

# Suivis opérationnels de biodiversité forestière : quelles expériences à l'étranger ?

1<sup>er</sup> avril 2011

**Marion GOSSELIN, Yoan  
PAILLET**

Cemagref, UR Écosystèmes Forestiers  
Domaine des Barres  
45290 Nogent-sur-Vernisson



# Sommaire

Introduction .....	2
Préambule.....	3
Nature et objectifs des suivis étudiés .....	3
1. Les suivis nationaux ou internationaux de biodiversité .....	4
1.1. Suivis de surveillance, suivis mandatés et suivis de recherche.....	4
1.2. En pratique, très peu de taxons sont suivis en dehors des vertébrés et des plantes vasculaires.....	5
1.3. Des pays mettent en place des suivis de biodiversité, avec des stratégies différentes.....	7
1.3.1. Coordination et pilotage des suivis .....	8
1.3.1.1. La biodiversité : un volet au sein de programmes plus généraux de suivi de l'environnement. ....	9
1.3.2. Collecte des données : deux stratégies principales.....	9
1.4. Les suivis fondés sur enquêtes et rassemblements d'observations existantes dominant.....	9
1.4.1. Le Suivi National de Biodiversité en Bulgarie.....	9
1.4.2. Hungarian Biodiversity Monitoring System (HBMS) en Hongrie. ....	10
1.4.3. Suivi Général de la biodiversité en Finlande .....	12
1.5. Quelques pays conçoivent un système de suivi dédié, fondé sur un échantillonnage statistique (systématique ou stratifié) .....	14
1.5.1 Le Monitoring de la Biodiversité en Suisse (MBD) .....	14
1.5.2. Le Monitoring de la Biodiversité en Alberta (ABMI) .....	15
1.5.3. Le CountrySide Survey au Royaume-Uni (CSS).....	16
2. Les suivis nationaux ou internationaux propres à la forêt.....	17
2.1. Les pays signataires de la CDB s'organisent pour appliquer cette convention dans le domaine forestier. Mais en pratique, les suivis directs de biodiversité forestière sont très rares. ....	17
2.2. La plupart des reporting de la biodiversité forestière s'appuient sur les données d'inventaires forestiers nationaux. ....	17
2.3. Quelques exemples de suivis directs de biodiversité forestière .....	23
2.3.1. Dans le cadre d'inventaires forestiers nationaux .....	23
2.3.2. Dans le cadre de projets européens .....	24
Conclusion.....	26
Annexe 1 .....	28
Pourquoi est-il important de réaliser des suivis DIRECTS de la biodiversité FORESTIERE ?.....	28
Pourquoi suivre la biodiversité forestière ?.....	28
Pourquoi des indicateurs directs ?.....	28
Quelles espèces suivre ?.....	28
Comment organiser le suivi : échantillonnage .....	29
Annexe 2. Exemple d'utilisation des données issues d'inventaires nationaux sur échantillonnage systématique : mise en relation des données du MBD Suisse avec des données de structure du peuplement forestier issues de l'inventaire forestier national suisse.....	31
Annexe 3. Évaluation des indicateurs nationaux de biodiversité forestière.....	32
Contexte .....	32
Objectifs .....	32
Résultats .....	32
Analyse globale du système d'Indicateurs pour le critère "Biodiversité" (critère n°4).....	32
2. Analyse indicateur par indicateur (pour le critère Biodiversité).....	35
References .....	45

## Introduction

Pour faire face aux changements climatiques et à la raréfaction des énergies fossiles, la France promeut le développement des énergies renouvelables, dont la biomasse ligneuse. Dans cette optique, le Grenelle de l'Environnement et les nouvelles orientations de la politique forestière retiennent un objectif de récolte supplémentaire de 20 Mm<sup>3</sup> d'ici 2020, soit une augmentation de 30 % par rapport à la situation actuelle.

Les partenaires forestiers majeurs se sont accordés sur l'objectif de *produire plus* (de bois) *tout en préservant mieux* (la biodiversité) dans le cadre d'une *démarche territoriale concertée dans le respect de la gestion multifonctionnelle des forêts* (FNCOFOR *et al.*, 2007). Toutefois, les impacts de cette politique de prélèvements accrus sur la biodiversité forestière, dont la préservation est aussi un objectif majeur de politique publique (Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 2006), ne sont pas prévisibles de manière déterministe. Des suivis de biodiversité s'avèrent donc indispensables pour évaluer les effets de la nouvelle politique forestière sur la biodiversité, et rectifier le tir si besoin (Landmann *et al.*, 2009).

Actuellement, la France dispose pour les suivis de biodiversité forestière des indicateurs correspondant au critère 4 (biodiversité) de l'évaluation de la gestion durable des forêts françaises, publiée tous les 5 ans par le Ministère en charge des forêts.

Mais le décalage entre les taxons identifiés comme enjeux en matière de biodiversité forestière et les données dont on dispose pour constituer un tableau de bord de leur état et de leur évolution est grand. L'analyse des lacunes du système actuel et les propositions d'amélioration proposées dans Gosselin et Dallari (2007) ) et Hamza *et al.* (2007)) sont résumées en annexes 1 et 3. Beaucoup reste à faire pour améliorer le système d'indicateurs associé au critère Biodiversité (Gosselin et Gosselin, 2008). Les indicateurs actuels posent des problèmes d'interprétation et sont fondés essentiellement sur des indicateurs de pression : il faudrait développer les indicateurs d'état (indicateurs directs de l'état des communautés biotiques), bien raisonner les plans d'échantillonnage associés, mieux coupler les indicateurs de pression ou de réponse aux indicateurs d'état (cf. annexe 3 pour une définition du système pression/état/réponse).

Les travaux cités, ainsi que l'étude Bio2 (Landmann *et al.*, 2009) ont mis en évidence la nécessité :

- de suivis de biodiversité spécifiques à la forêt
- de suivis directs d'espèces, et notamment d'espèces communes. Cela permet de mieux caractériser l'état de la biodiversité (parent pauvre des systèmes actuels d'indicateurs dans le triptyque pressions/état/réponse), tel qu'il résulte de l'ensemble des pressions pesant sur ces espèces.

Pour poursuivre la réflexion vers des systèmes véritablement opérationnels, il nous a paru utile d'analyser les expériences d'autres pays en ce domaine.

L'objectif de cette étude est de présenter des exemples de suivis opérationnels de biodiversité forestière, incluant une forte part d'indicateurs directs de biodiversité (indicateurs d'état), en forêt tempérée ou boréale. Ces exemples opérationnels sont présentés et commentés avec comme grille d'analyse les recommandations issues de Gosselin et Dallari (2007) et Hamza *et al.* (2007), rappelées en annexes 1 et 3.

Nous présenterons tout d'abord les suivis nationaux ou internationaux de biodiversité, requis par la Convention sur la Diversité Biologique. Nous analyserons en quoi les stratégies adoptées diffèrent entre pays signataires, la nature des taxons suivis et la place des taxons forestiers. Nous détaillerons plusieurs cas exemplaires de suivis opérationnels fondés sur des indicateurs directs :

- le suivi de la biodiversité en Bulgarie, en Hongrie et en Finlande, dans la catégorie des suivis consistant à rassembler les données de programmes existants.
- le suivi de la Biodiversité en Suisse (Monitoring de la BioDiversité – MBD), au Canada (Alberta Biodiversity Monitoring) et au Royaume-Uni (Country Side Survey), dans la catégorie des suivis fondés sur un échantillonnage statistique et une collecte de données dédiés.

Dans une deuxième partie, nous nous intéresserons aux suivis nationaux ou internationaux propres à la forêt. Ils s'appuient pour la plupart sur les données des Inventaires Forestiers Nationaux pour organiser le *reporting* sur la biodiversité. Les suivis directs de biodiversité forestière sont rares mais plusieurs pays ajoutent progressivement à leurs relevés d'inventaires des données d'abondance d'espèces ou de groupes d'espèces particuliers, notamment les plantes vasculaires, les bryophytes, les lichens et les champignons saproxyliques. Ces exemples de suivis précurseurs seront détaillés, d'une part pour ceux qui sont réalisés

dans le cadre d'inventaires forestiers nationaux, d'autre part pour ceux qui sont réalisés dans le cadre de projets européens.

## Préambule

### Nature et objectifs des suivis étudiés

Les suivis dont il s'agit ont pour objectif :

- **d'évaluer l'état et l'évolution de la biodiversité forestière**, en particulier de ses composantes les plus sensibles aux changements globaux (dont les changements de pratiques sylvicoles) ;
- **d'évaluer l'impact des politiques publiques** (politique forestière, politique de conservation) sur la biodiversité forestière.

Nous nous plaçons dans le cas de suivis de long terme (pas d'inventaires ponctuels) et à l'échelle nationale (exceptionnellement régionale).

Nous nous sommes intéressés à la composante spécifique de la biodiversité forestière et n'avons pas traité (sinon de façon marginale, cf. Tableau 7 par exemple) la composante génétique. Pour Lee *et al.* (2005), le contexte de connaissances n'est pas encore assez clair, en particulier en ce qui concerne les effets de la dépression de consanguinité sur le taux de croissance des populations. Tant qu'on n'en sait pas plus sur les aspects fonctionnels des caractéristiques génétiques des populations, il paraît raisonnable de réserver les suivis génétiques aux seuls projets de recherche, plutôt qu'à des fins de gestion.

On ne traitera pas ici :

- les suivis de recherche ;
- les inventaires : les inventaires (type atlas, faunes et flores pour un territoire donné, ou All-Taxa Biodiversity Inventory (ATBI)) ne sont pas des suivis à proprement parler (Cf. encadré).
- la partie hors biodiversité (production, ressources, santé des forêts) des suivis forestiers de type inventaires forestiers nationaux;
- les suivis ciblés sur une ou quelques espèces protégées ou menacées (ex. Suivi du muscardin aux Pays-Bas, avec un échantillonnage stratifié de 1000 placettes réparties sur l'ensemble du pays) ;
- Les indices de biodiversité de type "All-in-One", tel que l'Austrian Forest Biodiversity Index (Geburek *et al.*, 2010), équivalent autrichien de l'Indice de Biodiversité Potentielle développé en France par Larrieu et Gonin (2008).

#### **Ne pas confondre inventaire et suivi :**

Les inventaires visent à établir des atlas, à savoir des informations de présence/absence de taxons par maille géographique. Ces informations permettent par exemple d'affiner l'aire de répartition d'une espèce, et sont utilisées pour le porter à connaissance. Mais les relevés ne sont pas répétés dans le temps et la méthodologie n'est pas établie de manière à évaluer des changements dans le temps. Il ne s'agit donc pas de suivis.

Par exemple, l'Inventaire National des Bryophytes en Suisse, ou NISM – est mené depuis 1984 par l'Institut de Botanique Systématique de l'Université de Zürich (<http://www.nism.uzh.ch/>), Il recense les bryophytes sur un échantillonnage systématique (maille 10 x 10 km) avec des placettes de 100 m<sup>2</sup> et propose un Atlas en ligne. Il ne comprend pas d'activité de suivi de la bryoflore, excepté le suivi d'espèces rares.

# 1. Les suivis nationaux ou internationaux de biodiversité

NB. Une partie des informations recensées dans les tableaux du présent document provient de la consultation des résultats du projet européen BioMat (Biodiversity Monitoring & Assessment Tool). Le projet BioMat a recensé les caractéristiques de plusieurs suivis de biodiversité en Europe. BioMat est une partie du projet Européen EuMon (EU-wide Monitoring methods and systems of surveillance for species and habitats of Community interest). Le projet EuMon s'est intéressé surtout à quatre aspects majeurs des suivis de biodiversité à large échelle : le recours aux bénévoles, les caractéristiques de l'échantillonnage, les méthodes de relevés, l'établissement des priorités dans les éléments à suivre et à préserver.

Pour en savoir plus : <http://eumon.ckff.si/biomat/> et <http://eumon.ckff.si/monitoring/>

Pour répondre aux engagements de la Convention sur la Diversité Biologique, des pays mettent en place des suivis de biodiversité à l'échelle nationale.

Pour ces suivis de long terme à l'échelle nationale, Lindenmayer et Likens (2010c) identifient trois principaux types de suivis.

## 1.1. Suivis de surveillance, suivis mandatés et suivis de recherche

**Les suivis dits "passifs" ou "de surveillance".**

**Objectif : Évaluer les changements de l'état de la biodiversité.**

Ce sont des suivis "tous azimuts", dont la seule motivation est de détecter des changements dans l'abondance ou la répartition de taxons (on parle de "curiosity-driven monitoring") : La diversité biologique évolue-t-elle, en nombre d'éléments, en abondance d'individus, en aire de répartition? Quels sont les ordres de grandeur des changements ?

Dans cette acception, un système de suivi de la biodiversité est un programme à long terme permettant d'évaluer et de synthétiser les changements de diversité biologique à l'échelle nationale. Il repose sur un suivi systématique et à long terme de composantes de la diversité biologique, via la collecte, le traitement, l'archivage et la publication de données.

Les suivis passifs ne sont pas construits de manière à expliquer les tendances observées : il n'y a pas d'hypothèse formulée *a priori*. Les sites d'échantillonnage sont donc tirés au hasard (échantillonnage aléatoire ou systématique), il n'y a pas de stratification par type de variable explicative potentielle, ni de manipulation expérimentale ou de modalité différenciée de gestion.

Si un déclin d'abondance est détecté, on ne sait pas à quel facteur il est dû. Ces suivis sont donc utilisés comme alerte, non comme explication. Ils ne permettent pas d'étudier le lien en un facteur potentiellement explicatif et l'état de la biodiversité.

**Les suivis mandatés.**

**Objectif : Évaluer l'efficacité des pratiques de conservation.**

Ce sont des suivis de surveillance qui sont requis par une législation (loi, décret, directive...). Souvent à large échelle, ils sont destinés à identifier des tendances, des changements dans l'état d'un système qui est l'objet d'une politique publique de conservation (ici, la biodiversité).

Le but est d'apporter des réponses à la double question :

Les pratiques mises en œuvre en faveur de la biodiversité sont-elles efficaces, d'abord sous l'angle de la réduction des pressions, ensuite sous l'angle de l'amélioration de l'état de la biodiversité ?

Par exemple, pour les pratiques en faveur des organismes saproxyliques : il s'agit de vérifier d'une part que la pression sur leurs habitats diminue, c'est-à-dire que les quantités de bois mort augmentent ; et d'autre part que la richesse et l'abondance des organismes saproxyliques (ou d'un sous-ensemble représentatif d'entre eux) augmentent.

Les suivis mandatés ne sont pas voués à expliquer les changements observés.

Ils débouchent sur des décisions d'actions : continuer comme ça, ou bien infléchir la gestion, ou encore enclencher des actions de recherche pour comprendre en quoi les pratiques sont inefficaces et identifier les facteurs sur lesquels il faudrait pouvoir jouer.

### **Les suivis de recherche (ou suivis ciblés).**

**Objectif : Acquérir des connaissances nouvelles sur le fonctionnement de l'écosystème.**

Ces suivis sont pilotés par une question de recherche ("question-driven monitoring"), une hypothèse à tester concernant les mécanismes sous-jacents aux changements de biodiversité observés : comprend-on ce qui influence l'évolution de la biodiversité forestière ? Peut-on prévoir l'évolution future ? Peut-on appliquer ces connaissances à la gestion pratique de la forêt ?

Ces hypothèses à tester sont des prédictions a priori, issues de modèles conceptuels, c'est-à-dire des représentations, par diagramme, des relations entre les composantes de l'écosystème (exemple : "le bois mort est un habitat pour les saproxyliques")

Fondamentalement, les suivis de recherche sont destinés à expliquer les changements observés. Ils s'appuient sur des dispositifs rigoureux permettant de tester les hypothèses, souvent via des alternatives contrastées de gestion.

Ce sont souvent des projets à échelle locale, difficilement extrapolables à plus large échelle. De ce fait, les résultats de ces suivis sont rarement exploités tels quels dans l'élaboration des politiques publiques à l'échelle nationale.

### **Complémentarité des suivis**

Plutôt que de se polariser sur les débats qui opposent les partisans des suivis passifs à ceux des suivis ciblés (Haughland *et al.*, 2010, Lindenmayer et Likens, 2010b, Lindenmayer *et al.*, 2010, Lindenmayer et Likens, 2009, Nichols et Williams, 2006, Boutin *et al.*, 2009), il est intéressant d'envisager les complémentarités entre ces suivis (Gardner, 2010). Le suivi ciblé permet d'utiliser plus efficacement les ressources pour résoudre un problème particulier, tandis que le suivi de surveillance joue un rôle d'alerte, notamment dans le cas de changements imprévisibles et permet d'évaluer les effets de changements multifactoriels comme les changements globaux. Les évolutions détectées par le suivi de surveillance peuvent alimenter des suivis ciblés dans le cadre de projets de recherche.

Dans tous les cas, le dimensionnement statistique et les méthodes de relevés doivent être adaptés à la question posée : calculer la puissance statistique du dispositif pour détecter un niveau donné de changement, prendre en compte la détectabilité des espèces, contraster les modalités testées, cibler les taxons ou variables à suivre en fonction de la question posée.

## **1.2. En pratique, très peu de taxons sont suivis en dehors des vertébrés et des plantes vasculaires.**

En pratique, au niveau international et tous types de milieux confondus, très peu de taxons sont inventoriés ou suivis en dehors des vertébrés et des plantes vasculaires (Lee *et al.*, 2005) : il s'agit de champignons fructifiés, ou de certains insectes bien visibles (lépidoptères, libellules, gros coléoptères). De plus, les relations entre ces taxons et les communautés plus larges des milieux qu'ils fréquentent sont mal connues.

Si les taxons les plus fréquemment suivis sont les oiseaux, papillons de jour et mammifères, c'est aussi en raison de l'essor des sciences participatives (Gosselin *et al.*, 2010), aux échelles nationales aussi bien qu'à l'échelle européenne. Citons par exemple en France les programmes STOC (Suivi temporel des Oiseaux Communs) et STERF (Suivi Temporel des Rhopalocères de France), et leurs équivalents européens.

Le Tableau 1 donne quelques exemples (non exhaustifs) de suivis participatifs en Europe, en indiquant les taxons concernés, le nombre de bénévoles et des estimations de coût.

