



HAL
open science

Effet des caractéristiques de peuplement et de naturalité biologique sur la biodiversité - Quelles implications possibles pour les stratégies de gestion ?

C. Bouget, Marion Gosselin

► To cite this version:

C. Bouget, Marion Gosselin. Effet des caractéristiques de peuplement et de naturalité biologique sur la biodiversité - Quelles implications possibles pour les stratégies de gestion ?. Rendez-vous Techniques de l'ONF, 2017, 56, pp.44-50. hal-02499920

HAL Id: hal-02499920

<https://hal.science/hal-02499920>

Submitted on 5 Mar 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

5 – Effet des caractéristiques de peuplement et de naturalité biologique sur la biodiversité – Quelles implications possibles pour les stratégies de gestion ?

La naturalité biologique n'est pas intrinsèquement liée à l'arrêt de l'exploitation mais correspond à la présence d'éléments structuraux typiques de forêts en évolution naturelle tels que les bois morts ou les dendromicrohabitats. Par ailleurs d'autres attributs ou propriétés du peuplement peuvent influencer la biodiversité. Les effets de l'ensemble de ces caractéristiques sur les 7 taxons du projet GNB sont examinés ici, avec une discussion sur la manière d'interpréter ces résultats pour la gestion forestière.

En dehors des effets directement associés à l'arrêt de l'exploitation forestière et à ses corollaires spatio-temporels, traités dans l'article 4 de ce dossier, le projet GNB a analysé la contribution des variables de naturalité biologique (gros et très gros arbres, bois mort et dendromicrohabitats) et d'autres variables dendrométriques aux variations de biodiversité de 7 taxons : oiseaux, chiroptères, carabes, coléoptères saproxyliques, champignons lignicoles, bryophytes, flore vasculaire, à la fois dans les forêts exploitées et les forêts non exploitées (réserves intégrales). Après avoir présenté la réponse de la biodiversité à ces caractéristiques, nous aborderons les possibles implications des résultats pour les stratégies de gestion.

Effets de la naturalité biologique sur la biodiversité

La naturalité biologique est décrite par des variables de structure dendrométrique du peuplement qui répondent à l'arrêt d'exploitation. Elle est caractérisée par la présence et la densité d'éléments structuraux typiques des forêts en évolution naturelle, et donc notamment des stades matures. L'hypothèse sous-jacente est que ces variables traduisent la

capacité d'accueil d'un peuplement pour différents groupes de la biodiversité forestière.

■ La présence et la quantité de **bois mort** conditionnent la présence d'espèces saproxyliques qui dépendent, pendant tout ou partie de leur cycle de vie, du bois mort ou mourant d'arbres morts ou dépérissants, ou des microhabitats associés (cavités, champignons...). Dans le projet GNB, il s'agit de taxons que l'on peut qualifier de « pleinement saproxyliques » et de « partiellement saproxyliques ». Les premiers sont les coléoptères saproxyliques et les champignons lignicoles. Les seconds comprennent les bryophytes (hors espèces terricoles, humicoles ou corticoles), les chiroptères (hors espèces prédatrices d'insectes non saproxyliques et gîtant dans des microhabitats non ligneux), et les oiseaux, en particulier les espèces insectivores spécialisées dans les proies saproxyliques et les espèces cavicoles. La présence et la quantité de bois mort influencent aussi la structure et la fertilité du sol, et par conséquent les organismes terricoles.

■ La présence et la quantité de **gros arbres** conditionnent à la fois la pré-

sence d'espèces corticoles (certaines bryophytes par exemple), d'espèces fréquentant les houppiers (certains oiseaux, coléoptères, bryophytes et champignons lignicoles), et aussi d'espèces saproxyliques puisque les gros arbres sont susceptibles de porter du bois mort sur le tronc ou dans les branches. Par conséquent, la richesse spécifique des groupes comportant de telles espèces est susceptible de varier en fonction de métriques liées aux gros arbres.

