



HAL
open science

Evaluation des indicateurs nationaux de biodiversité forestière

Jean-Guy Boureau, Catherine Cluzeau, Jean-Luc Dupouey, Frédéric Gosselin,
Marion Gosselin, Nabila Hamza, Romain Julliard, Daniel Vallauri

► **To cite this version:**

Jean-Guy Boureau, Catherine Cluzeau, Jean-Luc Dupouey, Frédéric Gosselin, Marion Gosselin, et al..
Evaluation des indicateurs nationaux de biodiversité forestière. [Contrat] irstea. 2007. hal-02823389

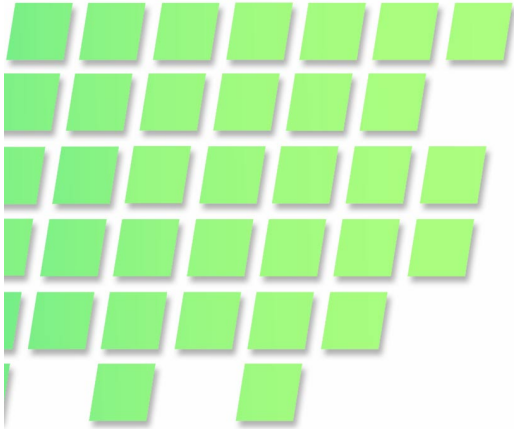
HAL Id: hal-02823389

<https://hal.inrae.fr/hal-02823389v1>

Submitted on 6 Jun 2020

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

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



Evaluation des indicateurs nationaux de biodiversité forestière

Conventions de recherche ECOFOR

Pilotage du projet : Inventaire forestier national



Juillet 2007

Participants au projet

Groupe de travail (rédacteurs et relecteurs) :

Jean-Guy Boureau (IFN)
Catherine Cluzeau (IFN)
Jean-Luc Dupouey (INRA)
Frédéric Gosselin (Cemagref)
Marion Gosselin (Cemagref)
Nabila Hamza (IFN)
Romain Julliard (MNHN)
Daniel Vallauri (WWF)

Relecteurs externes au groupe de travail :

Fiche 4.6 : Isabelle Bilger (Cemagref), Eric Collin (Cemagref), Bruno Fady (INRA), François Lefèvre (INRA), Alain Valadon (ONF-CGAF)

Fiches 4.7, 4.7.1, 4.7.2 et 4.7.3 : Catherine Avon (Cemagref)

Fiche 4.9.1 : Christophe Baltzinger (Cemagref), Michel Denis (Cemagref)

Pilotage du projet :

Nabila Hamza (IFN)

Conventions de recherche ECOFOR :

Cemagref : n° 2007-06
IFN : n° 2007-02
INRA : n° 2007-05
WWF : n° 2007-07

Sommaire

INTRODUCTION.....	4
1 CONTEXTE ET OBJECTIFS DU TRAVAIL	5
1.1 CONTEXTE	5
1.2 OBJECTIFS.....	6
2 QUELQUES DÉFINITIONS.....	6
3 DESCRIPTION DU PROJET.....	7
3.1 MÉTHODOLOGIE.....	7
3.2 MODE D'EMPLOI DES FICHES D'ÉVALUATION.....	8
4 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS	9
4.1 SYNTHÈSE PAR INDICATEUR	9
4.2 PRINCIPALES PROPOSITIONS D'AMÉLIORATION.....	14
4.3 BESOINS PRIORITAIRES DE RECHERCHE	16
5 DISCUSSION.....	18
5.1 COHÉRENCE D'ENSEMBLE	18
5.2 COHÉRENCE AVEC LE PROGRAMME FORESTIER NATIONAL ET LE PLAN D'ACTION « FORÊT » DE LA STRATÉGIE NATIONALE DE LA BIODIVERSITÉ	22
CONCLUSION	24
ANNEXES	25
ANNEXE 1 : FICHES D'ÉVALUATION DES INDICATEURS.....	26
ANNEXE 2 : LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS.....	130
ANNEXE 3 : BIBLIOGRAPHIE GÉNÉRALE	131

Introduction

Le Gip ECOsystèmes FOREstiers (ECOFOR) a engagé en 2006 une réflexion sur les indicateurs de biodiversité, dans le cadre du programme « biodiversité et gestion forestière ». Suite aux conclusions du groupe constitué à cette occasion, l'évaluation des Indicateurs nationaux de gestion forestière durable a été considérée comme l'un des axes de travail prioritaires.

