Évaluation de la gestion durable des forêts

Quels indicateurs pour la biodiversité forestière ?

Pour suivre et évaluer la biodiversité forestière, le recours à des indicateurs quantitatifs s'impose comme une attente forte des acteurs de la forêt. Mais la mise au point d'outils à la fois pratiques et pertinents demeure un défi complexe pour la science forestière. Du programme Biodiversité, gestion forestière et politiques publiques (BGF) découle une série de résultats nouveaux pour alimenter la réflexion.

Point de départ de la Convention internationale sur la diversité biologique, le sommet de la Terre de Rio de Janeiro (1992) a conduit à mettre l'accent sur la préservation et le suivi de la biodiversité. Il s'est traduit, en France, par la création de la Stratégie nationale pour la biodiversité et de l'Observatoire national de la biodiversité. À l'échelle européenne, combiné au processus des conférences ministérielles pour la protection des forêts en Europe, il a permis d'aboutir aux critères de gestion durable des forêts identifiés à Helsinki en 1993, parmi lesquels celui visant « le maintien, la conservation et l'amélioration appropriée de la diversité biologique dans les écosystèmes forestiers ». Cependant, la notion complexe de biodiversité, qui regroupe à la fois la diversité au sein des espèces, entre les espèces et les écosystèmes, reste difficile à appréhender en pratique, notamment pour la gestion forestière. Le recours à des indicateurs de biodiversité s'est donc révélé primordial pour permettre aux professionnels comme au grand public d'appréhender de manière simple la biodiversité forestière, d'évaluer son état ou sa dynamique, d'analyser l'impact des pratiques sylvicoles et de suivre l'efficacité des mesures prises en sa faveur.



© Olivier Brosseau / MEDDE-MLET

Le développement de tels outils, visant à concilier pertinence écologique et simplicité opérationnelle, constitue un véritable défi scientifique. Ainsi, les onze indicateurs nationaux de biodiversité retenus par le ministère de l'Agriculture pour jauger la durabilité de la gestion forestière pâtissent-ils de certaines limites bien identifiées[1]. À la faveur du programme BGF, plusieurs projets de recherche ont permis de poursuivre la réflexion sur cette thématique, précisant les potentialités de différents indicateurs de biodiversité forestière.

1. Hamza *et al.* (2007) *Évaluation des indicateurs nationaux de biodiversité forestière, 133 p.*
Nivet *et al.* (2012) *Évaluation des indicateurs nationaux de biodiversité forestière, 41-57.*

LE PROGRAMME BIODIVERSITÉ, GESTION FORESTIÈRE ET POLITIQUES PUBLIQUES (BGF) EN QUELQUES MOTS

Animé par le Groupement d'intérêt public Ecofor et soutenu par le ministère de l'Agriculture, le programme incitatif de recherche « Biodiversité, gestion forestière et politiques publiques » (BGF) du ministère de l'Écologie a pour objectif de développer les connaissances nécessaires à une prise en compte effective de la biodiversité dans la gestion forestière au sens large, c'est-à-dire de l'exploitation forestière à la gestion d'espaces boisés protégés. Depuis sa création en 1996, le programme a soutenu 39 projets et généré de nombreuses publications, recueils et synthèses qui contribuent à éclairer les politiques publiques. En 2014, cinq nouveaux projets étudiant diverses facettes des interactions entre adaptation des forêts au changement climatique et préservation de la biodiversité ont été lancés.

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

ECOFOR
ECOSYSTEMES FORESTIERS

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT

INDICATEURS DIRECTS OU INDIRECTS ?

