

UNE MÉTA-ANALYSE SUR L'INFLUENCE DE L'ARRÊT DE LA GESTION FORESTIÈRE SUR LA BIODIVERSITÉ

Résumé :

En s'inspirant de la méthode des revues systématiques, une méta-analyse a été conduite sur les conséquences de l'abandon de l'exploitation forestière (c'est-à-dire de la coupe de bois par l'homme) sur la biodiversité (Langridge et al., *In prep*). Cette méta-analyse a été réalisée dans le cadre du projet LIFE NaturAdapt, afin d'appuyer les gestionnaires dans leur choix lors de l'écriture des plans d'adaptation.

Un premier travail avait été publié en 2010 sur les forêts européennes (Paillet et al., 2010) montre que l'abandon de l'exploitation forestière diminue la diversité des plantes vasculaires et augmente la diversité des coléoptères saproxyliques (se nourrissant de bois en décomposition). Ici, la méta-analyse a été étendue au monde entier en considérant les forêts boréales, tempérées et méditerranéennes. Elle confirme des résultats précédemment obtenus et indique aussi (et c'est une nouveauté) que le différentiel de diversité d'espèces entre forêt non-exploitée et forêt exploitée a tendance à augmenter avec la durée depuis l'arrêt de l'exploitation lorsque la forêt est localisée dans un contexte climatique humide, et à diminuer en contexte sec.

Notre méta-analyse met aussi en exergue le manque d'études sur certains taxons et l'insuffisance du seul indicateur « richesse spécifique » pour analyser ce problème, dans la mesure où il ne reflète pas la biodiversité dans son ensemble et la fonctionnalité des écosystèmes.

A retenir : L'abandon de l'exploitation forestière a des effets variables selon les groupes taxonomiques. Dans les forêts qui ne sont plus exploitées, la richesse spécifique est plus faible pour les plantes vasculaires et plus élevée pour les champignons au sens large. Le contexte climatique joue sur le sens et la rapidité de la dynamique après la fin de l'exploitation. Des études complémentaires sont nécessaires, à la fois pour conclure sur d'autres taxons et pour aller plus loin que la seule richesse spécifique.

Langridge J., Delabye S., Gilg O., Paillet Y., Reyjol Y., Sordello R., Touroult J., Gosselin F. (*In prep*). Nature strikes back: biodiversity recovery after forest management abandonment in the world's boreal, temperate, and Mediterranean forests. An evidence-based approach.

Paillet Y., Bergès L., Hjältén J., Ódor P., Avon C., Bernhardt-Römermann M., Bijlsma R.J., Bruyn L. de, Fuhr M., Grandin U., Kanka R., Lundin L., Luque S., Magura T., Matesanz S., Mészáros I., Sebastià M.T., Schmidt W., Standovár T., Tóthmérész B., Uotila A., Valladares F., Vellak K., Virtanen R. (2010). Biodiversity Differences between Managed and Unmanaged Forests: Meta-Analysis of Species Richness in Europe. *Conservation Biology* 24, 101–112. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01399.x>

1. Contexte

Dans le cadre du projet européen LIFE NaturAdapt, trois mesures de gestion ont été étudiées à travers des synthèses bibliographiques (carte et revue systématique, méta-analyse) afin de mieux comprendre comment ces mesures peuvent être utilisées dans le cadre de l'adaptation de la gestion des aires protégées au changement climatique. La « libre-évolution » des milieux naturels fait partie de ces trois mesures étudiées. La notion de libre évolution fait encore l'objet de débats dans sa définition^{1 2}. Ici, notre question a porté précisément sur **les effets de l'arrêt de l'exploitation forestière (coupe de bois) sur la biodiversité (faune, flore et fonge)**. Autrement dit, conditionnellement à une situation de peuplement exploité dans le passé, vaut-il mieux pour la biodiversité continuer ou abandonner l'exploitation ?

Nous disposons déjà d'éléments de réponse à ce sujet. La libre évolution d'une forêt est synonyme, de fait, d'une plus grande « naturalité anthropique* » du milieu³. Des études menées dans les pays du Nord de l'Europe (Suède, Finlande, Norvège) montrent une relation claire entre l'exploitation du milieu et l'appauvrissement des communautés de champignons. Pour les forêts européennes en général, Paillet et al. (2010) concluent que les bryophytes, les lichens, les champignons, les coléoptères saproxyliques et les carabes présentent une richesse spécifique significativement plus élevée dans les forêts non exploitées. Le résultat opposé se retrouve pour les plantes vasculaires, dont la richesse est plus forte dans les forêts exploitées.