Le travail présenté se propose de réaliser cette évaluation par une analyse détaillée des quinze indicateurs nationaux de biodiversité publiés en 2005, complétée par une analyse comparative des indicateurs produits par d'autres pays européens. Des propositions d'amélioration sont formulées pour chaque indicateur ainsi que les besoins de recherche. Une appréciation de la cohérence d'ensemble des indicateurs de biodiversité est proposée. Enfin, le système d'indicateurs remanié par le groupe de travail est confronté aux objectifs de la Stratégie Nationale pour la Biodiversité et du Programme Forestier National.

Ce travail a été réalisé par un groupe de travail de huit personnes, piloté par l'Inventaire forestier national (IFN) et composé d'experts du Cemagref, de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), du Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) et du Fonds mondial pour la nature (WWF).

1 Contexte et objectifs du travail

1.1 Contexte

La France est engagée dans le processus des Conférences ministérielles pour la protection des forêts en Europe (CMPFE) depuis son lancement en 1990. C'est dans ce cadre que le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche (MAP) a publié les éditions 1995, 2000 et 2005 du document intitulé « Les indicateurs de gestion durable des forêts françaises », document qui concerne uniquement la France métropolitaine (MAP, 1995 ; MAP-IFN, 2000 et 2006).

L'édition 2005 a été pilotée par un comité composé de membres d'organismes et administrations du secteur forêt-bois-papier et coordonnée par l'Inventaire forestier national. Cette édition est fondée d'une part sur les indicateurs quantitatifs adoptés à la Conférence de Vienne en 2003 et, d'autre part, sur une liste complémentaire d'indicateurs quantitatifs permettant de prendre en compte les spécificités de la forêt française. Ces indicateurs sont répartis selon les six critères de gestion forestière durable d'Helsinki.

Lors des réunions du comité de pilotage, l'intérêt d'analyser en profondeur les problèmes rencontrés (pertinence, méthodologie, ...) et la cohérence d'ensemble de cette liste d'indicateurs a été souligné, particulièrement pour le critère 4 (Maintien, conservation et amélioration appropriée de la diversité biologique dans les écosystèmes forestiers).

Les délais de réalisation du document n'ont pas permis au comité de pilotage d'approfondir les problèmes soulevés et d'y apporter des solutions. C'est donc ce travail d'évaluation, ciblé sur les indicateurs de biodiversité, qui est proposé ici.

Par ailleurs, ce travail souhaite s'inscrire dans la réflexion menée sur la biodiversité forestière par le MAP – à travers le Programme Forestier National (PFN ; voir MAP, 2006) – et par le Ministère de l'écologie et du développement durable (aujourd'hui MEDAD) – à travers le plan d'action « forêt » de la Stratégie Nationale pour la Biodiversité (SNB ; voir MAP, 2006). Le PFN, élaboré pour la période 2006-2015, rappelle que la protection de la biodiversité reste un enjeu majeur de la politique forestière nationale tant en métropole qu'outre-mer. Son volet « biodiversité » a été élaboré conjointement avec le plan « forêt » de la SNB par une réflexion commune associant l'ensemble des parties prenantes. Les rédacteurs du PFN ont considéré que le pilotage de ce programme devait être assuré notamment par la publication « Les indicateurs de gestion durable des forêts françaises », éditée tous les 5 ans par le MAP.

Le plan d'action « forêt » de la SNB, publié en septembre 2006, a dégagé deux grandes priorités pour la forêt métropolitaine :

- protéger voire restaurer les écosystèmes forestiers rares, fragiles ou menacés ;
- préserver la biodiversité ordinaire, intra- et inter-spécifique, notamment dans le cadre du changement climatique.

Ce plan d'action est décliné en 6 objectifs transversaux, eux-mêmes déclinés en 21 actions, pilotées par des indicateurs de suivi séparés en indicateurs de réalisation de l'action et indicateurs d'effet de l'action.

1.2 Objectifs

Dans ce contexte, le travail proposé a pour **principaux objectifs** :

- d'analyser en détail chaque indicateur de la publication 2005 et notamment sa pertinence au regard de la biodiversité, les définitions et méthodologies employées, les difficultés de mise en oeuvre, la présentation et les commentaires proposés ;
- d'apprécier la cohérence d'ensemble du système d'indicateurs de biodiversité ;
- de proposer des pistes d'amélioration ;
- de définir les besoins de recherche à court, moyen et long terme soulevés par la définition, la mise en oeuvre et l'utilisation de ces indicateurs.