Les indicateurs directs de biodiversité sont construits à partir de *données taxonomiques** mesurant directement une ou plusieurs composantes de la biodiversité : diversité génétique, abondance d'une espèce donnée, nombre d'espèces d'un groupe particulier, *etc.* Ils peuvent refléter l'état de la biodiversité à un moment donné ou la dynamique de son évolution sur une période déterminée. Par exemple, les oiseaux sont généralement considérés comme de bons indicateurs directs de la fonctionnalité des écosystèmes et de l'état de conservation des habitats du fait de leur position élevée dans les chaînes alimentaires et de leur vitesse de réponse aux changements environnementaux. L'évolution de l'abondance de différentes espèces d'oiseaux communs contribue ainsi à deux indicateurs de l'Observatoire national de la biodiversité (***voir l'encadré ■***). Cependant, la littérature scientifique montre que, dans un milieu donné, la diversité d'un *taxon** n'est en général pas fortement liée à la diversité des autres composantes de la biodiversité qui s'y trouvent[2]. Les projets BGF ont également montré une divergence des réponses de la biodiversité forestière à une même pratique de gestion. Ainsi le projet Gestion, Naturalité, Biodiversité (GNB, 2010-2014), coordonné par Frédéric Gosselin (Irstea), a observé des réponses variées, selon les *groupes taxonomiques**, à l'abandon de l'exploitation ; le projet IMPREBIO (2010-2014), coordonné par Philippe Balandier (Irstea), a mis en évidence des réponses divergentes aux variations de l'intensité des prélèvements forestiers ; enfin, le projet DISTRAFOR (2010-2014), coordonné par Frédéric Archaux (Irstea), s'est intéressé aux effets contrastés du niveau d'ancienneté des forêts sur la biodiversité floristique.

Cette relative divergence des réponses montre que la biodiversité ne peut être réellement appréhendée qu'en s'intéressant simultanément à de multiples composantes de la faune et de la flore et non à un seul *taxon**. Ainsi, les indicateurs directs devraient adopter une *approche "multi-taxonomique"**. Mais celle-ci s'avère coûteuse et difficile à mettre en place aux échelles pertinentes pour la gestion.


© Arnaud Bouissou / MEDDE-MLET

Les indicateurs « indirects » sont conçus pour pallier ces difficultés de mise en œuvre. Dans le cas de la biodiversité forestière, ils sont généralement basés sur des caractéristiques des peuplements forestiers ayant un lien, plus ou moins bien établi quantitativement, avec la biodiversité (fragmentation du paysage, diversité des essences d'arbres, *etc.*). Plus faciles et moins coûteux à renseigner, ils sont souvent disponibles sur de plus grandes échelles et pourraient potentiellement intégrer les réponses de larges composantes de la biodiversité. Néanmoins, leur domaine de validité ainsi que leurs robustesse, fiabilité et précision restent mal connus.

Trois projets du programme BGF ont contribué à mieux préciser les modalités d'utilisation et les limites de quatre types d'indicateurs indirects de la biodiversité forestière : les indicateurs spécifiquement liés au bois mort, à la structure des peuplements et au degré de naturalité des forêts ainsi qu'un indicateur plus intégré, l'indice de biodiversité potentielle (IBP).

**** TAXON / GROUPE TAXONOMIQUE :** ensemble d'êtres vivants constituant une entité systématique d'un niveau donné dans la classification du monde vivant (variété, espèce, genre, famille, ordre, classe…).*

2. Wolters *et al.* (2006) *Ecology, 87(8), 1886-1895.*

**** APPROCHE MULTI-TAXONOMIQUE :** évaluation de la biodiversité basée sur la mesure simultanée de plusieurs taxons sur un même site.*

L'OBSERVATOIRE NATIONAL DE LA BIODIVERSITÉ

Prévu par la loi dite « Grenelle 1 », l'Observatoire national de la biodiversité (ONB) a été officiellement lancé en 2011 avec pour objectif le suivi de l'état et des tendances d'évolution de la biodiversité et de ses interactions avec la société. L'ONB suit en particulier les effets de la Stratégie nationale pour la biodiversité en identifiant et en rendant accessibles des indicateurs robustes et partagés par tous.

