

Comprendre la fabrique de l'utilisabilité des indicateurs de biodiversité. Le cas des dendromicrohabitats

Isabelle ARPIN, Margaux KUREK,
Clara THERVILLE & Yoan PAILLET

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION / *PUBLICATION DIRECTOR*: Gilles Bloch,
Président du Muséum national d'Histoire naturelle

RÉDACTEUR EN CHEF / *EDITOR-IN-CHIEF*: Jean-Philippe Siblet

ASSISTANTE DE RÉDACTION / *ASSISTANT EDITOR*: Sarah Figuet (naturae@mnhn.fr)

MISE EN PAGE / *PAGE LAYOUT*: Sarah Figuet

COMITÉ SCIENTIFIQUE / *SCIENTIFIC BOARD*:

Luc Barbier (Parc naturel régional des caps et marais d'Opale, Colémbert)
Aurélien Besnard (CEFE, Montpellier)
Hervé Brustel (École d'ingénieurs de Purpan, Toulouse)
Thierry Dutoit (UMR CNRS IMBE, Avignon)
Éric Feunteun (MNHN, Dinard)
Romain Garrouste (MNHN, Paris)
Grégoire Gautier (DRAAF Occitanie, Toulouse)
Frédéric Gosselin (Irstea, Nogent-sur-Vernisson)
Patrick Haffner (PatriNat, Paris)
Frédéric Hendoux (MNHN, Paris)
Xavier Houard (MNHN, Paris)
Isabelle Le Viol (MNHN, Concarneau)
Francis Meunier (Conservatoire d'espaces naturels – Hauts-de-France, Amiens)
Serge Muller (MNHN, Paris)
Francis Olivereau (DREAL Centre, Orléans)
Laurent Poncet (PatriNat, Paris)
Nicolas Poulet (OFB, Vincennes)
Jean-Philippe Siblet (PatriNat, Paris)
Julien Touroult (PatriNat, Paris)

COUVERTURE / *COVER*:

Une chandelle riche en dendromicrohabitats en forêt primaire – Biogradska Gora, Monténégro. Crédit photo: Yoan Paillet.

Naturae est une revue en flux continu publiée par les Publications scientifiques du Muséum, Paris
Naturae is a fast track journal published by the Museum Science Press, Paris

Les Publications scientifiques du Muséum publient aussi / *The Museum Science Press* also publishes:

Adansonia, *Zoosystema*, *Anthropozoologica*, *European Journal of Taxonomy*, *Geodiversitas*, *Cryptogamie* sous-sections *Algologie*, *Bryologie*, *Mycologie*, *Comptes Rendus Palevol*.

Diffusion – Publications scientifiques Muséum national d'Histoire naturelle
CP 41 – 57 rue Cuvier F-75231 Paris cedex 05 (France)
Tél.: 33 (0)1 40 79 48 05 / Fax: 33 (0)1 40 79 38 40
diff.pub@mnhn.fr / <https://sciencepress.mnhn.fr>

© Cet article est sous licence Creative Commons Attribution 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)
ISSN (électronique / electronic) : 2553-8756

Comprendre la fabrique de l'utilisabilité des indicateurs de biodiversité. Le cas des dendromicrohabitats

Isabelle ARPIN

Université Grenoble Alpes, INRAE, LESSEM,
2 rue de la Papeterie, F-38402 St-Martin d'Hères (France)
isabelle.arpin@inrae.fr

Margaux KUREK

Université Montpellier, INRAE, G-EAU,
361 rue Jean-François Breton, F-34090 Montpellier (France)
margaux.kurek@inrae.fr

Clara THERVILLE

SENS, IRD, CIRAD, Université Paul Valéry, Montpellier 3,
Site Saint Charles, rue du Professeur Henri Serre, F-34000 Montpellier (France)
clara.therville@ird.fr

Yoan PAILLET

Université Grenoble Alpes, INRAE, LESSEM,
2 rue de la Papeterie, F-38402 St-Martin d'Hères (France)
yoan.paillet@inrae.fr

Soumis le 4 juin 2024 | Accepté le 5 septembre 2024 | Publié le 18 juin 2025

Arpin I., Kurek M., Therville C. & Paillet Y. 2025. — Comprendre la fabrique de l'utilisabilité des indicateurs de biodiversité. Le cas des dendromicrohabitats. *Naturae* 2025 (8): 105-117. <https://doi.org/10.5852/naturae2025a8>

RÉSUMÉ

Les indicateurs de biodiversité sont des mesures, généralement quantitatives, utilisées pour synthétiser, illustrer et communiquer de manière simple des phénomènes complexes relatifs à la biodiversité. Cet article réfléchit aux critères d'utilisabilité des indicateurs de biodiversité, l'utilisabilité étant entendue comme l'évaluation par les acteurs de leur potentiel à être pris en compte dans les processus de décision publique et de gestion, à partir du cas d'un indicateur de biodiversité forestière, les dendromicrohabitats. Il applique à ce cas d'étude un cadre d'analyse de l'utilisabilité aujourd'hui classique, dans un double objectif: comprendre l'utilisabilité de cet indicateur et discuter les critères retenus par ce cadre d'analyse pour en rendre compte. Nous nous appuyons sur une enquête qualitative auprès de chercheurs qui ont contribué à la construction de l'indicateur dendromicrohabitats, de gestionnaires et de décideurs qui l'utilisent. Nous montrons que les critères d'utilisabilité mobilisés dans ce cadre d'analyse – la crédibilité, la pertinence, la légitimité et la faisabilité – interviennent effectivement dans l'utilisabilité des dendromicrohabitats, mais ne couvrent pas tous les éléments mentionnés par nos informateurs. Nous proposons de compléter le cadre d'analyse de l'utilisabilité de deux manières: premièrement, en étendant le critère de légitimité aux dimensions renvoyant à la légitimité substantielle de l'indicateur; deuxièmement, en prenant en compte les dimensions sensibles, esthétiques et morales de l'indicateur, apparues comme un élément central de sa faisabilité pour nos informateurs. Notre travail conduit ainsi à défendre une approche de l'utilisabilité des indicateurs de biodiversité attentive à leurs dimensions sensibles, esthétiques et éthiques. Il suggère également que l'utilisabilité d'un indicateur n'est pas absolue mais relative et s'inscrit dans un système dynamique d'indicateurs.

MOTS CLÉS

Forêt,
interface science-société,
crédibilité,
pertinence,
légitimité,
faisabilité.

ABSTRACT

Understanding the making of the usability of biodiversity indicators. The case of tree-related microhabitats. Biodiversity indicators are generally quantitative measures used to summarise, illustrate and communicate complex phenomena relating to biodiversity in a simple way. An increasing number of biodiversity indicators have been recently developed to address different aspects of biodiversity, but their use is very uneven. This article examines the usability criteria for biodiversity indicators, where usability is understood as the assessment by stakeholders of the potential of these indicators to be taken into account in public decision-making and management processes, using the case of a forest biodiversity indicator, namely tree-related microhabitats. We have applied a now classic usability analysis framework to this case study, with a twofold objective: firstly, to understand the usability of this indicator; and secondly, to examine the capacity of the chosen analysis framework to account for it. Interviews with producers and users of the tree-related microhabitats indicator revealed that the usability criteria used in this analysis framework –credibility, relevance, legitimacy and feasibility– do play a role in the usability of tree-related microhabitats. However, they do not take into account important elements mentioned by the informants. In order to address these limitations, we propose two modifications to the usability criteria. Firstly, we suggest extending the legitimacy criterion to encompass dimensions pertaining to the substantial legitimacy of the indicator. Secondly, we propose incorporating the sensitive, aesthetic and moral dimensions of the indicator, which emerged as a central element of its feasibility for our informants. Our findings therefore lead us to recommend an approach to the usability of biodiversity indicators that attends to their sensitive, aesthetic and ethical dimensions. They also suggest that the usability of an indicator is not absolute but relative, and is embedded within a dynamic system of indicators.

KEY WORDS

Forest, science-society interface, credibility, relevance, legitimacy, feasibility.

INTRODUCTION

Soixante ans après l'alerte de Carson (1962) sur le « printemps silencieux », l'existence d'une crise majeure de la biodiversité a été démontrée par les scientifiques et prise en considération par les politiques publiques à différents niveaux. On pense, par exemple, aux travaux de la plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES), à la politique Natura 2000 en Europe, ou à la Stratégie nationale Biodiversité (SNB) 2030 en France. Une diversité d'acteurs, dont les États, se sont engagés à enrayer l'effondrement de la biodiversité et doivent dès lors rendre des comptes. Pour ce faire, ils doivent être en capacité de suivre l'état de la biodiversité et les effets des mesures prises pour la préserver. Par exemple, la SNB affirme la nécessité d'un « impact mesurable » de ses actions (<https://www.ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-biodiversite>, dernière consultation le 3 septembre 2024). Cette exigence de suivi se traduit par la recherche de critères objectifs et de mesures quantifiables, qui encouragent la production et l'utilisation d'indicateurs de biodiversité (Levrel 2007).

Les indicateurs de biodiversité sont des mesures, généralement quantitatives, utilisées pour synthétiser, illustrer et communiquer de manière simple des phénomènes complexes relatifs à la biodiversité, y compris des tendances et des progrès dans le temps (Noss 1990; European Environment Agency 2007; Pereira *et al.* 2013). À la différence des métriques de biodiversité (par exemple, la richesse spécifique), les indicateurs de biodiversité sont associés à un objectif: maintenir voire améliorer l'état de la biodiversité. Ils rendent lisible, pour la décision, la complexité du concept de biodiversité. Par essence,

ils agissent à l'interface des sphères de la science, de la décision publique et de la gestion. Ils correspondent à ce que les sociologues des sciences ont appelé des objets-frontières (Star & Griesemer 1989): ils sont à la fois suffisamment flexibles pour faire sens dans ces différentes sphères et suffisamment stables pour circuler de l'une à l'autre (Turnhout 2009).