Les résultats attendus sont les suivants :

- proposer au MAP et au MEDAD des éléments de réflexion sur les indicateurs nationaux de biodiversité forestière qui pourraient être utiles :
 - ✓ au plan européen lors des réunions d'experts CMPFE (MAP) ;
 - ✓ au niveau national :
 - pour améliorer la coordination des réponses françaises aux questionnaires internationaux (CMPFE, Convention pour la diversité biologique)
 - pour affiner le jeu national d'indicateurs de suivi de la biodiversité (plan d'action « forêt » de la SNB/MEDAD)
- préparer dès aujourd'hui l'édition 2010 des indicateurs nationaux afin que le futur comité de pilotage dispose d'éléments fiables pour constituer une nouvelle liste d'indicateurs de biodiversité ;
- identifier les études de cas, projets pilotes ou projets de recherche nécessaires pour améliorer les indicateurs nationaux de biodiversité forestière.

2 Quelques définitions

Le concept de **développement durable** est apparu pour la première fois sur la scène internationale en 1987 dans le rapport Brundtland de la Commission des Nations-Unies sur l'environnement et le développement. Le développement durable y a été défini comme « un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire les leurs » (Brundtland, 1987).

L'application de ce concept aux forêts européennes a conduit à définir la **gestion forestière durable**, lors de la Conférence ministérielle sur la protection des forêts en Europe de 1993 : il s'agit de la « gérance et utilisation des forêts et des terrains boisés, d'une manière et à une intensité telles, qu'elles maintiennent leur diversité biologique, leur productivité, leur capacité de régénération, leur vitalité et leur capacité à satisfaire, actuellement et pour le futur, les fonctions écologiques, économiques et sociales pertinentes, aux niveaux local, national et mondial, et qu'elles ne causent pas de préjudice aux autres écosystèmes ».

Le séminaire intergouvernemental d'Helsinki qui s'est tenu en 1996 (processus paneuropéen) a par la suite défini les notions de critères et indicateurs de gestion forestière durable :

- un **critère de gestion forestière durable** est un « aspect considéré comme important et par lequel on pourra juger un succès ou un échec. Les critères servent à définir les éléments essentiels ou l'ensemble des conditions ou les processus par lesquels la gestion durable peut être jugée » ;

- un **indicateur de gestion forestière durable** est une « mesure quantitative, qualitative ou descriptive qui, mesurée et surveillée périodiquement, montre la direction du changement ».

Sur quelles bases choisir un indicateur ? D'après le processus paneuropéen, les qualités que doit posséder un indicateur sont les suivantes :

- pertinence politique par rapport au critère concerné
- signification claire
- disponibilité des données
- faible rapport coût/efficacité
- faisabilité technique
- fiabilité et précision

D'autres aspects sont fréquemment cités, notamment la reproductibilité (suivi dans le temps) et la pertinence par rapport à la zone d'étude (échelle spatiale).

3 Description du projet

3.1 Méthodologie

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 1) :

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 1 : Liste et origine des indicateurs de biodiversité de la publication nationale 2005

Pour chaque indicateur ci-dessus, une fiche d'évaluation détaillée a été réalisée à travers une série d'items (voir § 3.2). Chaque fiche a été rédigée par un des membres du groupe de travail et relue en détail par 2 à 3 personnes du groupe et parfois par des experts externes au projet.

Cette analyse détaillée de chaque indicateur ne préjuge pas de la faisabilité à court terme des propositions avancées. En effet, il nous a paru important de ne pas limiter la réflexion aux données actuellement disponibles. Par contre, le travail de synthèse proposé dans les chapitres 4 et 5 permet de définir ce qui est apparu comme prioritaire au groupe de travail.

3.2 Mode d'emploi des fiches d'évaluation

Chaque fiche d'évaluation aborde de nombreux aspects dont la signification est précisée ci-dessous.

N° Indicateur : numéro de l'indicateur dans la publication 2005

Thème : thème mentionné dans la publication 2005

Nom détaillé : libellé détaillé de l'indicateur dans la publication 2005

Résumé : résumé de la fiche d'évaluation, présenté en 4 points :

- ✓ pertinence du thème abordé par l'indicateur au regard de la biodiversité ;
- ✓ adéquation indicateur - thème abordé ;
- ✓ principales modifications proposées ;
- ✓ besoins prioritaires de recherche.

Origine de l'indicateur : instance ayant proposé l'indicateur soit « Conférences ministérielles pour la protection des forêts en Europe (CMPFE, Vienne 2003) » ou « France » lorsque l'indicateur est issu du comité de pilotage 2005.

Source actuelle des données : organisme ou administration ayant fourni les données.

Pertinence

- ✓ signification biologique : pertinence du thème abordé par l'indicateur et adéquation de l'indicateur au thème abordé (interprétation non ambiguë, enjeux particuliers)
- ✓ échelle spatiale
 - de présentation des résultats : pertinence de la ventilation des résultats au niveau France entière, région administrative ou autre
 - des données de base : pertinence de l'échelle de recueil des données de base (placette de 20 ares, seuils cartographiques, ...)
- ✓ domaines d'application : domaines sur lesquels il serait souhaitable de focaliser l'indicateur (régions, espèces, types forestiers, ...)