Un travail spécifique de l'ONB sur la thématique « Biodiversité et forêt » a été entrepris en synergie avec les réflexions pilotées par le ministère de l'Agriculture sur les indicateurs de gestion durable des forêts. Dans ce cadre, la présentation de la thématique et les questions stratégiques ont été mises en ligne sur le site de l'ONB en 2014, un jeu complet de thèmes d'indicateurs est identifié pour élaboration et publication d'ici 2015. En métropole, l'évolution des volumes de bois particulièrement favorables à la biodiversité (arbres aux stades vieillissants) figure parmi les indicateurs nationaux de synthèse de l'ONB déjà publiés.

Pour en savoir plus :
http://indicateurs-biodiversite.naturefrance.fr/


© Thierry Degen-MEDDE-MLET

INDICATEURS "BOIS MORT" : LE VOLUME SEUL NE SUFFIT PAS

De par son rôle écologique – recyclage des nutriments, apport de matière organique au sol, stockage temporaire de carbone, ressource et habitat pour de nombreuses espèces – le bois mort est un facteur clé pour la biodiversité forestière. Environ 25 % des espèces forestières dépendraient ainsi du bois mort en Scandinavie[3]. Très étudié en forêt boréale, le bois mort a pourtant longtemps souffert d'un déficit de connaissances pour les forêts tempérées, que le programme BGF a contribué à combler.

Le projet RESINE (2005-2009), coordonné par Christophe Bouget (Irstea), a ainsi étudié l'effet de différents descripteurs du bois mort (volume, qualité, diversité) sur la *biodiversité saproxylique** (coléoptères et champignons du bois mort), dans la forêt de pin maritime des Landes de Gascogne et dans la chênaie de plaine de la forêt de Rambouillet. Des centaines d'échantillonnages ont été menés, d'une part à l'échelle de pièces de bois mort de différents types, diamètres et stades de décomposition, et d'autre part à l'échelle de placettes forestières présentant un gradient étendu de volume de bois mort à l'hectare. Les analyses mettent en évidence des divergences marquées entre les Landes et Rambouillet : lorsque les descripteurs comme le volume et la diversité du bois mort sont analysés à l'échelle locale (sur moins de 0,3 ha), ils ont un effet positif et marqué sur la biodiversité des coléoptères dans les Landes[4], mais beaucoup moins à Rambouillet[5] (***Figure 1***).


© Pascal Xicluna / Min.Agri.Fr

** ORGANISMES SAPROXYLIQUES : organismes qui dépendent du bois mort pour leur cycle de vie (lieux de refuge, reproduction ou nourriture).*

