

Laurent Bergès¹ (coord.), Zoé Gomet^{1*}, Rémy Margueritat^{1*}, Audrey Alignier², Emilie Andrieu³, Frédéric Archaux⁴, Stéphanie Aviron², Christophe Baltzinger⁴, Christophe Bouget⁴, Antoine Brin³, Jérémy Cours⁵, Rémi Duflot⁵, Marion Gosselin⁴, Aurélien Jamoneau⁶, Julien Pottier⁷

¹ UR LESSEM Grenoble, ² UMR BAGAP Rennes, ³ UMR Dynafor Toulouse, ⁴ UR EFNO Nogent-sur-Vernisson, ⁵ Univ. of Jyväskylä (FIN), ⁶ UR EABX Bordeaux, ⁷ UR EP Clermont-Ferrand

* Stage M2 LESSEM (2023, 2024)

Figure 1. Illustration des deux axes de l'hétérogénéité paysagère : hétérogénéité de composition et de configuration. Chaque grand carré est un paysage et les différentes couleurs représentent différents types d'habitat au sein des paysages. L'hétérogénéité de composition augmente avec le nombre et/ou la régularité des types d'habitat. L'hétérogénéité de configuration augmente avec la complexité croissante des patrons spatiaux des taches d'habitat. Extrait de Ben-Hur et Kadmon (2020).

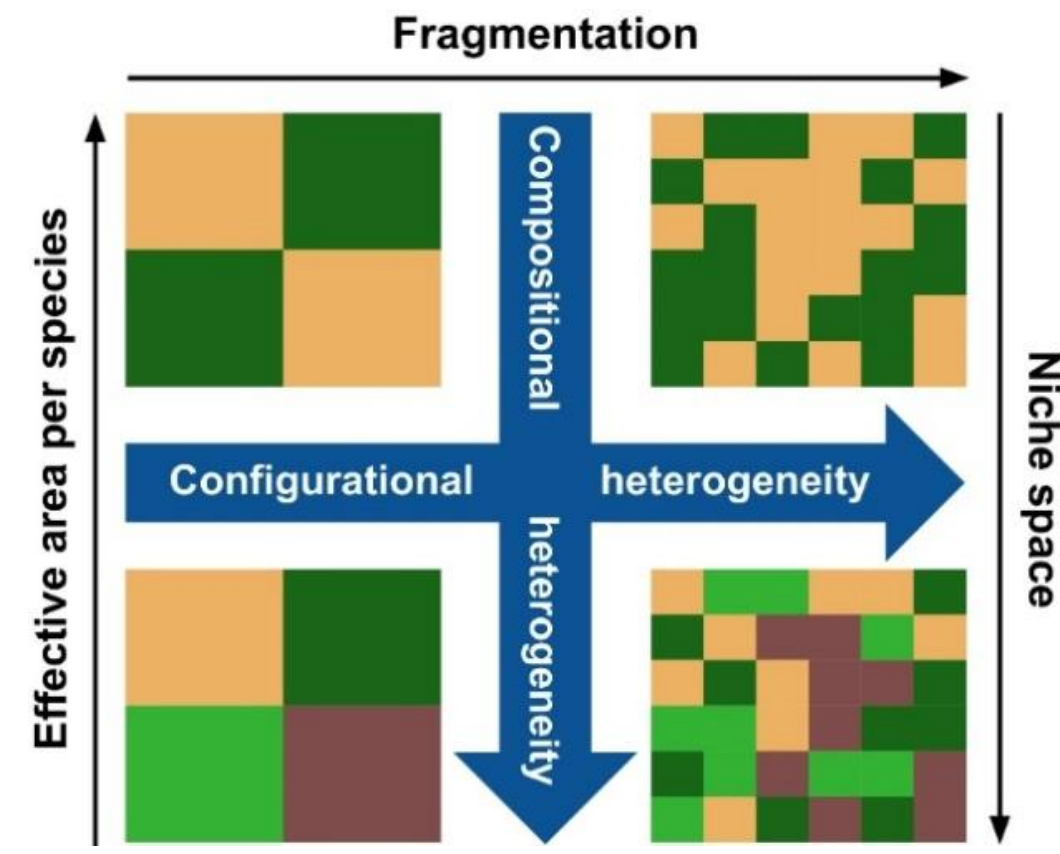


Table 1. Définition des critères PICOC

Population (P)	Ensemble des plantes et des animaux des écosystèmes terrestres et d'eaux douces
Intervention (I) et comparateur (C)	Indices de biodiversité dans des paysages complexes ou hétérogènes vs. des paysages simples ou homogènes
Résultat (outcome : O)	Indices de biodiversité (richesse, abondance, diversité taxonomique ou fonctionnelle, autres indices à l'échelle de la communauté)
Contexte (C)	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

Objectifs :

- Explorer et analyser à partir de résultats d'études empiriques de terrain en Europe la relation entre hétérogénéité du paysage et diversité (relation HD)
- Analyser quels sont les facteurs 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) pouvant expliquer la variabilité de cette relation
- Identifier les lacunes de connaissances : contextes paysagers, indicateurs de biodiversité, groupes taxonomiques, échelle de mesure de la biodiversité ou de biomes ?