Tableau 1

Exemples de suivis participatifs en Europe	Lépidoptères	Odonates	Mammifères	Chiroptères hibernants	Lépidoptères	Mammifères communs	Oiseaux nicheurs	Lépidoptères	Oiseaux nicheurs	Reptiles	Amphibiens
	Pays-Bas	Pays-Bas	Pays-Bas	Pays-Bas	Europe	Pologne	Pologne	Bulgarie	Royaume-Uni	Royaume-Uni	Royaume-Uni
Institution	De Vlinderstichting		Zoogdiervening	Zoogdiervening		Polish Society for the Protection of Birds	Polish Society for the Protection of Birds	Birdlife Bulgaria	CEH	Herpetological Conservation Trust	
Suivi en place depuis	1990	?	1994	1986	1990	2005	2000	2004	1976	2007	2005
Emprise (km <sup>2</sup> )	400	?	40000	40000	2500000	322	312	111000	244	1000	1000
Nombre de placettes concernées	1300	200	400	1000	2000	128	329	200	1200	1000	1000
Nombre de relevés par site	1	1	1	1	1	20	20	10	10	30	1
Nombre de passages par année de relevé (saisonnalité)	15	3	7	1	20	2	2	2	26	3	3
Fréquence du suivi (ans)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Investissement en temps par placette (hommes-jours)	0,01	0,1	0,3	0,5	0,1	1	1	0,5	0,25	0,3	0,5
puissance statistique (changement détectable en %/an)	1	5	5	5	1	10	10	20	5	20	20
Nombre de professionnels investis dans le suivi	1	5	2	1	5	2	2	2	6	2	2
<b>Nombre de bénévoles investis dans le suivi</b>	<b>500</b>	<b>150</b>	<b>350</b>	<b>100</b>	<b>1500</b>	<b>92</b>	<b>192</b>	<b>230</b>	<b>2000</b>	<b>500</b>	<b>500</b>
Investissement en temps (hommes-jours/an)	60	100	3,5	3	2,5	–	–	1000	3	500	3000
Investissement en matériel (€/an)	2500	–	8000	31000	5000	–	–	1500	2000	10000	10000
Echantillonnage	stratifié	sites choisis par expert	Stratifié			aléatoire	aléatoire	aléatoire	sites choisis par experts	aléatoire	aléatoire
Nombre d'espèces suivis	60	60	7		120	23	235	151	64	6	6

**Tableau 1. Exemples de suivis participatifs en Europe (non exhaustif). Sources : résultats du projet européen BioMat, consultés en mars 2011 : <http://eumon.ckff.si/biomat/>**

D'autres taxons font l'objet de suivis dans des projets de recherche, mais sur des échelles plus limitées (coléoptères, amphibiens, reptiles, espèces envahissantes, espèces phares ou espèces rares)

La revue de Lee *et al.* (2005) observe que la plupart des suivis de biodiversité à long terme à l'échelle nationale se sont beaucoup développés à partir des inventaires forestiers, des inventaires cynégétiques, ou des suivis de la qualité de l'air ou de l'eau. Les techniques utilisées s'inspirent donc des placettes standards d'inventaires forestiers, des techniques de comptage de vertébrés (grands mammifères, oiseaux) ou des techniques d'analyse de la qualité de l'eau (indices biotiques). Mais de larges pans de la biodiversité ne sont pas couverts par ces méthodes. Même dans les pays où les systèmes de suivis sont plus complets qu'ailleurs, ces derniers n'en sont qu'aux tout premiers stades de développement (cf. les exemples européens de la Bulgarie, de la Hongrie et de la Finlande au paragraphe 1.3.)

En ce qui concerne les **espèces envahissantes**, il y a très peu de suivis coordonnés, hormis en cas de pathogènes causant des risques économiques élevés. Par exemple, le service canadien de la faune sauvage note après enquête (Haber 2002 cité par Lee *et al.*, 2005) que :

- le Canada possède peu de banques de données organisées sur les espèces envahissantes
- Les informations sur Internet sont essentiellement de type "informations textuelles".
- Élaborer des protocoles standards d'acquisition de données et de conversion des bases de données existantes prendra du temps.
- Besoin fort d'améliorer l'accès aux informations sur tous types d'espèces envahissantes.

Le United States National Invasive Species Council (2001) cité par Lee *et al.* (2005) fait les mêmes constats.

Un rapport récent (MAF 2003 cité par Lee *et al.* (2005)) sur les systèmes de surveillance biosécuritaires en Nouvelle-Zélande souligne les problèmes engendrés par la fragmentation des bases de données, le manque de coopération entre agences/services, l'absence de protocoles standards pour l'acquisition des données. Il conclut qu'il n'y a pas de moyen simple, à l'heure actuelle, d'avoir une vision d'ensemble des organismes vivants sur le territoire, pas plus qu'il n'y a de moyen d'actualiser les bases de données existantes lorsque de nouvelles espèces apparaissent ou lorsque l'aire de répartition de certaines espèces change.

### **1.3. Des pays mettent en place des suivis de biodiversité, avec des stratégies différentes**

L'organisation varie d'un pays à l'autre, le suivi pouvant être réalisé par :

- des services publics ("government agencies") spécialement créés pour le suivi environnemental et/ou de biodiversité à l'échelle nationale : *National Land and Water Resources Audit, Australia ; New Zealand Parliamentary Commissioner for the Environnement.*
- des services publics qui sont responsables, parmi d'autres missions, du suivi ou de la publication de l'état de la biodiversité ou de l'environnement, sans être gestionnaires : *US Environmental Protection Agency ; Environnement Canada ; New Zealand Ministry for the Environment ; Statistics New Zealand.*
- Des services publics gestionnaires d'espaces ou de ressources naturelles, qui ont besoin de suivis d'évaluation pour rendre-compte de leurs missions : *Parcs nationaux ; Organismes chargés de la gestion des forêts publiques ; services de l'agriculture et de la pêche ; New Zealand regional council.*
- Des organisations à mission environnementale ou de protection de la biodiversité, financées en tout ou partie sur fonds publics : *The National Round Table on the Environment and the Economy, Canada.*
- Des organisations ou programmes privés, qui se donnent un rôle important de suivi et publication d'état de la biodiversité : *Heinz Center for Science, Economics and the Environment (US) ; The Nature Conservancy (US)° ; British Trust for Ornithology ; QEII New Zealand.*
- Des organisations non gouvernementales de protection de la nature : *Greenpace ; New Zealand Forest and Bird Protection Society.*

- Des universités ou centres de recherche (publics ou privés) : *Swedish Species information Center*.
- Des organisations internationales qui peuvent être missionnées pour du suivi local, sur convention : *Forest Stewardship Council*.
- Des organisations internationales chargées de rassembler, publier et archiver les données locales de biodiversité : *European Environment Agency* ; *European Centre for Nature Conservation* ; *Man and the Biosphere*.

### 1.3.1. Coordination et pilotage des suivis

Qui coordonne la réalisation des suivis et la publication des résultats ?

Malgré la variété des organisations possibles, la plupart des pays partagent la même stratégie (Lee *et al.*, 2005) : le ministère en charge de l'environnement rassemble et publie les informations existantes, mais en général ne génère pas ni ne finance l'acquisition des données à la base de ces informations.

Le suivi à l'échelle nationale repose donc la plupart du temps sur le rassemblement de données existantes recueillies par différentes organisations (cf. paragraphe 1.4.), plutôt que sur une collecte rigoureuse de données, selon un échantillonnage systématique et des méthodes standardisées (cf. paragraphe 1.5.).

Les arguments en faveur d'un système de suivi national, couvrant la totalité du territoire et bénéficiant de fonds centralisés sont les suivants :

- la biodiversité et les menaces qui pèsent sur elles sont indépendantes des limites territoriales des différentes agences.
- De plus en plus, on cherche à préserver l'intégrité écologique de l'ensemble du territoire, et non uniquement des espaces publics dédiés à la conservation.
- À niveau de financement donné, le système le plus efficace en quantité d'information apportée est le suivi systématique (cf. paragraphe 1.5.), qui repose sur des protocoles standards d'acquisition de données et qui est établi de manière à maximiser le nombre de facteurs explicatifs potentiels. Ce n'est pourtant pas le système majoritaire.

**En Europe**, l'Agence Européenne pour l'Environnement publie tous les 5 ans un état de l'environnement en Europe, avec un chapitre intitulé "nature et biodiversité". L'édition 2010 constate toujours que seule une très faible fraction du nombre total d'espèces est couverte par des données harmonisées renseignant les tendances : il s'agit principalement d'espèces d'oiseaux et de papillons communs, ainsi que les données d'espèces suivies au titre de l'article 17 de la directive Habitats (Agence européenne pour l'environnement, 2010). Site internet de l'AEE : <http://www.eea.europa.eu/fr>

**Le Canada** a été plus loin en créant une agence centrale (EMAN : Environment Monitoring and Assessment Network) chargée de fournir les protocoles (Roberts-Pichette, 1995) et de piloter/coordonner les suivis de biodiversité réalisés par tout un réseau de partenaires (Vaughan *et al.*, 2001, Brydges et Lumb, 1998). Cela étant, les partenaires font peu référence à EMAN dans leurs publications, de même qu'ils mentionnent peu les systèmes de suivis nationaux réalisés par d'autres partenaires. Au Canada au moins, et peut-être dans d'autres pays, chaque agence sert d'abord ses intérêts immédiats et la contribution aux évaluations nationales (pluri-agences) de biodiversité est considérée comme secondaire. Site internet de l'EMAN : <http://www.ec.gc.ca/>

**En Nouvelle-Zélande** : A moins qu'une décision ne soit prise d'avoir un système de suivi national de la biodiversité, intégrant tous les services publics en charge de questions de biodiversité, ainsi que les collectivités territoriales, Lee *et al.* (2005) estiment que cette situation de fait continuera : les différentes agences garderont leurs propres systèmes de suivis de biodiversité, et les états des lieux nationaux resteront des assemblages des résultats de ces suivis réalisés au départ pour des objectifs différents.

### **1.3.1. La biodiversité : un volet au sein de programmes plus généraux de suivi de l'environnement.**

Dans presque tous les pays étudiés par Lee *et al.* (2005), l'évaluation de la biodiversité représente un volet seulement au sein d'un suivi plus général de l'état de l'environnement, intégrant des données socio-économiques sur des secteurs d'exploitations de ressources naturelles (forêt, agriculture, pêche).

#### **Un exemple de volet forestier au sein du SEBI, programme européen de suivi de biodiversité.**

Le processus SEBI 2010 (Streamlining European Biodiversity Indicators 2010) propose une liste d'indicateurs en rapport avec la biodiversité forestière.

Ce programme a été lancé en 2004 et l'évaluation 2010 de l'état de la biodiversité en Europe est disponible en ligne : <http://www.eea.europa.eu/publications/assessing-biodiversity-in-europe-84>

Objectif du SEBI : construire une liste d'indicateurs de biodiversité pour l'Europe, pour évaluer et rendre publics les résultats obtenus quant à l'objectif 2010 de stopper l'érosion de la biodiversité.

Le SEBI est un programme d'étude, piloté par une équipe de coordination. Plusieurs partenaires sont impliqués : l'Agence Européenne pour l'Environnement (AAE), la DG Environnement de la Commission Européenne, le Centre Européen pour la Conservation de la Nature (ECNC), le secrétariat de l'UNEP/ PEBLDS et l'UNEP-WCMC (the World Conservation Monitoring Centre).

Pour les forêts, le rapport 2010 analyse les indicateurs suivants (European Environment Agency (EEA), 2010) :

- couvert forestier ;
- estimation qualitative du statut de conservation des espèces et habitats forestiers d'intérêt communautaire au titre de la Directive Habitats-Faune-Flore, par grande région biogéographique (plus de la moitié des espèces et environ les deux-tiers des habitats sont dans un état de conservation jugé défavorable);
- stock de bois sur pied, accroissement et exportations
- volume de bois mort
- proportion de coléoptères saproxyliques menacés : évaluée à dire d'expert à partir de la liste rouge de Geburek *et al.* (2010), qui estime à 11 % (respectivement 14%) le taux de coléoptères saproxyliques menacés à l'échelle pan-européenne (respectivement des pays de l'Union Européenne).
- abondance des populations d'oiseaux forestiers communs : entre 1980 et 2005, elle a décliné de 31% en Europe du Nord et 35% dans le Sud de l'Europe, et s'est maintenue stable en Europe de l'Ouest (- 2%), en Europe Centrale et de l'Est (+ 1%).

Site internet du SEBI : <http://biodiversity-chm.eea.europa.eu/information/indicator/F1090245995>

### **1.3.2. Collecte des données : deux stratégies principales**

Deux principales stratégies de collecte de données distinguent les pays qui mettent en place des suivis nationaux de biodiversité :

- soit il s'agit d'un service de coordination, qui rassemble des observations issues de réseaux d'observateurs ou de plusieurs programmes séparés de suivis. C'est le système le plus courant. Des exemples sont détaillés au paragraphe 1.4.
- soit il s'agit d'un service dédié, qui conçoit et met en place un système de suivi intégré, fondé sur un échantillonnage statistique adapté. C'est un système qui commence à se développer. Des exemples sont détaillés au paragraphe 1.5.

## **1.4. Les suivis fondés sur enquêtes et rassemblements d'observations existantes dominant**

Les suivis fondés sur enquêtes et rassemblements d'observations issues de réseaux d'observateurs dominant. Nous présentons ci-après le cas de la Bulgarie, de la Hongrie et de la Finlande.

### **1.4.1. Le Suivi National de Biodiversité en Bulgarie.**

En Bulgarie, le Système national de Suivi de la Biodiversité est une initiative du ministère en charge de l'Environnement. Il est structuré selon les trois catégories pression/état/réponse. Mais il se

concentre surtout sur le suivi de quelques espèces : espèces d'intérêt communautaire (au sens de la directive habitats-faune-flore) ou d'intérêt national.

La coordination est assurée par l'EEA (Executive Environment Agency). Plusieurs autres institutions participent à la mise en œuvre effective du suivi. Ce sont :

- des administrations : ministères en charge de l'environnement, de l'agriculture, de la forêt, du développement rural, des transports, de l'économie. Services statistiques des ministères, service du cadastre, service des ressources du sol.
- des universités ou organismes de recherche,
- des organisations non gouvernementales
- des entreprises ou chambres de commerce

Vraisemblablement, le système rassemble des données existantes pour renseigner une liste d'indicateurs pré-sélectionnés, mais n'organise pas le recueil systématique de données.

### Éléments de coûts

Le Tableau 2 donne des éléments de coût pour le suivi des reptiles, amphibiens et chiroptères au sein du système national bulgare de suivi de biodiversité.

	Bulgarian NBMS - Executive Environment Agency		
	Reptiles	Amphibiens	Chiroptères
Suivi en place depuis	2008	2008	2007
Emprise (km <sup>2</sup> )	111000	111000	111000
Nombre de placettes concernées	35	16	35
Nombre de relevés par site	2	2	1
Nombre de passages par année de relevé (saisonnalité)	5	2	2
Fréquence du suivi (ans)	1		1
Investissement en temps par placette (hommes-jours)	1	1	1
puissance statistique (changement détectable en %/an)	20	20	20
Nombre de professionnels investis dans le suivi	4	3	3
Nombre de bénévoles investis dans le suivi	20	3	5
Investissement en temps (hommes-jours/an)	150	60	120
Investissement en matériel (€/an)	1000	500	5000
Echantillonnage	sites choisis par experts	sites choisis par experts	sites choisis par experts
nombre d'espèces suivies	12	6	13

**Tableau 2. Suivi des reptiles, amphibiens et chiroptères dans le cadre du Bulgarian National Biodiversity Monitoring System. Dimensionnement du suivi et éléments de coûts. Source : résultats du projet européen BioMat, consultés en mars 2011 : <http://eumon.ckff.si/biomat/>**

Pour en savoir plus : <http://monitoring.biodiversity.bg/english/>

### 1.4.2. Hungarian Biodiversity Monitoring System (HBMS) en Hongrie.

En Hongrie, le suivi de biodiversité incombe au ministère en charge de la protection de l'environnement et de l'eau. Le HBMS (Hungarian Biodiversity Monitoring System) est effectif depuis 1998. Il a été installé sur 100 zones permanentes de 1 km<sup>2</sup> représentatives de tous les habitats naturels de Hongrie, dont la forêt. Récemment, les deux ministères en charge de l'environnement d'une part, de l'agriculture et du développement rural d'autre part, se sont associés pour améliorer le système : une nouvelle organisation se met en place, et projette d'utiliser des placettes d'échantillonnage communes pour l'inventaire forestier national, le système de suivi de la biodiversité et le système de suivi de l'état sanitaire des forêts.

#### Historique et fonctionnement de l'HBMS

L'histoire de l'HBMS commence en 1997 avec la publication des fondements théoriques et des protocoles de suivis de quelques espèces ou communautés sélectionnées, ainsi que la création de l'Unité Centrale de Coordination (2 Équivalents Temps Plein - ETP). A chaque protocole de suivi d'espèce ou de communauté correspond un programme de suivi, ou projet. Peu à peu, ce système a été appliqué, projet par projet. En 2001, un volume complémentaire est publié, relatif à la nouvelle typologie d'habitats et à leur cartographie.

L'ensemble des projets est coordonné par le Ministry of Environment and Water, Authority for Nature Conservation (Service du Suivi de la Biodiversité), mis en place à cette fin.

Depuis 1998, un ETP dans chacun des neuf parcs nationaux de Hongrie a été attribué la mise en œuvre locale de l'HBMS. Un comité de conseil indépendant, composé d'experts de différentes disciplines ou taxons, participe aussi à la coordination et l'orientation du système. Une partie des observations, lorsqu'elle ne nécessite pas un niveau élevé d'expertise, est confiée à des bénévoles (grand public ou associations naturalistes), via des programmes de sciences participatives.

### Harmonisation avec les directives européennes

Le système HBMS englobe les espèces et habitats d'intérêt communautaire au titre de la directive Habitat-Faune-Flore, ainsi que les espèces ou habitats d'intérêt national. Le suivi des zones humides dans le HBMS est compatible avec le suivi requis par la Directive Cadre sur l'Eau.

Le suivi est réparti en 10 projets, les trois premiers concernant la biodiversité forestière :

- **suivi des espèces protégées et menacées (faune et flore)**
- **suivi des habitats humides et aquatiques, et de leurs communautés**
- **suivi d'une sélection de sites du réseau national de réserves forestières**
- suivi des habitats (selon la nouvelle classification en types d'habitats créée pour l'occasion)
- suivi régional des zones humides de Kis-Balaton
- suivi régional des zones humides de Szigetköz
- suivi des habitats salinisés
- suivi des prairies sèches
- suivi des prairies de fauche.

Chaque groupe taxinomique suivi fait l'objet d'un échantillonnage différent, parfois réduit à un petit nombre de sites non forcément représentatifs de l'habitat sur l'ensemble du territoire national.