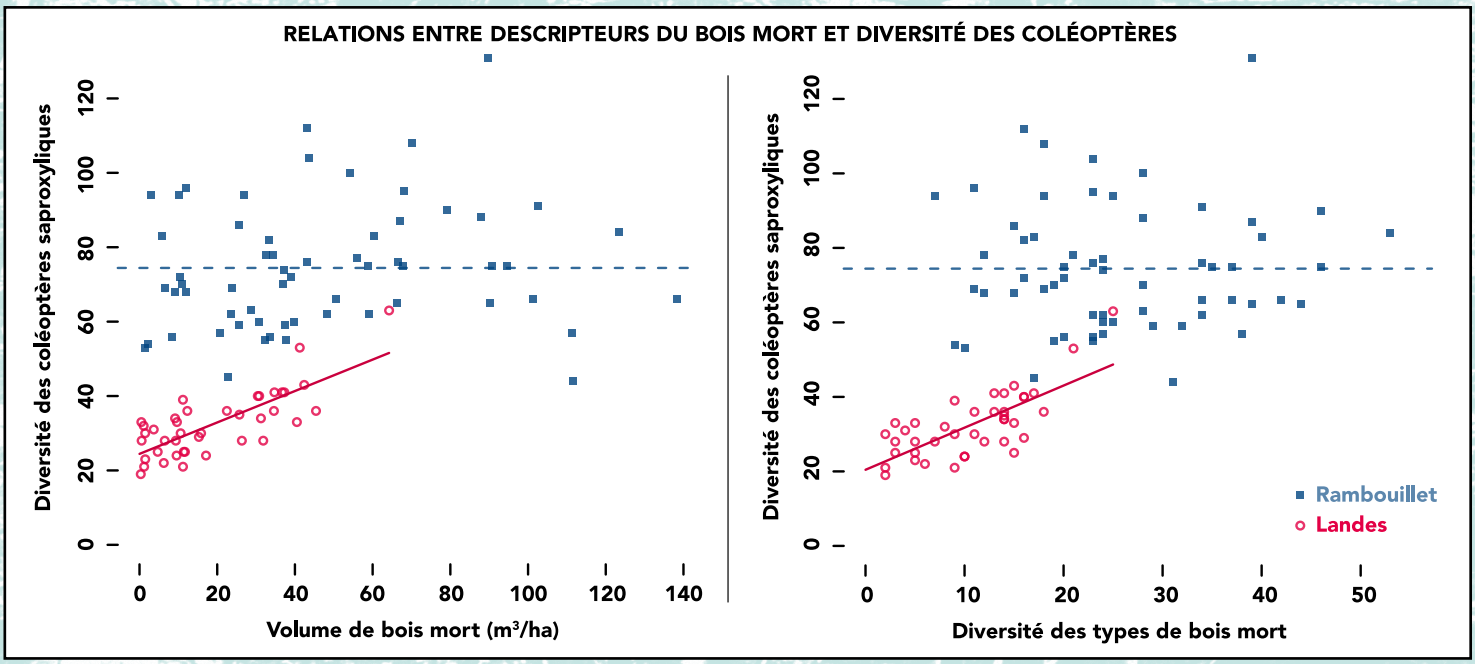


***Figure 1** : La diversité des coléoptères saproxyliques* est fortement liée au volume et à la diversité du bois mort dans la forêt des Landes de Gascogne mais ne varie pas dans les sites étudiées en forêt de Rambouillet. (Source : RESINE)*

L'étude suggère cependant de bons descripteurs potentiels, applicables à un type de massif donné. Ainsi, dans la forêt de pins des Landes, le meilleur indicateur est basé sur le nombre de types de pièces de bois mort de diamètre supérieur à 15 cm. Pour la chênaie de Rambouillet, la densité périphérique de réserves biologiques (indicateur indirect, encore discuté, du volume de bois mort à l'échelle du paysage) s'avère avoir un effet positif sur la *biodiversité saproxylique** plus prononcé que les descripteurs précités (volume et diversité du bois mort). Ces résultats illustrent la difficulté de construire des indicateurs de biodiversité généralisables à partir du bois mort, et plaident pour des analyses au cas par cas de la pertinence des indicateurs étudiés.

In fine, l'étude pointe les limites d'une gestion purement volumique du bois mort. Pour améliorer la prédiction de la *richesse spécifique**, elle recommande la construction d'un indice composite, combinant des informations sur l'environnement local, la quantité, les types et la qualité du bois mort.


© Olivier Brosseau / MEDDE-MLET

3. Stokland *et al.* (2004) *EFI, 207-226.*

4. Brin *et al.* (2009) *Annals of Forest Sciences, 66, 306.*

5. Bouget *et al.* (2013) *Biodiversity and Conservation, 22, 2111–2130.*

** RICHESSE SPÉCIFIQUE / DIVERSITÉ SPÉCIFIQUE : nombre d'espèces dans un espace donné.*



INDICATEURS BASÉS SUR LA STRUCTURE DES PEUPLEMENTS FORESTIERS : INFLUENCÉS PAR L'ALTITUDE, L'ORIENTATION, L'ACIDITÉ DU SOL…