La construction et l'utilisation d'indicateurs de biodiversité ont été inscrites à l'agenda scientifique et politique. De fait, il n'existe pas d'indicateur unique qui puisse rendre compte de l'existence des différents niveaux d'organisation du vivant (gène, espèce, écosystème, paysage), de plusieurs approches de la biodiversité (par exemple, l'approche fonctionnelle et l'approche spécifique), d'une grande diversité de milieux et d'une pluralité d'objectifs possibles (sélection d'espaces à protéger, amélioration de la multifonctionnalité des habitats, préservation d'espèces rares ou menacées, etc.) (Noss 1990; Heink & Kowarik 2010; Pereira *et al.* 2013; Martínez-Jauregui *et al.* 2021). Un grand nombre d'indicateurs de biodiversité ont donc été construits par les écologues, qui les répartissent couramment en deux grands types: les indicateurs directs, qui utilisent des données de présence-absence ou d'abondance des espèces ou d'habitats, et les indicateurs indirects, fondés sur des données écologiques relatives à l'hétérogénéité, la complexité ou la connectivité des habitats. Également appelés « proxys », les indicateurs indirects renseignent plus ou moins finement sur l'état et l'évolution de la biodiversité.

S'ils se sont multipliés, les indicateurs de biodiversité sont très inégalement utilisés dans l'action publique (Turnhout 2009), alimentant le débat sur ce qu'est un « bon indicateur » (Rabaud 2016), c'est-à-dire un indicateur susceptible d'être utilisé. L'utilisabilité des indicateurs de biodiversité a fait l'objet d'un

nombre croissant de travaux au cours des dernières décennies. Nous remobilisons ici la définition de l'utilisabilité proposée par Bauler (2012 : 39), et reprise par Holden (2013), que nous traduisons de la manière suivante : « le potentiel inhérent, le plus souvent implicite, des indicateurs à être pris en compte par les acteurs des politiques publiques au cours des processus de décision ». Comprendre comment elle se construit – ce que nous appelons sa fabrique – est un enjeu à la fois théorique et pratique. En effet, le choix des indicateurs influence l'évaluation de l'état de la biodiversité et les mesures prises pour la conserver, par exemple en suscitant plus ou moins d'intérêt pour les programmes de conservation dans la société (Martínez-Jauregui *et al.* 2021). Il est donc important de favoriser la réflexivité des acteurs qui construisent et manipulent les indicateurs de biodiversité et de leur fournir des outils pour penser, évaluer et améliorer l'utilisabilité des indicateurs (Bauler 2012). Le champ de recherche sur la fabrique de l'utilisabilité est actif. Un cadre d'analyse de l'utilisabilité, initialement élaboré par Cash *et al.* (2002) et enrichi par la suite par d'autres auteurs (Bauler 2012 ; Van Oudenhoven *et al.* 2018), s'est largement diffusé en sciences de l'environnement, en sciences politiques et de manière croissante en écologie. Cet article vise à discuter les critères de l'utilisabilité identifiés dans ce cadre d'analyse en le confrontant au cas d'un indicateur indirect de biodiversité utilisé de manière croissante en milieu forestier : les dendromicrohabitats.

Les dendromicrohabitats sont des singularités morphologiques des arbres (trous de pics, blessures d'origine naturelle ou anthropique, excroissances, lierre, carpophores de champignons, etc.) qui offrent un lieu de vie indispensable à des espèces forestières, par exemple pour se reproduire, se nourrir ou hiberner (Fig. 1) (Bütler *et al.* 2020 ; Martin *et al.* 2022). Leur robustesse comme indicateurs de biodiversité ou de naturalité dans les milieux forestiers est encore discutée par les écologues spécialistes de ces milieux (Paillet 2018 ; Martin *et al.* 2022). Elle est toutefois suffisante pour que les dendromicrohabitats aient été rapidement intégrés aux outils (comme l'Indice de Biodiversité potentielle [Larrieu & Gonin 2008]) utilisés dans la gestion forestière, entendue comme l'ensemble des pratiques réalisées en milieu forestier (récolte de bois, travaux sylvicoles ou pour la conservation d'espèces et d'habitats, soustraction d'arbres ou de sites à la sylviculture, etc.) et affectant la formation, le maintien ou la disparition des habitats des espèces, dont les dendromicrohabitats. Ces derniers constituent ainsi un cas d'indicateur de la biodiversité doté d'une utilisabilité relativement forte, propice à l'étude des critères de cette utilisabilité.

Fondé sur une enquête qualitative, cet article poursuit deux objectifs : comprendre la fabrique de l'utilisabilité des dendromicrohabitats et évaluer la capacité du cadre d'analyse de l'utilisabilité des indicateurs de biodiversité issu des travaux de Cash *et al.* (2002) à en rendre compte. Nos questions de recherche sont les suivantes : dans quelle mesure ce cadre d'analyse parvient-il à rendre compte de l'utilisabilité d'un indicateur de biodiversité forestière comme les dendromicrohabitats et à favoriser la réflexivité des différents acteurs susceptibles de l'utiliser ?

LE CADRE CLASSIQUE DE L'ANALYSE DE L'UTILISABILITÉ DES INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX

Les écologues qui s'intéressent à l'utilisabilité des indicateurs environnementaux tendent à accorder une importance centrale à la crédibilité scientifique (Heink & Kowarik 2010). Ils sont particulièrement attentifs à la corrélation statistique entre l'indicateur et le phénomène qu'il est censé indiquer (*l'indicandum*). Le respect des normes du travail scientifique dans la construction de l'indicateur, la qualité des données mobilisées et la capacité de l'indicateur à s'intégrer dans un cadre théorique ou conceptuel validé entrent aussi en compte dans l'évaluation de la crédibilité de l'indicateur (Cash *et al.* 2002 ; Van Oudenhoven *et al.* 2018). Les chercheurs en sciences politiques et en sciences de l'environnement ont montré que l'utilisabilité d'un indicateur ne dépend pas seulement de sa crédibilité scientifique et ont pointé deux autres critères : la pertinence et la légitimité (Cash *et al.* 2002 ; Bauler 2012). La pertinence reflète la façon dont les acteurs perçoivent la capacité d'un indicateur à répondre à leurs préoccupations, par exemple en documentant un enjeu environnemental qui leur importe particulièrement, et à les aider à prendre des décisions par rapport à cet enjeu (Cash *et al.* 2002 ; Heink & Kowarik 2010 ; Van Oudenhoven *et al.* 2018). La légitimité jusqu'à présent considérée dans les travaux sur l'utilisabilité concerne le processus de construction et de diffusion des indicateurs : elle est de nature procédurale. Elle renvoie à la prise en compte de la diversité des systèmes de valeurs et de connaissances des acteurs, et à la manière de traiter les opinions et intérêts divergents.

Ces trois critères – crédibilité, pertinence et légitimité procédurale – forment le socle d'un cadre d'analyse devenu classique de l'utilisabilité des indicateurs environnementaux. Ce cadre d'analyse a été récemment enrichi par un quatrième critère : la faisabilité, qui correspond aux ressources en données, en temps et en argent nécessaires à l'utilisation de l'indicateur (Van Oudenhoven *et al.* 2018). La faisabilité inclut aussi la flexibilité de l'indicateur, c'est-à-dire la possibilité de l'actualiser et de le réviser pour lui permettre de répondre à de nouvelles préoccupations ou circonstances (Turnhout 2009 ; Van Oudenhoven *et al.* 2018). Dans la suite de ce texte, nous désignons le cadre d'analyse initialement proposé par Cash *et al.* (2002) et enrichi par le critère de faisabilité comme « le cadre d'analyse de l'utilisabilité ».

Les recherches qui mobilisent ce cadre d'analyse ont mis en évidence l'existence de deux règles de la fabrique de l'utilisabilité : une règle de seuil et une règle d'interaction. Selon la règle de seuil, les différents critères de l'utilisabilité doivent tous dépasser un certain seuil, qui peut s'élever ou s'abaisser au cours du temps, pour qu'un indicateur soit utilisable (Cash *et al.* 2002 ; Bauler 2012). Il suffit que la crédibilité, la pertinence, la légitimité ou la faisabilité soient en-deçà du seuil qui lui correspond pour que l'indicateur soit inutilisable. Selon la règle d'interaction, les critères de l'utilisabilité n'interviennent pas indépendamment les uns des autres mais interagissent, positivement ou négativement (Cash *et al.* 2002 ; Bauler