### Les données collectées

L'HBMS collecte des données sur un grand nombre de taxons et d'habitats :

- Habitats : cartographie sur 124 quadrats de 5 x 5 km, au 1/25 000e. Mise à jour prévue tous les 8 ans. L'évolution des habitats est utilisée comme facteur potentiellement explicatif des modifications observées au niveau des populations ou communautés d'espèces.
- Communautés végétales : suivi de communautés phytosociologiques, par microquadrats sur placettes permanentes.
- Espèces végétales protégées et espèces végétales envahissantes : relevés tous les 2, 3 ou 4 ans selon le degré de menace ou les caractéristiques démographiques de la population ; taille de population estimée par comptage d'individus ou estimation du recouvrement, cartographie si nécessaire. 70 espèces font ainsi l'objet de suivis de population.
- Bryophytes : le suivi se concentre sur les espèces protégées par la directive Habitats, et commence par la prospection de sites où les espèces sont susceptibles d'être présentes. L'HBMS prévoit aussi le suivi des communautés bryophytiques dans les habitats suivants : zones humides, **forêts**, prairies sèches, habitats salinisés. La fréquence du suivi est variable, selon le type d'habitat (tous les 4 ans en forêt, tous les 3 ans en milieu humide). Les relevés sont réalisés dans les placettes de suivi de la flore vasculaire (50m x 50m), dans des quadrats de 10 x 10 m (16 x 16m en forêt) désignés pour le suivi bryologique. Les espèces sont notées en abondance-dominance. En outre, les bryophytes sont relevées sur 25 sous-placettes de 0,5 x 0,5 m à l'intérieur de la placette de 10 x 10 m. Ces 25 sous-placettes sont sur une maille de 2 m. Sont notés la présence de l'espèce et le substrat sur lequel elles se trouve (sol, rocher, bois mort). Enfin, les bryophytes épiphytes sont relevées sur chaque arbre vivant de plus de 19 cm présent sur le quadrat (en général, 8 à 10 arbres), à trois hauteurs : 10 cm, 70 cm, 140 cm, sur une bande de 10 cm de large.
- Champignons : Le suivi repose sur des placettes permanentes, sur lesquelles les observations de champignons fructifiés sont notées sur plusieurs années (on parle de cycle d'observation), mais il rencontre des difficultés méthodologiques pour élaborer un système de suivi fiable (en raison de l'irrégularité ou de la courte durée des fructifications). Dans un premier temps, le réseau de suivi concerne 3 réserves forestières.
- Mammifères (loutre, castor, petits rongeurs, campagnol nordique (*Microtus oeconomus*), chiroptères). Dans le cadre de l'HBMS, on peut noter le suivi national du souslik (*Spermophilus citellus*), protégé (protection nationale, annexes II et IV de la directive Habitats, protection stricte à la convention de Berne) via un processus de sciences participatives. La restauration des habitats du souslik permettrait de stabiliser les populations de rapaces qui s'en nourrissent. L'HBMS utilise aussi des méthodes indirectes pour le suivi de mammifères

(indices de présence). Ainsi, la loutre est suivie à l'échelle nationale par la méthode UICN du "standard minimum", fondées sur le relevé d'indices de présence (relevés répétés dans le temps) ; les populations de petits mammifères sont évaluées par l'analyse de pelotes de réjection (10 placettes d'échantillonnage dans chacun des parcs nationaux).

- Oiseaux : suivi à l'échelle de la communauté, et, pour certaines espèces rares, à l'échelle de la population.
- Amphibiens : 4 à 5 relevés par an, selon différentes méthodes (comptage de ponte, recherche nocturne à la lampe torche, comptage visuel par transects sur la rive, points d'écoute)
- Reptiles : 5 jours de comptage par an, sur transects ou quadrats.
- lépidoptères : échantillonnage sur des sites choisis en fonction des captures passées (consignées en archives). La plupart des espèces sont suivies par des spécialistes, car les risques de confusion sont grands. C'est seulement pour quelques espèces communes, sans risque de confusion, que le suivi peut faire appel à des bénévoles.
- Rhopalocères : collecte par pièges lumineux, sur le réseau dont dispose le service forestier depuis 1962 (initialement pour le suivi des ravageurs, mais toutes les espèces piégées sont identifiées).
- Arthropodes épigés
- Orthoptères
- Crustacés
- Abeilles.
- Lichens
- Poissons
- Gastéropodes
- Invertébrés aquatiques et plantes aquatiques
- Odonates

### Éléments de coûts

Le Tableau 3 donne des éléments de coût pour le suivi des bryophytes et des orthoptères au sein de l'HBMS.

	HBMS-Bryophytes	HBMS- Communautés Orthoptères
Suivi en place depuis :	2000	2000
Emprise (km <sup>2</sup> )	93000	93000
Nombre de placettes concernées	28	70
Nombre de relevés par site	1	4
Nombre de passages par année de relevé (saisonnalité)	1	4
Fréquence du suivi (ans)	2	2
Investissement en temps par placette (hommes-jours)	1,5	1
puissance statistique (changement détectable en %/an)	> 20	> 20
Nombre de professionnels investis dans le suivi	3	8
Nombre de bénévoles investis dans le suivi	-	-
Investissement en temps (hommes-jours/an)	15	120
Investissement en matériel (€/an)	1750	1100

**Tableau 3. Suivi des bryophytes et orthoptères dans le cadre du Hungarian Biodiversity Monitoring System. Dimensionnement du suivi et éléments de coûts. Source : résultats du projet européen BioMat, consultés en mars 2011 : <http://eumon.ckff.si/biomat/>**

Pour en savoir plus : <http://www.termesztvedelem.hu/hbms>

### 1.4.3. Suivi Général de la biodiversité en Finlande

Environ 60 programmes contribuent actuellement au suivi de la biodiversité en Finlande, impliquant :

- des instituts de recherche publique : le Finnish Museum of Natural History (Université d'Helsinki), MTT Agrifood Research Finland, Metsähallitus (National Board of Forestry), Finnish Forest research institute, Finnish Institute of Marine Research, Finnish Game and Fisheries research Institute, Finnish Environment Institute ;
- des Centres régionaux de l'Environnement ;
- des Groupes d'experts (par taxon menacés, par exemple) ;

- les administrations et professionnels de la forêt et de la chasse ;
- des Universités ;
- les Muséums régionaux d'histoire naturelle ;
- des Associations de protection de la nature.

Les observations sont fournies au service de suivi sur la base du volontariat.

Plusieurs de ces suivis sont ciblés sur des espèces ou groupes d'espèces (oiseaux nicheurs, essences forestières, espèces gibier, poissons d'eau douce, phytoplancton, papillons (rhopalocères et lépidoptères).

Le système général est assez proche de celui qui existe en France (Tableau 4)

Le **plan d'action national pour la Biodiversité** (2006-2016) prévoit la **mise en place (en 2010) d'un système effectif de suivi de la biodiversité**, sous la responsabilité du Ministère en charge de l'Environnement, permettant de suivre l'état et évolution de la biodiversité, mais aussi des pressions qui pèsent sur elle, et de l'effet des politiques de préservation. Il reposerait sur les 60 suivis déjà en place (cf. ci-dessous), en les améliorant et en les complétant par de nouveaux suivis. Il comprendrait deux grandes parties : des suivis généraux (éléments de base de la biodiversité des grands types de milieux, dont les forêts) ; des suivis spécifiques, adaptés à des taxons ou habitats menacés (relevant de la directive Habitats-Faune-Flore par exemple)

	Forests	Peat lands	Arctic fells	Marine and coastal habitats	Inland waters	Agricultural habitats	Built environments
<b>LTKM</b>	Breeding land birds, Birds of prey	Breeding land birds	Breeding land birds		Breeding waterfowl	Breeding land birds, Winter birds	Breeding land birds, Winter birds
<b>MTT</b>						Weeds in spring cereal fields, Earth worms	
<b>METLA</b>	National forest inventory	National forest inventory					
<b>FIMR</b>				Phytoplankton, zooplankton and macrozooplankton			
<b>FGFRI</b>	Game birds, Game mammals			Archipelago birds, Fish stocks, Fish resources, Seals	Waterfowl, Beavers, Economically important fish stocks	Game birds, Game mammals, Breeding birds	
<b>SYKE</b>	Moths			Coastal phytobenthos	Phytoplankton, zooplankton and macrozooplankton	Butterflies, Meadow insects	

**Tableau 4. Suivi général de biodiversité en Finlande.** Principaux programmes de suivis classés par services responsables et types d'habitats. Source : <http://www.environment.fi> (consulté le 7 mars 2011)

Depuis le Sommet de Rio et la Convention sur la Diversité Biologique, des efforts ont donc été faits pour organiser des systèmes de suivi de la biodiversité, mais peu sont pleinement opérationnels et la plupart ne couvrent qu'un tout petit pan de la biodiversité, pas forcément les pans les plus menacés.

## 1.5. Quelques pays conçoivent un système de suivi dédié, fondé sur un échantillonnage statistique (systématique ou stratifié)

### 1.5.1 Le Monitoring de la Biodiversité en Suisse (MBD)

Le Monitoring de la Biodiversité en Suisse (MBD) a été créé en 2001. Il est coordonné par l'Office Fédéral de l'Environnement

C'est un programme de suivi non exclusivement forestier, qui produit une liste d'indicateurs structurée selon les trois catégories pression/état/réponse : 12 indicateurs d'état, 15 de pression, 7 de réponse.

La plupart des indicateurs sont calculés à partir de données externes, mais au moins trois indicateurs d'état, centraux, sont construits à partir de données collectées directement sur le terrain par le MBD :

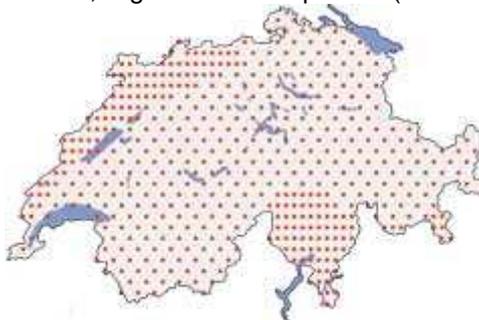
- Diversité des espèces en Suisse et dans les régions (Indicateur Z3)
- Diversité des espèces dans les paysages (Indicateur Z7)
- Diversité des espèces dans les habitats (Indicateur Z9)

Les données de relevés du MBD alimentent aussi en partie l'indicateur Z4 sur la présence en Suisse d'espèces menacées à l'échelle mondiale.

Le MBD se concentre sur l'inventaire des espèces abondantes et répandues, chez lesquelles on a du reste constaté d'importantes modifications au cours des dernières années, avec des espèces naguère fréquentes qu'on ne trouve plus que rarement aujourd'hui. C'est en signalant de telles évolutions que le MBD pourra donner l'alarme suffisamment tôt et justifier des mesures, avant que les espèces ainsi exposées ne doivent être inscrites dans les Listes rouges.

Tous les 5 ans, le MBD recense la diversité de plantes, de papillons, d'oiseaux, d'escargots et de mousses sur un réseau d'échantillonnage systématique de placettes permanentes (géolocalisées au GPS et matérialisées sur le terrain au moyen d'une borne métallique). Ce réseau de mesures mis en place à l'échelle de toute la Suisse est constitué de deux sous-réseaux :

- le premier, destiné à évaluer la diversité des espèces dans les paysages, est une grille systématique de 520 zones de 1km<sup>2</sup>, régulièrement réparties (maille plus serrée dans le Jura et dans le Sud du pays) . Sur ce réseau sont



recensés les oiseaux nicheurs, les papillons diurnes et les plantes vasculaires : les espèces sont inventoriées le long d'un transect prédéfini qui serpente sur chaque zone :

- Transect de 2,5 km pour les papillons et la flore. Les papillons sont recensés sur 5 m de part et d'autre du transect (et jusqu'à 7 passages par saison), les plantes sur 2,5 m de part et d'autre du transect (2 passages par an).
  - Transect différent, de 3 à 5 km; pour les oiseaux nicheurs (identifiés au chant + jumelles), 3 passages par an.
- le second, destiné à évaluer la diversité spécifique des plantes vasculaires, mousses et mollusques dans les habitats, compte 1600 placettes de 10m<sup>2</sup>. la botanique fait l'objet de 2 passages par an (les mousses sont récoltées au printemps, en plus du relevé de flore

vasculaire; et identifiées en laboratoire)

. Pour les



mollusques, des échantillons de sol sont prélevés sur 8 points à l'aide d'une carotteuse normée, et envoyés au laboratoire pour détermination.

Le MBD s'organise de la façon suivante:

- Un petit bureau de coordination externe assure la responsabilité de l'ensemble du projet, et c'est elle qui organise la collecte annuelle des données. Ses compétences englobent également la gestion des données et leur interprétation, sans oublier les comptes-rendus ainsi que l'assurance qualité.
- Les relevés sur le terrain concernant les indicateurs principaux des espèces répandues (Z7 et Z9) ont fait l'objet d'une mise au concours et ont été confiés aux candidats les plus appropriés pour une période de relevés portant sur plusieurs années. La structure de coordination procède en outre à ses propres relevés pour les sites où le travail s'avère particulièrement complexe.
- Pour les collectes de données concernant les espèces rares, on fait appel aux institutions se penchant déjà régulièrement sur les catégories d'espèces concernées. A ce propos, en mentionnera en premier lieu le Centre suisse de cartographie de la faune (CSCF), le Centre du réseau suisse de floristique (CRSF), la Station ornithologique Suisse de Sempach, le Centre de coordination pour la protection des amphibiens et des reptiles de Suisse (KARCH) ainsi que la Société suisse de biologie de la faune (SSBF). Enfin, le MBD peut aussi recourir aux données déjà établies par de nombreuses institutions et organisations.

Le MBD coûte environ 3,3 millions de francs suisses par an (TVA incluse) et ce sont pour l'essentiel des frais de personnel (Tableau 5).

<b>Collecte des données :</b>	
Indicateurs Z7 et Z9	2 100 000
Indicateurs Z3 et Z4	40 000
Autres indicateurs	50 000
<b>Structure de coordination</b>	
Personnel, dépense de matériel	700 000
Contrôle de qualité	200 000
<b>Total annuel</b>	<b>3 090 000</b>

**Tableau 5.** Estimation du coût total annuel du MBD (Francs suisses, hors TVA)

**D'ores et déjà, l'exploitation des données du MBD donne des résultats intéressants pour la biodiversité forestière.**

Ainsi, une étude sur un échantillon de placettes communes à l'Inventaire Forestier National et au Monitoring de la Biodiversité en Suisse a montré que la densité spécifique des plantes vasculaires, mousses et mollusques ne peut être correctement évaluée que par suivi direct des espèces : il n'y a pas de relation fiable et univoque entre elle et les attributs structuraux de la forêt (Bühler *et al.*, 2007) – cf. Annexe 2.

En savoir plus sur le MBD : <http://www.biodiversitymonitoring.ch/francais/daten/liste.php>

### 1.5.2. Le Monitoring de la Biodiversité en Alberta (ABMI)

L'Alberta Biodiversity Monitoring (ABMI) est en place depuis 2003. Il s'agit d'un système de suivi de la biodiversité des écosystèmes à l'échelle de la province de l'Alberta (661 000 km<sup>2</sup>), par collecte de

données sur une maille systématique de 20\*20km sur l'ensemble du territoire de l'Alberta (1656 sites au total) :

- données de présence et abondance de taxons d'une part, relevées au niveau "espèce" : cela concerne les plantes vasculaires, mousses, champignons, lichens, phytoplancton, oiseaux, mammifères, poissons, collemboles, rhopalocères, zooplancton, invertébrés benthiques, arbres.
- données de structure de l'écosystème d'autre part : arbres vivants et arbres morts, bois mort à terre, sol, couvert végétal, litière, physicochimie de l'eau, caractéristiques de bassin versant, caractéristiques paysagères.

Au total, l'ABMI évalue l'état et l'évolution de 2000 espèces, 200 variables d'habitat (à l'échelle de la placette), 40 variables d'empreinte humaine (à l'échelle du paysage). Chaque année, 330 sites sont visités, et la province est couverte en 5 ans.

Ce programme de suivi est piloté et réalisé par une organisation indépendante (pas de services gouvernementaux, ni d'entreprises) non lucrative. Le bureau est composé de représentants du gouvernement, des différents secteurs, dont la forêt, d'ONG, de scientifiques.

Les objectifs affichés sont :

- évaluer les changements de biodiversité à l'échelle du territoire de l'Alberta (Canada) ;
- procurer des informations fiables et objectives aux gestionnaires de ressources naturelles ;
- évaluer l'efficacité des politiques de gestion durable, notamment de la gestion forestière durable (Stadt *et al.*, 2006) ;
- donner un aperçu des relations possibles (corrélations) avec des facteurs potentiellement explicatifs, sachant que le dispositif ne permet pas d'établir de lien de cause à effet (il faudrait pour cela des approches expérimentales).

L'échantillonnage pour la collecte des données est dimensionné de manière à avoir 90% de chances de détecter un changement de 3 % par an après 4 visites (1 visite tous les 5 ans). Les protocoles d'échantillonnage et de collecte sont téléchargeables sur le site de l'ABMI (cf. ci-après).

**Coût** : le budget de l'ABMI est de 12 Mns \$ (soit environ 9 Mns euros), financé à 60% par le gouvernement, à 40 % par les utilisateurs du territoire (dont secteur énergétique et secteur forestier)

En savoir plus sur l'ABMI : <http://www.abmi.ca/abmi/home/home.jsp>

### 1.5.3. Le CountrySide Survey au Royaume-Uni (CSS)

Destiné à suivre les évolutions de l'occupation des sols et de l'environnement en zone rurale, le Countryside Survey est en place depuis 1978 et comporte deux parties :

- la cartographie de l'occupation des sols
- des relevés réguliers de terrain : sur 629 sites permanents de 1 km<sup>2</sup> répartis en Angleterre, Écosse, Pays de Galles, et 270 sites en Irlande du Nord, selon un échantillonnage stratifié représentant les principaux habitats (dont les forêts). Depuis 1978, quatre campagnes de relevés ont été menées : 1978, 1990, 1998 and 2007.

Sur chaque site, les opérateurs réalisent :

- une cartographie des habitats
- des relevés de végétation (environ 29 relevés de 200 m<sup>2</sup> par site)
- des relevés biologiques en eau douce (macrophytes, cartographie des habitats aquatiques)
- des analyses de sol
- une description d'arbres vétérans (10 arbres maxi par site)

Soixante-quatre personnes (16 équipes de 4) réalisent les relevés de terrain, dont 20 % sont employés par le CEH (Centre national de Recherche en Écologie et Hydrologie). Au total, une centaine de professionnels sont investis dans le programme. Les financements sont nationaux.

Les investissements en temps sont évalués à 13 hommes-jours par placette, et 2750 hommes-jours par an. les investissements en matériels sont évalués à 300 000 € par an (Sources : résultats du projet européen BioMat, consultés en mars 2011 : <http://eumon.ckff.si/biomat/>).

Pour en savoir plus : <http://www.countrysidesurvey.org.uk/>

## **2. Les suivis nationaux ou internationaux propres à la forêt**

En 2011, on peut appliquer aux suivis de biodiversité forestière le même constat que celui de Lindenmayer (1999) sur les suivis forestiers à long terme : "the importance of monitoring has been stressed by researchers and managers for years (e.g. Noss and Cooperrider, 1994) and several books have been published on the subject (e.g. Goldsmith, 1991). Despite this, few effective long-term forest-monitoring programs have been instigated. Yet, long-term monitoring programs will be pivotal to testing many concepts associated with attempts to conserve biodiversity in managed forests, ranging from the validity of the indicator species concept to the efficacy of logging mitigation strategies like retaining vegetation structure (Gibbons and Lindenmayer, 1996) and establishing wildlife corridors (Hobbs, 1992; Rosenberg et al., 1997)"

### **2.1. Les pays signataires de la CDB s'organisent pour appliquer cette convention dans le domaine forestier. Mais en pratique, les suivis directs de biodiversité forestière sont très rares.**

La plupart des pays européens ont signé la Convention sur la Diversité Biologique (CDB) et s'organisent pour appliquer cette convention dans le domaine forestier.