Le projet GEFORHET (2010-2013) a lui aussi mis en évidence l'importance des conditions locales pour la biodiversité forestière. Coordonné par Benoît Courbaud (Irstea), ce projet a étudié les relations entre flore du sous-bois, structure du peuplement et variables environnementales. Il s'est appuyé sur les données de *richesse spécifique** de la flore issues de l'Inventaire forestier (*IGN**), pour plus 400 placettes de sapinières-pessières – peuplements mélangés de sapins et d'épiceas – des Alpes et du Jura. Ces mesures de biodiversité ont été confrontées à différents indicateurs indirects de biodiversité basés sur la structure du peuplement (couvert forestier, couvert par essence, surface terrière, diversité des essences d'arbres, *etc.*) : la méthode employée a permis de distinguer les réponses de la flore selon 16 groupes écologiques formés à partir du caractère ligneux (capacité de la flore à fabriquer du bois, constitué de lignine), de la sensibilité à la lumière et la température, ou encore de l'habitat préférentiel des plantes (espèces de lisières, de milieux ouverts ou de forêts matures). L'étude a montré que les relations entre ces indicateurs indirects et la *richesse spécifique** de la plupart des groupes écologiques de la flore changent avec les conditions environnementales telles que la pente, l'altitude, l'orientation et l'acidité du sol. L'altitude influence ainsi de manière particulièrement hétérogène les relations entre indicateurs indirects et diversité de nombre de groupes écologiques. En revanche l'orientation et l'acidité du sol s'avèrent les moduler de manière plus homogène : une plus forte ouverture du peuplement semble avoir un effet négatif sur la *diversité spécifique** de beaucoup de groupes écologiques en conditions d'adret (versant le plus exposé au soleil) ou d'acidité plus forte, et plutôt positif sur la diversité d'autres composantes de la flore en conditions d'ubac (versant le plus à l'ombre) ou d'acidité moins forte.

Plus largement, comme dans le cas des descripteurs du bois mort, les relations entre indicateurs indirects basés sur la structure du peuplement et biodiversité apparaissent très dépendantes des conditions environnementales : leur prise en compte semble incontournable pour la construction d'indicateurs de biodiversité dotés d'une véritable pertinence écologique.

** IGN :*
Institut national de l'information géographique et forestière

DEGRÉ DE NATURALITÉ : UN EFFET TRÈS POSITIF SUR LES BRYOPHYTES (MOUSSES) ET CHAMPIGNONS DU BOIS

Le degré de naturalité[6] - généralement défini comme le degré de similitude d'un écosystème avec celui qui se trouverait à sa place si aucune perturbation anthropique n'avait modifié sa dynamique, sa structure ou sa composition - constitue un facteur ayant un effet *a priori* positif sur la biodiversité forestière. Il est notamment approché par l'un des indicateurs de gestion durable[7] retenus par le ministère en charge de l'Agriculture et de la Forêt : la part de surface de forêt "non perturbée par l'homme". Un examen approfondi de la notion de naturalité et de ses liens avec la diversité de la faune et de la flore a été mené par le projet GNB. À la faveur d'un effort de collecte de données exceptionnel, associant des équipes d'Irstea, de *RNF** et des réseaux naturalistes de l'*ONF**, des inventaires ont été menés sur un réseau national de 213 placettes réparties dans 15 massifs représentatifs de 40% des forêts françaises (hêtraies-chênaies-charmaies de plaine et hêtraies-sapinières-pessières de montagne). L'échantillonnage a été conçu afin de comparer de manière rigoureuse forêts exploitées et parcelles non exploitées, laissées en évolution naturelle (réserves forestières intégrales). Les équipes ont effectué des relevés de présence et d'abondance d'espèces de sept *groupes taxonomiques**, des champignons aux coléoptères, des plantes aux oiseaux. Ces données ont été confrontées à un ensemble d'indicateurs de naturalité et d'indicateurs structurels : parcelle exploitée ou réserve, durée depuis la fin de l'exploitation, distance à la lisière, bois mort, *etc.* L'analyse statistique révèle un effet positif fort de l'arrêt de l'exploitation sur le nombre d'espèces de bryophytes forestiers (mousses, *etc.*)