■ La présence et la quantité de **dendromicrohabitats**, sur arbres morts ou sur arbres vivants, favorisent des espèces qui nécessitent les conditions particulières d'abri, d'humidité, de température procurées par ces microhabitats, comme les coléoptères saproxyliques, les chiroptères, les bryophytes, les champignons lignicoles, les oiseaux, d'ailleurs impliqués dans la création d'une partie de ces microhabitats.

Dans le cadre du présent projet, seuls deux groupes taxinomiques, les bryophytes et les champignons lignicoles, sont positivement et fortement influencés par les trois types d'attributs de naturalité biologique. Pour ces deux groupes, de nombreuses

variables (ou métriques) testées dans notre projet ont un effet fort – cf. tableau 1. Pour les autres taxons, l'effet de l'ensemble des variables de naturalité biologique s'est avéré négligeable ou non conclusif.

Effet des métriques liées au bois mort

Les métriques liées au bois mort (cf. article 3) renvoient, pour les organismes saproxyliques, à la notion de quantité de ressources, d'une part, et à l'hétérogénéité d'habitat, d'autre part.

Le **volume total de bois mort** donne une première estimation de la quantité de ressources. Dans le cadre d'une méta-analyse de données européennes, Lassaue *et al.* (2010) ont démontré une corrélation globale positive, mais faible, entre le volume local total de bois mort et la richesse spécifique des taxons saproxyliques, coléoptères comme champignons. Cette corrélation est plus forte en forêt boréale qu'en forêt tempérée, et plus forte dans les forêts froides de façon générale (Müller *et al.*, 2014). Dans les données GNB, le volume total de bois mort est plus fort dans les réserves intégrales que dans les parcelles encore soumises à l'exploitation.

Pour tenir compte des variations stationnelles de productivité ligneuse et donc des variations de volume ligneux sur l'ensemble des sites échantillonnés dans le projet, la quantité de ressources saproxyliques a été contextualisée, c'est-à-dire établie non seulement en valeur absolue mais aussi en relatif du peuplement total (vivant et mort) : c'est l'objet de la métrique du **ratio volumique [bois mort]/[matière ligneuse totale]**, dont les valeurs ne sont pas significativement différentes entre réserves intégrales et forêts exploitées (10 % à 20 % en moyenne).

Les relations entre le niveau de ressources disponibles et le nombre d'espèces associées impliquent aussi

l'hypothèse d'hétérogénéité d'habitat : une diversité accrue des types de substrats et de micro-habitats favorise la présence à la fois des espèces généralistes et d'une plus large gamme d'espèces spécialistes (Seibold *et al.*, 2016). C'est pourquoi nous avons utilisé le **nombre de types de bois mort** (catégories croisant l'essence, le diamètre, le stade de décomposition, la position gisante ou debout...) dans la placette dendrométrique locale comme une mesure directe de la diversité des types de bois morts disponibles. Dans le jeu de données GNB, cette variable est équivalente entre réserves intégrales et forêts exploitées. D'autres métriques permettent de prendre en compte individuellement des types de bois mort particulièrement importants. Le **volume des gros et très gros bois morts** (diamètres respectivement supérieurs à 47,5 et 67,5 cm) évalue la disponibilité d'un type-clef de bois mort, hébergeant potentiellement davantage d'espèces que les petits bois morts (cf. Revue bibliographique de Gosselin, 2004 (p. 237)), et beaucoup plus représenté dans les réserves intégrales que dans les forêts exploitées.

Quels taxons voient leur richesse spécifique influencée par ces métriques ?

La richesse des bryophytes et des champignons lignicoles est fortement influencée par plusieurs métriques liées au bois mort (cf. tableau 1).

■ L'effet du volume total de bois mort sur la richesse de l'ensemble des **bryophytes** s'avère faible (il n'apparaît d'effet positif notable que pour une hausse très conséquente (+47 m³/ha)), mais les bryophytes forestières, quant à elles, réagissent fortement aux métriques de bois mort. En particulier, leur richesse augmente fortement avec (i) le ratio volumique entre bois mort et bois total; (ii) le volume de gros et très gros bois mort (meilleur modèle expliquant leur richesse avec un seuil autour de 9 m³/ha); (iii) la densité

de microhabitats sur arbres morts, même si l'effet positif n'est fort que pour une augmentation assez importante (+39 microhabitats).