En Europe, les principaux processus ministériels en la matière sont :

- Le processus pan-européen (dit d'Helsinki) sur la protection des forêts en Europe, qui a adopté la résolution H2 "General guidelines for the conservation of biodiversity of European forests" ; Le processus pan-européen est aussi appelé Conférence Ministérielle pour la Protection des Forêts en Europe (CMPFE, désormais appelée ForestEurope) : c'est une plate-forme de coopération réunissant 46 pays, y compris ceux de l'UE. Site internet : <http://www.foresteurope.org/>
- Le processus "Environnement pour l'Europe", qui a défini la Stratégie Pan-Européenne pour la Diversité Biologique et Paysagère.

L'Agence Européenne de l'Environnement est chargée du suivi de la biodiversité en Europe, dont une partie concerne la biodiversité forestière.

Plusieurs programmes/processus publient des listes d'indicateurs en lien avec la biodiversité forestière en Europe, mais il n'existe pas encore à proprement parler de système de suivi de la biodiversité forestière à l'échelle de l'Europe.

### **2.2. La plupart des reporting de la biodiversité forestière s'appuient sur les données d'inventaires forestiers nationaux.**

Le récent ouvrage de Tomppo *et al.* (2010) explore les possibilités d'utiliser les inventaires forestiers nationaux pour répondre aux demandes internationales de reporting, tant en ce qui concerne l'état des ressources forestières (biomasse, produits non ligneux) que des thèmes émergents comme le stockage de carbone ou la biodiversité.

Sur les 37 pays passés en revue, tous destinés prioritairement à évaluer la ressource forestière, 27 affichent tout de même l'utilisation des données de leur inventaire forestier national pour le reporting sur la biodiversité (reporting national ou international requis par les engagements internationaux (critère 4 du processus MCPFE, CDB, rapports FAO), avec prise de données spécifiques pour cela (hormis Chypre) – Tableau 6.

Il s'agit le plus souvent de données structurelles, pour des indicateurs indirects tels le volume du bois mort ou la structure verticale du peuplement.

Mais la prise de données directes (relevés au niveau espèces) pour fournir des indicateurs d'abondance de population est plus rare.

C'est seulement dans 18 pays (sur 27) que ces relevés dédiés à l'évaluation de la biodiversité sont des données directes (à savoir des données biotiques, telles que la présence ou l'abondance de taxons ou de groupes taxonomiques). Dans les 9 autres pays, les relevés dédiés à l'évaluation de la biodiversité forestière concernent uniquement des variables de structure de l'habitat, comme le volume de bois mort (cf. Tableau 6)

En outre, lorsque des indicateurs directs sont fournis (pour des groupes taxinomiques autres que les ligneux), il s'agit le plus souvent de données relatives à la végétation du sous-bois, et pas toujours

collectées au niveau de l'espèce (souvent, seules des données de couvert sont fournies : couvert des herbacées, parfois couvert des mousses ou des lichens) – Tableau 7.

Ainsi, pour les 18 pays relevant des données directes de biodiversité, tous ne relèvent pas les données au niveau espèce. En effet (cf. Tableau 7) :

- 16 pays relèvent des données au niveau espèces pour des groupes taxinomiques donnés (en plus des ligneux classiquement recensés par les inventaires) ;
  - Mais dans certains cas, il s'agit seulement de données sur une liste limitée d'espèces et non sur un groupe entier (Allemagne : 8 plantes vasculaires fréquentes, Espagne : sélection de lichens épiphytes, Norvège : une seule espèce de plante vasculaire, Suisse : sélection de 11 champignons saproxyliques) ;
  - Et dans la moitié des cas, ces données directes au niveau espèce ne concernent que le groupe des plantes vasculaires.
  - L'inventaire de groupes à enjeux, avec des données relevées au niveau espèce, est plus rare : lichens épiphytes (6 pays), bryophytes (2 cas), champignons (2 cas). Pour les bryophytes et les champignons, les relevés se limitent parfois à certains groupes écologiques : bryophytes terricoles (France) ou champignons saproxyliques (Suisse).

Dans plusieurs cas, les données biotiques sont prélevées à des niveaux moins fins que l'espèce : il s'agira par exemple du couvert, toutes espèces confondues, des mousses, des lichens, des herbacées ou des ligneux. Pour les lichens épiphytes, les données consistent fréquemment en l'estimation du couvert de trois groupes morphologiques : lichens fruticuleux, foliacés ou crustacés (Espagne, Irlande). Les relevés sont parfois relevés au genre (cas des champignons saproxyliques du genre polypore, en Estonie, ou des lichens des genres *Usnea*, *Bryoria* et *Alectoria*, en Suède).

Il faut noter que pour le Danemark, un suivi effectif des plantes vasculaires des forêts existe d'ores et déjà au sein de l'inventaire national des habitats forestiers, assuré par l'Université de Copenhague (Forêts et paysages) : sur une grille systématique de 120 placettes forestières, les données de végétation sont relevées en présence et abondance, et des données d'abondance sont relevées aussi pour une vingtaine d'espèces de champignons, bryophytes et lichens.

**Tableau 6 Prise de données dédiées au reporting biodiversité dans les Inventaires Forestiers nationaux de 36 pays.**

Sources : compilation de données issues de Tomppo *et al.*, 2010 + sites internet indiqués au Tableau 7, consultés en mars 2011.

Pays	ancienneté de l'inventaire forestier <i>national</i> <sup>1</sup>	Utilisation pour le reporting sur l'état de la biodiversité	Depuis quand ?	Avec prise de données spécifiques pour la biodiversité ?	
				données directes (données biotiques en plus des ligneux)	données indirectes (éléments structuraux)
Allemagne	1986	?		oui	oui
Autriche	1952	oui		oui	oui
Belgique (Wallonie)		oui	1994	oui	oui
Brazil	en cours d'implémentation	?			
Canada	1997 <sup>2</sup>	non			
Chine	1973	oui	2004	non	oui
Chypre		oui	1995	non	non
Corée	1972	<i>projet</i>			
Croatie	2005	oui	2005	non	oui
Danemark	1989	oui	2003	<i>projet</i>	oui
Espagne	1965	oui	2005	oui	oui
Estonie	1999	oui	2003	oui	oui
Etats-Unis d'Amérique	1928	oui		oui	oui
Finlande	1921	oui	1951	oui	oui
France	1958	oui	1995	oui	oui
Grande-Bretagne	1924	oui	2007	<i>projet</i>	
Grèce	1963	non			
Hongrie	<1935	oui	?	<i>projet avec HBMS</i>	
Irlande	2007	oui	2007	oui	oui
Islande	2001	oui	2001	oui	oui
Italie	1983	oui	2005	non	oui
Japon	1951	<i>non précisé</i>			
Lettonie	2004	non			
Lithuanie	1998	oui	2008	non	oui
Luxembourg	1999	oui	1999	non	oui
Norvège	1919	oui	1994	oui	oui
Nouvelle-Zélande	Pas de service constitué, mais un inventaire national en 1946-1955, et un en cours.	non		non	oui, via programme LUCAS (Land Use and carbon Analysis System)
Pays-Bas	1938	oui	1998	non	oui
Pologne	1995	<i>non précisé</i>			
Portugal	1965	oui	1990	oui	non
République slovaque	2004	oui	2004	oui	oui
République tchèque	1950	non			
Roumanie	2006	oui	2006	oui	oui
Russie	2007	oui	2007	oui	oui
Slovénie	1985	oui	2007	non	oui
Suède	1923	oui	1993	oui	oui
Suisse	1956	oui	<i>non précisé</i>	oui	oui

<sup>1</sup> Des inventaires plus anciens peuvent exister, mais partiels ou moins précis (issus de données d'aménagements)

<sup>2</sup> auparavant, compilation des inventaires forestiers provinciaux et territoriaux

Inventaires Forestiers nationaux avec relevés directs de biodiversité (en plus des espèces ligneuses)	Relevé de données au niveau espèce				Relevé de données dédiées à l'évaluation de la diversité génétique des arbres	Relevés à d'autres niveaux (groupes d'espèces par exemple)	En savoir plus
	Arbres	Ligneux bas	Plantes vasculaires	Autres			
<b>Allemagne</b>	oui	?	non	Couvert de 8 plantes vasculaires fréquentes (ex. orties, myrtilles, fougère aigle)		Couvert des lichens, mousses, herbacées, buissons,	<a href="http://www.bundeswaldinventur.de/enid/a9.html">http://www.bundeswaldinventur.de/enid/a9.html</a>
<b>Autriche</b>	oui	oui	non		Abies alba		<a href="http://bfw.ac.at/rz/wi.home">http://bfw.ac.at/rz/wi.home</a>
<b>Belgique (Wallonie)</b>	oui	oui	oui (depuis 1997)				<a href="http://environnement.wallonie.be/dnf/inventaire/">http://environnement.wallonie.be/dnf/inventaire/</a>
<b>(Canada )</b>	oui	non	non			nombre d'espèces forestières ; biomasse de végétation arbustive et herbacée ; biomasse de bryophytes.	NB. Pas de reporting affiché
<b>Espagne</b>	oui	oui	oui	ligneux menacés ; sélection d'espèces de lichens épiphytes		lichens épiphytes (relevés en présence, par type biologique : lichens à thalles fruticuleux, foliacé ou crustacé) ; couvert herbacé ; traces d'animaux	<a href="http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/inventarios/ifn/">http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/inventarios/ifn/</a>
<b>Estonie</b>	oui	oui	non			groupe de lichens : Usnea spp., Polyporus spp. ; Cavités, indices de présence de pics, de cerambicides.	-
<b>Etats-Unis d'Amérique</b>	oui	oui	oui	lichens épiphytes			<a href="http://www.fia.fs.fed.us/">http://www.fia.fs.fed.us/</a>
<b>Finlande</b>	oui		oui (depuis 1951)				<a href="http://www.metla.fi/ohjelma/vmi/info-en.htm">http://www.metla.fi/ohjelma/vmi/info-en.htm</a>
<b>France</b>	oui	oui	oui	bryophytes terricoles			<a href="http://www.ifn.fr/">http://www.ifn.fr/</a>
<b>Irlande</b>	oui	oui	oui		"origin of tree species"	Couvert par type biologique de lichens (3 types : lichens à thalles fruticuleux, foliacés ou crustacés) ; couverts herbacé, mousses, fougères, ligneux, semi-ligneux	<a href="http://www.agriculture.gov.ie/nfi/">http://www.agriculture.gov.ie/nfi/</a>

Tableau 7

Inventaires Forestiers nationaux avec relevés directs de biodiversité (en plus des espèces ligneuses)	Relevé de données au niveau espèce				Relevé de données dédiées à l'évaluation de la diversité génétique des arbres	Relevés à d'autres niveaux (groupes d'espèces par exemple)	En savoir plus
	Arbres	Ligneux bas	Plantes vasculaires	Autres			
Islande				présence et abondance de lichens sur arbres vivants ; Présence et abondance de 8 plantes vasculaires du sous-bois		présence et abondance de lichens épiphytes (toutes espèces confondues ?)	
Japon	oui	oui	oui				
Lithuanie	oui	oui	non				<a href="http://www.lvmi.lt/vmt/">http://www.lvmi.lt/vmt/</a>
Norvège	oui	oui (depuis 1991)	non	Couvert de myrtilliers ( <i>Vaccinium myrtillus</i> L.), depuis 1994	depuis 2003, pour 11 essences rares		<a href="http://www.skogoglandskap.no/en/national_forest_inventory">http://www.skogoglandskap.no/en/national_forest_inventory</a>
Portugal	oui (protocole spécial pour évaluer la richesse en essences du sous-bois)	oui	non			présence de lichens et de mousses (toutes espèces confondues ?) NFI 1990	<a href="http://www.afn.min-agricultura.pt/portal/ifn">http://www.afn.min-agricultura.pt/portal/ifn</a>
République slovaque	oui	oui	oui	bryophytes, lichens, champignons, espèces phares, espèces introduites, espèces en liste rouge			Cf. article Bergeot, 2009, RFF, vol 61, n°2, pp. 145-154
République tchèque	oui	oui	oui	lichens		couvert par strates (herbacées, lichens, fougères, ligneux bas...)	<a href="http://www.uhul.cz/il/vysledky/">http://www.uhul.cz/il/vysledky/</a>
Roumanie	oui	oui	oui				
Russie	oui	oui	oui				

Inventaires Forestiers nationaux avec relevés directs de biodiversité (en plus des espèces ligneuses)	Relevé de données au niveau espèce				Relevé de données dédiées à l'évaluation de la diversité génétique des arbres	Relevés à d'autres niveaux (groupes d'espèces par exemple)	En savoir plus
	Arbres	Ligneux bas	Plantes vasculaires	Autres			
<b>Suède</b>	oui	oui	oui			association phytosociologique ; lichens épiphytes (relevés en présence et longueur maximale de thalle, par groupe. 3 groupes : Alectoria sarmentosa, Usnea spp., Bryoria spp)	<a href="http://www-riksskogstaxeringen.slu.se/">http://www-riksskogstaxeringen.slu.se/</a>
<b>Suisse</b>	oui	oui	non	lichens, sélection de 11 champignons saproxyliques <sup>3</sup>		biomasse épigée et hypogée	<a href="http://www.lfi.ch/index-fr.php">http://www.lfi.ch/index-fr.php</a>

**Tableau 7** Nature des données directes relevées pour le reporting de la biodiversité dans les inventaires forestiers nationaux. Sources : Tomppo E. et al., 2010 + sites internet indiqués, consultés en mars 2011.

<sup>3</sup> En fait, 9 espèces : *Schizophyllum commune*, *Trametes hirsuta*, *Fomes fomentarius*, *Fomitopsis pinicola*, *Ganoderma lipsiense*, *Laetiporus sulfureus*, *Trametes gibbosa*, *Trametes versicolor*, *Gloeophyllum odoratum*, 1 genre : *Phellinus* sp., et un groupe d'espèces : *Polyporus brumalis*, *P. ciliatus*, *P. varius*,

Certains inventaires nationaux, bien qu'ils n'utilisent pas leurs données pour du reporting sur la biodiversité, relèvent des données directes (parfois comme indicateurs d'état sanitaire) : c'est le cas du Canada (biomasse de végétation arbustive et herbacée, biomasse des bryophytes).

## 2.3. Quelques exemples de suivis directs de biodiversité forestière

### 2.3.1. Dans le cadre d'inventaires forestiers nationaux

#### Lichens épiphytes et végétation du sous-bois

Le projet européen ComMon (Comparison and evaluation of methods for monitoring of dead wood, vegetation, epiphytic lichens and stand structure in European forests) a comparé les méthodes utilisées par plusieurs inventaires forestiers nationaux pour le relevé de données dédiées à la biodiversité. Les résultats pour les lichens épiphytes et la végétation vasculaire montrent la disparité des méthodes employées (Tableau 8).

	Relevé des lichens épiphytes	Relevé de la végétation du sous-bois
<b>Autriche</b>	Non réalisé	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relevé par "types de végétation", en recouvrement. Ex. végétation ombrophile, végétation thermophile, groupements végétaux à Oxalis...</li> <li>- Relevé en abondance (coefficients de Braun-Blanquet*) des lichens, bryophytes, fougères, herbacées).</li> <li>- Placette circulaire de 9,77 m de rayon (300 m<sup>2</sup>)</li> </ul>
<b>Belgique</b>	Non réalisé	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relevé à l'espèce (coefficients d'abondance-dominance de Braun-Blanquet) pour les plantes vasculaires et une sélection de bryophytes terricoles.</li> <li>- Les plantes vasculaires ligneuses et semi-ligneuses sont relevées sur 3 strates de hauteurs (&lt;3m, 3 à 10 m, &gt; 10m)</li> <li>- Placette circulaire de 12 m de rayon.</li> </ul>
<b>Espagne</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relevé en présence, par type biologique (3 types : lichens à thalles fruticuleux, foliacés ou crustacés).</li> <li>- Relevés à l'espèce (présence) pour quelques espèces.</li> <li>- Relevé sur 5 arbres vivants de diamètre &gt; 16cm, en 5 quadrats de 10 x 10 cm.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- relevés à l'espèce, en recouvrement et hauteur, pour les plantes vasculaires.</li> <li>- Placette : quart de cercle de rayon 5 m</li> <li>- Relevé des espèces figurant en liste rouge.</li> </ul>
<b>Suède</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- relevés en longueur maximum de thalle, par groupe de lichens (3 groupes : <i>Alectoria sarmentosa</i>, <i>Usnea</i> spp., <i>Bryoria</i> spp)</li> <li>- Relevé sur un épicéa de diamètre &gt; 15 cm, par placette de 10 m de rayon, et sur la totalité (tronc, branches, houppier)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- relevés à l'espèce, en présence, pour les plantes vasculaires (et bryophytes ?)</li> <li>- relevés de variables morphologiques ou phénologiques pour une sélection d'espèces de lichens, de mousses et de plantes vasculaires.</li> </ul>

Tableau 8 Comparaison des méthodes de relevés des lichens épiphytes et de la flore vasculaire dans les inventaires forestiers nationaux d'Autriche, Belgique, Espagne et Suède. Source : Projet **C**omparison and evaluation of methods for **m**onitoring of dead wood, vegetation, epiphytic lichens and stand structure in European forests (ComMon) : Rondeux *et al.* (2005), Hauk (2005), Axelsson et Fridman (2005), Montes *et al.* (2005) , <http://www.resgeom.slu.se/resana/projekt/common/Default.htm> ; \*(Braun-Blanquet, 1932)

### **Suivi de la végétation vasculaire par l'Inventaire Forestier aux États-Unis**

Aux États-Unis, les relevés de végétation vasculaire par l'inventaire Forestier National interviennent sur les placettes destinées au suivi de la santé des forêts (soit un sous-échantillon des placettes de l'inventaire : 1/16<sup>e</sup> des placettes, soit une placette pour 39 000 ha).

L'indicateur de végétation est destiné à évaluer le type, l'abondance et l'arrangement spatial de tous les végétaux vasculaires (y compris fougères, prêles et lycopodes) présents sur les placettes d'inventaire.

Ces données sont utilisées :

- pour le reporting sur la biodiversité,
- pour repérer les types de peuplements les plus touchés par les espèces invasives,
- pour repérer les régions forestières ou types de peuplements à forte richesse floristique, ou bien contenant des espèces rares,
- pour évaluer la diversité en essences plus précisément que par les mesures dendrométriques effectuées sur les placettes classiques d'inventaire forestier,
- pour évaluer l'aire de répartition de certaines espèces d'intérêt particulier
- pour classer les placettes par type de communauté végétale ou type de station.

Grâce à la répétition des relevés dans le temps, ces données permettent aussi :

- d'évaluer les changements floristiques, en lien avec d'autres indicateurs de santé des forêts,
- d'évaluer la résistance et la résilience des communautés aux perturbations,
- de repérer les changements d'aire de répartition des espèces.