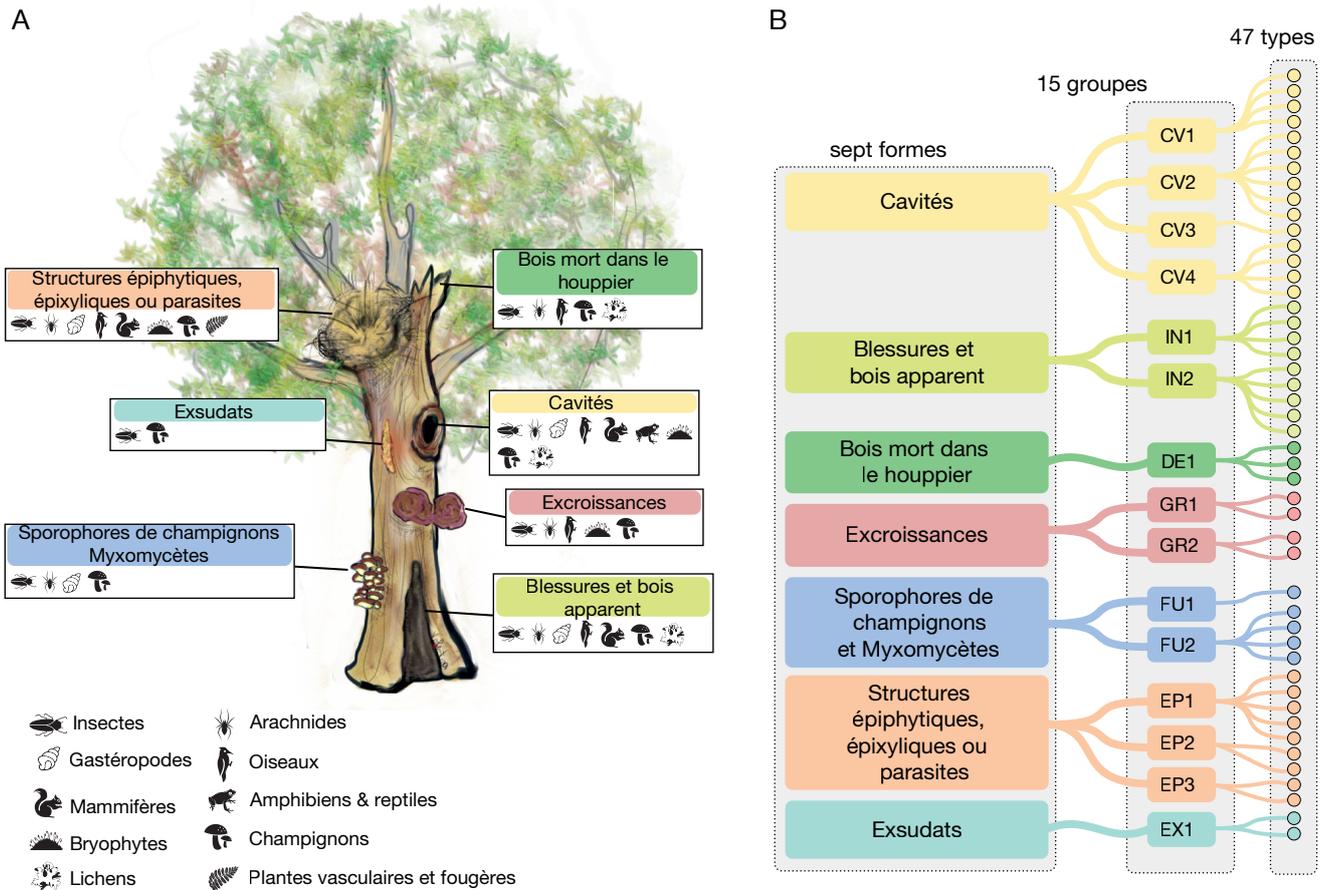


FIG. 1. — **A**, Les sept formes de dendromicrohabitats et leurs espèces associées (adapté de Martin *et al.* 2022); **B**, la nomenclature hiérarchique des dendromicrohabitats (adapté de Büttler *et al.* 2020). Abréviations: **CV**, cavités; **DE**, bois mort; **EP**, épiphytes; **EX**, exsudats; **FU**, champignons; **GR**, excroissances; **IN**, blessures. Crédit: Valentina Buttò.

2012; Van Oudenhoven *et al.* 2018). Par exemple, un gain de crédibilité d'un indicateur peut occasionner une perte de pertinence ou de légitimité, en limitant sa compréhension par certains acteurs et la prise en compte de leur point de vue (Bauler 2012). Au contraire, un gain de faisabilité de l'indicateur peut induire un gain de pertinence et de légitimité (Van Oudenhoven *et al.* 2018).

Par ailleurs, dans ce cadre d'analyse, l'utilisabilité résulte de l'évaluation par les acteurs et non d'une mesure objective des critères identifiés (Turnhout 2009; Cash *et al.* 2002; Bauler 2012; Van Oudenhoven *et al.* 2018). Cette évaluation diffère selon que les acteurs appartiennent à la sphère scientifique, à la sphère politique ou au reste de la société; elle dépend aussi du contexte notamment organisationnel de mise en œuvre de l'action publique (Turnhout 2009; Bauler 2012). L'utilisabilité d'un indicateur est donc susceptible de varier d'une sphère à l'autre, en fonction de l'importance que les acteurs accordent aux différents critères et de leur évaluation de chacun de ces critères, et en fonction du temps. Elle est d'autant plus large qu'un indicateur est reconnu comme utilisable par les acteurs de différentes sphères, à un moment donné. Il en résulte qu'analyser l'utilisabilité d'un indicateur nécessite de considérer les points de vue sur sa crédibilité, sa pertinence, sa

légitimité et sa faisabilité, à la fois des scientifiques qui contribuent à sa construction, des décideurs susceptibles de l'intégrer dans les politiques publiques et des acteurs susceptibles de le mettre en œuvre dans leurs pratiques. En principe, il est alors possible d'élaborer un « profil d'utilisabilité » de l'indicateur, pour rendre compte de la façon dont les acteurs impliqués dans sa construction et son utilisation évaluent sa crédibilité, sa pertinence, sa légitimité et sa faisabilité (Bauler 2012).

LES DENDROMICROHABITATS, UN INDICATEUR POUR SUIVRE LA BIODIVERSITÉ EN FORÊT

La gestion forestière s'effectue à l'échelle de peuplements forestiers, c'est-à-dire de populations d'arbres caractérisées par une structure, une composition et un fonctionnement communs et qui font l'objet d'un traitement sylvicole spécifique. C'est à cette échelle que la biodiversité est suivie en forêt, en s'appuyant prioritairement sur des indicateurs indirects comme le bois mort et, plus récemment, les dendromicrohabitats.

Les dendromicrohabitats constituent une partie de la niche écologique d'un nombre important d'espèces (Larriau

et al. 2018), c'est-à-dire qu'ils contribuent à la somme de conditions nécessaires au développement en simultané de populations viables de nombreuses espèces. Les communautés d'espèces qu'ils sont susceptibles d'accueillir varient fortement en fonction notamment de leur position sur l'arbre, de leur dimension ou de l'état de décomposition du bois (Fig. 1A). Ces rôles pour une large biodiversité en font des indicateurs prometteurs de la diversité d'espèces des milieux forestiers (Paillet 2018; Bütler *et al.* 2020; Asbeck *et al.* 2021).

En Europe, une petite dizaine d'écologues forestiers se sont intéressés aux dendromicrohabitats depuis la fin des années 2000. Ces écologues ont élaboré une série de typologies (Fig. 2) et, en particulier, une nomenclature standardisée des dendromicrohabitats qui rend compte de leur très grande hétérogénéité (Larrieu *et al.* 2018). Cette nomenclature comprend sept formes, qui contiennent 15 groupes, eux-mêmes subdivisés en 47 types (Fig. 1B). Elle a été initiée au début des années 2010 par un groupe de chercheurs européens insatisfaits des méthodes alors utilisées pour attribuer une note écologique aux arbres lors des exercices de martelage (Larrieu *et al.* 2018) – opération consistant à marquer avec un marteau forestier les arbres à prélever pour la récolte de bois ou à conserver pour des enjeux environnementaux. Ces chercheurs continuent aujourd'hui de questionner la crédibilité des dendromicrohabitats en tant qu'indicateur de biodiversité ou de naturalité (Paillet 2018; Martin *et al.* 2022). En effet, des incertitudes subsistent au niveau méthodologique (existence d'un biais observateur sur le repérage et la qualification des dendromicrohabitats [Paillet *et al.* 2015]) et analytique (faiblesse de la corrélation statistique entre dendromicrohabitats et occurrence des espèces à l'échelle du peuplement [Paillet *et al.* 2018]; couverture géographique limitée aux forêts tempérées [Martin *et al.* 2022]).

Dans le même temps, les dendromicrohabitats ont été intégrés dans certains outils de promotion de la biodiversité (Fig. 2), financés par le ministère en charge de l'Environnement comme le protocole de suivi dendrométrique des réserves forestières (PSDRF) Bruciamacchie 2005) et l'indice de biodiversité potentielle (IBP) (Larrieu & Gonin 2008). Les dendromicrohabitats font partie des critères de sélection des arbres à conserver pour la biodiversité, communément appelés « arbres bios » dans les règles de gestion établies par l'Office national des Forêts (ONF) depuis 1993 dans les instructions biodiversité. L'observatoire des forêts sentinelles évalue leur caractérisation comme un des critères majeurs à prioriser et à améliorer pour l'état de conservation des habitats forestiers (Debaive & Cateau 2019). Pour citer un exemple relatif à la labellisation, conserver des arbres porteurs de dendromicrohabitats est obligatoire pour obtenir les certifications forestières du programme de reconnaissance des certifications forestières et du *Forest Stewardship Council* de France. Ainsi, un nombre croissant d'institutions impliquées dans la gestion forestière reconnaissent et utilisent les dendromicrohabitats comme indicateur de biodiversité.