Aussi, des études récentes indiquent que les vieilles forêts*, anciennes* et mûres*, peuvent améliorer la résistance et la résilience des écosystèmes aux effets du changement climatique. Les forêts non exploitées depuis longtemps présenteraient ainsi une complexité structurelle supérieure avec des assemblages d'espèces spécifiques qui favorisent certaines interactions biotiques, ce qui pourrait être un atout face au changement climatique. Cependant, le besoin existe alors de savoir s'il en est de même de l'arrêt d'exploitation dans des peuplements autrefois exploités, dans une optique de restauration dite « passive ». C'est ce que notre étude aborde ici, en analysant la biodiversité locale des forêts suite à l'arrêt d'exploitation et en lien avec des variables climatiques.



↳ L'arrêt de l'exploitation favorise des substrats forestiers spécifiques tels que le bois mort (sur pied ou au sol) et les vieux arbres, ce qui a une incidence positive sur la diversité des coléoptères saproxyliques, des champignons et des lichens © DSOREL

1 - François Sarrazin, Jane Lecomte, Nathalie Frascaria-Lacoste. Libre évolution des forêts, de quelle évolution parle-t-on ? Revue forestière française, AgroParisTech, 2022, 73 (2-3), pp.401-416. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03637720/document>

2 - Denis Couvet, Hélène Soubelet, Aurélie Delavaud, Agnès Hallosserie (2022). « Libre évolution » : de quoi parle-t-on ? <https://www.fondationbiodiversite.fr/libre-evolution-de-quoi-parle-t-on/>

3 - Gosselin, F.; Génot, J. C.; Lachat, Thibault (2021) Libre évolution et naturalité en forêt : définitions et métriques associées. In : Revue Forestière Française, vol. 73, n° 2-3, p. 115-136. <https://revueforestierefrancaise.agroparistech.fr/article/view/5464>

2. Méthode

Cette méta-analyse s'est inspirée de la méta-analyse originale de Paillet et al. (2010) tout en y apportant des améliorations méthodologiques, telles que : (i) un champ d'application plus large en considérant les forêts boréales, tempérées et méditerranéennes à l'échelle mondiale ; (ii) une focalisation sur les forêts qui ne sont plus exploitées, mais qui ont été historiquement exploitées, afin d'adopter une perspective plus claire en termes de potentiel de l'abandon de la gestion comme outil de restauration ; (iii) une contextualisation par des variables climatiques incluses dans les modèles, notamment par souci d'adéquation avec l'objectif du Life Natur'Adapt ; (iv) un traitement plus complet de la pseudo-réplication* des données – notamment en excluant les comparaisons pseudo-répliquées.

Ce travail s'est appuyé sur la méthode des revues systématiques telle que proposée par la *Collaboration for Environmental Evidence*⁴. A l'aide de mots-clefs, une recherche bibliographique a été réalisée sur 2 bases de données (« Scopus » et « Web Of Science Core collection ») et 1 moteur de recherche (Google Scholar). Les documents collectés ont été triés successivement, en fonction de leur titre, puis de leur résumé et enfin leur texte entier afin de s'assurer d'avoir un ensemble d'articles pertinents pour la méta-analyse recherchée. La qualité des études retenues a été évaluée pour déterminer leur inclusion ou non dans la méta-analyse. Au final, notre corpus est constitué de 170 études dont 131 mesurent une richesse spécifique et 39 une abondance.

3. Principaux résultats

	Richesse spécifique	Abondance
Nombre d'études	131	39
Localisation	Essentiellement en Europe (78) puis en Asie (28) et en Amérique du Nord (24)	Amérique du Nord (22), Europe (14), et Asie (3)
Taxons	Flore (68) Faune (24) : 14 oiseaux, 12 arthropodes autres que des coléoptères, fonge (20) et lichens (16)	Majoritairement des animaux (23 oiseaux et 9 insectes) et plus rarement des plantes vasculaires (7)
Forêts	Aussi bien tempérées (59) que boréales (62) et plus marginalement Méditerranéennes (10)	Plutôt des forêts boréales (26) que des forêts tempérées (11) et très peu de forêts méditerranéennes (2)

Panorama de la littérature obtenues après les phases de tri et d'analyse critique

4 - Pour plus d'information sur cette méthode voir la note de présentation des revues systématiques.

Analyses portant sur la richesse spécifique (131 études)

Les résultats de la méta-analyse sur la richesse spécifique confirment plutôt les résultats de la méta-analyse de Paillet et al. (2010) pour ce qui est des réponses des groupes taxonomiques.