Les relevés sont effectués durant la saison de végétation (juin à septembre)

Les plantes vasculaires sont identifiées à l'espèce sur 12 quadrats de 1 m<sup>2</sup> par placette (trois quadrats sur chacune des quatre sous-placettes), et leur abondance en couvert est notée (couvert total et couvert par strate végétale). Les espèces non identifiées sur le terrain sont prélevées et déterminées en laboratoire.

Les relevés sont réalisés par des botanistes expérimentés, après formation spécifique au protocole. Des audits de terrain sont régulièrement menés pour améliorer la qualité des données et réduire les effets observateurs.

En savoir plus : <http://www.fia.fs.fed.us/>

### **2.3.2. Dans le cadre de projets européens**

#### **ICP Forests** (<http://www.icp-forests.org/>)

C'est un programme international de suivi de l'état sanitaire des forêts européennes, en coopération avec l'Union Européenne. Destiné à évaluer et suivre les effets de la pollution atmosphérique sur les forêts, il est réalisé depuis 1985 dans le cadre de la Convention de l'UNECE<sup>4</sup> sur les Long-range Transboundary Air Pollution. 41 pays y participent. Les résultats du suivi sont publiés annuellement.

ICP Forests repose sur deux niveaux d'échantillonnages. Le premier (niveau I) compte environ 6000 placettes permanentes sur une grille systématique de maille 16 x 16 km à travers l'Europe.

Le second, plus intensif (niveau II), compte environ 800 placettes permanentes dans des massifs forestiers sélectionnés.

Plusieurs critères sont évalués (sol, défoliation, dépôts atmosphériques, etc.), dont un critère intitulé "biodiversité et végétation du sous-bois". Les relevés au niveau espèce (nom et estimation du couvert) ne concernent que les placettes de niveau II. Sur les placettes de niveau I sont notés simplement la hauteur et le taux de recouvrement des strates muscinales, herbacées et ligneuses.

Un groupe d'expert est chargé de développer des méthodes de relevés standardisés pour chacun des critères évalués.

---

<sup>4</sup> UNECE : United Nations Economic Commission for Europe

Critère : Végétation au sol	Variables relevées sur les placettes de niveau I	Score		Variables relevées sur les placettes de niveau II	Score
reduced plot file	Sequence number of plots (1 to 9999)		GV assessment	Survey number	
PLV	Country Code (France = 01, Belgium = 02, etc.)		VEM	species code(s) (see list Flora European)	
	Plotnumber (max. 9999)			Layer (1=tree, 2=shrubs, 3=herbs, 4=mosses)	
	survey number			Cover (in percent)	
	Date of sampling in DDMMYY (e.g. 221199)				
	Latitude in +DDMMSS (e.g.+505852)				
	Longitude in (+ or -)DDMMSS (e.g. +035531)				
	Altitude (in 50 meter classes from 1 to 51)				
	Fence (YES=1, NO=2)				
	<b>Total sample area (in m2)</b>				
	<b>Ground Vegetation cover (in % of total area)</b>				
	<b>Shrub layer height (in m)</b>				
	<b>Shrub layer cover (in % of total area)</b>				
	<b>Herb layer height (in m)</b>				
	<b>Herb layer cover (in % of total area)</b>				
	<b>Mosses cover (in % of total area)</b>				

### Volet Biodiversité du projet BioSoil

Il s'agit d'un projet lancé en 2006 en tant que "demonstration project", autrement dit un prototype de suivi. L'objectif est de recueillir des données sur les sols et la biodiversité des forêts européennes, en s'appuyant sur le système existant de suivi sanitaire des forêts européennes (ICP forests), en l'occurrence les placettes de niveau 1 (maille 16 x 16 km). Ces placettes ne sont pas conçues pour étayer un système de suivi complet de la biodiversité forestière, mais sont une bonne opportunité d'échantillonnage non biaisé pour suivre certains paramètres forestiers à l'échelle européenne.

Le volet "biodiversité" ne concerne que les arbres et les plantes vasculaires pour ce qui est des indicateurs directs. Il utilise 3379 placettes du réseau systématique (maille 16 x 16 km, niveau 1) dans 19 pays membres, pour recueillir des données de structure du peuplement et de diversité des espèces.

Les données relevées concernent :

- les espèces d'arbres forestiers et leur diamètre à 1,30m
- les caractéristiques de la canopée (= du couvert forestier ?)
- le bois mort
- les plantes vasculaires
- le type forestier (selon la classification de l'EEA)

Elles permettent de proposer des indicateurs de :

- type de peuplement (selon la classification des types forestiers de l'EEA) : ex. surface des différents types forestiers ; surface de forêts protégées.
- diversité structurale du peuplement : ex. couvert, hétérogénéité verticale de la canopée, répartition des classes d'âge ou de hauteur des arbres.
- diversité de composition du peuplement : ex. richesse spécifique (végétation du sous-bois. Des indicateurs optionnels sont envisagés : macro-lichens, invertébrés (recommandent l'utilisation de pièges-vitres) ; oiseaux); présence d'espèces à statut particulier (endémisme, statut de menace, statut de protection).

Le **projet BEAR** a abouti à une proposition d'indicateurs nationaux conseillés pour décrire la biodiversité forestière en Europe (Larsson, 2001) : les indicateurs qu'il propose (Puumalainen, 2001, pp.18-19) sont destinés à évaluer des facteurs-clefs structuraux (8 indicateurs de Pression ou réponse), compositionnels (3 indicateurs d'état), fonctionnels (i.e. perturbations d'origine naturelle ou anthropique : 8 indicateurs de pression).

Les 3 indicateurs d'état sont :

- pour les espèces indigènes menacées : le nombre d'espèces menacées pour chacun des groupes suivants : arbres, plantes vasculaires, fougères, mousses, lichens, mammifères, oiseaux, autres vertébrés et papillons.
- Pour les autres espèces forestières : le nombre d'espèces forestières d'arbres, plantes vasculaires, fougères, mousses, lichens, mammifères, oiseaux, autres vertébrés et papillons.
- Pour les espèces exotiques : l'origine, le pourcentage et la surface d'espèces exotiques utilisées en régénération.

Puumalainen (2001) a compilé des données existantes pour un état de la biodiversité forestière en Europe. Ce n'est pas du suivi. Son étude repose sur l'identification de facteurs-clefs pour la biodiversité, les facteurs "structuraux, compositionnels et fonctionnels" proposée par Noss (1990) et repris par Larsson (2001) à l'issue du projet BEAR. Seuls les facteurs compositionnels sont des indicateurs directs. L'étude accepte le fait qu'en raison des liens entre ces facteurs et de la plus grande facilité de mesure des facteurs structurels, on mette plus l'accent sur les facteurs structurels.

## Conclusion.

**Quelques suivis de biodiversité sont effectifs. Par rapport aux recommandations, force est de constater que beaucoup reste à faire concernant les taxons à enjeux.**

Dans la dynamique initiée par la conférence de Rio en 1992, des suivis nationaux ou internationaux de biodiversité se mettent progressivement en place dans quelques pays précurseurs, avec des stratégies différentes selon les pays :

- Stratégie de type 1 : Dans la majorité des cas, un service tel que le ministère en charge de l'environnement rassemble les données de suivis existants, et coordonne les différents opérateurs en charge de la réalisation de ces suivis. Ce système se heurte à des difficultés méthodologiques et d'utilisation des données de suivis : comment agréger des données prises à des niveaux différents ? comment valoriser des données dans un objectif autre que celui pour lequel l'organisation de leur collecte (types de relevés, dimensionnement de l'échantillonnage) a été conçue ?
- Stratégie de type 2 : Quelques rares pays ou provinces se lancent résolument dans un programme réellement dédié au suivi de la biodiversité, fondé sur un échantillonnage statistique rigoureux pour une interprétation des résultats à l'échelle de l'ensemble de leur territoire.

Dans les pays forestiers, la place de la forêt est importante au sein de ces suivis, qui ont en général assez de points forestiers pour afficher des résultats valables quant à l'état et l'évolution de la biodiversité forestière.

Par ailleurs, la plupart des Inventaires Forestiers Nationaux réfléchissent à l'acquisition de données directes de biodiversité, en plus des données classiquement relevées sur les arbres, pour assurer un suivi de la biodiversité forestière (stratégie de type 3). Nous en sommes au tout début de ce mouvement, et les taxons suivis sont le plus souvent la flore vasculaire, et dans une moindre proportion les bryophytes, les lichens épiphytes et les champignons saproxyliques. Les taxons les plus sensibles aux évolutions des pratiques sylvicoles, sur lesquels les suivis forestiers devraient se concentrer, ne sont actuellement que rarement pris en compte :

- Bryophytes épiphytes, insectes saproxyliques, champignons.
- Espèces menacées
- Espèces ou groupes limités par les ressources : bois mort, forêts non exploitées, vieux arbres...
- Espèces ou groupes limitées par leurs capacités de dispersion et potentiellement sensibles soit à la fragmentation par des linéaires de transports, soit au rythme et à l'intensité des coupes, soit au changement climatique : espèces de forêts anciennes...
- Espèces ou groupes limitées par le climat.

Les premiers résultats des suivis de type 2, comparés aux indicateurs structuraux utilisés comme indicateurs indirects de biodiversité, plaident en faveur de l'utilité de ces suivis directs de taxons en compléments des suivis forestiers plus classiques (Bühler *et al.*, 2007).

Partant de ce constat, la question suivante se pose pour la France : quelle voie choisir entre les stratégies de types 1, 2 ou 3, pour assurer le suivi direct des taxons forestiers les plus à enjeux dans le contexte des changements de pratiques forestières ?

Concernant la stratégie de type 1 (rassembler des données existantes), elle ne peut être efficace pour évaluer la biodiversité forestière que si les données d'inventaires forestiers nationaux sont complétées par des données de biodiversité, c'est-à-dire si elle est couplée à une stratégie de type 3.

Le choix reste donc à faire entre suivis de type 2 (en créant à l'échelle nationale et tous milieux confondus un système dédié et rigoureux de suivi de biodiversité, assez dense pour inclure un nombre suffisant de placettes en forêt, en veillant à ce qu'il inclue le suivi de taxons forestiers d'intérêt) et suivis de type 3 (en enrichissant les relevés IFN par des relevés de ces mêmes taxons d'intérêt).

La réponse à cette question n'est pas tranchée, mais nous souhaitons que les exemples présentés dans ce rapport apportent simplement des éléments utiles à la réflexion en termes d'organisation, de faisabilité, de contacts et de coûts.

## Annexe 1

### **Pourquoi est-il important de réaliser des suivis DIRECTS de la biodiversité FORESTIERE ?**

Les recommandations ci-dessous reprennent celles de Gosselin et Dallari (2007) et de Lindenmayer et Likens (2009), Lindenmayer et Likens (2010a), Lindenmayer et Likens (2010b), Lindenmayer et Likens (2010c)

#### ***Pourquoi suivre la biodiversité forestière ?***

La forêt apporte à la biodiversité terrestre une contribution élevée (en nombre d'espèces) et originale, certaines espèces ne se trouvant qu'en forêt.

La biodiversité forestière n'est pas épargnée par le déclin général des espèces et de leur diversité (ex. 34 % des espèces de mammifères forestiers ou 11 % des espèces d'oiseaux forestiers sont menacées). Parmi les organismes typiquement forestiers, les saproxyliques représentent le quart des espèces forestières et sont particulièrement touchés par la crise d'extinction (dans les pays européens dotés d'observatoires environnementaux, 20 à 50 % des saproxyliques sont estimés comme menacés).

#### ***Pourquoi des indicateurs directs ?***

Par indicateur direct (ou taxonomique), on entend des indicateurs de diversité interspécifique reposant sur des données d'abondance ou de présence-absence de populations de différentes espèces.

A contrario, les indicateurs indirects désignent des indicateurs reposant sur d'autres quantités (variables dendrométriques ou écologiques par exemple), supposés être liés à la biodiversité ou aux objectifs de politique de conservation de la biodiversité.

L'usage d'indicateurs indirects repose sur l'hypothèse – rarement validée formellement – qu'ils sont reliés à la biodiversité, ou sur le fait qu'ils sont corrélés avec la richesse spécifique locale. Or la richesse spécifique locale n'est qu'une facette limitée de la biodiversité, et il est plus pertinent d'analyser les variations d'abondance d'espèces individuelles, ou de travailler sur des variations de composition des communautés. S'il est certain que le système d'indicateurs de biodiversité forestière doit inclure pour partie des indicateurs indirects, surtout ceux qui font consensus et qui sont interprétables de façon simple du point de vue de la biodiversité, il est tout de même nécessaire d'établir des bases de données permettant de quantifier simultanément des indicateurs indirects et des mesures directes de composantes de la biodiversité – composition en espèces, richesse spécifique, nombre d'espèces menacées (Stokland, 2005). Force est de constater que même pour des indicateurs consensuels comme le volume de bois mort, la connaissance du lien entre ces indicateurs et la biodiversité est imparfaite. En général, on manque d'information sur :

- les groupes taxonomiques et écologiques représentés par les indicateurs indirects,
- les conditions écologiques de validité de ces indicateurs
- la force et la significativité de la relation,
- la persistance de cette relation dans le temps.

L'information obtenue par des suivis directs d'espèces permet de mieux caractériser l'état de la biodiversité (parent pauvre des systèmes actuels d'indicateurs dans le triptyque pressions/état/réponse), tel qu'il résulte de l'ensemble des pressions pesant sur ces espèces., et ce, tous milieux confondus : que peut faire l'IPBES (groupe international d'experts sur la biodiversité, équivalent au GIEC pour le climat), s'il ne dispose pas de données permettant d'évaluer l'état de la biodiversité ?

#### ***Quelles espèces suivre ?***

Tout dépend de l'objectif du suivi. Lindenmayer et Likens (2009, 2010a,b,c) insistent fortement sur l'utilité de formuler les objectifs poursuivis en lien avec les groupes taxinomiques suivis (donc le modèle conceptuel et les questions sous-jacentes).

Dans notre cas, l'objectif est double :

- évaluer l'état et l'évolution de la biodiversité forestière, pour le reporting requis par les conventions internationales : espèces forestières communes et bien connues, espèces forestières menacées, espèces qui concourent à l'originalité de la biodiversité forestière ;
- évaluer l'impact des politiques publiques (politique forestière, politique de conservation) : diversité génétique des essences forestières, espèces sensibles aux changements globaux (dont les pratiques sylvicoles).

On orientera donc les suivis sur :

- les espèces les plus sensibles aux choix de gestion, notamment à l'exploitation (versus non-exploitation) : Bryophytes, insectes saproxyliques, champignons. Espèces qui ont des besoins (en termes d'habitats) qui risquent d'être mis à mal par les orientations de gestion.
- Non pas des espèces "indicatrices" de biodiversité, mais des groupes d'espèces choisis en fonction des enjeux de biodiversité en forêt, des menaces qui pèsent sur eux, des politiques mises en œuvre, et de la capacité/faisabilité à suivre ces groupes.
- Les espèces menacées
- Les espèces ou groupes limitées par les ressources (bois mort, forêts non exploitées, vieux arbres...)
- Les espèces ou groupes limitées par leurs capacités de dispersion et potentiellement sensibles soit à la fragmentation par des linéaires de transports, soit au rythme et à l'intensité des coupes, soit au changement climatique.
- Les espèces ou groupes limitées par le climat.

### **Comment organiser le suivi : échantillonnage**

Les suivis d'espèces doivent être articulés avec des suivis écologiques plus généraux (de type inventaires forestiers nationaux), ou au moins avec la prise de données écologiques permettant d'être utilisées comme éventuels facteurs explicatifs (cf. *ABMI*, § 1.5.2.)

Les sites d'échantillonnages doivent être représentatifs : les populations sur lesquelles seront prélevées les données sont-elles représentatives de l'ensemble des populations que devrait couvrir l'indicateur ? On veillera à ne pas faire les suivis uniquement dans les zones à problème, ou en bord de route, par exemple. Plusieurs cas sont possibles :

- les échantillonnages systématiques (grille régulière de points) assurent l'absence de biais. *Exemple : ABMI (§1.5.2.), MBD (§1.5.1.), certains IFN (§2.2.)*
- les échantillonnages stratifiés. *Exemples : CSS (§1.5.3.)*
- les sites d'échantillonnages choisis par des experts : c'est le cas des suivis par groupes taxinomiques (ex. reptiles, amphibiens) d'associations naturalistes, des suivis d'espèces menacées. *ex. HBMS (§1.4.2.)*

Il est préférable qu'une institution permanente ait le leadership de coordination du suivi (*ex. HBMS (§1.4.2.), AEE (§1.4.)*)

Il est préférable que les données d'abondance de groupes d'espèces soient acquises au niveau espèce. *Exemple : l'inventaire forestier national espagnol note la présence de chaque espèce de plantes vasculaires, tandis que les lichens sont relevés seulement au niveau "groupe morphologique" (en l'occurrence, présence ou absence de lichens de type fruticuleux, crustacé ou foliacé, indépendamment de la nature des espèces). Cf. Tableau 7 et Tableau 8 de comparaison des données directes d'IFN*

Le plan d'échantillonnage (en particulier la puissance statistique) et les méthodes d'analyse doivent être raisonnés. *Exemples : l'ABMI (§1.5.2.) a dimensionné son échantillonnage de manière à avoir 90% de chances de détecter un changement en abondance de 3 % par an après 4 visites (1 visite tous les 5 ans.*

Il faut veiller à la qualité des données récoltées : effets observateurs, variabilité interannuelle, détectabilité des espèces. *Exemples : Indicateur végétation de l'inventaire forestier au Etats-Unis (§2.3.1.)*

L'utilisation effective des données est un gage de durée du suivi. *Exemple : plusieurs organismes de recherche ou services administratifs utilisent les données du MBD pour du reporting ou des travaux de recherche (cf. annexe 2).*

Financement. *Exemple : le financement de l'ABMI (budget annuel de 12 Mns \$ (soit environ 9 Mns euros)) est assuré à 60% par le gouvernement, 40 % par les utilisateurs du territoire (dont secteur énergétique et secteur forestier). Celui du MBD (budget annuel de 3 Mns*

*Francs suisses/an (soit moins de 2,5 Mns euros)) est assuré à 100 % sur des fonds publics du gouvernement.*

Enfin, les règles de propriété intellectuelle des données doivent être clairement définies. *Exemple : ABMI*

**Annexe 2. Exemple d'utilisation des données issues d'inventaires nationaux sur échantillonnage systématique : mise en relation des données du MBD Suisse avec des données de structure du peuplement forestier issues de l'inventaire forestier national suisse.**

Poster de Bühler *et al.* (2007) : Does forest structure indicate biodiversity

# Does Forest Structure Indicate Biodiversity?

Christoph Bühler<sup>1</sup>, Urs-Beat Brändli<sup>2</sup>, Adrian Zangger<sup>1</sup>

<sup>1</sup> BDM Coordination Office, Hintermann & Weber AG, Reinach, Switzerland <sup>2</sup> NFI, Swiss Federal Research Institute WSL, Birmensdorf, Switzerland

International Conference "Monitoring the Effectiveness of Nature Conservation", WSL Birmensdorf, September 3 - 6, 2007



## Introduction

In order to monitor species diversity, surveying indicators in habitats has often been recommended as more cost-efficient than assessing species directly.