■ L'ensemble des **champignons lignicoles** voit sa richesse augmenter fortement avec toutes les métriques de bois mort testées. Le seuil de réponse sigmoïdale au volume total de bois mort se situe autour de 25 m³/ha. Pour leur part, les cortèges d'espèces menacées sont plus riches lorsque la ressource en bois mort augmente (volume total, ratio volumique et diversité en types; cf. tableau 1). Une augmentation de la diversité des bois morts de +5 types est liée fortement ou très fortement à la richesse des champignons lignicoles menacés ou totaux (seuil de réponse sigmoïdale à 10 types). L'effet des augmentations quantitatives de gros et très gros bois mort est très fort sur les champignons lignicoles en général comme sur les espèces menacées, avec des seuils estimés mais très peu précis.

En revanche, contrairement à nos hypothèses de départ et à d'autres résultats obtenus en forêts tempérées, ces métriques liées aux gros bois et bois mort n'ont pas d'effet fort sur la richesse des coléoptères saproxyliques ou des chiroptères.

Elles n'ont pas non plus d'effet conséquent sur le nombre d'espèces des autres taxons du jeu de données (flore vasculaire, oiseaux, carabes). La diversité et la quantité de bois mort, en particulier le volume de bois mort au sol, ne déterminent ni la richesse des Carabiques épigés ni celle de la flore vasculaire.

Effet des métriques liées aux gros et très gros arbres vivants

La surface terrière des gros et très gros arbres est plus forte dans les réserves intégrales que dans les parcelles exploitées (cf. article 3). Bien que les métriques associées aux gros arbres vivants soient systématiquement moins déterminantes que les autres facteurs (bois mort et

Groupe taxonomique	Variable explicative	Type de modèle	Valeur du seuil [Intervalle de Confiance à 95 %] (pour les modèles « seuil » et « sigmoïde »)	Variation simulée pour l'analyse de magnitude	Magnitude
Bryophytes, toutes espèces	Volume total de bois mort			+ 18 m³/ha	00/00/00 pour Q1/Q2/Q3 = 8/28/87 m³/ha
				+ 47 m³/ha	+/?/0 pour Q1/Q2/Q3 = 8/28/87 m³/ha
	Volume de gros et très gros bois morts		9.4 m³/ha [6.9-11.8]	+ 9,8 m³/ha	++
				+ 34 m³/ha	++
	Ratio volume bois mort/bois total			+ 7 %	+/?/0 pour Q1/Q2/Q3 = 0.03/0.1/0.23
				+ 13 %	++/++/++ pour Q1/Q2/Q3 = 0.03/0.1/0.23
Bryophytes forestières	Densité de microhabitats sur arbres morts			+ 21/ha	?/?/? pour Q1/Q2/Q3 = 0/0/23
				+ 39/ha	+/?/+ pour Q1/Q2/Q3 = 0/0/23
	Surface terrière des très gros arbres		3.7 m²/ha [2.5-4.6]	+ 3,16 m²/ha	++
				+ 3,8 m²/ha	++
	Surface terrière des gros et très gros arbres			+ 5 m²/ha	+/?/? pour Q1/Q2/Q3 = 3.4/9/13.5 m²/ha
				+ 6 m²/ha	++/++ pour Q1/Q2/Q3 = 3.4/9/13.5 m²/ha
	Volume total de bois mort		25.4 m³/ha [9.4-60.5]	+ 18 m³/ha	+
				+ 47 m³/ha	++
	Volume de gros et très gros bois morts		2.2 m³/ha [0-22.1]	+ 9,8 m³/ha	+
				+ 34 m³/ha	++
	Richesse en types de bois mort		10 types [4-23]	+ 4 types	+
				+ 4.9 types	++
Champignons lignicoles, toutes espèces	Volume de bois mort au sol			+ 13 m³/ha	+/?/0+ pour Q1/Q2/Q3 = 5/12.5/32 m³/ha
				+ 33 m³/ha	++/++/++ pour Q1/Q2/Q3 = 5/12.5/32 m³/ha
	Ratio volume bois mort/bois total			+ 7 %	++/++/++ (plaine) +/?/? (montagne) pour Q1/Q2/Q3 = 0.03/0.07/0.15
				+ 13 %	++/++/++ (plaine) ++/?/? (montagne) pour Q1/Q2/Q3 = 0.03/0.07/0.15
	Densité de microhabitats sur arbres morts			+ 21/ha	?/?/? pour Q1/Q2/Q3 = 0/0/23
				+ 39/ha	+/?/+ pour Q1/Q2/Q3 = 0/0/23
	Volume de gros et très gros bois morts		38.3 m³/ha [14.0-89.9]	+ 9,8 m³/ha	++
				+ 34 m³/ha	++
Champignons lignicoles menacés	Richesse en types de bois mort			+ 4 types	+
				+ 4.9 types	+
	Volume total de bois mort		74.3 m³/ha [16.3-209.0]	+ 18 m³/ha	?
				+ 47 m³/ha	+
	Ratio volume bois mort/bois total		0.273 [0-0.563]	+ 7 %	?
				+ 13 %	+

