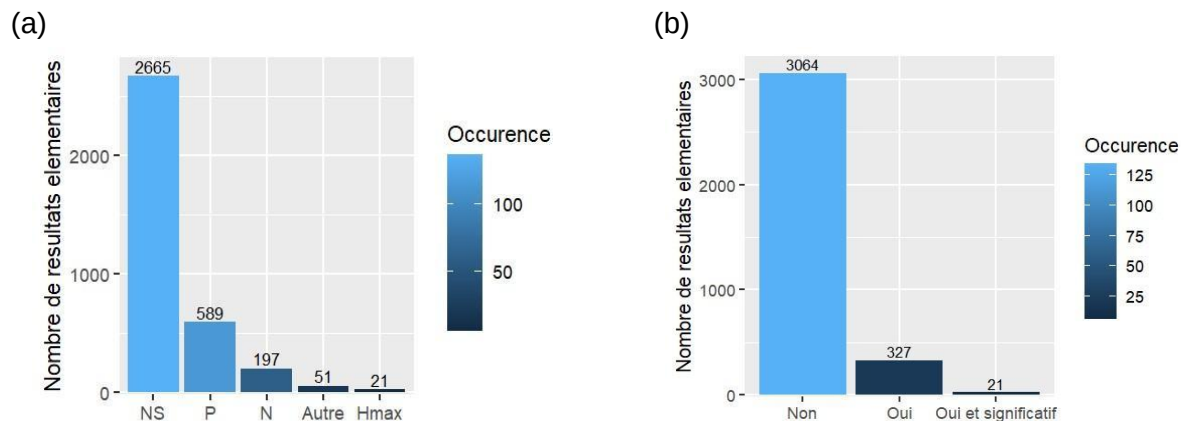


Figure 1. (a) Répartition des résultats élémentaires selon le type de relation hétérogénéité-diversité observée. Le gradient de couleur de la barre indique l'occurrence du type de relation au niveau article. (b) Même représentation selon que la relation de type courbe en cloche a été testée ou pas (oui/non) et que cette relation était significative (oui et significatif).

Les conditions méthodologiques de l'étude des relations HD se basent très souvent sur des modèles statistiques multivariés (91%), ne vérifient pas souvent l'absence d'autocorrélation spatiale dans les résidus des modèles testés (31%), mais vérifient souvent l'absence de corrélation entre prédicteurs au cours de l'analyse (62%). Un score de qualité du plan d'échantillonnage multicritère entre 1 et 9 indique un score moyen de 5,04, avec 16% des données atteignant la note maximale de 9.

Les études ont été réalisées principalement dans quatre contextes géographiques (% relatifs au nombre de résultats élémentaires) : l'Espagne (19%), l'Europe (15%), la France (13%) et l'Allemagne (12%).

Elles ont été réalisées surtout dans des biomes de "forêts tempérées décidues et mixtes" (46%) et secondairement de "terres boisées et broussailles méditerranéennes" (29%). Les écosystèmes échantillonnés sont très majoritairement agricoles (72%), les autres cas portant sur des milieux multiples (14%), forestiers (8%) ou aquatiques (5%).

La diversité a été étudiée majoritairement au niveau alpha (67%), mais aussi souvent au niveau gamma (29%) ; elle est en revanche moins fréquente au niveau bêta (4%).

Les groupes taxonomiques étudiés sont par ordre décroissant : les oiseaux (22%), les plantes (17%), les abeilles (14%), les papillons (8%), les carabidés (7%), les syrphes (3,1%) et les mammifères (2,3%), les autres groupes taxonomiques (reptiles, amphibiens, mollusques, poissons, annélides, collemboles, arachnides, bactéries, champignons, protistes) représentant chacun moins de 1% des observations.

L'hétérogénéité paysagère est abordée par des indices de composition et de configuration à partir d'une description discrète du paysage en taches d'habitat (définie selon une typologie donnée) avec une fréquence assez proche (48% vs. 43,4%), les indices d'hétérogénéité mixte étant rares (4,2%). L'hétérogénéité environnementale, qui correspond à la variabilité spatiale de paramètres écologiques continues telles que l'altitude, la topographie ou encore les paramètres édaphiques, est également abordée, mais moins fréquemment (4,2%).

En termes d'indices, l'indice de diversité des habitats de Shannon (SHDI) est de loin l'indice d'hétérogénéité paysagère le plus utilisé dans les articles (26,6%). Les autres indices utilisés sont (par fréquence décroissante) : le nombre de taches (12,4%), la longueur ou la densité de lisière (11,9%), la taille moyenne des taches (8,4), les indices de forme des taches (7%), la richesse en habitats (5,1%), l'indice de la plus grande tache (3,9%) ou l'indice de diversité des habitats de Simpson (3,1%).

Une légère révision des critères de tri pour éviter des biais d'analyse ont nécessité de revoir les 2605 références de départ, pour intégrer de nouvelles références et de nouveaux résultats dans les 159 références déjà sélectionnées. Ces données complémentaires sont en cours d'acquisition et ce travail a pris du retard en 2025.

Une fois les données complétées, des analyses statistiques inférentielles sont prévues pour analyser l'effet des caractéristiques méthodologiques et écologiques des études élémentaires sur la probabilité d'observer ou non un résultat significatif de la relation HD.

D'ores et déjà, les résultats obtenus sont intéressants et permettent d'identifier les principales lacunes dans les recherches sur la relation HD, en termes de groupes taxonomiques étudiés (*modulo* le fait que c'est souvent le même constat qui est fait pour toutes les études sur les déterminants de la biodiversité), de type d'hétérogénéité, de type de paysage échantillonnés ou de contexte géographique.

Les résultats obtenus sur le lien entre hétérogénéité paysagère et biodiversité peuvent servir à améliorer les politiques publiques d'aménagement du territoire et alimenter les débats autour du *land sharing/land sparing*.

Les retombées d'autres programmes (*Biodiversa Farmland - European Network on Farmland Heterogeneity, Biodiversity and Ecosystem Services*), en terme de recommandations pratiques pour le monde agricole sont de viser à accroître l'hétérogénéité des cultures et des pratiques agricoles au niveau du paysage (hétérogénéité de composition) et de diminuer la taille des parcelles (hétérogénéité de configuration).

La revue systématique permet d'estimer dans quelle mesure ces recommandations sont transposables ou non à d'autres types de paysages, notamment en forêt, en milieu aquatique ou en paysage mixte.

Perspectives scientifiques

Notre revue systématique appelle des développements méthodologiques permettant d'inclure dans une approche de synthèse quantitative des effets issus de modèles multiples, en utilisant la valeur de l'estimateur et son écart-type dans un nouveau genre de méta-analyse. De façon étonnante, ces limites méthodologiques des méta-analyses n'ont pas encore été explorées.