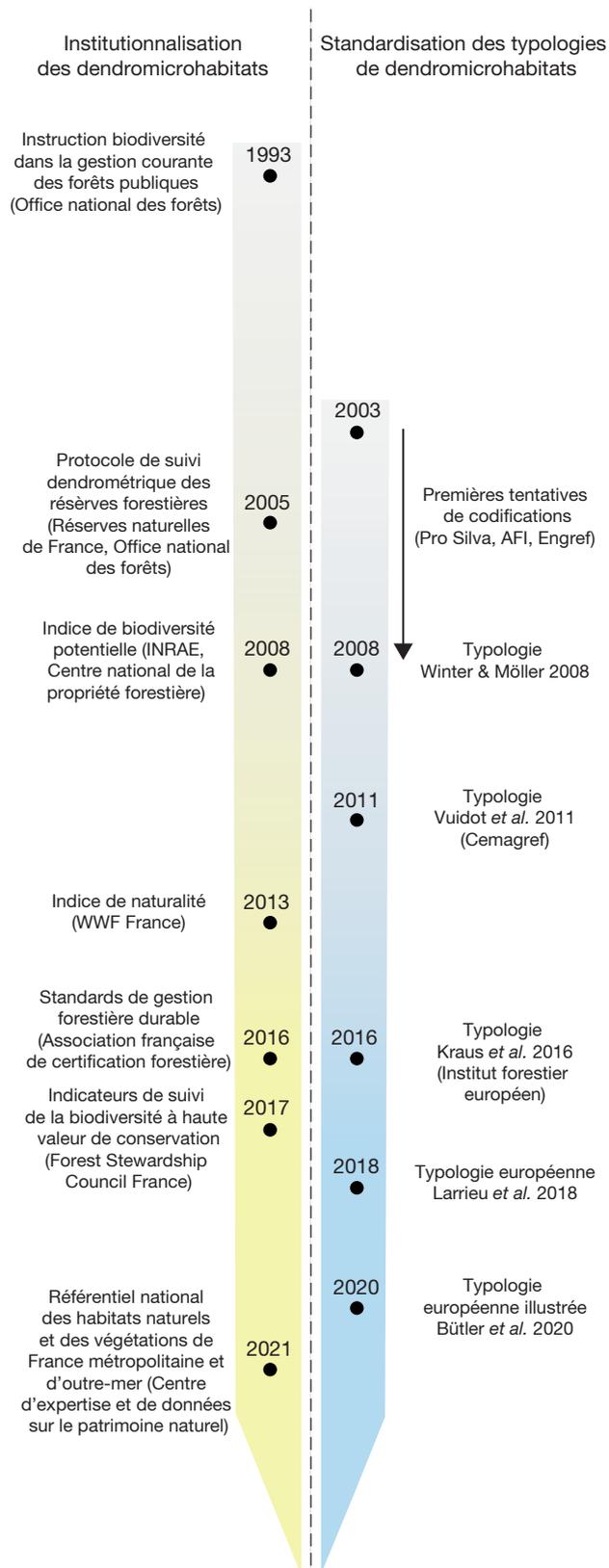


Fig. 2. — La construction et l'institutionnalisation de l'indicateur dendromicrohabitats. En bleu, les typologies scientifiques des dendromicrohabitats; en jaune, les dispositifs institutionnels d'évaluation de la biodiversité forestière qui intègrent les dendromicrohabitats. Abréviations: **AFI**, Association Futaie Irrégulière; **Engref**, École nationale du génie rural, des eaux et des forêts.

TABLEAU 1. — Dispositifs d'évaluation de la biodiversité intégrant les dendromicrohabitats.

| Nom du dispositif | Conception du dispositif (organisme) | Date de publication de la première version |
|---|---|--|
| Instruction biodiversité dans la gestion courante des forêts publiques | Office national des Forêts (ONF) | 1993 |
| Programmes d'éco-labellisation forestière | Programme de reconnaissance des certifications forestières (PEFC); Conseil de soutien de la forêt (Forest Stewardship Council, FSC) | 1999 (PEFC), 2016 (FSC) |
| Protocole de suivi dendrométrique des réserves forestières | Réserves naturelles de France | 2005 |
| Indice de biodiversité potentielle | Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE), Centre national de la propriété forestière (CNPF) | 2008 |
| Indice de naturalité | Fonds mondial pour la nature (World Wide Fund for Nature), France | 2013 |
| Indice de biodiversité et de connectivité des ripisylves | INRAE CNPF et France nature environnement Auvergne Rhône-Alpes | 2018 |
| Référentiel national des habitats naturels et des végétations de France métropolitaine et d'outre-mer (version 6.0) | PatriNat, centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel | 2021 |

COLLECTE ET ANALYSE DES DONNÉES

Notre enquête sur l'utilisabilité des dendromicrohabitats s'est appuyée sur une analyse documentaire et des entretiens semi-directifs. L'analyse documentaire visait à réaliser un état des lieux des modalités de prise en compte des dendromicrohabitats dans les documents de gestion forestière, et à retracer le processus de standardisation des dendromicrohabitats et de leur inscription dans la planification environnementale. Le corpus constitué regroupe plusieurs outils multicritères de caractérisation de la biodiversité en forêt (Tableau 1). Notre enquête a permis l'examen des critères de caractérisation des arbres porteurs de dendromicrohabitats (par exemple, la quantité de dendromicrohabitats sur l'arbre ou le nombre d'arbres porteurs de dendromicrohabitats par unité de surface du peuplement), des modalités de relevé des dendromicrohabitats (en particulier, la typologie de référence utilisée pour l'identification), de l'objectif écologique visé et, le cas échéant, des consignes de gestion associées.

Les entretiens (n = 15) ont permis de saisir dans quelle mesure les informateurs utilisent les dendromicrohabitats comme indicateurs de biodiversité, d'identifier les critères d'utilisabilité qu'ils valorisent et la façon dont ils les évaluent. Les entretiens ont été réalisés entre février et août 2022 avec des informateurs des sphères scientifique, politique et gestionnaire. Afin de repérer les critères de l'utilisabilité qu'ils privilégient, nous avons ciblé des acteurs convaincus de l'intérêt des dendromicrohabitats comme indicateur de biodiversité : des scientifiques impliqués dans la construction des dendromicrohabitats comme indicateur de biodiversité, et des gestionnaires et des décideurs utilisant les dendromicrohabitats ou ayant manifesté un intérêt à les utiliser. La majorité des informateurs travaillaient dans des aires protégées forestières de France hexagonale, principalement dans les régions Grand-Est et Occitanie. Cinq d'entre eux appartenaient à deux sphères, scientifique et politique ou scientifique et gestionnaire (Fig. 3). Contrairement à une enquête par

questionnaire auprès d'un grand nombre d'informateurs, une enquête par entretiens semi-directifs ne vise pas la représentativité statistique mais cherche à faire exprimer par des personnes diversifiées leur point de vue sur une question ou une situation, dans notre cas l'utilisabilité de l'indicateur dendromicrohabitats. Le nombre d'entretiens réalisé dans le cadre contraint de ce travail n'a sans doute pas permis d'atteindre le stade dit de saturation de l'enquête, au-delà duquel de nouveaux entretiens n'apportent pas de nouveaux éléments. Nous pensons cependant avoir obtenu une vision correcte de l'utilisabilité des dendromicrohabitats dans les trois sphères considérées, qui pourrait être précisée par des entretiens complémentaires, notamment auprès des gestionnaires.

Tous les informateurs ont été interrogés sur leur parcours professionnel, le contexte territorial de leur travail et leurs modalités d'utilisation des dendromicrohabitats. De plus, les acteurs scientifiques ont été spécifiquement invités à parler de la construction de l'indicateur, et les gestionnaires et les décideurs de leurs motivations et des obstacles à l'utiliser. Les entretiens ont été enregistrés et transcrits. Nous avons utilisé un logiciel d'analyse qualitative (MaxQDA) pour coder les passages des entretiens relatifs au processus de construction des dendromicrohabitats comme indicateurs de biodiversité, aux critères de leur utilisabilité, à l'évaluation de chacun de ces critères et aux relations entre ces critères.

RÉSULTATS

Nous présentons ici ce qui fonde l'utilisabilité des dendromicrohabitats pour nos informateurs. Ces derniers ont fait intervenir les quatre critères du cadre d'analyse de l'utilisabilité présenté précédemment : crédibilité, pertinence, légitimité procédurale et faisabilité. Ils ont aussi mentionné des dimensions de l'utilisabilité qui peuvent se rattacher à ces critères, mais qui ne figurent pas dans le cadre d'analyse.

CRÉDIBILITÉ

Pour les scientifiques, la construction d'une nomenclature standardisée et hiérarchisée des dendromicrohabitats a joué un rôle essentiel dans la crédibilité de l'indicateur. Cette construction a d'abord nécessité un travail de définition car les appellations des dendromicrohabitats peuvent différer entre écologues et naturalistes. C'est le cas, par exemple, pour les «cavités basses», situées au pied de l'arbre, et les «cavités à terreau», caractérisées par la présence de bois en décomposition. Les discussions ont également abordé la manière de désigner un dendromicrohabitat, conduisant à l'adoption d'une approche morphologique (traits physiques) et fonctionnelle (rôle pour les espèces vivantes). Si la définition des dendromicrohabitats est aujourd'hui relativement fixée, des débats persistent sur le fait qu'ils puissent être supportés, ou pas, par le bois mort au sol.

Nos informateurs ont pointé trois modalités de construction et de diffusion de la nomenclature qui ont contribué à la crédibilité de l'indicateur dendromicrohabitats. Premièrement, ce sont les scientifiques qui ont pris en charge l'analyse des corrélations statistiques entre les données naturalistes et la biodiversité, les naturalistes leur fournissant les bases de données: «Je travaille beaucoup avec des données existantes, que je n'acquies pas moi-même. [...] Ces dernières années, soit c'était des gens qui les avaient récoltées à ma place, des spécialistes taxonomistes. Et moi, j'avais des capacités d'analyse, on va dire. Soit ce sont des données qu'on récupère chez les gestionnaires, donc des données de base de données, à large échelle» (écologue, sphère scientifique).

Deuxièmement, le groupe de chercheurs européens qui a supervisé la construction de la nomenclature a veillé à la neutralité de ses membres, qui ne devaient pas avoir de conflits d'intérêts. Par exemple, le coordinateur allemand du groupe a été écarté, notamment en raison d'une proximité trop forte avec le WWF: «X est parti au WWF, et du coup perdait un peu la légitimité des travaux scientifiques pour appuyer des recommandations pratiques, parce que X est dans la conservation activiste du WWF. Donc X est sorti du réseau [d'experts européens]» (écologue, sphères scientifique et gestionnaire).

Troisièmement, le groupe a tenu à publier les résultats de son travail dans une revue scientifique reconnue. La publication de la nomenclature «officielle» a eu lieu en 2018, dans *Ecological Indicators* (Larrieu *et al.* 2018). L'article propose une liste détaillée qui, sous l'appellation dendromicrohabitats, regroupe toutes les singularités morphologiques des arbres pour lesquelles il existe des preuves scientifiques ou naturalistes du lien direct avec un ou plusieurs taxons.