Tab. 1 : synthèse des relations non négligeables pour les variables de naturalité biologique (bois mort, gros et très gros arbres, dendromicrohabitats)

Types de modèle : / linéaire; quadratique; sigmoïde; à effet seuil. Magnitude : effet positif fort (différence d'au moins 10 %); « ++ » : effet positif très fort (différence d'au moins 20 %); « ? » : les données ne permettent pas de conclure; « 0 » ou « 00 » : effet négligeable ou très négligeable. Pour les modèles quadratiques, la magnitude est calculée aux 3 quartiles du gradient. Les relations entre les autres taxons et les variables de naturalité biologique, absentes de ce tableau, soit sont négligeables, soit ne permettent pas de conclure.

dendromicrohabitats), la richesse des bryophytes et des bryophytes forestières augmente fortement avec la surface terrière de gros arbres et de très gros arbres (diamètres respectivement $>47,5$ et $>67,5$ cm), conformément à d'autres études qui établissent un lien positif entre la densité de gros arbres et la richesse en bryophytes épiphytes (Kiraly *et al.*, 2013). Cette relation peut s'expliquer soit par un effet microclimatique, le plus fort ombrage dans les peuplements à forte surface terrière induisant un microclimat plus favorable aux mousses, soit par le fait que la surface de supports ligneux disponible pour les espèces corticales augmente avec la surface terrière. Elle pourrait aussi provenir en partie d'un biais d'échantillonnage, les bases de troncs inventoriés correspondant par nature à des surfaces d'inventaire d'autant plus élevées que le tronc est gros. Les analyses de richesse à l'échelle du support inventorié, à venir, permettront de faire la part des choses entre l'effet de la surface terrière en tant que telle et l'effet des variations de surfaces inventoriées.

Effet des métriques liées aux dendromicrohabitats

Les dendromicrohabitats présents sur les arbres (cavités, bois mort perché, fentes, épiphytes, etc.) sont un substrat de prédilection pour certains cortèges saproxyliques. La densité de dendromicrohabitats sur arbres morts ou sur arbres vivants est susceptible d'affecter la richesse des coléoptères saproxyliques, en bénéficiant notamment à des espèces spécialistes. Pourtant, l'analyse de notre jeu de données n'a pas révélé de lien entre la densité locale de dendromicrohabitats (sur arbres morts ou vivants) et la richesse des coléoptères saproxyliques. Plus précisément, la diversité de dendromicrohabitats est le facteur le plus explicatif de la richesse spécifique des coléoptères saproxyliques rares, mais avec un effet négligeable. De même, contrairement à nos hypothèses, nous n'avons pas identifié

de corrélation entre la densité de dendromicrohabitats et la richesse en chiroptères ou oiseaux forestiers, pourtant cavicoles *pro parte*.