Définitions employées

- ✓ description
- ✓ discussion : pertinence des définitions utilisées pour le calcul de l'indicateur.

Méthodologie

- ✓ description
- ✓ problèmes rencontrés : pertinence de la méthodologie employée pour le calcul de l'indicateur

Périodicité

- ✓ **possible** : compte tenu de la disponibilité actuelle des données
- ✓ **souhaitable** : compte tenu du rythme des évolutions constatées

Disponibilité des données

- ✓ lacunes : données manquantes pour construire l'indicateur

- ✓ récupération : difficultés rencontrées pour récupérer les données (facile, moyenne, difficile)
- ✓ format : format des données de base utilisées pour construire l'indicateur

Fiabilité et précision des données

- ✓ fiabilité : à relier aux problèmes de définitions et de méthodologie (faible, moyenne, forte)
- ✓ précision : précision statistique ou cartographique (faible, moyenne, forte)

Coût de production de l'indicateur : coût à estimer hors coût d'acquisition des données (faible, moyen, fort)

Présentation de l'indicateur : observations sur la présentation des tableaux, les graphiques et les cartes proposés dans la publication 2005

Liens avec d'autres indicateurs : autres indicateurs à rapprocher de l'indicateur analysé, y compris ceux concernant les autres critères de gestion durable

Qualité des commentaires : pertinence des commentaires proposés dans la publication 2005

Expérience des autres pays européens : analyse non exhaustive des propositions relevées dans quelques publications européennes des Indicateurs (Grande-Bretagne, Finlande, Suisse, Pays nordiques)

Liste bibliographique : bibliographie, y compris travaux en cours

Propositions d'amélioration et besoins de recherche : propositions d'amélioration de l'indicateur et besoins de recherche à court, moyen et long terme, y compris concernant les valeurs de référence et les sources alternatives de données

4 Présentation des résultats

Les fiches d'évaluation détaillées figurent dans l'annexe 1. Les principaux résultats de cette analyse sont présentés dans ce chapitre.

4.1 Synthèse par indicateur

Comme dit précédemment, ces fiches d'évaluation ont été résumées en 4 points :

- ✓ pertinence du thème abordé par l'indicateur au regard de la biodiversité ;
- ✓ adéquation indicateur - thème abordé ;
- ✓ principales modifications proposées ;
- ✓ besoins prioritaires de recherche.

- **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)

- ✓ Le thème retenu par la CMPFE pour cet indicateur ne convient pas : l'indicateur 4.1 n'est pas un indicateur de *composition* en essences mais de *diversité locale* en essences.
- ✓ Cela étant, le sujet abordé par l'indicateur est plutôt pertinent, même si le domaine d'application de l'indicateur¹ est mal défini. C'est un indicateur non fortement contredit par la bibliographie, aux effets en général positifs, et qui peut être gardé comme indicateur à augmenter "en valeur moyenne".

¹ Espèces bien représentés par cet indicateur et conditions écologiques dans lesquelles cet indicateur est pertinent.

- ✓ Nous proposons de revoir la présentation de l'indicateur en enlevant les cartes, et en modifiant le tableau de présentation.
- ✓ Comme pour bon nombre d'autres indicateurs de biodiversité, des projets de recherche sur jeux de données conséquents permettraient de mieux cerner ce qu'indique cet indicateur, ainsi que les mécanismes en jeu.

- **Indicateur n°4.1.1 : Pureté en surface terrière des peuplements par essence principale** (thème : composition en essences)

- ✓ Le thème retenu pour cet indicateur ne convient pas : l'indicateur 4.1.1 n'est pas un indicateur de *composition* en essences mais de *diversité locale* en essences.
- ✓ Le sujet abordé par l'indicateur est plutôt pertinent, même si le domaine d'application de l'indicateur¹ est mal défini. D'après l'état des connaissances actuel, le niveau de mélange est à augmenter "en valeur moyenne" sous essence principale exotique et "en variance" sous les essences autochtones.
- ✓ Nous proposons de revoir la présentation en enlevant les informations relatives à la surface terrière, et en modifiant le tableau de présentation, notamment de façon à pouvoir avoir une interprétation à la fois en valeur moyenne et en variance. Il faudrait aussi réfléchir à un indicateur de biodiversité lié à l'abondance des essences (*cf.* indicateurs 1.1.4 et 1.2.2).
- ✓ Comme pour bon nombre d'autres indicateurs de biodiversité, des projets de recherche sur jeux de données conséquents permettraient de mieux cerner ce qu'indique cet indicateur, ainsi que les mécanismes en jeu.