Les scientifiques considèrent que la crédibilité des dendromicrohabitats est comparable à celle d'autres indicateurs de biodiversité forestière, comme le bois mort: «Quand tu regardes les niveaux de corrélation entre biodiversité et [dendromicrohabitats], il n'est pas pire qu'un autre, finalement. On a beaucoup parlé du bois mort, mais dans certains contextes, le bois mort indique assez mal certains aspects et certains pans de biodiversité» (écologue, sphère scientifique). Ils estiment toutefois que la crédibilité de l'indicateur n'est pas entièrement satisfaisante du fait d'une corrélation statistique

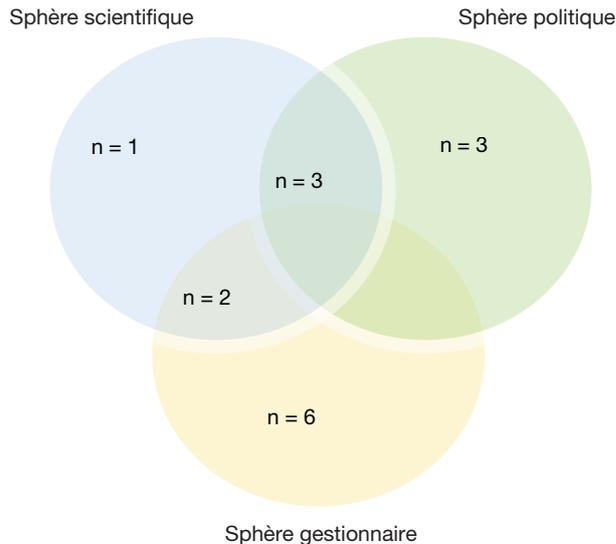


FIG. 3. — Répartition des informateurs dans les sphères scientifique, politique et gestionnaire.

un peu faible entre les dendromicrohabitats et la biodiversité multi-taxonomique pour certains, et des limites des méthodes d'échantillonnage des taxons utilisés pour d'autres. Ils ont donc défini des seuils d'identification des dendromicrohabitats, harmonisés, qui ne soient pas totalement décorrélés des seuils biologiques. Ils ont également statué sur les seuils qui permettent de définir chaque dendromicrohabitat (hauteur, largeur, profondeur, localisation sur l'arbre), afin de guider au mieux les utilisateurs dans leurs relevés et de gommer un potentiel effet observateur.

PERTINENCE

Selon une partie des informateurs, l'indicateur dendromicrohabitats a d'emblée été conçu pour répondre aux besoins d'une diversité d'utilisateurs. L'organisation hiérarchique de la nomenclature en formes, groupes et types de dendromicrohabitats (Fig. 1B) permet une utilisation différenciée de l'indicateur, en fonction du temps que les utilisateurs peuvent consacrer aux relevés ou du degré de précision qui fait sens pour eux. Idéalement, l'indicateur doit pouvoir s'ajuster à différents contextes de forêts (en aire protégée ou en forêts privées exploitées).

La fonction première de l'indicateur dendromicrohabitats est de permettre un suivi de la biodiversité. Cependant, les gestionnaires et les décideurs ont fréquemment souligné qu'ils s'en servent aussi pour sensibiliser à la biodiversité et à sa préservation, en s'appuyant sur la visibilité des dendromicrohabitats et la possibilité de les montrer: «Montrer un trou de pic, et expliquer que c'est un pic qui y vit, que derrière le pic il y a d'autres d'espèces qui peuvent l'utiliser, c'est du concret. Et on peut le montrer» (gestionnaire d'aire protégée, sphère gestionnaire).

Les gestionnaires expliquent que les dendromicrohabitats les aident également à défendre les actions de rétention des arbres-habitats ou du bois mort au sol, parfois décriées à cause

des préoccupations sociales liées à la sécurité du grand public et des exploitants, et à convaincre que les arbres cassés ou morts ne sont pas des signes de négligence ou d'un mauvais état sanitaire de la forêt. L'indicateur dendromicrohabitats leur permet ainsi de se prémunir contre les critiques adressées à leurs pratiques de gestion : « De toute façon, c'est avant tout de la sensibilisation plus ou moins orientée technique, pour des professionnels, [ou] "ouverture d'esprit" pour le grand public, pour qu'ils comprennent mieux aussi que ce n'est pas un défaut professionnel des forestiers s'ils ont laissé des arbres cassés, etc. » (gestionnaire d'aire protégée, sphère gestionnaire).

De plus, une gestion qui prend en compte les dendromicrohabitats implique de sauvegarder les arbres qui en sont porteurs : il s'agit d'une action de gestion directe, positive sur la biodiversité, plus gratifiante pour les gestionnaires que de « laisser mourir » les arbres.

Au sein de notre échantillon d'informateurs, plusieurs gestionnaires d'aires protégées ont pointé le fait que l'indicateur dendromicrohabitats répond aussi à un besoin de dialogue territorial, dont la finalité générale est d'améliorer la prise en compte de la biodiversité dans les espaces d'échange qui mettent en relation une diversité d'acteurs. La gestion forestière étant généralement une cogestion, en particulier dans les aires protégées, les gestionnaires s'adressent à plusieurs types d'acteurs territoriaux : élus, propriétaires et gestionnaires des forêts exploitées, etc. Ils utilisent les dendromicrohabitats pour négocier la préservation de la biodiversité dans les politiques de gestion forestière et, en particulier, dans les documents qui cadrent l'exploitation (plans simples de gestion, aménagements forestiers). Selon un gestionnaire d'aire protégée, c'est « là où il y a plus besoin de convaincre » (sphère gestionnaire). Par exemple, le Parc national de Forêts tente de négocier à la hausse les quotas minimums du nombre d'arbres bios de l'ONF pour « montrer l'exemple » : « Dans le cadre du parc national, c'était à l'État de montrer l'exemple, et donc de fait, d'avoir des exigences plus fortes sur les [forêts] domaniales par exemple. Si je prends l'exemple des arbres bios : on va dire que l'instruction nationale ONF, c'est trois arbres bios par hectare. Ça, c'est le commun. Si on est parc national, forcément il faut aller au-delà du commun. Par contre c'est quoi ? C'est 15 arbres bios, c'est 10 ? Donc c'était un peu l'exercice du marchand de tapis » (gestionnaire d'aires protégées, sphère gestionnaire).

Les arbres bios, identifiables grâce à leurs dendromicrohabitats, sont donc mobilisés dans la négociation pour un changement des pratiques de gestion.

Enfin, la capacité des dendromicrohabitats à répondre aux enjeux de préservation à la fois de la biodiversité et de la naturalité des forêts est considérée comme un atout important dans un contexte d'affirmation de l'objectif de multifonctionnalité des forêts. En pratique, les gestionnaires qui poursuivent un objectif de naturalité valorisent les dendromicrohabitats les plus lents à se former tels que les cavités à terreau, formées dans du bois en décomposition, ou avec une fonctionnalité élevée comme les dendrotelmes, des cavités qui se remplissent d'eau, généralement de manière temporaire. Cette récolte d'information leur permet de caractériser le stade d'évolution de la forêt au travers du gradient de naturalité, et de faire reconnaître le potentiel écologique de forêts sans statut de protection.

LÉGITIMITÉ

Les informateurs scientifiques ont souligné avoir tenu compte, pour construire la nomenclature des dendromicrohabitats, des retours d'expérience de terrain et des connaissances techniques comme des bases de données naturalistes, issues de structures gestionnaires et associatives. Ils considèrent que les connaissances d'une diversité d'acteurs ont ainsi été intégrées dans l'indicateur. Par ailleurs, ils pointent que les dendromicrohabitats permettent à une grande diversité de personnes de retrouver leurs intérêts et leurs espèces de prédilection, en raison des nombreuses espèces qu'ils abritent. La présentation des dendromicrohabitats sous forme de liste met en valeur le caractère pluri-taxonomique de la biodiversité en forêt, qui était auparavant envisagée et gérée par les gestionnaires en fonction de quelques taxons seulement : « [Mes collègues qui font de la gestion de milieux naturels] regardaient tous [les dendromicrohabitats] selon leur entrée. En général, il y en a un qui va être ornithologue, donc les loges de pics ça fait longtemps qu'il les regardait, il savait les reconnaître. C'est juste qu'il ne regardait pas les autres. Celui qui était chiropatéologue, il regardait les écorces décollées, il ne regardait pas les cavités basses par exemple » (gestionnaire d'aire protégée, sphères scientifique et gestionnaire).

Ils soulignent encore que les dendromicrohabitats sont compatibles avec une approche écosystémique plutôt que spécifique de la biodiversité : « C'est la force du groupe européen, cette approche d'intégration de ces singularités comme étant supports de vie, au sens large et en interaction avec le bois mort, en interaction avec les milieux ouverts, en interaction avec les arbres qui ne portent rien. Cette espèce d'approche écosystémique, c'est ça qui est nouveau » (écologue, sphères scientifique et gestionnaire).

La légitimité procédurale des dendromicrohabitats apparaît ainsi élevée, du point de vue de nos informateurs scientifiques. Les entretiens mettent en évidence d'autres sources de légitimité. Des informateurs ont mentionné le charisme des promoteurs de l'indicateur dendromicrohabitats et une forme de légitimité liée à leur double culture, forestière et naturaliste, ou scientifique et décisionnaire, qui leur permet de naviguer d'une sphère à l'autre. Ces acteurs agissent à l'interface entre science et gestion et travaillent en lien avec les espaces naturels protégés. Par exemple, selon un gestionnaire d'aire protégée : « X passe très bien auprès des forestiers : il est lui-même forestier. Donc un forestier qui parle aux forestiers, c'est quand même mieux qu'un chargé de mission parc qui parle aux forestiers pour leur dire comment il faut gérer la forêt » (sphère gestionnaire).

Les scientifiques ont conscience que leur implication directe favorise l'utilisabilité de l'indicateur. L'un d'eux, qui est aussi gestionnaire, explique : « [Les gestionnaires forestiers] me connaissent, ou par mes publications de vulgarisation – ils n'ont jamais lu mes papiers scientifiques – ou ils m'ont rencontré quelque part dans une forêt, sur un autre thème. Et ça aide énormément quand on a ce contact direct. [...] On aurait pu diffuser [les dendromicrohabitats] *via* l'Office fédéral de l'environnement, mais ça n'aurait quasiment pas eu d'impact, ou alors un refus » (sphères scientifique et gestionnaire).