6. Gilg (2004)
Atelier Technique des Espaces Naturels.

7. Ministère de l'Agriculture
Les Indicateurs de gestion durable des forêts françaises métropolitaines.

** RNF :*
Réserves naturelles de France

** ONF :*
Office national des forêts

et de champignons du bois menacés ainsi que des effets positifs relativement modérés pour les autres groupes étudiés. Ces résultats sont cohérents avec ceux issus d'une *méta-analyse** portant sur 110 études en forêts tempérées et boréales, menée dans le cadre du même projet. L'étude a aussi montré que, sur les *groupes taxonomiques**, l'effet de l'arrêt de l'exploitation en tant que tel s'avère secondaire par rapport à l'effet de certaines variables favorisées par la mise en réserve des parcelles : quantité de bois mort, quantité de très gros bois, *etc.*

Globalement, l'étude confirme qu'aucun des indicateurs indirects structurels cités précédemment ne fournit de vérité générale sur l'évolution de la biodiversité, même si la prise en compte du bois mort et des très gros bois sort confortée de cette évaluation.

** MÉTA-ANALYSE : démarche statistique qui consiste à réunir les résultats d'un grand nombre d'études indépendantes portant sur un même sujet, afin d'en tirer des conclusions globales.*


© Olivier Brosseau / MEDDE-MLET

VERS DES INDICATEURS COMPOSITES : L'INDICE DE BIODIVERSITÉ POTENTIELLE

En complément de ces "indicateurs ciblés", susceptibles de livrer une information robuste sur une composante donnée de la biodiversité forestière, la mise au point d'outils plus intégratifs et opérationnels demeure une attente forte pour la gestion forestière. En France, l'Indice de biodiversité potentielle[8] (IBP) constitue l'une des pistes les plus avancées pour diagnostiquer la capacité d'accueil de la biodiversité ordinaire d'une parcelle. L'IBP y est mesuré en inventoriant dix facteurs qui décrivent notamment la quantité d'espèces forestières autochtones, le nombre de bois morts au sol, le nombre d'arbres porteurs de *micro-habitats** ou les habitats aquatiques. Il vise principalement à attirer l'attention des gestionnaires sur la biodiversité ordinaire sans pour autant se substituer aux relevés directs de biodiversité, le taux d'occupation effectif par la biodiversité des habitats potentiels inventoriés n'étant pas mesuré. Objet d'un fort intérêt des gestionnaires privés, l'IBP est en cours de validation. Le projet GNB, déjà évoqué, a néanmoins confirmé qu'il constituait un bon indicateur du nombre d'espèces de champignons lignicoles et de mousses forestières.

** MICRO-HABITATS : habitats de petits êtres vivants tels que les cavités et fentes dans le bois, coulées de sève, écorces décollées...*

8. Larrieu L. et Gonin P. (2012) *L'Indice de biodiversité potentielle (IBP), in* Nivet C. *et al.*, Les indicateurs de biodiversité forestière, *73-78.*

ATTENTION À L'EFFET OBSERVATEUR !