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

- ✓ Thème important, surtout vis-à-vis des espèces forestières pionnières, des espèces forestières de stades âgés, de la diversité génétique des peuplements.
- ✓ L'indicateur, centré sur les surfaces en régénération et ventilé par type de régénération (naturelle ou artificielle), est pertinent et donne les informations de base pour le thème "régénération".
- ✓ Toutefois, l'interprétation vis-à-vis des essences pionnières et de forêts matures nécessiterait des informations complémentaires : taille des trouées, durée moyenne de régénération, âge d'exploitabilité, répartition spatiale par rapport aux peuplements âgés.
- ✓ Besoin d'approfondir les connaissances sur les avantages et inconvénients des régénérations par petites trouées. Pour la régénération artificielle, pas de données mobilisables pour estimer la diversité génétique des matériels forestiers de reproduction utilisés.

- **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)

- ✓ Rechercher un indicateur synthétique du gradient de naturalité est très pertinent ;
- ✓ Il est approché par le biais de l'empreinte du forestier (exploitation, sylviculture), mais ne parvient pas à un résultat satisfaisant (imprécision des classes retenues) ;
- ✓ Un indicateur fidèle en 5/6 catégories peut être proposé à partir des données IFN ;

- ✓ À moyen terme, un indicateur complémentaire de naturalité pertinent serait la continuité temporelle du boisement. Une cartographie des boisements anciens est proposée pour toute la France et fournirait un outil utile aux gestionnaires comme aux chercheurs.

- **Indicateur n°4.3.1 : Surface de futaies régulières très âgées constituant des habitats spécifiques** (thème : caractère naturel)

- ✓ Le thème abordé est pertinent du point de vue de la biodiversité.
- ✓ Cet indicateur est très pertinent car lié directement à la présence des nombreuses espèces ayant des niches très spécialisées (cavicoles, saproxylophages, ...) mais il doit être amélioré.
- ✓ Cet indicateur doit être étendu, au-delà des seules futaies régulières, à la caractérisation de l'abondance de tous les bois sénescents, quelle que soit la structure du peuplement. Il ne peut donc plus être basé sur la seule mesure de l'âge des futaies.
- ✓ Un important effort de recherche est nécessaire, notamment pour caractériser ces habitats spécifiques et mieux connaître les mécanismes en jeu.

- **Indicateur n°4.4 : Surface de forêts et autres terres boisées composées principalement d'essences introduites** (thème : essences introduites)

- ✓ Le thème abordé est très pertinent, car l'introduction d'essences exotiques modifie fortement la biodiversité des écosystèmes forestiers, souvent dans le sens d'un appauvrissement.
- ✓ La pertinence de cet indicateur peut être améliorée en modifiant 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 et d'expertise collective.

- **Indicateur n°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** (thème : bois mort)

- ✓ L'indicateur aborde un sujet très important pour la biodiversité forestière.
- ✓ Compte tenu des données existantes (bois mort de moins de cinq ans), l'indicateur proposé est néanmoins pratiquement inutilisable et peu en lien avec son sujet.
- ✓ Un gros travail de modification du protocole doit donc être entrepris pour qu'un indicateur crédible de ce type puisse voir le jour. Par ailleurs, des données plus riches devraient permettre d'avoir une présentation plus fouillée de cet indicateur.
- ✓ Des projets de recherche sur jeux de données conséquents permettraient de mieux cerner les conditions optimales de validité de cet indicateur.

- **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)

- ✓ Il est primordial d'avoir des indicateurs de la diversité génétique des espèces, en particulier pour les essences forestières, qui sont les objets directs de la gestion forestière.

- ✓ L'indicateur actuel comporte deux parties à distinguer nettement : utilisation des ressources génétiques (production de semences) et conservation des ressources génétiques (réseau de peuplements conservatoires). Si la partie "conservation" est pertinente pour la diversité génétique des essences forestières, la partie "utilisation" est inadaptée dans sa présentation actuelle.
- ✓ Pour avoir un sens vis-à-vis de la diversité génétique des semences produites et utilisées en reboisement , la partie "utilisation" doit être recentrée sur le nombre de régions de provenance par essence et sur l'utilisation effective de ces peuplements (les données existent). La partie "conservation" peut être améliorée en la rapportant à l'aire de répartition de l'essence et en analysant l'exhaustivité du réseau.
- ✓ Il serait intéressant d'évaluer la diversité génétique des lots de graines utilisées en reboisement, ou au moins les efforts réalisés en ce sens, mais il n'y a pas de données mobilisables actuellement.