## Question

Can forest species density be assessed by site factors, forest structure and management aspects?

## Methods

In Switzerland the National Forest Inventory (NFI) and the Swiss Biodiversity Monitoring Program (BDM) are collecting data on the same sample subgrid. In this study 58 NFI variables of forest structure, site conditions and management are used to build linear regression models on BDM species density of vascular plants, mosses and molluscs.

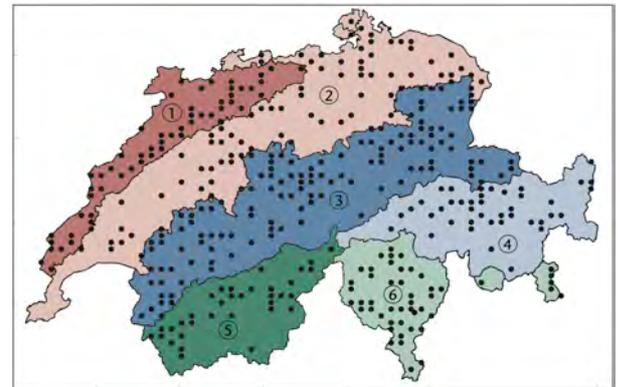
## Results

The analyses show that site factors, in particular the biogeographic regions, the altitude, slope and the soil acidity, explain 18 to 49% of the observed variance in species density, depending on the species group (taxon). Of all the factors influenced by management, only the availability of light (stand density) was found to play an important role, most of all on vascular plants. In addition the density of molluscs is positively correlated with shrub cover.

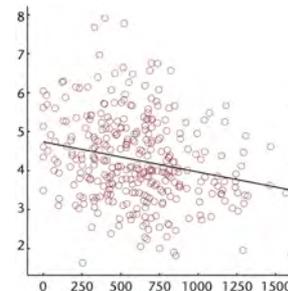
However, none of the regression models tested explains more than 54% of the variance of species density.

## Conclusions

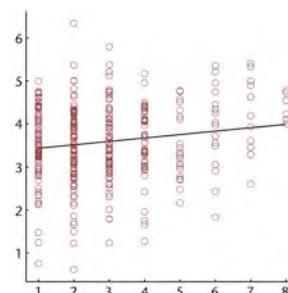
- Species density of vascular plants, mosses and molluscs can be assessed reliably only by direct survey.
- Nevertheless certain data assessed in forest inventories is ecologically very important and may be used to approximate large scale species density.
- It can not be excluded that the correlation with other taxa is stronger.



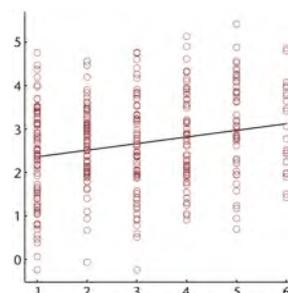
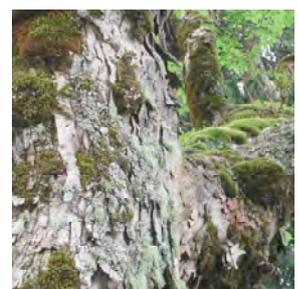
Location of the 381 analysed NFI and BDM sample plots in the Swiss forest and the 6 biogeographic regions



Correlation between number of vascular plant species (y-axis, transformed) & Stand Density Index (x-axis)



Correlation between number of moss species (y-axis, transformed) & crown closure (x-axis, 1=dense, 8=open)



Correlation between number of mollusc species (y-axis, transformed) & shrub coverage (x-axis, 1=low, 6=high)



## References

Brändli UB, Bühler C, Zangger A (2007) Waldindikatoren zur Artenvielfalt – Erkenntnisse aus LFI und BDM Schweiz. Schweiz Z Forstwes 158:243-254. doi:10.3188/szf.2007.0243  
www.lfi.ch / www.biodiversitymonitoring.ch



## Annexe 3. Évaluation des indicateurs nationaux de biodiversité forestière

Synthèse et réflexions issues du rapport Hamza N., Boureau J.G., Cluzeau C., Dupouey J.L., Gosselin F., Gosselin M., Julliard R. et Vallauri D., 2007. *Evaluation des indicateurs nationaux de biodiversité forestière*. Inventaire Forestier National, Nogent-sur-Vernisson, France, 133 p.

### Contexte

Tous les cinq ans, parce qu'elle est engagée dans le processus des Conférences Ministérielles pour la protection des Forêts en Europe (MCPFE), lancée en 1990, la France publie un document intitulé "Les indicateurs de gestion durable des forêts françaises (métropolitaines)".

L'édition 2005, coordonnée par l'IFN, est fondée sur les indicateurs quantitatifs du MCPFE adoptés à la Conférence de Vienne en 2003 pour chacun des 6 critères de gestion durable identifiés à Helsinki, et sur une liste d'indicateurs complémentaires destinés à prendre en compte la spécificité de la forêt française.

En 2007, un groupe de travail piloté par l'IFN (coordinateur de l'édition 2005 du document) a évalué la cohérence d'ensemble des indicateurs relatifs au critère 4 "Biodiversité", ainsi que les problèmes rencontrés pour chacun (pertinence, méthodologie).

### Objectifs

- Analyser la pertinence des indicateurs de l'édition 2005 au regard de la biodiversité : à quelle part de biodiversité sont-ils reliés ? De quelle façon ? Sont-ils définis sans équivoque ?
- Apprécier la cohérence d'ensemble du système d'indicateurs pour le critère biodiversité.
- Proposer des pistes d'amélioration pour les éditions futures
- Définir les besoins de recherche à court, moyen ou long terme.

### Résultats

#### **Analyse globale du système d'Indicateurs pour le critère "Biodiversité" (critère n°4)**

Actuellement, nous disposons en France métropolitaine des indicateurs suivants pour suivre la biodiversité forestière :

- la partie relative au critère 4 (Biodiversité) des indicateurs de gestion forestière durable, édités tous les 5 ans par le Ministère en charge de la Forêt.
- Les suivis nationaux d'abondance d'espèces communes d'Oiseaux et de Papillons, réalisés par le MNHN : programmes STOC et STERF
- Les listes rouges de l'UICN

Dans l'édition 2005 des « Indicateurs », le critère d'Helsinki n° 4, centré sur les questions de biodiversité, est décliné en 15 indicateurs dont 6 spécifiquement français (tableau A) :

Thème CMPFE	N°	Indicateur détaillé	Origine
Composition en essences	4.1	Surface de forêts et autres terres boisées, classées par nombre d'essences présentes et par type de forêts	CMPFE Vienne
	4.1.1	Pureté en surface terrière des peuplements par essence principale	France
Régénération	4.2	Surface en régénération dans les peuplements forestiers équiennes et inéquiennes, classés par type de régénération	CMPFE Vienne
Caractère naturel	4.3	Surface de forêts et autres terres boisées, classées en « non perturbées par l'homme », « semi-naturelles » ou « plantations », chacune par type de forêts	CMPFE Vienne

	4.3.1	Surface de futaies régulières très âgées constituant des habitats spécifiques	France
Essences introduites	4.4	Surface de forêts et autres terres boisées composées principalement d'essences introduites	CMPFE Vienne
Bois mort	4.5	Volume de bois mort sur pied et de bois mort au sol dans les forêts et autres terres boisées classé par type de forêts	CMPFE Vienne
Ressources génétiques	4.6	Surface gérée pour la conservation et l'utilisation des ressources génétiques forestières (conservation génétique <i>in situ et ex situ</i> ) et surface gérée pour la production de semences forestières	CMPFE Vienne
Organisation du paysage	4.7	Organisation spatiale du couvert forestier du point de vue paysager (surface par classe de taille de massif)	CMPFE Vienne
	4.7.1	Longueur de lisière à l'ha	France
	4.7.2	Longueur de lisière à l'ha par type de peuplement national IFN	France
	4.7.3	Coupes fortes et rases	France
Espèces forestières menacées	4.8	Proportion d'espèces forestières menacées, classées conformément aux catégories de la Liste Rouge de l'UICN	CMPFE Vienne
Forêts protégées	4.9	Surface de forêts et autres terres boisées protégées pour conserver la biodiversité, le paysage et des éléments naturels spécifiques, conformément aux recommandations d'inventaire de la CMPFE	CMPFE Vienne
	4.9.1	Densité de cervidés aux 100 hectares	France

**Tableau A** : Liste et origine des indicateurs de biodiversité de la publication nationale 2005

Les indicateurs nationaux de gestion forestière durable sont construits en majorité à partir des données de l'IFN (12 indicateurs sur 15). Certaines données sont partielles : par exemple, beaucoup d'indicateurs ne concernent que les forêts de production, les données sur le bois mort concernent uniquement le bois mort de moins de 5 ans (mais le protocole IFN est en cours d'amélioration pour prendre en compte tout le bois mort).

Dans le système Pression-État-Réponse, les pressions sont dues aux activités humaines ou aux conditions biogéographiques. Elles influencent l'état de la biodiversité (composition, richesse et abondance des différents niveaux taxinomiques, du niveau génétique jusqu'aux niveaux supérieurs de la classification). L'état constaté de la biodiversité entraîne des réponses, c'est-à-dire des décisions et actions en termes de politique forestière ou pratiques de gestion. Ces réponses modifient en retour le niveau et la nature des pressions.

Force est de constater que le système actuel est déséquilibré, avec trop peu d'indicateurs d'état.

Les systèmes et données actuellement disponibles ne permettent pas de répondre à certaines questions comme :

- quelle est la part de Lichens strictement forestiers ?
- Parmi les espèces forestières, combien sont menacées ?

La forêt héberge une part importante et originale de biodiversité, mais les chiffres manquent pour des taxons pourtant très forestiers : on ne sait pas, en France métropolitaine, combien d'espèces forestières existent parmi les insectes, les champignons, les lichens, les bryophytes, alors que ces groupes sont très présents en forêt et comptent probablement beaucoup plus d'espèces que les groupes mieux connus des mammifères, oiseaux ou plantes vasculaires.

France métropolitaine, milieux terrestres et marins				
	Nombre d'espèces connues	Nombre d'espèces susceptibles d'être fréquemment présentes en forêt	Dont strictement forestières ou très fréquemment présentes en forêt	Dont présentes de façon à peu près équilibrée (en fréquence) en forêt et en milieux ouverts
<b>Mammifères</b>	121	73 (60%)	38 (31%)	35 (29%)
<b>Oiseaux</b>	375	?	?	?
...nicheurs	...285	...120 (42%)	...55 (19%)	...65 (23%)
...autres	...90	?	?	?
<b>Reptiles</b>	40	11 (27%)	0	11 (27%)
<b>Amphibiens</b>	40	13 (32%)	3 (7%)	10 (25%)
<b>Poissons et cyclostomes continentaux</b>	72	?	?	?
<b>Insectes</b>	<i>estimé 35 200</i>	<i>estimé 10 000 (28%)</i>	?	?
<b>Crustacés</b>	<i>estimé 3 800</i>	?	?	?
<b>Mollusques terrestres</b>	<i>estimé 660</i>	?	?	?
<b>Plantes vasculaires</b>	6067	<i>estimé 1456 (24%)</i>	<i>estimé 485 (8%)</i>	?

Autre caractéristique du système d'indicateurs établi pour le critère Biodiversité : les indicateurs structurels, donc indirects, dominant. Ce sont des descripteurs de structure du peuplement, du paysage, censés être liés à une partie de la biodiversité.

Or....

- la relation entre ces indicateurs structurels et la biodiversité n'est pas toujours bien connue : avec quel compartiment de biodiversité l'indicateur est-il relié ? La relation est-elle positive ou négative ? Forte ou faible ? Étayée par la bibliographie ou seulement hypothétique ? La significativité de la relation, lorsqu'elle existe, ne doit pas occulter la magnitude de l'effet : si l'effet est significatif mais très faible, l'indicateur perd de son intérêt.
- lorsqu'elle est connue, rien ne permet de dire si elle est stable dans le temps.
- Les suivis directs révèlent des surprises : ainsi, le suivi temporel d'abondance des oiseaux communs révèle, pour les oiseaux forestiers, une diminution d'abondance de 11% entre 1989 et 2009, alors que les indicateurs structurels connus pour être favorables à la diversité en oiseaux (richesse en essences, par exemple) montrent des tendances positives.
- Les indicateurs indirects sont des indicateurs de pression ou de réponse, pas d'état.

Par conséquent, les indicateurs structurels ne dispensent pas des indicateurs directs de biodiversité, seuls à même d'évaluer correctement l'état et l'évolution de la biodiversité. Se contenter d'indicateurs indirects pour suivre la biodiversité serait confondre la fin et les moyens.

Les indicateurs directs (ou indicateurs taxinomiques) sont établis à partir de données de présence-absence ou d'abondance de populations de différentes espèces (ou de tout autre niveau de classification, depuis les allèles jusqu'au groupe d'espèces). Par exemple, le suivi temporel d'abondance des oiseaux communs (STOC), la proportion d'espèces forestières menacées sont des indicateurs directs de biodiversité.

Les indicateurs indirects (ou indicateurs structurels) sont établis à partir de quantités autres (dendrométriques, économiques, écologiques...) censées être liées à la présence ou à l'abondance de certaines espèces (ou de tout autre niveau de classification, depuis les allèles jusqu'au groupe d'espèces). Par exemple, la composition en essences, les surfaces en régénération, le volume de bois mort, l'indice de fragmentation des massifs sont des indicateurs indirects.

Le système actuel d'indicateurs ne renseigne pas forcément sur les enjeux les plus importants de la biodiversité forestière :

- espèces forestières strictes
- espèces de forêts anciennes

- les espèces les plus sensibles aux choix de gestion, notamment à l'exploitation (versus non-exploitation) : Bryophytes, insectes saproxyliques, champignons. Espèces qui ont des besoins (en termes d'habitats) qui risquent d'être mis à mal par les orientations de gestion.
- Les espèces menacées
- Les espèces ou groupes limitées par les ressources (bois mort, forêts non exploitées, vieux arbres...)
- Les espèces ou groupes limitées par leurs capacités de dispersion et potentiellement sensibles soit à la fragmentation par des linéaires de transports, soit au rythme et à l'intensité des coupes, soit au changement climatique.
- Les espèces ou groupes limitées par le climat.

Enfin, le mode d'emploi pour l'interprétation manque dans la présentation des indicateurs : il faudrait à minima préciser avec quel compartiment de biodiversité l'indicateur est lié de façon significative, selon quelle magnitude et dans quel sens, et si l'indicateur est à interpréter en "variance" (la biodiversité a tout intérêt à ce que les valeurs prises par l'indicateur recouvrent un large gradient) ou en "moyenne" (la biodiversité a tout intérêt à ce que la valeur de l'indicateur se trouve à un endroit donné du gradient).

Le système existant se révèle donc bien insuffisant, avec un manque réel d'indicateurs directs (sur la base de suivis d'espèces) pour compléter le système Pression-État-Réponse.

Repenser la cohérence d'ensemble du système d'indicateurs de biodiversité, en le rééquilibrant en faveur des indicateurs d'état, est d'autant plus nécessaire que :

- la biodiversité en forêt fait face à des pressions spécifiques (bois énergie, raccourcissements des cycles, changements d'essences...) à risques potentiels forts pour les saproxyliques (dont on estime qu'ils représentent le quart des espèces forestières) ;
- elle est l'objet de plusieurs politiques (directive Habitats, MCPFE/CBD, PAF-SNB, instruction ONF...) dont on a besoin de connaître l'efficacité.

## **2. Analyse indicateur par indicateur (pour le critère Biodiversité)**

Ne sont résumés ici que les commentaires sur la pertinence et les pistes d'amélioration des indicateurs actuels. Pour plus de précisions, ou pour les commentaires sur les besoins en recherche, la fréquence de relevés, les sources de données ou l'échelle spatiale de présentation des résultats, se reporter au rapport Hamza et al. 2007.

**Indicateur n°4.1.1. : Pureté en surface terrière des peuplements par essence principale**  
Thème : Composition en essences

**Pertinence :** Cet indicateur a un lien avec la biodiversité, mais il est à interpréter en variance plutôt qu'en moyenne. Les résultats de la bibliographie incitent en effet à promouvoir (i) l'accroissement du degré de mélange et de richesse en essences dans les peuplements dominés par des exotiques ou des résineux et (ii) le maintien ou le développement de peuplements purs (ce qui n'exclut pas la présence d'essences secondaires en faibles proportions) et celui de peuplements mélangés dans les peuplements d'essences autochtones. L'objectif, pour les peuplements d'essences autochtones, est donc d'avoir des situations contrastées plutôt que de diminuer partout l'indicateur 4.1.1.

Pour améliorer la présentation :

- L'intitulé suivant serait plus clair : "part de l'essence principale dans la surface terrière des peuplements, par essence".
- Modifier le thème retenu pour cet indicateur, qui n'est pas un indicateur de composition en essences mais un indicateur de diversité locale en essences.
- regrouper les essences en Feuillus, Résineux et Mixtes.
- Compléter par d'autres modes de présentation de l'indicateur : pourcentage de la surface où l'essence est principale ; pourcentage de la surface forestière où la pureté est supérieure à 90%...
- Adopter une présentation plus visuelle, par histogramme, ou plus numérique, avec moyenne et écart-type de la pureté, par essence principale.

Pour améliorer la pertinence :

- Développer un indicateur, complémentaire, d'abondance des essences. Il regrouperait :

- la surface où chaque essence est principale (actuel indicateur 1.1.4.) ;
- l'abondance et la fréquence moyennes des essences autochtones ou acclimatées de puis longtemps (actuel indicateur 1.2.2.)
- le tout ventilé par grand type de station, et par classe successionele.

L'essence principale est un facteur majeur de différenciation de biodiversité. La notion de mélange ne doit pas occulter l'importance de l'abondance et de la répartition spatiale de chaque essence considérée isolément, qui ont des implications fortes sur la diversité génétique des peuplements forestiers futures et sur une partie de la diversité spécifique (certaines espèces étant inféodées à des peuplements purs). L'objectif serait de vérifier que l'abondance des essences de faible intérêt économique ne régresse pas trop fortement.

**Indicateur n°4.1 : Surface de forêts et autres terres boisées, classées par nombre d'essences présentes et par type de forêts**

Thème : Composition en essences

**Pertinence** : Peu d'études rapportent une corrélation positive significative entre la richesse locale en essences et divers compartiments de biodiversité. Toutefois, la bibliographie ne contredit pas non plus fortement cet indicateur, dont les effets sont en général positifs (mais on a peu d'information sur leur magnitude). On peut donc maintenir cet indicateur, avec pour but d'en augmenter la valeur moyenne, mais ce n'est pas un indicateur prioritaire de biodiversité.