Par ailleurs, nos informateurs ont souligné que les décideurs et gestionnaires forestiers ont l'habitude d'utiliser des indicateurs de biodiversité. En particulier, tous ou presque ont mentionné le bois mort, un indicateur de biodiversité forestière qui a précédé l'indicateur dendromicrohabitats et préparé les décideurs et les gestionnaires à sa prise en compte. L'inscription des dendromicrohabitats dans une série d'indicateurs apparaît ainsi comme un facteur favorisant leur utilisabilité. Plusieurs informateurs ont également mentionné l'inscription des dendromicrohabitats dans une diversité de dispositifs institutionnels (certifications forestières, protocoles de suivi de la biodiversité forestière, etc.). Certains se sont familiarisés ou connaissent les dendromicrohabitats au travers du PSDRF, « qui a créé la culture de la caractérisation des dendromicrohabitats dans le réseau des réserves. Puisque ça fait partie des descripteurs, tout simplement » (Gestionnaire d'aire protégée, sphère gestionnaire), de l'IBP et de l'instruction biodiversité de l'ONF : « [Pour] l'indice de biodiversité potentielle, [les dendromicrohabitats] doivent faire partie des indicateurs, j'imagine. Comment ça s'appelle ? Les arbres bios là, les arbres-habitats [de l'instruction biodiversité de l'ONF], c'est pareil, ça fait partie des critères » (chargé[e] de mission, sphère politique).

L'inscription des dendromicrohabitats dans des dispositifs institutionnels a nécessité la mise en place de nombreux modules de formation assurés par les scientifiques qui ont construit l'indicateur. De manière générale, ils ont travaillé à rendre la nomenclature accessible et disponible au plus grand nombre d'utilisateurs potentiels, au travers d'un ensemble de moyens : la diffusion numérique en 2020 d'un guide de poche (Bütler *et al.* 2020) qui illustre la nomenclature (<https://www.wsl.ch/fr/publications/>, dernière consultation le 3 septembre 2024), la gratuité de son format papier, la mise en place de formations aux dendromicrohabitats pour les professionnels de la forêt et de placettes de démonstrations (martélescopes) et des échanges interpersonnels, formels et informels. La filiation avec d'autres indicateurs, le charisme et l'inscription dans des institutions ne relèvent pas d'une légitimité procédurale mais d'une autre forme de légitimité, la légitimité substantielle (Arpin & Cosson 2021), qui apparaît elle aussi importante dans la fabrique de l'utilisabilité des dendromicrohabitats.

FAISABILITÉ

Les concepteurs de la nomenclature ont décrit sa structure arborescente et hiérarchisée comme un facteur de flexibilité, et donc de faisabilité. En effet, elle autorise des ajouts en fonction de l'amélioration des connaissances et permet de concilier la possibilité de faire évoluer l'indicateur avec le maintien de sa structure. Les dendromicrohabitats nouvellement identifiés y sont facilement redistribués : « Je vais faire un papier où je vais proposer plusieurs dendromicrohabitats supplémentaires que j'ai décrits entre temps et qui ne sont pas décrits [dans la nomenclature de] 2018. Avec la structure hiérarchisée, c'est facile d'aller les placer quelque part. On ne veut pas non plus faire un truc bloqué » (écologue, sphères scientifique et gestionnaire).

De leur côté, les gestionnaires ont mentionné certaines difficultés de l'utilisation des dendromicrohabitats sur le terrain. En particulier, la liste complète des 47 types de den-

dromicrohabitats allonge le temps passé à les inventorier, et complexifie l'identification. La nomenclature met de plus tous les dendromicrohabitats à égalité, sans ordre de priorité ou différence de valeur ou de « score » (écologue, sphères scientifique et gestionnaire) écologique. Par exemple, un gestionnaire d'aire protégée explique qu'il serait impossible de recenser de manière exhaustive des dendromicrohabitats très abondants et qu'il considère comme peu informatifs du point de vue de la biodiversité, comme les lierres : « Dans le Lot, des lierres, je rentre dans une forêt, si je veux commencer à compter tous les lierres, j'y passe ma journée. Et je n'ai rien fait d'autre » (sphères scientifique et gestionnaire).

Toutefois, les utilisateurs sont conscients que les dendromicrohabitats n'indiquent pas tous le même degré de biodiversité, et que certains, comme les cavités à terreau, sont plus recherchés que d'autres parce qu'ils prennent plus de temps à se former. Ils soulignent que l'indicateur n'est pas immédiatement utilisable mais requiert un apprentissage pour parvenir à une lecture priorisée : « Pour le gestionnaire, la diversité des micro-habitats, ce n'est peut-être pas forcément évident. Après, ça demande un peu de recul pour pouvoir hiérarchiser à l'intérieur, pas les mettre tous à la même échelle, et bien comprendre... Il y a deux échelles : il y a les microhabitats vraiment importants, qui sont des grosses communautés, et après il y a la diversité de microhabitats. Ce sont deux échelles d'appréhension différentes » (gestionnaire d'aire protégée, sphères scientifique et gestionnaire).

Dans les faits, les gestionnaires expliquent mobiliser l'indicateur dendromicrohabitats de façon souple et flexible, en faisant finalement assez peu appel à la classification hiérarchique et en préférant utiliser le descriptif exhaustif des 47 types pour les assister dans la reconnaissance des dendromicrohabitats.

Au-delà des questions de temps, et donc de coût, associées à l'indicateur, les entretiens ont mis en évidence l'importance de la capacité à repérer et à identifier les dendromicrohabitats sur les arbres d'un peuplement forestier. Les dendromicrohabitats ne sont utilisables que si on sait les voir. Cette capacité à voir passe par une éducation du regard, présente chez les naturalistes mais également chez les forestiers, qui ont appris à repérer et observer les habitats de la biodiversité en général au fil d'un apprentissage sensible (Manola 2020) : « J'aurais tendance à dire que tout naturaliste, tous groupes confondus, a une sensibilité suffisante pour pouvoir se mettre aux microhabitats » (Gestionnaire d'aire protégée, sphère gestionnaire).

Certains informateurs ont pointé que la recherche des dendromicrohabitats en forêt s'apparente à un jeu : « Je pense que [les dendromicrohabitats] sont peut-être un peu plus concrets que les aspects bois mort, ou en tout cas plus ludiques. C'est ludique dans la recherche ou la description des micro-habitats. C'est toujours marrant de voir un truc assez rare, de l'identifier, de le repérer... un peu cette chasse au trésor » (chercheur[e] en sciences écologiques, groupe « scientifique »).

La dimension esthétique et émotionnelle de l'indicateur est également très présente dans les entretiens pour parler de leur utilisabilité. Les dendromicrohabitats sont décrits comme des trouvailles qui génèrent des émotions positives : « J'ai vu un magnifique dendrotelme, ça m'a rendu joyeux pour le reste de

l'été! Parce qu'il était vraiment très joli : un dendrotelme qui faisait 40 cm, bien rempli d'eau, avec une cavité importante, sur une essence relativement rare pour moi sur les dendrotelmes, qui était un chêne sessile » (gestionnaire d'aire protégée, sphère gestionnaire).

Si les informateurs ont présenté les dendromicrohabitats comme un objet déjà connu, que les gestionnaires forestiers sont prédisposés à voir et plaisant à chercher, ils ont aussi mentionné que savoir voir les dendromicrohabitats ne suffit pas. Les utiliser comme indicateur de biodiversité nécessite d'apprendre à les regarder autrement : « Le monde des dendromicrohabitats n'est pas un monde inconnu pour le forestier. Ce qui est inconnu, c'est la façon de le regarder » (écologue, sphères scientifique et gestionnaire).

En effet, les dendromicrohabitats, en particulier les dendromicrohabitats saproxyliques et le lierre, ont longtemps été considérés comme des défauts pour la sylviculture. L'arrivée de la nomenclature des dendromicrohabitats dans la culture gestionnaire est donc venue les requalifier comme un ensemble cohérent et bénéfique pour la biodiversité multi-taxonomique. Ce que disent ainsi nos informateurs, c'est que la faisabilité de l'indicateur dendromicrohabitats ne dépend pas seulement des ressources en temps et en argent et des compétences techniques qu'il requiert. Elle a aussi à voir avec des questions esthétiques et affectives – la beauté des dendromicrohabitats et la jubilation que procure leur trouvaille – et des questions morales – la requalification de choses mauvaises pour la sylviculture en choses bonnes pour la biodiversité, comme le lierre ou la présence de cavités ou de blessures sur les arbres.

DISCUSSION

Cet article porte sur l'utilisabilité des indicateurs de biodiversité, c'est-à-dire l'évaluation par les acteurs de leur potentiel à être pris en compte dans les processus de décision publique et de gestion. Nous avons appliqué un cadre d'analyse de l'utilisabilité aujourd'hui classique, issu de Cash *et al.* (2002), au cas d'un indicateur de biodiversité forestière, les dendromicrohabitats, avec un double objectif : comprendre l'utilisabilité de cet indicateur et examiner la capacité du cadre d'analyse retenu à en rendre compte. Nous avons montré que les critères d'utilisabilité mobilisés dans ce cadre d'analyse, à savoir la crédibilité scientifique mais aussi la pertinence, la légitimité et la faisabilité, interviennent effectivement dans l'utilisabilité des dendromicrohabitats. Nous avons également montré que l'importance relative et l'évaluation de ces différents critères d'utilisabilité varient selon l'appartenance des acteurs à la sphère scientifique, politique ou gestionnaire, conformément aux résultats de Bauler (2012). Alors que la crédibilité est une préoccupation majeure pour les scientifiques, les gestionnaires et les décideurs rencontrés tendent à s'intéresser prioritairement à l'amélioration du format de l'indicateur, à son application pour la gestion et à sa praticité sur le terrain. Néanmoins, l'utilisation de l'indicateur dendromicrohabitats par les trois catégories d'acteurs indique que ces critères dépassent tous le seuil jugé acceptable (Bauler 2012). En particulier, l'indi-

cateur est jugé suffisamment crédible par les scientifiques, suffisamment pratique par les gestionnaires, suffisamment pertinent par les décideurs et suffisamment légitime par l'ensemble des acteurs.