- **Indicateur n° 4.7 : Organisation spatiale du couvert forestier du point de vue paysager** (thème : organisation du paysage)

- ✓ Le thème abordé est très pertinent du point de vue de la biodiversité.
- ✓ Dans sa formulation actuelle, la pertinence de l'indicateur est limitée aux gros animaux (mobilité) et aux espèces d'intérieur.
- ✓ L'indicateur doit être complété par la taille moyenne des surfaces d'intérieur et l'isolement moyen des taches (connectivité). Il serait utile de cibler les stades forestiers connus pour abriter des espèces peu mobiles (stades âgés, peuplements riches en bois mort).
- ✓ Des travaux de recherche sont nécessaires pour définir des seuils critiques de fragmentation des massifs forestiers (ou habitats intra-massifs) par espèce.

- **Indicateur n° 4.7.1 : Longueur de lisière à l'ha** (thème : organisation du paysage)

- ✓ Le thème abordé est très pertinent du point de vue de la biodiversité.
- ✓ La question des lisières forêt-non forêt et des lisières intra-forestières est pertinente mais la formulation de l'indicateur est à revoir.
- ✓ L'indicateur doit être reformulé sous la forme d'un indice de compacité et complété par la longueur totale des lisières ainsi que par la longueur de lisières entre zone périphérique et intérieur de la forêt.
- ✓ Des travaux de recherche sont nécessaires pour définir des seuils critiques de ratio lisière/surface des massifs forestiers par espèce.

- **Indicateur n° 4.7.2 : Longueur de lisière à l'ha par type de peuplement national IFN** (thème : organisation du paysage)

- ✓ Le thème abordé est très pertinent du point de vue de la biodiversité.
- ✓ 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.
- ✓ L'indicateur doit être reformulé en utilisant la nature de l'interface pour chacun des types de peuplement nationaux et complété par le nombre et la surface moyenne de ces derniers. Il serait utile de cibler les stades forestiers connus pour abriter des espèces peu mobiles (stades âgés, peuplements riches en bois mort).
- ✓ Des travaux de recherche sont nécessaires pour définir des seuils critiques de fragmentation des habitats intra-massifs par espèce.

- **Indicateur n° 4.7.3 : Coupes fortes et rases** (thème : organisation du paysage)

- ✓ Le thème abordé est très pertinent du point de vue de la biodiversité.
- ✓ L'indicateur est incomplet, ce qui limite les possibilités d'interprétation.
- ✓ L'indicateur doit être complété par la taille, la topographie, l'orientation et la disposition des coupes au sein du massif.
- ✓ Des travaux de recherche sont nécessaires pour définir des seuils critiques d'intensité et de taille de coupes de régénération qui entraînent une perte des espèces forestières sensibles et/ou l'invasion par des non-forestières. L'extension des travaux en cours à l'IFN sur la cartographie des coupes rases par télédétection est également recommandée.

- **Indicateur n°4.8 : Proportion d'espèces forestières menacées, classées conformément aux catégories de la Liste Rouge de l'UICN** (thème : espèces forestières menacées)

- ✓ Le thème abordé est très pertinent.
- ✓ L'absence d'information sur la flore méditerranéenne et des imprécisions méthodologiques pénalisent sa fiabilité.
- ✓ Un ajustement simple mais impératif est proposé.
- ✓ 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)

- ✓ Le thème abordé est très pertinent.
- ✓ Cet indicateur a été très nettement amélioré en 2005 et représente une base solide, synthétique et internationalement lisible.
- ✓ Il est utile de le compléter par un indicateur des « forêts à haute valeur pour la conservation », notion utile mesurant les enjeux de conservation au sens large. Mieux faire le lien avec les observatoires (RNF, ONF, MNHN, ...) sur les espèces et les espaces protégés (biodiversité protégée, bon état de conservation).
- ✓ Pas de besoin de recherche spécifique à cet indicateur.

- **Indicateur n° 4.9.1 : Densité de cervidés aux 100 hectares** (thème : forêts protégées)

- ✓ 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 cet 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.
- ✓ Un nouvel indicateur plus pertinent pourrait consister à suivre la surface des massifs menacés de déséquilibre en terme de biodiversité du fait de la pression des grands herbivores.
- ✓ Les besoins de recherche sont importants, notamment pour déterminer l'impact des cervidés sur la biodiversité en général, et la biodiversité floristique en particulier.

4.2 Principales propositions d'amélioration

La **pertinence** du thème abordé par chacun des 15 indicateurs – au regard de la biodiversité en général et du thème de la CMPFE en particulier – est généralement forte. Une modification du libellé du thème est cependant demandée pour 7 indicateurs (4.1, 4.1.1, 4.6, 4.7, 4.7.1, 4.7.2, 4.9.1).

Par contre, l'**adéquation** entre l'indicateur proposé et le thème abordé est le plus souvent insuffisante.