Ils montrent que les plantes vasculaires présentent une richesse nettement moins grande (-17%) dans les forêts où l'exploitation a été abandonnée. Cela semble logique car l'arrêt de la gestion tend, dans un premier temps, à favoriser la fermeture du milieu et donc à défavoriser les espèces végétales de clairières et de lisières, qui forme un cortège très diversifié en espèces en forêt. En revanche, pour les coléoptères saproxyliques la tendance inverse est observée avec une richesse spécifique plus importante après l'arrêt de l'exploitation (+ 29%).

L'application d'un autre modèle statistique, tenant compte du délai après l'arrêt de l'exploitation et des précipitations, précise ces résultats avec une augmentation de la richesse spécifique en champignons au sens large (y compris les lichens) (18%) et une diminution pour les plantes au sens large (y compris les bryophytes ; -11%); plus le temps écoulé depuis l'arrêt de l'exploitation est long, plus la richesse spécifique augmente dans les sites les plus humides (voir encadré sur les facteurs climatiques), l'inverse étant vrai dans les sites les plus secs.

Analyses portant sur l'abondance (39 études)

Les résultats de la méta-analyse sur l'abondance n'ont pas été concluants du fait d'un nombre trop réduit de publications.



Zoom sur une étude française Toigo et al. (2013) : « L'arrêt de l'exploitation forestière importe-t-elle plus que les caractéristiques de l'habitat pour les carabes ? »

Cette étude a analysé la richesse spécifique en coléoptères dans 6 sites forestiers localisés en France, en comparant des réserves non exploitées depuis au moins 20 ans et des forêts exploitées extensivement (sans coupe à blanc et sans transport des rémanents).

Les résultats montrent que la surface terrière et une activité de l'humus plus importantes sont favorables à la richesse des carabes forestiers, notamment car l'humus constitue une source de nourriture pour les coléoptères forestiers. Toutefois, de façon plus inattendue, cette étude montre que les coléoptères des milieux ouverts et les coléoptères forestiers spécialistes sont d'abord favorisés par l'arrêt de l'exploitation. Cela peut s'expliquer pour les espèces de milieux ouverts par le fait que la forêt non exploitée présenterait en réalité une hétérogénéité plus grande dans sa structuration horizontale que la forêt exploitée.

Au global, la richesse totale des coléoptères et la richesse de quatre groupes en particulier (espèces forestières, coléoptères ailés, indifférents à l'humidité et carnivores) est plus importante dans les forêts non exploitées mais leurs variations sont d'abord reliées aux effets de la structure forestière et de l'humus, des facteurs qui sont assez peu corrélés à l'abandon d'exploitation.

Pour une vision plus complète, consulter le compte rendu de groupe « Gestion forestière, Naturalité et Biodiversité » dans le n°80 des Rendez-vous Techniques de l'ONF : <https://www.onf.fr/+13b::rendez-vous-techniques-de-lonf-no-56.html>

Enseignements et discussion

Les résultats soulignent que les différents groupes taxonomiques réagissent différemment à l'arrêt de l'exploitation forestière. Sur la base de notre jeu de données, la richesse en plantes vasculaires est significativement plus faible dans les forêts qui ne sont plus exploitées que dans celles qui le sont encore, l'inverse étant vrai pour les coléoptères saproxyliques. Lorsque les précipitations et le délai après arrêt de l'exploitation sont intégrés dans le modèle, la diversité des champignons au sens large (y compris les lichens) apparaît plus importante dans les forêts qui ne sont plus exploitées, tandis que les plantes au sens large (y compris les bryophytes) restent systématiquement plus diversifiées dans les forêts qui le sont encore.

Un certain nombre de mécanismes peuvent expliquer ces résultats. Les changements dans l'âge et la structure du peuplement, la stratification verticale, la composition des espèces d'arbres et dans le régime de perturbations peuvent jouer un rôle dans la détermination des différences entre les forêts non exploitées et les forêts exploitées. Ces facteurs affectent la lumière, la température, la disponibilité de l'eau, la décomposition de la litière et les conditions du sol supérieur, ce qui peut fortement influencer la présence de plantes et de champignons dans les habitats forestiers.