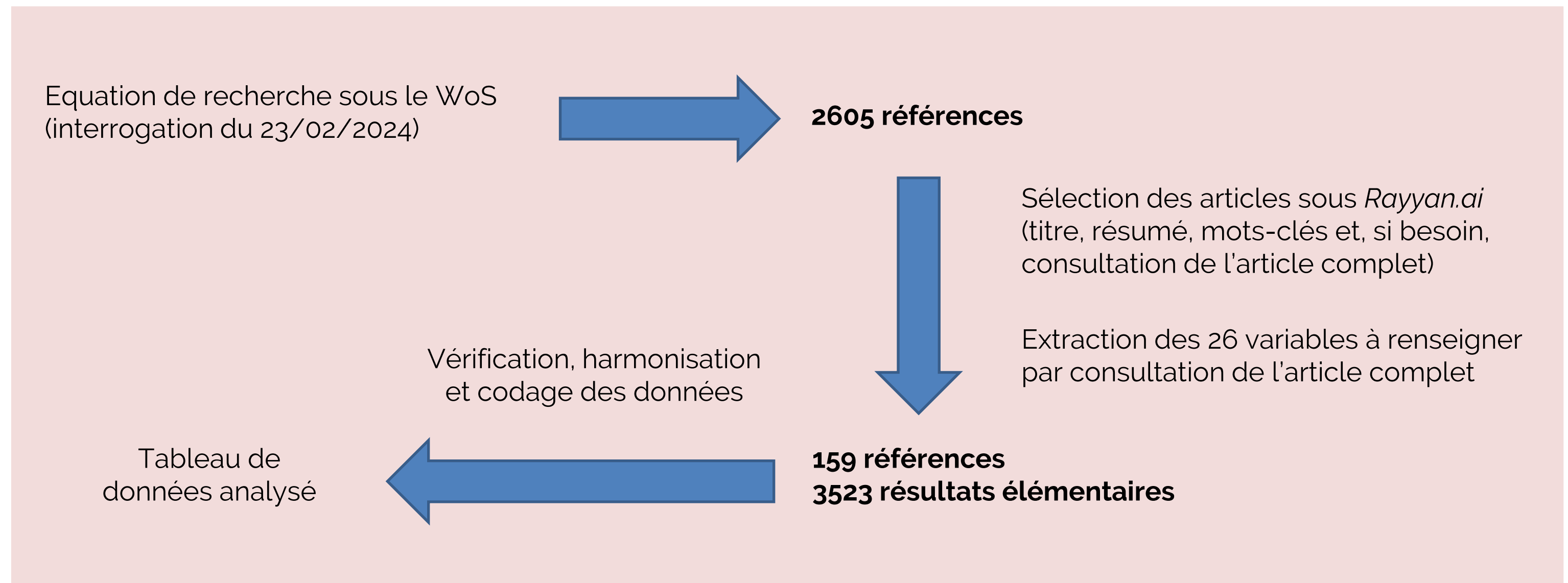


Figure 2. Schéma de recherche des références, de sélection des références et d'extraction des données