Divers cas de figure ont été relevés : présentation ou formulation inadaptées, domaine d'application limité ou mal défini, définitions et méthodologie insatisfaisantes, informations complémentaires manquantes. Tous ces éléments conduisent à limiter la pertinence de l'indicateur et les possibilités de l'interpréter au mieux (commentaires insuffisants).

Le seul indicateur actuellement satisfaisant en l'état est l'indicateur 4.9 « forêts protégées ». On peut d'ailleurs noter qu'il correspond au seul indicateur qui a pu être notablement amélioré par l'IFN entre la version 2000 et 2005 des Indicateurs nationaux, ce qui confirme l'intérêt du travail d'évaluation présenté.

De nombreuses **propositions d'amélioration** ont été développées dans les fiches d'évaluation (voir annexe 1) et peuvent être résumées comme suit.

4.2.1 Présentation de l'indicateur

Il serait souhaitable que l'intitulé de l'indicateur corresponde à son contenu exact et non à la traduction littérale des libellés anglais de la CMPFE. Plus spécifiquement, les libellés des indicateurs 4.1.1, 4.3.1, 4.4, 4.6 et 4.7 sont à revoir.

La formulation de l'indicateur est parfois à revoir, notamment les variables analysées (4.1, 4.1.1, 4.5, 4.6, 4.7.2, 4.7.3, 4.8) ou/et les critères de ventilation (4.1, 4.1.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5). Les données présentées devraient systématiquement être accompagnées d'un écart-type, ce qui faciliterait les commentaires.

Certains indicateurs gagneraient à être présentés sous forme de cartes afin de spatialiser l'information (4.2, 4.3.1, 4.4, 4.6, 4.9). D'autres cartes dont l'interprétation est délicate devraient être supprimées (4.1). Enfin, l'ajout de graphiques est parfois recommandé (4.9).

4.2.2 Domaines d'application

L'intérêt de cibler les domaines d'application les plus pertinents a été souvent souligné. Il s'agit de focaliser l'indicateur sur :

- les zones ou les espèces les plus sensibles : aires protégées, espèces menacées, groupes clés pour la biodiversité (4.7, 4.7.1, 4.9.1) ;
- les stades forestiers les plus représentatifs : forêts anciennes, stades très âgés, peuplements riches en bois mort (4.7, 4.7.2) ;
- les zones présentant des évolutions fortes (4.9).

4.2.3 Définitions et méthodologie

Les problèmes soulevés par les définitions et la méthodologie employées sont fréquents et appellent des réponses spécifiques.

La modification du protocole de terrain IFN est recommandée lorsqu'il est jugé inadapté comme pour l'estimation du bois mort (4.5).

D'autres définitions doivent être affinées par une amélioration des connaissances : régionalisation des listes d'essences exotiques (4.4), classes de naturalité (4.3), âges seuils des futaies très âgées (4.3.1), liste d'arbres forestiers (4.4), notion de massif forestier (4.7). Des groupes de travail devraient être constitués afin d'approfondir ces questions.

Un certain nombre de lacunes seraient également à combler : données sur les formations boisées non disponibles pour la production (4.1, 4.1.1, 4.3, 4.3.1, 4.4, 4.5), espèces menacées de la flore méditerranéenne (4.8), contours numérisés de certains espaces protégés (4.9), taille des coupes rases (4.7.3).

Par ailleurs, il serait utile de coupler les données IFN présentées avec certaines données géographiques externes à l'IFN (4.7).

Enfin, l'apport de nouvelles données IFN postérieures à l'édition 2005 des Indicateurs nationaux ou en cours de validation devrait permettre d'améliorer ces définitions et la méthodologie employée : seuils des surfaces cartographiées (4.7, 4.7.2), distance à la lisière (4.7.1), bois mort total (4.5), traces de gestion (4.3).

4.2.4 Informations ou indicateurs complémentaires

L'évaluation des indicateurs a conduit à repérer quelques informations ou indicateurs complémentaires qu'il serait utile de développer pour une meilleure approche de la biodiversité forestière :

- abondance des essences forestières (4.1.1)
- taille des coupes de régénération (4.2, 4.7.3)
- travaux de préparation du sol (4.2)
- présence de forêts anciennes (4.3)
- présence d'espèces herbacées introduites (4.4)
- abondance des espèces invasives (4.4)
- diversité génétique des matériels forestiers de reproduction ou mesures la favorisant (4.2, 4.6)
- régions de provenance des peuplements sélectionnés (4.6)
- surface d'intérieur des massifs (4.7)
- forêts à haute valeur pour la conservation (4.9)
- pression d'herbivorie sur les massifs (remplace le 4.9.1)

Par ailleurs, l'application de nouveaux critères de ventilation (voir § 4.2.1) conduirait à proposer la collecte de nouvelles données : abondance des essences forestières, types de stations, types d'habitats, types de forêts détaillés selon la nouvelle nomenclature de l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE), stades successionnels, types de gestion (4.1, 4.1.1, 4.5), stades de régénération, préparation du sol (4.2), traces de gestion (4.3 – en cours à l'IFN), classes de maturité (4.4).