L'enquête a aussi montré que les acteurs sont conscients des interactions entre ces différentes dimensions et de la nécessité de créer des synergies et de construire des compromis entre critères d'utilisabilité. Par exemple, les scientifiques indiquent que la capacité à quantifier la relation entre absence de conservation des dendromicrohabitats et perte de biodiversité permettrait aux gestionnaires et aux décideurs d'argumenter plus efficacement auprès des acteurs territoriaux en faveur de la conservation des dendromicrohabitats. Ici, un gain de crédibilité conduirait à un gain de pertinence. En revanche, la crédibilité et la faisabilité s'articulent souvent autour d'un compromis : l'amélioration de la robustesse scientifique de l'indicateur, par exemple en renseignant de manière systématique tous les types de dendromicrohabitats, se ferait aux dépens de la faisabilité pour les gestionnaires, en raison du temps passé sur le terrain et du coût des relevés. Ces processus de compensation entre critères d'utilisabilité existent également au sein d'une même catégorie d'acteurs. Par exemple, malgré le déficit de praticité de l'indicateur dendromicrohabitats sur le terrain, les informateurs gestionnaires valorisent sa dimension de pertinence : face à l'objectif de gestion durable des forêts, l'indicateur dendromicrohabitats permet d'inciter les acteurs territoriaux à soustraire les arbres-habitats à la récolte de bois. Sa flexibilité permet à ses utilisateurs d'ajuster ses contours au contexte territorial, et de tourner sa définition à leur avantage pour négocier les quotas d'arbres à préserver.

Si le cas des dendromicrohabitats confirme l'intérêt du cadre d'analyse de l'utilisabilité des indicateurs de biodiversité, il souligne aussi que ce dernier laisse de côté des dimensions importantes pour nos informateurs. Nous suggérons donc de compléter ce cadre d'analyse de deux manières. La première consiste à étendre le critère de légitimité aux dimensions renvoyant à la légitimité substantielle de l'indicateur. Celles-ci concernent les caractéristiques des personnes qui travaillent sur les frontières entre les sphères scientifique, politique et gestionnaire et l'inscription de l'indicateur dans des dispositifs institutionnels et dans une série d'indicateurs. Cash *et al.* (2002) ont souligné l'importance du travail mené aux frontières entre science et action pour satisfaire les critères d'utilisabilité. Ce travail consiste à investir dans des activités de communication, de traduction, et de médiation qui favorisent la formation de synergies entre critères d'utilisabilité. Il est notamment effectué par des personnes qui tirent une légitimité importante de leur position d'autorité dans les réseaux et de leur charisme. Bauler (2012), quant à lui, a mis en évidence la nécessité de considérer le degré d'institutionnalisation de l'indicateur, en examinant par exemple qui finance la recherche, publie et critique l'indicateur ou fournit les données. Les dimensions liées à la légitimité substantielle de l'indicateur apparaissent donc bien dans ces travaux, mais pas dans le cadre d'analyse lui-même. Elles sont un aspect important du travail sur les frontières dans Cash *et al.* (2002) et Bauler (2012) propose de faire de l'institutionnalisation de l'indicateur un deuxième

axe de lecture du cadre d'analyse. Si l'on entend favoriser la mobilisation du cadre d'analyse de l'utilisabilité au-delà de la sphère scientifique, il nous semble préférable d'inclure ces aspects dans le cadre d'analyse lui-même, en étendant le critère de légitimité à la légitimité substantielle.

Notre deuxième proposition de complément du cadre d'analyse de l'utilisabilité concerne la dimension sensible et ludique de l'indicateur, qui est apparue comme un élément central de sa faisabilité pour nos informateurs mais qui a été jusqu'ici négligée. L'expérience sensible de repérage, de désignation et de sélection des dendromicrohabitats dans un environnement forestier et les émotions positives qui lui sont associées contribuent à une approche sensible de plus en plus mise en avant comme un levier efficace de la connaissance et de l'action environnementales (Milton 2002 ; Lorimer 2008). De même, la dimension morale de l'utilisabilité, attentive à la distinction qu'opèrent les acteurs entre ce qui est mauvais et ce qui est bon pour la biodiversité forestière, est encore peu mentionnée dans les travaux sur les indicateurs. Pourtant, nos résultats montrent son importance dans le cadre d'un changement de regard sur les forêts et leurs fonctions, via les dendromicrohabitats. En accord avec la littérature de ces deux dernières décennies dans le champ des humanités environnementales (Bennett 2001 ; Neimanis *et al.* 2015) et en anthropologie de la perception (Ingold 2000, 2001), notre étude conduit donc à promouvoir le développement d'approches attentives aux dimensions sensibles, esthétiques et éthiques des indicateurs de biodiversité pour analyser et renforcer leur utilisabilité. Il convient donc, selon nous, de favoriser l'expression de ces dimensions par les différents types d'acteurs impliqués dans la construction et l'utilisation des indicateurs et de leur accorder dans l'analyse toute l'attention qu'elles méritent.

Un autre résultat important de notre travail concerne le caractère à la fois situé et relatif de l'utilisabilité de l'indicateur dendromicrohabitats. D'une part, les acteurs évaluent en continu les critères d'utilisabilité, en fonction des modifications apportées à l'indicateur et du contexte sociotechnique et politique de l'action (Turnhout 2009 ; Bauler 2012 ; Bouleau & Deuffic 2016). L'utilisabilité d'un indicateur n'est donc pas donnée une fois pour toutes pour un acteur considéré : elle suit une trajectoire le long d'un processus non linéaire d'émergence, de stabilisation, de déploiement et de remise en question de l'indicateur. Par rapport à d'autres indicateurs de biodiversité en forêt comme le bois mort ou la continuité du couvert forestier, l'indicateur dendromicrohabitats est récent et est probablement au début de sa trajectoire de vie. Par exemple, sa crédibilité est encore en construction et l'on peut supposer que le temps modifiera l'équilibre entre crédibilité, pertinence, légitimité et faisabilité. D'autre part, notre enquête pointe un aspect nouveau de l'utilisabilité des indicateurs, à notre connaissance du moins : pour évaluer l'utilisabilité d'un indicateur, les acteurs la comparent fréquemment à l'utilisabilité d'autres indicateurs disponibles. Dans notre cas, les informateurs ont presque tous confronté l'utilisabilité des dendromicrohabitats à celle du bois mort, un indicateur de biodiversité en forêt qui a précédé les dendromicrohabitats

(Deuffic 2010). Nous pouvons faire l'hypothèse que les dendromicrohabitats s'intègrent dans un système d'indicateurs sur la biodiversité en forêt, et que leur intégration à ce système a été facilitée par la préexistence de l'indicateur bois mort. Notre travail suggère ainsi que l'utilisabilité d'un indicateur n'est pas absolue mais relative et prend sens au sein d'un système dynamique d'indicateurs. Mieux comprendre la fabrique de l'utilisabilité des indicateurs, considérés non pas isolément mais comme des éléments de systèmes d'indicateurs, nécessiterait des recherches supplémentaires, attentives aux liens que les acteurs établissent entre indicateurs.

CONCLUSION

Le cas des dendromicrohabitats nous a permis de mieux comprendre la fabrique de l'utilisabilité des indicateurs de biodiversité. Cette fabrique implique différents acteurs, notamment des scientifiques, des décideurs et des gestionnaires, qui valorisent différents aspects d'une utilisabilité multi-dimensionnelle. Comprendre comment les autres acteurs évaluent l'utilisabilité d'un indicateur et donc pourquoi ils sont plus ou moins enclins à l'utiliser constitue un enjeu important pour coconstruire les synergies et compromis susceptibles d'améliorer son utilisabilité. Le cadre d'analyse de l'utilisabilité développé depuis les années 2000 à la suite des travaux de Cash *et al.* (2002) peut contribuer à cet objectif, à condition qu'il soit lui-même utilisable. Au terme de notre enquête, nous lui avons donc appliqué ses propres critères, en examinant sa crédibilité, sa pertinence, sa légitimité et sa faisabilité dans le cas des dendromicrohabitats. Nous considérons qu'il est parfaitement crédible (avec vingt ans de recherches, de publications et d'améliorations successives), pertinent (il nous a permis de répondre à nos questions, et permettrait probablement aux acteurs de la forêt de réfléchir à la notion de « bon indicateur »), et légitime (il intègre les points de vue d'une diversité de disciplines, de l'écologie à la sociologie des sciences et aux sciences de gestion, et de connaissances expertes et expérientielles). Nous pensons que la prise en compte de nouvelles dimensions, en particulier institutionnelles, esthétiques et éthiques, pourraient participer à sa consolidation et à son développement. En revanche, sa faisabilité nous semble constituer son point faible. En effet, il nous aura fallu un temps d'apprentissage conséquent pour comprendre ce qui relève des différents critères d'utilisabilité et mobiliser la catégorisation proposée. De plus, une enquête d'une certaine ampleur a été nécessaire pour identifier les points de vue des acteurs sur les critères d'utilisabilité. Malgré tout, il nous serait encore difficile, à ce stade, de définir précisément les profils d'utilisabilité de l'indicateur dendromicrohabitats, tels que développés par Bauler (2012). Mobiliser le cadre d'analyse de l'utilisabilité pour favoriser une démarche réflexive des acteurs sur les indicateurs de biodiversité nous semble donc nécessiter des efforts significatifs, au demeurant pleinement justifiés par l'objectif d'améliorer l'utilisabilité des indicateurs.