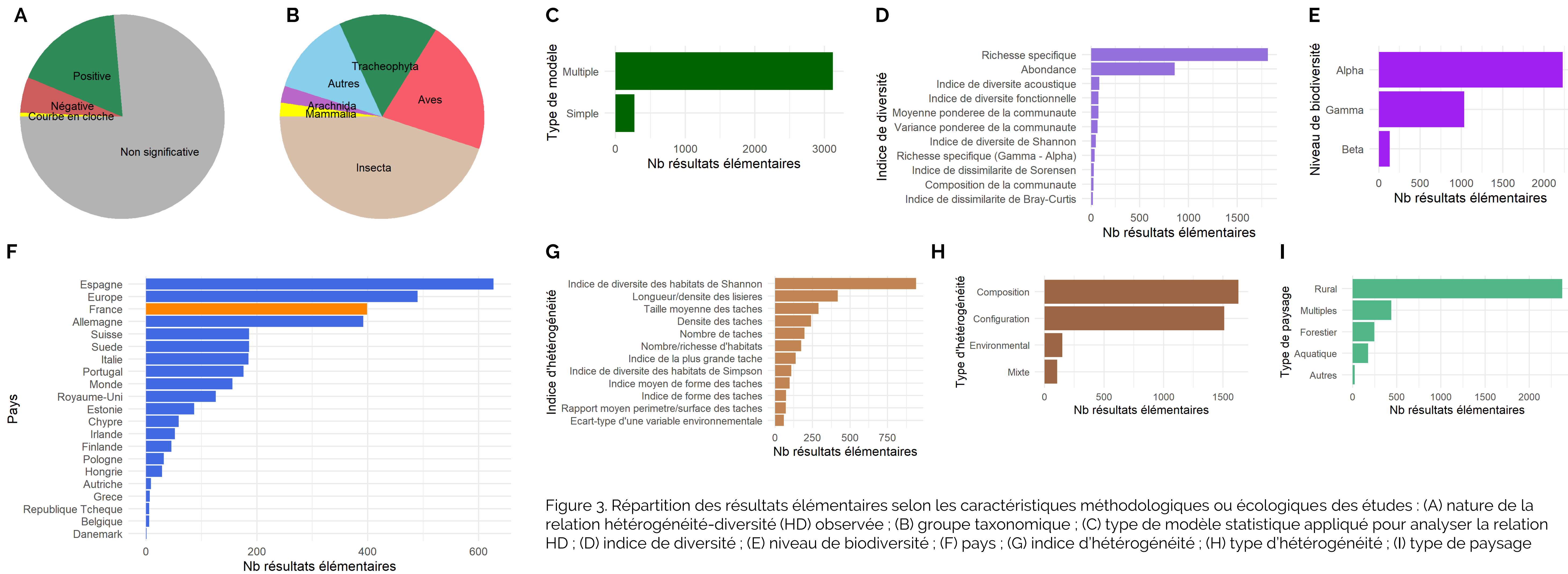


Figure 3. Répartition des résultats élémentaires selon les caractéristiques méthodologiques ou écologiques des études : (A) nature de la relation hétérogénéité-diversité (HD) observée ; (B) groupe taxonomique ; (C) type de modèle statistique appliqué pour analyser la relation HD ; (D) indice de diversité ; (E) niveau de biodiversité ; (F) pays ; (G) indice d'hétérogénéité ; (H) type d'hétérogénéité ; (I) type de paysage

- **Relation HD très souvent non significative**
 - relations positives > négatives
 - relations en cloche (Hmax) anecdotiques, même si testées formellement
- Analyse HD basée très souvent sur des **modèles statistiques multiples** incluant des covariables (92%)
- Groupes taxonomiques étudiés (ordre décroissant) : **insectes > oiseaux > trachéophytes > arachnides > mammifères**
- Indices de diversité les plus utilisés : **richesse spécifique > abondance des espèces**
- Diversité étudiée majoritairement au niveau **alpha**, aussi souvent au niveau **gamma** ; moins fréquente au niveau **bêta**
- Pays en tête du nombre d'études élémentaires : **Espagne > France > Allemagne** Études à l'échelle de plusieurs pays européens assez nombreuses
- Indice d'hétérogénéité paysagère le plus utilisé : **indice de Shannon (habitats)** Autres indices (fréquence décroissante) : **nombre de taches > longueur ou densité de lisière > taille moyenne des taches**
- **Hétérogénéité paysagère** : indices de composition et de configuration issus d'une description discrète du paysage en taches d'habitat (fréquence proche) ; indices mixtes rares **Hétérogénéité environnementale** (variabilité spatiale de paramètres écologiques continues : altitude, topographie, paramètres édaphiques...) moins fréquente

- Une analyse de l'effet des caractéristiques de l'étude sur la "significativité des résultats" par régression logistique (modèle glmmTMB avec l'effet 'article' en aléatoire) montre que seuls le groupe taxonomique et le type de paysage sont significatifs, tandis que la taille d'échantillon a un effet marginalement significatif
- La relation hétérogénéité-diversité est plus souvent significative pour les mammifères, les oiseaux et les trachéophytes que pour les insectes et les arachnides. La relation HD est plus souvent significative dans les paysages forestiers et aquatiques que dans les paysages ruraux. La relation HD tend à être plus souvent significative lorsque la taille d'échantillon de l'étude est plus grande

Conclusions

- Identification des lacunes de connaissances
- Relation HD plus souvent positive que négative, avec très peu d'études mettant en évidence une relation avec optimum indiquant que la diversité serait maximale pour des niveaux d'hétérogénéité intermédiaire (*intermediate heterogeneity hypothesis*, Fahrig et al. 2015)
- Effet du groupe taxonomique, du type de paysage et de la taille d'échantillon sur la significativité de la relation HD
- Publication de la revue systématique en préparation

Bibliographie
Ben-Hur, E., and R. Kadmon. 2020. Heterogeneity-diversity relationships in sessile organisms: a unified framework. *Ecology Letters* **23**:193-207.
Fahrig, L., J. Baudry, L. Brotons, F. G. Burel, T. O. Crist, R. J. Fuller, C. Sirami, G. M. Sirwardena, and J. L. Martin. 2011. Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology Letters* **14**:101-112.
Fahrig, L., J. Girard, D. Duro, J. Pasher, A. Smith, S. Javorek, D. King, K. F. Lindsay, S. Mitchell, and L. Tischendorf. 2015. Farmlands with smaller crop fields have higher within-field biodiversity. *Agriculture Ecosystems & Environment* **200**:219-234.