La richesse des champignons lignicoles augmente fortement avec les métriques du bois mort, comme on l'a vu, mais aussi avec la densité de dendromicrohabitats sur arbres morts. Cela vient en partie de ce que les microhabitats des arbres incluent les polypores. De plus, la comparaison de modèles montre que le nombre de microhabitats à l'hectare est corrélé au volume de chandelles, et que le modèle explicatif faisant intervenir le volume de chandelles est nettement meilleur que le modèle « nombre de microhabitats » pour expliquer la richesse totale de champignons lignicoles.

La densité de dendromicrohabitats influence nettement la richesse des bryophytes forestières. Quelques espèces de bryophytes vivent en effet dans les dendromicrohabitats qui présentent des refuges ombragés et humides, comme les parois des dendrotelmes et les replis d'écorce, ou bien sont épiphytes sur d'autres bryophytes corticales potentiellement inventoriées parmi les dendromicrohabitats. Toutefois, ces espèces-là ne représentent dans notre jeu de données qu'une petite partie du cortège des bryophytes forestières (3 espèces par placette au plus) : leur présence n'explique pas à elle seule l'effet de la densité de microhabitats sur la richesse des bryophytes forestières.

Effet d'autres variables dendrométriques

Nous abordons maintenant les variables dendrométriques sensibles à la gestion forestière mais *a priori* peu dépendantes de l'arrêt de l'exploitation forestière. Il s'agit de la diversité en essences, de la surface terrière totale ou cumulée par essence ou par catégorie de diamètre, et du diamètre quadratique moyen. Leurs effets sur la richesse des communautés sont négligeables pour les oiseaux, les



Laurent Larrieu, INRA

Un dendrotelme

carabes, la flore vasculaire, les chiroptères et les coléoptères saproxyliques (cf. tableau 2).

Chez les bryophytes et les bryophytes forestières, augmenter d'une unité la diversité d'essences a un effet positif fort, probablement en raison d'un accroissement de la diversité physico-chimique des supports pour les espèces corticales ou saproxyliques.

Chez les bryophytes forestières et les champignons lignicoles, la surface terrière des arbres vivants est également très structurante. La richesse des bryophytes forestières réagit positivement à une augmentation (+ 7 m²) de la surface terrière totale, avec un effet de type sigmoïde très imprécis). De même, la surface terrière totale a un effet positif très fort sur les champignons lignicoles en général (avec un seuil moyen de réponse à 8 m²/ha); en ce qui concerne les champignons lignicoles menacés, l'effet est très fort pour les faibles surfaces terrières mais devient incertain quand elles sont élevées. L'influence de la surface terrière sur les conditions abiotiques est souvent plus forte pour les faibles surfaces terrières (Ligot *et al.*, 2015). D'autre part, l'effet fort d'une augmentation de 10 cm du diamètre quadratique

moyen sur les bryophytes forestières et les champignons lignicoles reflète certainement un accroissement de la surface de support disponible.

Enfin, dans nos données, où la pression d'herbivorie exercée par les ongulés sauvages est analogue entre forêts exploitées et non-exploitées, une augmentation de 6 % du taux d'abrutissement a un effet négligeable sur la flore vasculaire en plaine et en montagne. Une augmentation plus forte (8 %) a toutefois un effet fort et positif sur la richesse spécifique de la flore vasculaire forestière en montagne. Cette partie de GNB a pour l'instant été peu étudiée et fera l'objet d'analyses plus approfondies en 2017-2018.

Seuls certains groupes sont sensibles au maintien de gros arbres bois mort et dendromicrohabitats

Globalement, nous n'observons parmi les variables étudiées aucun déterminant écologique fort pour les carabes, la flore vasculaire, les coléoptères saproxyliques et les oiseaux, sur lesquels l'arrêt de l'exploitation n'a pas d'effets nets (cf. article 4) dans le cadre de ce projet, ni pour les chiroptères, pourtant plus riches en forêt non exploitée. Derrière ce constat général, il est utile de séparer d'un côté flore vasculaire, carabes et oiseaux qui présentent quasi systématiquement des relations négligeables, et de l'autre les chiroptères et coléoptères saproxyliques rares pour lesquels on observe aussi des relations incertaines qui ne permettent pas de conclure sur la force du lien.