**Pistes d'amélioration :**

- Modifier le thème retenu pour cet indicateur, qui n'est pas un indicateur de composition en essences mais un indicateur de diversité locale en essences.
- Les cartes 16 et 17 laissent penser que l'indicateur est comparable entre régions, ce qui n'est pas le cas (ces cartes mettent probablement en avant des effets stationnels). L'intérêt de cet indicateur est avant tout dans le suivi diachronique.
- Simplifier le tableau en ne présentant que la moyenne de la richesse en essences.
- En contrepartie, ventiler les évolutions temporelles des richesses moyennes par type de station ou de forêt, par stade successionele, par grand type de classe de gestion (cf. 4.3.) et suivant les caractéristiques des arbres comptés (classes de taille, d'abondance ou de couvert, d'indigénat – cf. 4.4.)

**Indicateur n°4.2. : Surface en régénération dans les peuplements forestiers équiennes et inéquiennes, classés par type de régénération**

Thème : Régénération

L'indicateur 4.2. est scindé en deux termes : les surfaces totales en cours de régénération et leur répartition par type de régénération (artificielle, naturelle, recépage).

**Pertinence** : la quantité de surface en régénération :

- est clairement favorable pour les espèces périforestières ou non forestières des groupes suivants : Plantes, Oiseaux, Insectes (notamment Carabes, Papillons de jour).
- est clairement défavorable sans ambiguïté aux espèces de stades âgés, typiquement forestières et peu mobiles des groupes suivants : Oiseaux, Insectes, Bryophytes.
- est défavorable aux groupes typiques de stades intermédiaires (Papillons de nuit par exemple)
- n'a pas d'effet sensible sur les espèces généralistes des groupes suivants : Lépidoptères, Flore, Champignons, Coléoptères, Oiseaux.

En revanche, la signification de la quantité de régénération artificielle (par rapport à la régénération naturelle) est plus ambiguë : la diversité génétique des peuplements de reboisement est en général, mais pas toujours, plus faible que celle des régénérations naturelles ; la régénération artificielle s'accompagne d'un travail du sol souvent préjudiciable à court ou moyen terme à la biodiversité, mais se justifie en cas d'échec de régénération naturelle ou d'essence antérieure inadaptée à la station. Toutefois, une augmentation durable de la proportion de régénération artificielle par rapport à la régénération naturelle serait un point négatif pour la biodiversité. Il est donc important de garder la distinction entre les deux types de régénération.

**Pistes d'amélioration**

Les coupes de régénération ne sont pas défavorables à la biodiversité forestière dans la mesure où les autres stades restent simultanément présents dans le paysage et où on laisse à la succession forestière le temps de se reconstituer sur la coupe. Pour les espèces peu mobiles de fin de succession, il faut pouvoir vérifier que la quantité et la répartition des coupes de régénération ne s'accompagnent pas d'une diminution des surfaces de stades de fin de succession ni d'une augmentation des distances entre peuplements âgés.

Pour les raisons qui précèdent, l'indicateur 4.2. doit être interprété à la lumière d'autres indicateurs, tels que :

- la quantité (en surface) de peuplements âgés et ayant dépassé l'âge d'exploitabilité, l'évolution de l'âge d'exploitabilité des principales essences ; on sait par exemple que chez les Invertébrés, le retour des communautés à la composition initiale peut prendre plusieurs décennies, certaines espèces ne réapparaissant qu'au bout de 80 ans. Pour que ces espèces « tardives » s'expriment, le raccourcissement des cycles sylvicoles est à proscrire, à moins de passer à un système de régénération par petites trouées.
- Proportion, en surface, de stades de régénération, par rapport à la surface forestière totale.
- Répartition de la surface régénérée par classe de taille de coupe (coupes par petites trouées (moins de 0.5 ha), coupes (rases ou progressives) par trouées de 0.5 à 5 ha, coupes de 5 à 15 ha, coupes de plus de 15 ha).
- Répartition spatiale des peuplements en régénération, avec proximité spatiale de peuplements matures et/ou ayant dépassé l'âge d'exploitabilité (en termes d'effets sur les essences pionnières et sur les espèces de forêts matures) : on peut concevoir une carte des proportions (par classes de 10 % par ex.) de peuplements en régénération, par sylvo-éco-région, et carte associée des proportions de peuplements de plus de 120 ans
- Surface annuelle soumise à coupe d'ensemencement, ventilée par type de coupe d'ensemencement (rase, progressive, par bande, par petites trouées)
- la proportion de graines issues de vergers à graines et de récoltes in situ ; le nombre moyen (+ minimum et maximum) de semenciers récoltés par lot de graines. Mais ces données-là ne sont pas disponibles (cf. indicateur 4.6.).
- Carte des proportions (par région administrative) des type de régénération (artificielle/naturelle)

Indicateur n°4.3. : **Surface de forêts et autres terres boisées, classées en "non perturbées par l'homme", "semi-naturelles" ou "plantations", chacune par type de forêts**

Thème : Caractère naturel

#### **Pertinence**

Il est pertinent de rechercher un indicateur synthétique du gradient de naturalité, mais les classes proposées (et leurs définitions) sont trop imprécises, de même que les données de base. La proportion de plantations, par exemple, est probablement sous-évaluée, faute d'informations IFN sur l'origine des forêts de plus de 40 ans.

#### **Pistes d'amélioration**

Les données IFN permettraient de discriminer plus finement les types de forêts sur le gradient de naturalité selon l'indigénat des essences (entendu à l'échelle de la région IFN), le stade de succession, les structures, les âges.

Il serait pertinent de tenir compte aussi de l'ancienneté du couvert forestier.

Indicateur n°4.3.1. : **Surface de futaies régulières très âgées constituant des habitats spécifiques**

Thème : Caractère naturel

#### **Pertinence**

L'indicateur 4.3.1. est très pertinent car les arbres et peuplements très âgés sont la niche potentielle de nombreuses espèces nécessitant des cavités, du bois mort, et autres microhabitats fréquents en vieux peuplements. Il gagnerait toutefois à être étendu à la caractérisation de l'abondance de bois sénescents, quelle que soit la structure du peuplement (donc pas uniquement en futaie régulière) et quelle que soit son utilisation (actuellement, seuls les peuplements disponibles pour la production rentrent en compte dans le calcul de l'indicateur).

Certes, ces micro-habitats spécifiques existent à tous les âges des peuplements forestiers. La richesse floristique ou faunistique totale est d'ailleurs souvent plus élevée dans les stades de

régénération que dans les stades âgés. Mais les espèces qu'on y trouve ont tendance à être plus ubiquistes, de moindre valeur patrimoniale que celles des stades âgés, plus spécialisées. C'est aussi la difficulté d'atteindre les stades de sénescence, la rareté de réalisation de cet état qui en fait sa valeur et qui fait que les taxons qui lui sont associés sont particulièrement menacés par une sylviculture classique.

Enfin, la définition de l'âge limite, qui conditionne très fortement la valeur de l'indicateur 4.3.1., est pour l'instant très subjective.

#### **Pistes d'amélioration**

Une première amélioration serait de réviser les âges seuils actuellement utilisés, en les adaptant en fonction du type de station ou, à défaut, en fonction de la petite région forestière, et en étendant l'indicateur aux peuplements irréguliers.

Si l'on s'en tient aux futaies régulières (par exemple dans un sous-indicateur), il faudrait présenter l'équilibre des classes d'âge plutôt que les seules classes âgées, ce qui permettrait d'anticiper les évolutions de l'indicateur, ainsi qu'une carte de la répartition spatiale de ces classes d'âge.

Une deuxième amélioration, plus pertinente encore, serait de ne plus se fonder sur un âge ou un diamètre seuil, mais sur la description dans les inventaires (tous types de peuplements : réguliers ou non, productifs ou non) des habitats spécifiques liés aux vieux bois : abondance des cavités, des branches mortes, intensité des décollements d'écorce, qualité et quantité de litière... Ce pourrait être aussi l'inventaire d' « arbres vétérans » ou « arbres habitats », à présenter en nombre ou volume/ha.

Indicateur n°4. : <b>Surface de forêts et autres terres boisées composées principalement d'essences introduites</b>
---

Thème : Essences introduites
------------------------------

#### **Pertinence**

Cet indicateur est très pertinent, car l'introduction d'essences exotiques modifie fortement la biodiversité des écosystèmes forestiers, souvent dans le sens d'un appauvrissement.

Cet indicateur sera d'autant plus pertinent que le taux d'endémisme de la flore arborée autochtone est élevé, car la perte potentielle en cas d'invasion est plus importante. Pour la France, ce n'est le cas que dans les territoires et départements d'Outre-Mer et, si on considère aussi les espèces ligneuses arbustives (ce qui n'est pas le cas dans l'indicateur actuel), la région méditerranéenne.

La distinction entre les arbres et les autres espèces n'a pas beaucoup plus de pertinence dans le contexte de cet indicateur. Les introductions d'espèces herbacées jouent en effet le même rôle (cf. la renouée du Japon dans les forêts alluviales par exemple). Il est tout aussi important de suivre les introductions d'animaux et de micro-organismes.

#### **Pistes d'amélioration**

Cet indicateur peut être amélioré sur quelques points techniques. Il faudrait par exemple décliner les surfaces forestières par classes de pourcentages d'essences introduites dans les peuplements. Mais surtout, il doit être fortement modifié sur un problème de fond : il faut régionaliser les listes d'essences exotiques sur lesquelles il est basé, qui sont aujourd'hui uniquement nationales. Cette modification nécessitera au préalable un important effort de recherche.

Indicateur n°4.5. : <b>Volume de bois mort sur pied et de bois mort au sol dans les forêts et autres terres boisées, classé par type de forêts</b>
--

Thème : Bois mort
-------------------

#### **Pertinence**

Cet indicateur, sous réserve qu'il intègre toutes les pièces de bois mort et non uniquement les arbres morts depuis moins de 5 ans comme c'était le cas dans les données IFN jusqu'en 2007, concerne un élément crucial pour la biodiversité forestière. Le bois mort représente un élément d'habitat essentiel pour la flore (Cryptogames épiphytiques, Champignons lignicoles) et la faune (organismes saproxyliques), et une ressource trophique pour les organismes saproxylophages. Au total, entre 20 et 25% des espèces forestières seraient associées au bois mort.

De nombreuses références montrent une relation positive entre quantité de bois mort et richesse (et abondance) en espèces saproxyliques. On sait par ailleurs que les arbres et pièces de bois morts hébergent une biodiversité différente (en richesse, en abondance et en composition) en fonction de

l'essence, la taille, la position (debout ou à terre), le degré de décomposition et l'exposition à la lumière.

### Pistes d'amélioration

Avant tout, étendre à l'ensemble des pièces de bois mort le protocole d'acquisition de données IFN (c'est en cours depuis 2008). Réintégrer les chablis exceptionnels dans les données analysées, en s'assurant que les modes de présentation des données – notamment par classe de décomposition – permettront de les isoler.

Ensuite, détailler la présentation des résultats :

- volume moyen par catégories de bois mort (type de bois mort ; essence ; degré de décomposition ; taille ; en mettant l'accent sur les habitats clé qui manquent le plus – gros bois mort, volis...)
- volume moyen dans différentes conditions écologiques (par type de station ou type de forêt, par région, par stade successional, par classe d'ouverture du peuplement arboré, par grand type de classe de gestion)
- variance des volumes moyens, ou alors sur surface de forêt contenant un volume supérieur à des seuils de 10, 20 et 30 m<sup>3</sup>/ha

Enfin, pour le volume moyen, par région, station ou essence, il serait utile d'avoir les chiffres à la fois du volume absolu et du volume rapporté au volume "vivant" correspondant.

Indicateur n°4.6. : **Surface gérée pour la conservation et l'utilisation des ressources génétiques forestières (conservation génétique in situ et ex situ) et surface gérée pour la production de semences forestières**

Thème : Ressources génétiques

### Pertinence

Cet indicateur se compose de deux parties à distinguer nettement : utilisation des Ressources Génétiques (production de semences) et conservation des Ressources Génétiques (réseau de peuplements conservatoires).

La première est inadaptée au critère biodiversité dans sa présentation actuelle : elle ne concerne que le nombre de peuplements gérés pour la production de semences (peuplements porte-Graines), à l'échelle nationale. Or les PPG relèvent d'une réglementation dont l'objectif n'est pas la conservation de la biodiversité mais la facilitation du commerce des graines par l'Union Européenne. Ils sont sélectionnés et gérés avant tout pour répondre aux besoins actuels des reboiseurs, et non pour leur représentativité quant à la diversité génétique de l'essence considérée. En outre, ils ne constituent qu'un potentiel de ressources génétiques pour le reboisement, qui ne préjuge pas de la réalisation (récolte effective de graines et utilisation des MFR). Le seul nombre de « peuplements sélectionnés » n'est donc pas un bon indicateur pour évaluer la diversité génétique des semences produites et des semences utilisées. La question des techniques de récolte/tri/conservation en pépinière n'est pas abordée (alors qu'elle a une influence sur la diversité génétique des lots de graines mis sur le marché). Pour la production de semences forestières, ce sont plutôt les Régions de Provenance (RP) qui sont établies dans une optique de préservation de la diversité génétique (protection de l'autochtonie, garantie de diversité génétique des essences à l'échelle de leur aire de répartition).

- à élargir, à terme, sur les efforts réalisés pour la diversité génétique des lots de semences (données actuellement non disponibles).

La seconde est pertinente pour la diversité génétique des essences forestières ; elle fournit le nombre et surface de peuplements conservatoires, par type (populations naturelles in situ, plantations ex situ, collections ex situ) et par essence, à l'échelle nationale. Elle est à améliorer en la rapportant à l'aire de répartition de l'essence et en analysant l'exhaustivité du réseau.

### Pistes d'amélioration

Pour la partie "utilisation des ressources génétiques" :

D'un point de vue « signification biologique » pour la diversité génétique des essences, l'indicateur « production de semences forestières » devrait être recentré sur les régions de provenances (RP), et élargi, à terme, sur les efforts réalisés pour la diversité génétique des lots de semences (données actuellement non disponibles).

Il serait pertinent que les informations sur les régions de provenances précisent la part de peuplements d'origine autochtones dans les RP (Pourcentage de surface autochtone par région de provenance, dans un tableau structuré comme suit par exemple) :

Essence	Nombre de PPG	Surface	Nombre de RP		Nombre moyen de PPG par RP	% de surface de PPG autochtones
			Total	dont RP autochtone		

Le nombre et la surface de peuplements sélectionnés peut aussi être présenté sous forme de carte, par région de provenance.

Ce tableau pourrait être complété par des données sur :

- le pourcentage de régions de provenance pourvues de peuplements sélectionnés ;
- la diversité écologique des régions de provenance et des peuplements, par essence
- le pourcentage du nombre d'essences forestières soumises à la réglementation pour la production de semences ;
- la diversité génétique des peuplements : les données existent pour évaluer la largeur de la base génétique des Vergers à Graines (évolution du nombre moyen de génotype efficaces par Vergers à Graines) ; elles manquent ou sont très partielles pour les autres types de peuplements.

Concernant la diversité génétique des lots de graines, l'indicateur pourrait préciser (sous réserve de données disponibles) :

- les quantités de récolte de graines, par essence et par peuplement, en moyennant sur 5 ans ;
- le nombre de peuplements récoltés par région de provenance, par essence et par an (ou moyenné sur 5 ans) ;
- les mesures prises pour assurer une base génétique large dans les lots de graines et plants pour les plantations.

Pour la partie "conservation des ressources génétiques" :

L'indicateur pourrait présenter utilement :

- d'une part les mesures prises pour préserver l'autochtonie des ressources génétiques locales : rapporter l'indicateur « réseau de peuplements conservatoires » à l'aire de répartition des essences (soit sous forme de carte, soit en rapportant le nombre d'écorégions où l'essence est présente et le nombre d'écorégions dotées d'unités conservatoires). Cela suppose un travail de mise en forme mais les données existent.
- d'autre part les mesures prises pour avoir un réseau représentatif complet des ressources génétiques : pourcentage d'essences forestières bien prises en compte dans le réseau de peuplements conservatoires, par exemple.

**Indicateur n°4.7. : Organisation spatiale du couvert forestier du point de vue paysager**

Thème : Organisation du paysage

### **Pertinence**

Le thème abordé est très pertinent du point de vue de la biodiversité. Quant à l'indicateur, qui présente la répartition des massifs par classe de taille, sa portée est limitée aux gros animaux qui requièrent de larges territoires (mobilité) et aux espèces d'intérieur qui fuient les lisières.

La définition des "massifs" retenue revient à considérer que des fragments distants de moins de 200 mètres constituent une seule tache forestière, ce qui est discutable (il est possible que sur 200 m la matrice soit peu perméable ou coupée par des obstacles infranchissables).

### **Pistes d'amélioration**

L'indicateur doit être amélioré par la prise en compte :

1) de la connectivité entre taches :

- Reprendre le même indicateur mais sans zone tampon de 200 mètres ou en testant d'autres distances (en se fondant sur les résultats du projet "l'influence de la composition et de la structure des masses forestières sur la biodiversité (plantes et oiseaux)" - dans le cadre du programme BGF (GIP-Ecofor)
- La nouvelle méthode de cartographie de l'IFN, désormais en charge de la couche végétation du Référentiel à Grande Echelle de l'IGN permettra :
  - de ramener à 50 ares (seuil FAO) au lieu de 4 ha le seuil minimal de représentation des taches ;
  - d'analyser plus finement la fragmentation des petits massifs, avec une largeur minimale de 20 m au lieu de 75 m, pour prendre en compte notamment les ripisylves ;

- d'introduire la notion de connectivité entre taches, apportée par la cartographie des haies et des alignements de plus de 25 mètres de longueur, et la prise en compte d'autres sources : réseau routier, réseau fluvial, zones protégées, ...

2) de la taille moyenne des surfaces d'intérieur (pour les espèces d'intérieur) :

- en affichant un indicateur de "taille du noyau forestier", c'est-à-dire surface de forêt distante de plus de x mètres de la lisière (x à préciser : 150 m est un minimum)
- en mesurant l'isolement moyen des taches (distance au plus proche voisin).

3) de taches d'habitats intra-forestiers : certains stades forestiers connus pour abriter des espèces peu mobiles (peuplements riches en bois mort, stades très âgés, ...).

#### Indicateur n°4.7.1.: **Longueur de lisière à l'ha**

Thème : Organisation du paysage

##### Pertinence

Le thème abordé et la question des lisières (externes ou internes) sont très pertinents du point de vue de la biodiversité. L'indicateur 4.7.1 intègre à la fois la taille et la forme des taches en rapportant le périmètre de lisière à la surface totale de la tache. Chaque plage "forêt" ou "lande" de plus de 4 hectares est prise en compte. L'indicateur permet donc d'estimer globalement l'état et l'évolution de la fragmentation de la forêt à l'échelle nationale, en y ajoutant une dimension concernant les espèces d'intérieur.