Remerciements

Cette recherche a été financée par l'appel d'offres interne du LESSEM (<https://www.lessem.fr/>, dernière consultation le 22 mai 2025). Nous remercions l'ensemble des personnes, scientifiques, décideurs et gestionnaires forestiers, qui nous ont permis de mieux comprendre la fabrique de l'utilisabilité des indicateurs en acceptant de nous parler des dendromicrohabitats et des pratiques qu'elles développent autour d'eux. Nous adressons également nos vifs remerciements à Céline Granjou et Xavier Houard pour la pertinence de leurs commentaires sur une version antérieure de cet article.

RÉFÉRENCES

- ARPIN I. & COSSON A. 2021. — Seeking legitimacy in European biodiversity conservation policies: the case of French national parks. *Environmental Science and Policy* 116: 181-187. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.11.011>
- ASBECK T., GROSSMANN J., PAILLET Y., WINIGER N. & BAUHUS J. 2021. — The use of tree-related microhabitats as forest biodiversity indicators and to guide integrated forest management. *Current Forestry Reports* 7 (1): 59-68. <https://doi.org/10.1007/s40725-020-00132-5>
- BAULER T. 2012. — An analytical framework to discuss the usability of (environmental) indicators for policy. *Ecological Indicators* 17: 38-45. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.05.013>
- BENNETT J. 2001. — *The Enchantment of Modern Life: Attachments, Crossings, and Ethics*. Princeton University Press, Princeton, 224 p.
- BOULEAU G. & DEUFFIC P. 2016. — Qu'y a-t-il de politique dans les indicateurs écologiques? *Vertigo – la revue électronique en sciences de l'environnement* 16 (2). <https://doi.org/10.4000/vertigo.17581>
- BRUCIAMACCHIE M. 2005. — *Protocole de suivi d'espaces naturels protégés*. Ministère de l'Écologie, Paris, 42 p.
- BÜTLER R., LACHAT T., KRUMM F., KRAUS D. & LARRIEU L. 2020. — *Guide de poche des dendromicrohabitats. Description et seuils de grandeur pour leur inventaire. Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage*. WSL, Birmensdorf, 58 p.
- CARSON R. 1962. — *Silent Spring*, 40th ed. Houghton Mifflin, Boston, 378 p.
- CASH D., CLARK W. C., ALCOCK F., DICKSON N. M., ECKLEY N. & JÄGER J. 2002. — Salience, credibility, legitimacy and boundaries: linking research, assessment and decision making. Assessment and decision making (November 2002). *Harvard University, Faculty Research Working Papers Series* 1-24. <https://doi.org/10.2139/ssrn.372280>
- DEBAIVE N. & CATEAU E. 2019. — *Observatoire des Forêts sentinelles (2018-2021): état d'avancement à mi-parcours*. Réserves naturelles de France, Dijon, 18 p.
- DEUFFIC P. 2010. — Du bois mort pour la biodiversité. Des forestiers entre doute et engagement. *Revue forestière française* 62 (1): 71-85. <https://doi.org/10.4267/2042/32975>
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2007. — *Halting the Loss of Biodiversity by 2010: Proposal for a First Set of Indicators to Monitor Progress in Europe*. EEA Technical report, Copenhagen, 182 p.
- HOLDEN M. 2013. — Sustainability indicator systems within urban governance: usability analysis of sustainability indicator systems as boundary objects. *Ecological Indicators* 32: 89-96. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.03.007>
- INGOLD T. 2000. — *The Perception of the Environment. Essays in Livelihood, Dwelling and Skills*. Routledge, London and New York, 630 p.
- INGOLD T. 2001. — From the transmission of representations to the education of attention, in WHITEHOUSE H. (éd.), *The Debated Mind: Evolutionary Psychology Versus Ethnography*. Berg, Oxford: 113-153.
- KRAUS D., BÜTLER R., KRUMM F., LACHAT T., LARRIEU L., MERGNER U., PAILLET Y., RYDKVIST T., SCHUCK A. & WINTER S. 2016. — *Catalogue des dendromicrohabitats: liste de référence pour les inventaires de terrain*. Institut forestier européen, Joensuu, 16 p. (Integrate+ Document technique ; 13). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10273.71528>
- HEINK U. & KOWARIK I. 2010. — What criteria should be used to select biodiversity indicators? *Biodiversity and Conservation* 19: 3769-3797. <https://doi.org/10.1007/s10531-010-9926-6>
- LARRIEU L. & GONIN P. 2008. — L'indice de biodiversité potentielle (IBP): une méthode simple et rapide pour évaluer la biodiversité potentielle des peuplements forestiers. *Revue forestière française* 60 (6): 727-748. <https://doi.org/10.4267/2042/28373>
- LARRIEU L., PAILLET Y., WINTER S., BÜTLER R., KRAUS D., KRUMM F., LACHAT T., MICHEL A. K., REGNERY B. & VANDEKERKHOVE K. 2018. — Tree related microhabitats in temperate and Mediterranean European forests: a hierarchical typology for inventory standardization. *Ecological Indicators* 84: 194-207. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.08.051>
- LEVREL H. 2007. — *Quels indicateurs pour la gestion de la biodiversité?* Institut français de la Biodiversité, Paris, 94 p.
- LORIMER J. 2008. — Counting corncrakes: the affective science of the UK corncrake census. *Social Studies of Science* 38 (3): 377-405. <https://doi.org/10.1177/0306312707084396>
- MANOLA T. 2020. — Une invitation à (re)penser les enjeux écologiques par le sensible. *Diversité* 198 (1): 121-126. <https://doi.org/10.3406/diver.2020.4907>
- MARTIN M., PAILLET Y., LARRIEU L., KERN C. C., RAYMOND P., DRAPEAU P. & FENTON N. J. 2022. — Tree-related microhabitats are promising yet underused tools for biodiversity and nature conservation: a systematic review for international perspectives. *Frontiers in Forests and Global Change* 5. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.818474>
- MARTÍNEZ-JAUREGUI M., TOUZA J., WHITE P. C. & SOLINO M. 2021. — Choice of biodiversity indicators may affect societal support for conservation programs. *Ecological Indicators* 121: 107203. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107203>
- MILTON K. 2002. — *Loving Nature: Towards an Ecology of Emotion*. Routledge, London and New York, 192 p.
- NEIMANIS A., ÅSBERG C. & HEDRÉN J. 2015. — Four problems, four directions for environmental humanities: toward critical posthumanities for the Anthropocene. *Ethics and the Environment* 20 (1): 67-97. <https://doi.org/10.2979/ethicsenviro.20.1.67>
- NOSS R. F. 1990. — Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology* 4 (4): 355-364. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1990.tb00309.x>
- PAILLET Y. 2018. — *Les microhabitats des arbres: facteurs d'influence, lien avec la biodiversité et potentiel indicateur*. Muséum national d'histoire naturelle, Paris; Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture, Nogent-sur-Vernisson, 233 p.
- PAILLET Y., COUTADEUR P., VUIDOT A., ARCHAU F. & GOSSELIN F. 2015. — Strong observer effect on tree microhabitats inventories: a case study in a French lowland forest. *Ecological Indicators* 49: 14-23. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.08.023>
- PAILLET Y., ARCHAU F., PUY S., BOUGET C., BOULANGER V., DEBAIVE N., GILG O., GOSSELIN F. & GUILBERT E. 2018. — The indicator side of tree microhabitats: a multi-taxon approach based on bats, birds and saproxylic beetles. *Journal of Applied Ecology* 55 (5): 2147-2159. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13181>
- PEREIRA H. M., FERRIER S., WALTERS M., GELLER G. N., JONGMAN R. H., SCHOLES R. J., BRUFORD M. W., BRUMMITT N., BUTCHART S. H., CARDOSO A. C., COOPS N. C., DULLOO E., FAITH D. P., FREYHOF J., GREGORY R. D., HEIP C., HÖFT R., HURTT G., JETZ W., KARP D. S., MCGEOCH M. A., OBURA D., ONODA Y., PETTORELLI N., REYERS B., SAYRE R., SCHARLEMANN J. P., STUART S. N., TURAK E., WALPOLE M. & WEGMANN M. 2013. — Essential biodiversity variables. *Science* 339 (6117): 277-278. <https://doi.org/10.1126/science.1229931>

- RABAUD S. 2016. — *Les indicateurs de biodiversité entre connaissances et actions: impasses, détours ou raccourcis pour les stratégies environnementales?* AgroParisTech, Paris, 426 p.
- STAR S. L. & GRIESEMER J. R. 1989. — Institutional ecology, 'translations' and boundary objects: amateurs and professionals in Berkeley's Museum of vertebrate zoology. *Social Studies of Science* 19 (3): 387-420. <https://doi.org/10.1177/030631289019003001>
- TURNHOUT E. 2009. — The effectiveness of boundary objects: the case of ecological indicators. *Science and Public Policy* 36 (5): 403-412. <https://doi.org/10.3152/030234209X442007>
- VAN OUDENHOVEN A. P. E., SCHRÖTER M., DRAKOU E. G., GEIJZENDORFFER I. R., JACOBS S., VAN BODEGOM P. M., CHAZEE L., CZÚCZ B., GRUNEWALD K., LILLEBØ A. I., MONONEN L., NOGUEIRA A. J. A., PACHECO-ROMERO M., PERENNOU C., REMME R. P., ROVA S., SYRBE R.-U., TRATALOS J. A., VALLEJOS M. & ALBERT C. 2018. — Key criteria for developing ecosystem service indicators to inform decision making. *Ecological Indicators* 95: 417-426. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.06.020>
- VIDOT A., PAILLET Y., ARCHAUX F. & GOSSELIN F. 2011. — Influence of tree characteristics and forest management on tree microhabitats. *Biological Conservation* 144 (1): 441-450. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.09.030>
- WINTER S. & MÖLLER G. C. 2008. — Microhabitats in lowland beech forests as monitoring tool for nature conservation. *Forest Ecology and Management* 255 (3): 1251-1261. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.10.029>

*Soumis le 4 juin 2024;
 accepté le 5 septembre 2024;
 publié le 18 juin 2025.*