Les organismes saproxyliques ne montrent pas de facteur structurant consensuel. L'influence des dendromicrohabitats sur les richesses spécifiques est soit faible soit discutable (pour les bryophytes et les champignons lignicoles). Seuls deux groupes, les bryophytes (forestières surtout) et les champignons lignicoles, sont positivement et fortement influencés par les trois types d'attributs de naturalité biologique (gros arbres, bois

mort et dendromicrohabitats) et par les autres variables de peuplement.

Concevoir des recommandations de gestion à partir des seuils identifiés ?

Les seuils observés dans les relations ressource-biodiversité peuvent alimenter une interprétation quantitative des résultats. La transcription de ces relations « à seuil » en recommandations de gestion suppose cependant que les analyses permettent d'identifier une valeur suffisamment précise de ce seuil. Par la suite, les efforts nécessaires pour atteindre les valeurs-cible doivent être discutés en regard des enjeux de conservation de la biodiversité associée. Nous analysons de tels seuils ci-dessous, mais il faut garder à l'esprit que d'autres formes de relations existent dans nos résultats entre mesures de biodiversité et variables explicatives.

Il apparaît par exemple que le volume de gros et très gros bois mort a un effet positif très fort (+ 80 %) sur la richesse en bryophytes forestières autour d'un seuil assez précis de 9 m³/ha (cf. tableau 1). Sachant que la moyenne du volume de gros et très gros bois morts en placettes exploitées est de 5 m³/ha, il y a des cas où le volume en question n'est pas très éloigné du seuil, où par conséquent la richesse en bryophytes forestières gagnerait fortement à ce qu'il soit augmenté. Cependant, si le volume de départ est à 5 m³/ha, il faudrait un ajout de 7 m³/ha pour franchir le seuil à coup sûr (cf. figure 1), ce qui représente un effort de gestion important. Par ailleurs si le volume de départ est compris dans la marge d'incertitude autour du seuil (entre 7 et 12 m³/ha), il est possible que le seuil soit déjà franchi et qu'une augmentation de volume de gros bois mort soit sans conséquence, mais il est possible aussi qu'une hausse modérée permette de franchir le seuil, au bénéfice de la diversité bryologique.

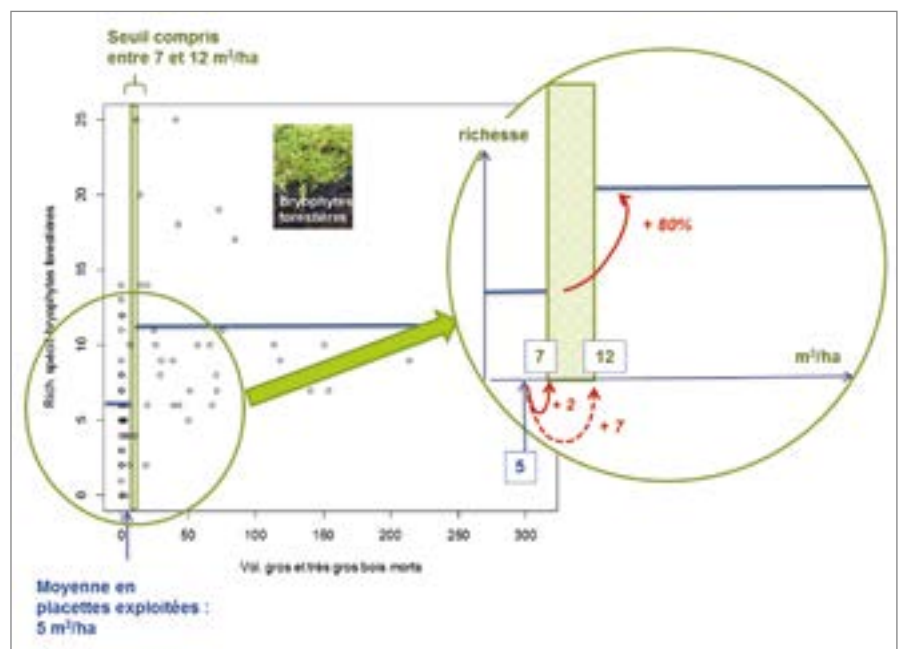















Fig. 1 : effet seuil du volume de très gros bois mort sur la richesse en bryophytes forestières

Compte-tenu de l'imprécision sur l'estimation du seuil – compris entre 7 et 12 m³/ha, on peut dire avec certitude que, dans une parcelle à 5 m³/ha de gros et très gros bois mort, un ajout de 7 m³/ha permet de franchir le seuil et d'augmenter la richesse spécifique de 80 %. En revanche, un ajout de 2 à moins de 7 m³/ha ne peut que potentiellement permettre de franchir le seuil, sans certitude.