Cependant, les définitions et la méthodologie employées limitent fortement l'interprétation des résultats :

D'une part, l'interprétation de l'indicateur dépend des types forestiers considérés : sa valeur est intrinsèquement élevée pour les ripisylves ; vis-à-vis des espèces d'intérieur de grands massifs (chênaies, hêtraies, hêtraies-sapinières), elle doit être peu élevée.

D'autre part, l'analyse est rendue difficile par l'extension de la surface boisée, qui peut se traduire aussi bien par un apport de petits massifs que par la fusion d'ensembles vastes.

##### Pistes d'amélioration

L'indicateur doit être reformulé sous la forme d'un indice de compacité de la tache et complété par la longueur totale des lisières ainsi que par la longueur de lisières entre zone périphérique et intérieur de la forêt. Quant à afficher la longueur de lisières par nature d'interface, ce n'est actuellement possible au niveau national qu'avec les données de Corine Land Cover

Les nouvelles méthodes cartographiques et d'échantillonnage IFN (post 2007) permettra :

- de ramener à 50 ares (seuil FAO) au lieu de 4 ha le seuil minimal de représentation
- de prendre en compte les ripisylves (largeur minimale de 20 m au lieu de 75 m)
- d'avoir l'information sur la distance à la lisière et son orientation pour chaque placette de terrain.

Pour faciliter l'interprétation des résultats :

- Traiter à part les zones d'extension de la forêt
- Voir la possibilité de coupler le degré de fragmentation des massifs forestiers avec l'aire de certaines espèces (menacées) et les habitats protégés.

#### Indicateur n°4.7.2.: **Longueur de lisière à l'ha par type de peuplement national IFN**

Thème : Organisation du paysage

##### Pertinence

Le thème abordé est très pertinent du point de vue de la biodiversité. L'indicateur 4.7.2. tente de caractériser l'hétérogénéité de la mosaïque paysagère, en rapportant, pour chaque type de peuplement national, la longueur de lisière à la surface du type concerné : à la différence du 4.7., c'est une première approche de la fragmentation en termes d'habitats forestiers plutôt que de massifs, et cet angle d'approche est très pertinent. Mais les habitats choisis (types de peuplements nationaux) ne sont pas forcément pertinents par rapport aux espèces les plus sensibles à la fragmentation de leur habitat (espèces forestières d'intérieur, espèces peu mobiles)

L'analyse de la diversité des habitats à l'échelle d'un paysage est pertinente mais la formulation de l'indicateur ne permet pas de l'appréhender correctement.

Pistes d'amélioration :

L'indicateur doit être reformulé en utilisant des approches plus simples à interpréter :

1) à partir des données cartographiques de l'IFN :

- longueurs d'interface entre les différents types (en distinguant les natures d'interface forêt-forêt et forêt-non forêt) pour chacun des types nationaux ;
- nombre et surface moyenne des types nationaux cartographiés ;
- nombre d'interfaces différents rapporté au nombre d'habitats différents.

2) à partir des données cartographiques de Corine Land Cover/IFEN (seuil minimal de représentation : 25 ha) : pour une approche complète de la nature des interfaces (renseignée uniquement pour la forêt et les landes à l'IFN), longueur des interfaces forêt/autres utilisations du sol par nature d'interface (Indicateur 4.14 de la publication 2000).

3) à partir des données de photo-interprétation ponctuelle de l'IFN : la méthode utilisée par l'ENITA de Bordeaux sur les données d'occupation du sol du SCEES/Teruti est en cours d'application sur les données de l'IFN et sur 2

cycles d'inventaire. Elle est basée sur une analyse de contact (matrices de cooccurrence) et permettra notamment de définir un indice d'homogénéité de l'agencement spatial, basé sur la composition Feuillus/Résineux du point d'inventaire.

L'indicateur doit être adapté en ciblant les stades forestiers connus pour abriter des espèces peu mobiles

(stades âgés, forêts anciennes, peuplements riches en bois mort).

La nouvelle méthode cartographique IFN (post 2007) permettra :

\* de ramener à 50 ares (seuil FAO) au lieu de 4 ha le seuil minimal de représentation

\* de prendre en compte les ripisylves (largeur minimale de 20 m au lieu de 75 m)

\* d'appréhender différemment les types de peuplements : abandon de la structure forestière mais composition en essences plus détaillée.

Indicateur n°4.7.3.: <b>Coupes fortes et rases</b>
--

Thème : Organisation du paysage
---------------------------------

#### **Pertinence**

Le thème abordé est très pertinent du point de vue de la biodiversité : les coupes de régénération forte, fréquentes et sur de grandes surfaces défavorisent les espèces forestières à faibles capacités de dispersion et les espèces inféodées aux phases terminales du cycle sylvigénétique.

Mais l'absence d'information sur la taille des coupes limite la pertinence de cet indicateur et les possibilités d'interprétation. Le classement de coupes définitives de régénération naturelle dans la classe "coupe rase" est discutable aussi dans la mesure où le système de coupe progressive permet souvent de limiter l'impact de la coupe finale.

#### **Pistes d'amélioration**

L'indicateur est à repenser en intégrant la taille des coupes et d'autres paramètres nécessaires à l'évaluation de leur impact sur la biodiversité (et disponibles dans les données IFN) :

- le taux de couvert du peuplement au moment de la coupe. On pourrait utiliser par défaut le taux de couvert de la placette IFN à la date de l'inventaire précédent ;
- la topographie et l'orientation des coupes.
- La disposition des coupes au sein du massif (agrégation des coupes).

Des connaissances sur la fréquence des coupes seraient également nécessaires mais il paraît difficile d'obtenir des informations à l'échelle de la France entière.

Pour plus de cohérence, cibler les commentaires sur la dimension "impact des coupes sur la biodiversité" plutôt que sur la dimension "impact paysager et acceptabilité sociale des coupes".

Indicateur n°4.8.: <b>Proportion d'espèces forestières menacées, classées conformément aux catégories de la Liste Rouge de l'UICN</b>
---

Thème : Espèces forestières menacées
--------------------------------------

#### **Pertinence**

Le thème abordé et l'indicateur sont très pertinents, et l'indicateur 4.8. est un des rares indicateurs d'état de la biodiversité dans le système actuel d'IGD. L'absence d'information sur la flore méditerranéenne et des imprécisions méthodologiques pénalisent toutefois sa fiabilité : d'une part, la manière dont les catégories UICN sont utilisées et regroupées pose question (les espèces "en déclin" ne sont pas prises en compte) ; d'autre part, la définition des espèces considérées comme "forestières" reste imprécise.

**Pistes d'amélioration**

L'indicateur est à préciser :

- en mettant à jour les données à partir des listes rouges actualisées de l'UICN
- en développant des référentiels d'espèces forestières
- en intégrant la flore méditerranéenne
- en intégrant des groupes clés pour la biodiversité des forêts (champignons, mousses, lichens, invertébrés)

Il est proposé d'élargir l'indicateur à une catégorie « espèces disparues de France »

Une réflexion d'experts sur des listes rouges étendues à d'autres groupes clés de la biodiversité forestière (insectes, champignons, lichens, mousses) est nécessaire.

Indicateur n°4.9.: **Surface de forêts et autres terres boisées protégées pour conserver la biodiversité, le paysage et des éléments naturels spécifiques, conformément aux recommandations d'inventaire de la CMPFE**

Thème : Forêts protégées

**Pertinence**

Le thème abordé est très pertinent : le rôle principal des espaces protégés est de mettre les éléments naturels les plus remarquables à l'abri des processus qui les menacent. Cet indicateur a été très nettement amélioré en 2005 et représente une base solide, synthétique et internationalement lisible.

**Pistes d'améliorations**

L'analyse des surfaces de forêts à haute valeur pour la biodiversité et leur distribution départementale est complémentaire et utile. Elle est utilisée pour définir les enjeux dans bien des pays. Cet indicateur est d'autant plus intéressant qu'une analyse de l'évolution de ces surfaces inventoriées est possible grâce à la seconde génération d'inventaires ZNIEFF en cours d'établissement.

Pour ce qui concerne l'indicateur actuel, il reste à combler quelques lacunes de la base nationale des espaces protégés (espaces des Conseil généraux, RBD et RBI de l'ONF, forêt de protection au sens du Code Forestier).

La présentation des résultats peut être améliorée par :

- la réalisation d'une carte de la surface de forêts protégées (catégorie 1 de la CMPFE) et du taux de protection par département ou par région IFN;
- la réalisation d'une figure montrant la répartition par taille des espaces protégés (en surface forestière protégée).

L'ajout d'un zoom tous les cinq ans sur les zones d'évolution les plus fortes (réseau ou région les plus actifs) ou sur une approche plus qualitative de la protection effective est souhaitable.

Par ailleurs, il serait judicieux :

- de faire le lien avec les observatoires (RNF, ONF en construction, PN) pour savoir ce que ces espaces protégés protègent effectivement (en termes d'espèces menacées, protégées ou d'habitat).
- D'afficher la correspondance entre statuts français, catégories CMPFE et UICN

Indicateur n°4.9.1. : Densité de cervidés aux 100 h a

Thème : Forêts protégées

**Pertinence**

Le thème abordé est très pertinent du point de vue de la biodiversité mais ne correspond pas à l'indicateur présenté. La formulation actuelle de l'indicateur reste très ambiguë : on ne sait pas s'il s'agit de suivre l'évolution de la capacité d'accueil des massifs forestiers vis-à-vis des cervidés ou de suivre l'évolution de la pression exercée par les cervidés sur la biodiversité de ces massifs. La pertinence de l'indicateur 4.9.1. comme indicateur de biodiversité n'est pas démontrée.

**Pistes d'amélioration**

Un indicateur plus pertinent serait de suivre la surface des massifs menacés de déséquilibre en termes de biodiversité du fait de la pression des grands herbivores (suppose un développement des recherches en ce sens).

Si l'on souhaite conserver la formulation actuelle de l'indicateur, il faudrait au moins :

- utiliser la surface boisée effectivement occupée ;
- améliorer la précision en utilisant la surface boisée IFN ;

- identifier les différentes situations : massifs forestiers réputés subir de fortes pressions, massifs en cours de colonisation et massifs avec effectifs apparemment en régression ;
- ne pas l'affecter au thème CMPFE « forêts protégées », qui ne convient pas.

## References:

- Agence européenne pour l'environnement, 2010. *L'environnement en Europe. Etat et perspectives 2010*. Agence européenne pour l'Environnement (AAE), Copenhague, 222 p.
- Axelsson A. et Fridman J., 2005. *ComMon Project. Country report Sweden*. SLU, Department of Forest Resource Management and Geomatics, Umea, Sweden, 7 p.
- Boutin S., Haughland D., Schieck J., Herbers J. et Bayne E., 2009. A new approach to forest biodiversity monitoring in Canada. *Forest Ecology and Management*, 258, Supplement 1, p. S168-S175.
- Braun-Blanquet J., 1932. *Plant sociology. The study of plant communities*. Mc Graw-Hill, New-York, 439 p.
- Brydges T. et Lumb A., 1998. Canada's Ecological Monitoring and Assessment Network: Where we are at and where we are going. *Environmental Monitoring and Assessment*, 51, 1-2, p. 595-603.
- Bühler C., Brändli U. et Zangger A., 2007. Does forest structure indicate biodiversity ? In anonymous (Eds), *Monitoring the effectiveness of nature conservation*, .
- European Environment Agency (EEA) .., 2010. *Assessing biodiversity in Europe - the 2010 report*. European Environment Agency, Copenhague, 64 p.
- FNCOFOR .., FNE .., ONF .. et FPF .., 2007. *Produire plus de bois tout en préservant mieux la biodiversité. Une démarche territoriale concertée dans le respect de la gestion multifonctionnelle des forêts. Contribution commune au Grenelle de l'Environnement*. 2 p.
- Gardner T., 2010. *Monitoring forest biodiversity - improving conservation through ecologically-responsible management*. Earthscan, London, , 652 p.
- Geburek T., Milasowszky N., Frank G., Konrad H. et Schadauer K., 2010. The Austrian Forest Biodiversity Index: All in one . *Ecological indicators*, 10, 3, p. 753-761.
- Gosselin F. et Dallari R., 2007. *Des suivis "taxonomiques" de biodiversité en forêt. Pourquoi? Quoi? Comment?* Cemagref, Nogent sur Vernisson, 119 p.
- Gosselin F. et Gosselin M., 2008. Pour une amélioration des indicateurs et suivis de biodiversité forestière. *Ingénieries-EAT*, 55-56, p. 113-120.
- Gosselin M., Gosselin F. et Julliard R., 2010. L'essor des sciences participatives pour le suivi de la biodiversité: intérêts et limites. *Sciences Eaux & Territoires*, 3, p. 76-83.
- Hamza N., Boureau J.G., Cluzeau C., Dupouey J.L., Gosselin F., Gosselin M., Julliard R. et Vallauri D., 2007. *Evaluation des indicateurs nationaux de biodiversité forestière*. Inventaire Forestier National, Nogent-sur-Vernisson, France, 133 p.
- Haughland D.L., Hero J.M., Schieck J., Castley J.G., Boutin S., SÅlymos P., Lawson B.E., Holloway G. et Magnusson W.E., 2010. Planning forwards: biodiversity research and monitoring systems for better management. *Trends in Ecology and Evolution*, 25, 4, p. 199-200.
- Hauk E., 2005. *ComMon Project. Country report of the Austrian NFI*. Austrian National Forest Inventory, 14 p.
- Landmann G., Gosselin F. et Bonhême I. (Eds), 2009. *Bio2, Biomasse et Biodiversité forestières. Augmentation de l'utilisation de la biomasse forestière : implications pour la biodiversité et les ressources naturelles*. MEEDDM-ecofor., Paris, 210 p.
- Larrieu L. et 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*, 6, p. 727-748.
- Larsson T. (Eds), 2001. *Biodiversity Evaluation Tools for European forests*.
- Lee W., McGlone M. et Wright E., 2005. *A review of national and international systems and a proposed framework for future biodiversity monitoring by the Department of Conservation*. 218 p.
- Lindenmayer D.B., Likens G.E., Krebs C.J. et Hobbs R.J., 2010. Improved probability of detection of ecological "surprises". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107, 51, p. 21957-21962.
- Lindenmayer D.B. et Likens G.E., 2010a. *Effective ecological monitoring*. earthscan, London, , 184 p.
- Lindenmayer D.B. et Likens G.E., 2010b. Improving ecological monitoring. *Trends in Ecology and Evolution*, 25, 4, p. 200-201.
- Lindenmayer D.B. et Likens G.E., 2010c. The science and application of ecological monitoring. *Biological Conservation*, 143, 6, p. 1317-1328.
- Lindenmayer D.B., 1999. Future directions for biodiversity conservation in managed forests : indicator species, impact studies and monitoring programs. *Forest Ecology and Management*, 115, 2-3, p. 277-287.

- Lindenmayer D. et Likens G., 2009. Adaptive monitoring: a new paradigm in long-term studies. *Trends in Ecology and Evolution*, 24, p. 482-486.
- Ministère de l'Agriculture et de la Pêche D.G.d.I.F.e.d.A.R., 2006. *Stratégie Nationale pour la Biodiversité. Plan d'actions Forêt*. 1 p.
- Montes F., Canellas I., Alberdi I., Condes S. et Villanueva J., 2005. *Methodology used in the IFN, other forest inventories at regional scale and other plot nets in Spain for the assessment of the forest biodiversity through the dead wood, epiphytic lichens, stand structure and ground vegetation*. CIFOR-INIA, Madrid, 13 p.
- Nichols J.D. et Williams B.K., 2006. Monitoring for conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 21, 12, p. 668-673.
- Nieto A. et Alexander K., 2010. *European Red List of Saproxyllic Beetles*. Publication Office of the European Union, Luxembourg, .
- Noss R.F., 1990. Indicators for Monitoring Biodiversity: A Hierarchical Approach. *Conservation Biology*, 4, 4, p. 355-364.
- Puumalainen J., 2001. *Structural, compositional and functional aspects of forest biodiversity in Europe*. 98 p.
- Roberts-Pichette P., 1995. *Framework for monitoring biodiversity change (species and species groups) within the Ecological Monitoring and Assessment Network in Canada*. Ecological Monitoring Coordinating Office, Burlington, Ontario, Canada, .
- Rondeux J., Puissant T. et Sanchez C., 2005. *Methodology used in the southern belgium's forest inventory for the assessment of ground vegetation, deadwood and stand structure. Country report for the Forest Focus - ComMon project*. Gembloux Agricultural University, Unit of Forest and nature Management, Gembloux, 12 p.
- Stadt J.J., Schieck J. et Stelfox H.A., 2006. Alberta biodiversity monitoring program - Monitoring effectiveness of sustainable forest management planning. *Environmental Monitoring and Assessment*, 121, 1-3, p. 33-46.
- Stokland J., 2005. Nordic Biodiversity Indicators Based on National Forest Inventories: Methods, Results and Further Development. In Hobbelstad K. (Eds), *Forest inventory and planning in Nordic Countries*, NIJOS (Norsk institutt for jord- og skogkartlegging), p. 153-160.
- Tomppo E., Gschwantner T., Lawrence M. et McRoberts R. (Eds), 2010. *National Forest Inventories : pathways for common reporting*. Springer, 612 p.
- Vaughan H., Brydges T., Fenech A. et Lumb A., 2001. Monitoring long-term ecological changes through the ecological monitoring and assessment network: Science-based and policy relevant. *Environ. Monit. Assess.*, 67, 1-2, p. 3-28.ref\_end

## Résumé

Actuellement, la France dispose pour les suivis de biodiversité forestière des indicateurs de gestion durable des forêts françaises, publiée tous les 5 ans par le Ministère en charge des forêts. Mais le décalage est grand entre les enjeux identifiés de biodiversité forestière et les données dont on dispose pour constituer un tableau de bord de leur état et de leur évolution.

L'analyse du système et de ses lacunes a mis en évidence la nécessité de suivis de biodiversité spécifiques à la forêt, avec des suivis directs d'espèces, et notamment d'espèces communes. Pour poursuivre la réflexion vers des systèmes opérationnels, nous analysons ici les expériences d'autres pays en ce domaine, en présentant des exemples de suivis opérationnels de biodiversité forestière, incluant une forte part d'indicateurs directs de biodiversité (indicateurs d'état), en forêt tempérée ou boréale.

Nous présentons tout d'abord les suivis nationaux ou internationaux de biodiversité, requis par la Convention sur la Diversité Biologique, en analysant en quoi les stratégies adoptées diffèrent entre pays signataires, et en détaillant plusieurs cas exemplaires de suivis opérationnels fondés sur des indicateurs directs. Nous nous intéresserons ensuite aux suivis nationaux ou internationaux propres à la forêt, qui s'appuient pour la plupart sur les données des Inventaires Forestiers Nationaux, parfois enrichies de relevés d'abondance d'espèces ou de groupes d'espèces particuliers, notamment les plantes vasculaires, les bryophytes, les lichens et les champignons saproxyliques.



Direction générale  
Parc de Tourvoie  
BP 44 - 92163 Antony cedex  
Tél. 01 40 96 61 21  
Fax 01 40 96 62 25  
[www.cemagref.fr](http://www.cemagref.fr)