Pour les plantes vasculaires, dans les forêts exploitées, des caractéristiques artificielles telles que les routes, les fossés et/ou les pistes d'exploitation constituent des sources importantes de perturbations modérées qui favorisent la disponibilité des ressources, par exemple la lumière et les nutriments, pour les plantes vasculaires. En outre, certaines pratiques d'exploitation forestière (par exemple, la coupe de sélection, les coupes de rétention) induisent des perturbations à petite

échelle qui peut se traduire par une plus grande hétérogénéité environnementale par rapport à l'exploitation conventionnelle intensive, créant des ouvertures dans la canopée, l'enlèvement de la litière et des perturbations du sol. Ces facteurs sont connus pour favoriser les plantes vasculaires du sous-étage et promouvoir la richesse et la couverture des espèces forestières intolérantes à l'ombre en début de succession. A noter cependant que l'ouverture des milieux est naturellement assurée par les herbivores, notamment par des mammifères moyens⁵, mais plus encore par les grands mammifères (élans, bison, aurochs, etc.), aujourd'hui disparus de la majorité des forêts européennes. Une exploitation extensive de la forêt semble donc représenter un certain substitut à l'incomplétude de nos écosystèmes forestiers à conditions que des éléments favorisant la biodiversité forestière (gros arbres, arbres morts, microhabitats) soient préservés lors de l'exploitation.

A l'inverse, la diversité des coléoptères saproxyliques, des champignons et des lichens dépend de substrats forestiers spécifiques tels que le bois mort (sur pied ou au sol) et les vieux arbres - favorisées par la non exploitation⁶ – ce qui peut expliquer une incidence positive de l'arrêt d'exploitation sur la richesse de ces communautés. Les communautés fongiques telles que les décomposeurs constituent un groupe important de spécialistes de l'habitat qui dépendent des rondins en décomposition.

5 - Boulanger, V, Dupouey, J-L, Archaux, F, et al. Ungulates increase forest plant species richness to the benefit of non-forest specialists. *Glob Change Biol.* 2018; 24: e485– e495. <https://doi-org.proxy.mnhn.fr/10.1111/gcb.13899>

6 - Paillet, Yoan & Pernet, Coryse & Boulanger, Vincent & Debaive, Nicolas & Fuhr, Marc & Gilg, Olivier & Gosselin, Frédéric. (2015). Quantifying the recovery of old-growth attributes in forest reserves: A first reference for France. *Forest Ecology and Management.* 346. 51-64. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.02.037>

Le délai après l'arrêt de l'exploitation et les précipitations ont leur importance. Plus le temps écoulé depuis l'abandon de l'exploitation est long, plus la richesse spécifique en champignons au sens large (y compris les lichens) augmente dans les sites les plus humides © DSOREL →



Zoom sur les facteurs climatiques

Une originalité de ce travail est d'avoir intégré des variables climatiques dans l'analyse, notamment les précipitations, afin d'évaluer si l'effet de l'arrêt de l'exploitation forestière sur la biodiversité est influencé par le contexte climatique.

Nous avons trouvé que les précipitations moyennes ont effectivement un impact positif significatif sur la dynamique temporelle de la richesse spécifique entre les forêts qui ne sont plus exploitées et celles qui le sont encore. En l'occurrence, en climat humide - précipitations annuelles supérieures à 966 mm -, les différences de richesse en espèces entre les forêts qui ne sont plus exploitées et celles qui le sont encore augmentent avec le temps depuis l'arrêt de l'exploitation alors qu'elles diminuent dans les climats secs. Autrement dit, la dynamique de la richesse spécifique après l'abandon de l'exploitation forestière est positive dans les climats humides alors qu'au global le délai après arrêt « seul » ne montre pas d'effet significatif sur la résilience et que dans les climats secs la tendance inverse est observée.

Cette interaction entre le délai post-exploitation et les précipitations peut s'expliquer par au moins deux mécanismes. Premièrement, des précipitations plus importantes accélèrent les processus de décomposition, ce qui augmente la disponibilité de substrats décomposés de stade tardif et favorise donc le retour des groupes taxonomiques qui y sont inféodés. Deuxièmement, les climats plus arides s'accompagnent de risques accrus d'incendies, ce qui peut réduire le développement des stades de succession tardive dans le paysage à mesure que le temps s'écoule depuis l'abandon de l'exploitation – induisant un régime de perturbations plus « rapide » en forêts non exploitée qu'en forêt exploitée.