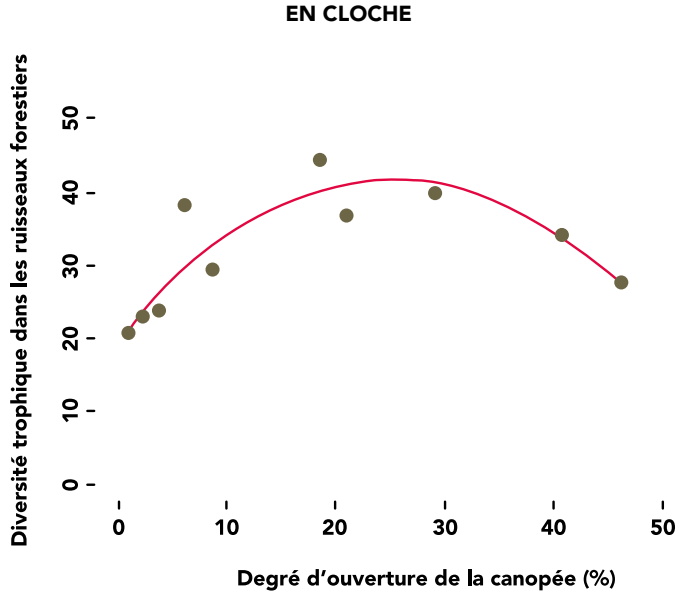
Dans quelle mesure les valeurs des indicateurs relevés sur une même parcelle varient-elles d'un observateur à l'autre ? L'évaluation et la prise en compte de cet inévitable "effet observateur" constituent un préalable indispensable à tout transfert vers la gestion d'indicateurs développés par la recherche. Coordonné par Frédéric Gosselin (Irstea), le projet GNB (2010-2014) développe ainsi une méthodologie pour l'Indice de biodiversité potentielle qui pourra par ailleurs s'avérer utile pour d'autres analyses du même type. Les résultats préliminaires montrent que l'effet observateur est particulièrement fort sur les relevés de *micro-habitats**. Ils pointent la nécessité de doter ce type d'indicateurs "rapides" de protocoles de terrain précis et partagés pour assurer la valeur des diagnostics posés. Entre pertinence écologique et contraintes opérationnelles, le développement des indicateurs de biodiversité forestière demeure une science du compromis !


© Laurent Mignaux / MEDDE-MLET

CLOCHES, SATURATIONS ET SEUILS : DES RELATIONS INDICATEURS - BIODIVERSITÉ PAS TOUJOURS LINÉAIRES

De quelle manière un indicateur donné varie-t-il en fonction de la biodiversité ? Alors que les premières approches menées dans le cadre du programme BGF recherchaient *a priori* des relations linéaires, des études plus récentes soulignent l'importance d'envisager des profils plus généraux, que les développements statistiques permettent désormais d'étudier plus aisément. Ainsi le projet IMPREBIO (2010-2014), qui a étudié les effets de l'intensification de la gestion sylvicole sous la direction de Philippe Balandier (Irstea), et le projet SYLECOL (2010-2014), coordonné par Antoine Lecerf (CNRS) et consacré à la recherche d'indicateurs de biodiversité pour les ruisseaux forestiers, ont tous deux testé systématiquement des modèles présentant une saturation, un plateau ou encore des modèles quadratiques, c'est-à-dire en forme de cloche ou de "U". Conformément à la théorie écologique, de nombreuses réponses en cloche ont été mises en évidence et décrivent mieux la relation entre indicateurs indirects et biodiversité (***Figure 2***). Ce résultat a été retrouvé dans le projet GNB (2010-2014) coordonné par Frédéric Gosselin (Irstea) – avec dans certains cas des relations "fortes" entre indicateur et biodiversité qui ne se révélaient qu'avec cette forme quadratique. Le projet GNB a par ailleurs mis en évidence une autre forme de relation : un effet "seuil" où la biodiversité ne varie qu'à partir d'une valeur donnée de l'indicateur considéré. Et là encore, cet effet seuil était le plus efficace pour décrire les variations de certaines composantes de la biodiversité avec les indicateurs indirects étudiés – en l'occurrence le volume de gros et de très gros bois morts (***Figure 3***).