Groupe taxonomique	Variable explicative	Type de modèle	Valeur du seuil [IC 95 %] (pour les modèles « seuil » et « sigmoïde »)	Variation simulée pour l'analyse de magnitude	Magnitude
Bryophytes forestières	Surface terrière totale			+ 6 m ² /ha	+/?/? pour Q1/Q2/Q3 = 17.5/22.5/29,5 m ² /ha
				+ 7 m ² /ha	+/?/? pour Q1/Q2/Q3 = 17.5/22.5/29,5 m ² /ha
	Surface terrière du Hêtre		15 m ² /ha [4-32]	+ 5,4 m ² /ha	++
				+ 6 m ² /ha	++
	Surface terrière du Sapin		4.2 m ² /ha [0.5-8.0]	+ 3,7 m ² /ha	++
				+ 4,8 m ² /ha	++
	Diamètre quadratique moyen			+ 10,7 cm	+/?/? pour Q1/Q2/Q3 = 21/26/35,5 cm
				+ 9,7 cm	+/?/? pour Q1/Q2/Q3 = 21/26/35,5 cm
	Richesse en essences			+ 1	+/?/0 pour Q1/Q2/Q3 = 2/3/4
				+ 1.1	+/?/0 pour Q1/Q2/Q3 = 2/3/4
Bryophytes (toutes espèces)	Richesse en essences			+ 1	+/0/00 pour Q1/Q2/Q3 = 2/3/4
				+ 1.1	+/0/00 pour Q1/Q2/Q3 = 2/3/4
Flore vasculaire, esp. forestières	Taux d'abroustissement			+ 6 %	00/00/00 (plaine) ?/0/0 (montagne) pour Q1/Q2/Q3 = 5.5/10.4/15,7 %
				+ 8 %	0/00/00 (plaine) +/?/0 (montagne) pour Q1/Q2/Q3 = 5.5/10.4/15,7 %
Champignons lignicoles, toutes espèces	Surface terrière totale		8.2 m ² /ha [4.5-12.5]	+ 6 m ² /ha	++
				+ 7 m ² /ha	++
	Diamètre quadratique moyen			+ 10,7 cm	+/?/0 pour Q1/Q2/Q3 = 19.5/25/35 cm
				+ 9,7 cm	+/?/0 pour Q1/Q2/Q3 = 19.5/25/35 cm
Champignons lignicoles menacés	Surface terrière totale			+ 6 m ² /ha	++/?/? pour Q1/Q2/Q3 = 19/23/31 m ² /ha
				+ 7 m ² /ha	++/?/? pour Q1/Q2/Q3 = 19/23/31 m ² /ha

Tab. 2 : synthèse des relations non négligeables pour les autres variables de gestion, a priori non influencées par la mise en réserve

Types de modèle : / linéaire;  quadratique;  sigmoïde;  à effet seuil. Magnitude : effet positif fort (différence d'au moins 10 %); « ++ » : effet positif très fort (différence d'au moins 20 %); « ? » : les données ne permettent pas de conclure; « 0 » : effet négligeable. Pour les modèles quadratiques, la magnitude est calculée aux 3 quartiles du gradient. Les relations entre les autres taxons et variables de gestion, absentes de ce tableau, soit sont négligeables, soit ne permettent pas de conclure.