➔ L'abandon de l'exploitation forestière a des effets variables selon les groupes taxonomiques. Contrairement aux coléoptères saproxyliques, la richesse en plantes vasculaires est significativement plus faible dans les forêts qui ne sont plus exploitées que dans celles qui le sont encore.
© DSOREL

4. Limites et perspectives d'amélioration

Alors que notre étude a porté sur le monde entier, la majorité des études retenues concernent *in fine* des forêts européennes. En outre, la zone biogéographique méditerranéenne est très minoritaire dans notre corpus par rapport aux zones boréales et tempérées (par exemple, aucune étude sur les bryophytes, les champignons et les lichens dans les forêts méditerranéennes). Aussi, certains groupes taxonomiques sont largement sous-représentés voire totalement absents de notre base documentaire, notamment au sein des vertébrés (mammifères, amphibiens, reptiles, dans une moindre mesure les oiseaux) mais aussi des insectes, arachnides, mollusques ou crustacés. Un manque de connaissances publiées est donc évident. Ce manque pourrait être comblé par de nouvelles études à planifier.

Par ailleurs, la plupart des études retenues après sélection mesuraient la richesse des espèces, soulignant un manque d'études sur l'abondance. Précisons que nous n'avons pas orienté notre recherche bibliographique vers des études avec des mesures de biodiversité plus complexe. Une autre limite de ce travail est donc de ne disposer de résultats que sur la richesse locale d'espèces, communément appelée diversité « alpha* ». Certes il s'agit d'une mesure simple et pratique à utiliser, mesurée dans de nombreuses études, mais elle ne reflète pas les changements de composition (entre la forêt non exploitée et la forêt exploitée) ni la variabilité des assemblages d'espèces entre les parcelles.

Soulignons également le manque d'information dans les articles concernant l'âge de la forêt, les conditions du site ou encore l'historique de la gestion, ce qui a rendu difficile l'étape de l'analyse critique pour évaluer correctement le niveau de biais des publications, ni une éventuelle différence de comportement entre groupes d'espèces plus homogènes.

Enfin, concernant nos résultats, il est nécessaire de les remettre en perspective. Les forêts qui ne sont plus exploitées auxquelles nous avons comparées des forêts exploitées ont malgré tout été modifiées par l'Homme dans le passé. Elles ne constituent pas donc pas des forêts vierges. Ainsi, notre travail éclaire l'impact potentiel sur la biodiversité locale du choix d'arrêter l'exploitation dans une forêt dont le bois a jusqu'ici été exploité mais n'apporte pas d'éléments de comparaison avec des forêts qui n'auraient jamais été impactées par l'Homme. Il serait donc intéressant d'approfondir le sujet en considérant comme des sites de référence des écosystèmes forestiers complets, jamais exploités, afin de voir si la réintroduction de certaines espèces (par exemple de grands herbivores) n'est pas préférable à la gestion, y compris extensive, ou même à l'arrêt de l'exploitation, pour atteindre cet état de naturalité.

→ © DSOREL

Glossaire

Forêt ancienne : Forêt établie sur un sol dont la continuité boisée existe depuis plusieurs siècles.

Forêt mature : Forêt se distinguant par la présence de gros bois, de vieux arbres, d'arbres morts, sur pied comme au sol, marqueurs des stades avancés dans le cycle biologique des forêts.

Vieille forêt : Forêt à la fois ancienne et mature, qui se trouve donc peu ou pas exploitée depuis plusieurs décennies ou siècles.

Naturalité anthropique : Etat se référant à une absence totale (ou quasi totale) de perturbations d'origine humaine depuis un certain temps, pouvant aussi correspondre aussi à une non-gestion (pas d'intervention). On peut restreindre la notion de naturalité anthropique à un type de perturbation humaine (ex : coupe de bois) : ainsi, certaines des forêts non exploitées (pour le bois) étudiées ici ont pu être pour autant chassées. Si l'écosystème a été autrefois géré, les métriques utilisées pour décrire cette naturalité sont donc centrées sur les prélèvements passés (ex : durée depuis la dernière exploitation, intensité des prélèvements passés, ...).

Pseudo-réplication : La répétition de l'échantillonnage dans les mêmes parcelles traitées donne des pseudo-réplicats, et ne sont pas statistiquement indépendants contrairement à une vraie réplication.

Diversité « alpha » : La diversité alpha correspond au nombre d'espèces co-existant dans un milieu (site) donné, alors qu'une diversité bêta correspond à une comparaison de diversité de taxons entre écosystèmes (régions).

Coordinateur du projet



Grâce au soutien financier de



Contact : naturadapt@rnfrance.org / 03.80.48.91.00

Partenaires engagés dans le projet



Financeurs du projet



The Natur'Adapt project has received funding from the LIFE Programme of the European Union