EXEMPLES DE RELATION ENTRE INDICATEUR ET BIODIVERSITÉ



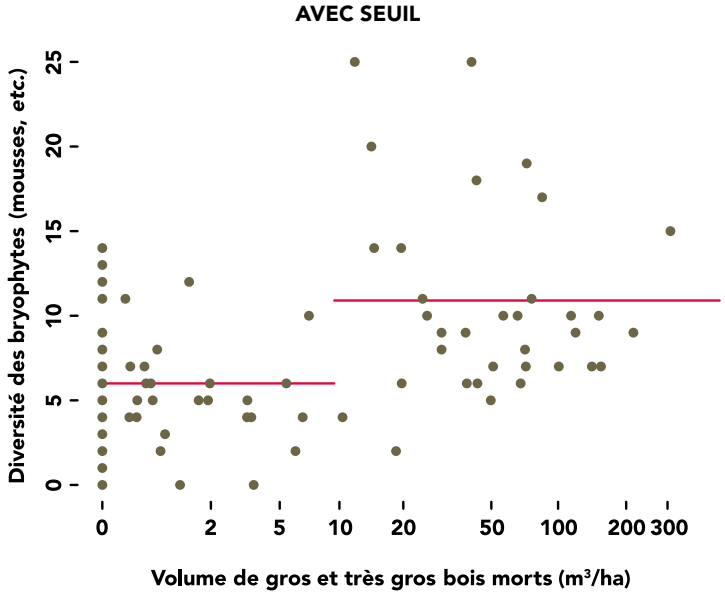


Figure 2 (à gauche) : *Exemple d'une relation quadratique ("en cloche") entre un indicateur indirect de biodiversité, l'ouverture de la canopée, et la diversité trophique, une mesure de la diversité des régimes alimentaires présents dans les ruisseaux forestiers.*
(Source : SYLECOL)

Figure 3 (à droite) : *Exemple d'une relation entre la diversité des bryophytes (richesse spécifique*) et un autre indicateur indirect de biodiversité, le volume local de gros et très gros bois morts (diamètre supérieur à 47,5 cm).*
La diversité est multipliée par un facteur 1,8 en moyenne lorsque le volume de gros bois morts dépasse 10 m³/ha environ. (Source : GNB)

Il est ainsi établi qu'aucun indicateur ne peut, à lui seul, déterminer les choix de gestion de manière univoque, encore moins capturer la complexité et les multiples facettes de la biodiversité. Il ressort en effet du programme BGF qu'une estimation pertinente de la biodiversité nécessite à la fois d'adopter une approche *multi-taxonomique et de combiner un éventail d'indicateurs complémentaires et modulables selon les sites. Les projets BGF ont également établi que, si la formalisation des indicateurs liés au bois mort est désormais aboutie et leurs limites bien établies, des indicateurs composites à la fois plus intégratifs et opérationnels, tels que l'IBP, restent encore largement à développer ou valider. Ainsi, les indicateurs actuels seront sans doute amenés à s'enrichir d'approches et de technologies prometteuses, tels que les démarches participatives et les outils de télédétection ou d'analyse de sons et d'odeurs. Toutefois, aussi précieux soient-ils pour les gestionnaires, les indicateurs ne sauraient devenir normatifs en l'absence de choix explicites d'états de référence ou d'objectifs de conservation. En quantifiant les relations entre une batterie d'indicateurs et un nombre inédit de groupes écologiques et de *taxons**, le programme BGF a apporté des éléments pour éclairer ces choix.**

Retrouvez les rapports des projets, la bibliographie et les deux autres synthèses
Synthèse n°1 : La biodiversité dans l'espace et le temps forestier.
Synthèse n°3 : Quels compromis entre biodiversité, production et autres services forestiers ?
sur http://bgf.gip-ecofor.org

Rédaction : Laurent Basilico, Fanny Bontemps, Jurgis Sapijanskas et Frédéric Gosselin
Comité de lecture : Jean-Luc Peyron, Hélène Soubelet, Viviane Appora, Meriem Fournier, Conseil scientifique et Comité d'orientation du programme BGF
Création graphique : Studioplay.fr
Publié en 2014