Yvan Paillet, Irstea

De même, toujours pour les bryophytes forestières, maintenir systématiquement de très gros arbres vivants jusqu'à atteindre un seuil de surface terrière compris entre 2 et 5 m²/ha (cf. tableau 1) aurait un effet positif très fort (+ 70 % en nombre d'espèces). Mais cela représente un effort conséquent : la surface terrière moyenne actuelle de très gros arbres des placettes exploitées (2,5 m²/ha) représente environ 5 arbres de 67,5 cm de diamètre (grosesse minimale de la catégorie). Pour s'assurer d'atteindre le seuil en visant sa valeur maximale (5 m²/ha), il faudrait passer de 5 à 9 arbres de 67,5 cm de diamètre par hectare en moyenne, soit quasiment doubler le nombre de très gros arbres.

L'exemple des relations entre quantité et diversité du bois mort et richesse locale des champignons lignicoles illustre à nouveau la difficulté de traduire les résultats de GNB en recommandations de gestion explicites. Alors que la diversité moyenne du bois mort dans les forêts exploitées s'élève à 9 types, la richesse des champignons lignicoles augmente fortement après la valeur seuil de 10 types. *A priori*, un effort « modeste » du gestionnaire occasionnerait donc des bénéfices importants pour la richesse

de ce groupe. Ceci dit, il faudrait tout de même l'addition de 5 types de bois mort (+ 55 %) dans les parcelles exploitées pour s'attendre à une augmentation de 40 % du nombre d'espèces de champignons lignicoles.

Le lien entre les champignons lignicoles et le volume total de bois mort est bien moins robuste pour être traduit en consignes de gestion. La richesse en champignons lignicoles augmentant fortement au-delà d'un seuil de 25 m³/ha de bois mort total (+38 % d'espèces), et la moyenne dans les placettes exploitées étant de 21 m³/ha dans notre jeu de données, ce seuil pourrait conduire à un objectif non démesuré pour la gestion d'augmenter de 4 m³/ha en moyenne le volume de bois mort. Toutefois, l'estimation de la valeur du seuil est peu précise dans ce modèle : on sait simplement que le seuil est compris entre 9 et 60 m³/ha (cf. tableau 1). La probabilité de franchir le seuil en ajoutant seulement 4 m³/ha de bois mort est ainsi très faible, les résultats ne permettent donc pas d'affirmer qu'une telle recommandation de gestion serait efficace.

D'autres éléments à intégrer dans la traduction des résultats de GNB

La quantité et la diversité de bois mort sont des cibles de gestion qui sont souvent corrélées positivement. Mais on pourrait concevoir des actions qui n'augmentent que la quantité de bois mort en maintenant un faible niveau de diversité de types de bois morts (par exemple en ciblant uniquement les petits bois morts au sol). Or, on peut s'attendre à ce que ce type de gestion soit moins favorable à la biodiversité saproxylique qu'une gestion qui augmenterait simultanément quantité et diversité de bois mort. Les éléments quantitatifs sur la magnitude de ces effets combinés restent à étudier.

Enfin, ce type de consigne repose sur l'idée que la biodiversité locale ne dépend que des efforts de gestion locaux, alors que des influences du voisinage et de la connectivité d'habitat au niveau du paysage sont à prendre en compte (cf. article 4).

L'effet du niveau de ressources est aussi modulé par d'autres co-variables non étudiées ici. Il a ainsi été montré par ailleurs que les effets d'habitat varient en fonction des conditions abiotiques : l'influence de la densité de cavités d'arbres sur la richesse des coléoptères saproxyliques est contextuelle, elle varie selon l'ouverture du peuplement (Bouget *et al.*, 2014a). Les mécanismes invoqués relèvent de la complémentarité d'habitat (substrat larvaire, ressources adultes), d'un impact microclimatique sur les substrats ou l'activité de vol. Enfin, les effets des conditions d'habitat actuelles peuvent être infléchis par les discontinuités de la disponibilité d'habitat dans le passé. Il se trouve que toutes les placettes GNB sont situées en forêt ancienne, mais les éventuels contrastes d'intensité de gestion dans le passé n'ont pas été explorés. La démonstration de potentiels effets d'héritage nécessiterait des travaux complémentaires.

Christophe Bouget
Marion Gosselin

Irstea Nogent-sur-Vernisson,
UR Ecosystèmes Forestiers