L'ensemble de ces données concerne *a priori* l'IFN qui devra analyser en détail leur degré de faisabilité à court et moyen terme. En première approche, on peut considérer que les traces de gestion (en cours à l'IFN) et les travaux de préparation du sol sont des informations faciles à relever sur le terrain ; le recueil des autres données devra faire l'objet de tests préalables et en priorité, la typologie européenne des forêts de l'AEE qui pourrait devenir prochainement l'un des critères de ventilation des indicateurs de la CMPFE.

4.2.5 Commentaires

Il est proposé d'ajouter un argumentaire en début de commentaire pour justifier la pertinence de l'indicateur, comme c'est le cas dans certaines éditions européennes (Forestry Commission, 2002).

La mention de l'écart-type des indicateurs présentés devrait aussi permettre d'analyser la signification des évolutions de façon plus fiable.

De façon générale, l'ensemble des améliorations proposées devrait conduire à des commentaires plus adéquats.

4.3 Besoins prioritaires de recherche

Les besoins de recherche identifiés dans ce travail sont de nature assez variée ; on peut les classer rapidement ainsi :

1- mobilisation de connaissances complémentaires en vue de préciser l'indicateur lui-même. Ce point a été souligné pour les indicateurs **4.3** (cartographie des boisements anciens), **4.4** (caractérisation de la zone d'indigénat des essences présentes en France), **4.6** (développer des indicateurs relatifs à la production et à l'utilisation des matériels forestiers de reproduction), et **4.8** (développer des référentiels d'espèces forestières pour les lichens et les bryophytes, et développer des listes rouges pour les lichens, bryophytes, coléoptères et champignons). La recherche de valeurs de référence, par exemple dans les forêts non exploitées ou semi-naturelles (*cf.* indicateur **4.1**), peut aussi se rattacher à cette catégorie. Ces questions importantes ne relèvent pas toujours de l'activité de recherche, mais parfois plutôt d'un processus de développement ou d'expertise. Dans ce dernier cas, on peut envisager une réponse relativement simple à mettre en œuvre, même si elle peut être relativement coûteuse (cas de la cartographie des forêts anciennes à l'échelle de la France). Au contraire, elles nécessitent parfois d'importants programmes de recherche. C'est le cas par exemple de la connaissance des zones d'indigénat des essences françaises qui nécessite un travail de paléoécologie et de génétique de longue haleine, entamé depuis de nombreuses années et encore largement inachevé.

2- nouvelles études et/ou analyses de données déjà existantes pour préciser le caractère indicateur de biodiversité de l'indicateur choisi. Comme le soulignent par exemple Vos *et al.* (2000), le manque de connaissance sur le lien entre l'indicateur et ce qu'il indique est une des principales faiblesses de la plupart des systèmes d'indicateurs. Souvent, on ne sait même pas ce qui est indiqué par l'indicateur. C'est le cas pour la plupart des indicateurs de biodiversité forestière actuels (par exemple pour les indicateurs 4.1, 4.1.1, 4.2, 4.3.1, 4.4, 4.7, 4.7.1, 4.7.3, 4.9, 4.9.1). Les objectifs de ces analyses seraient de :

- (i) préciser les groupes taxonomiques, les groupes écologiques voire les espèces associées positivement ou négativement à l'indicateur ;
- (ii) quantifier cette relation², par grand type stationnel, grande essence dominante et grand stade successional (ou alors uniquement en peuplements "adultes"), éventuellement en testant des hypothèses formulées *a priori* ;
- (iii) préciser les échelles de pertinence et de validité de l'indicateur (*cf.* 4.1, 4.1.1, 4.3.1, 4.4, 4.5).

² en incluant dans ce volet de quantification la forme de la relation : linéaire, exponentielle, logistique, ...

Les groupes taxonomiques qui pourraient être étudiés sont :

- les oiseaux, la flore vasculaire (données existantes et publications), et peut-être un ou deux groupes supplémentaires potentiellement intéressants (par exemple : insectes de la litière, lichens, ...) pour les indicateurs 4.1, 4.1.1, 4.4, 4.2, 4.7, 4.7.1, 4.7.3, 4.9.1 ;
- des taxons saproxyliques et/ou cavicoles *au moins* pour les indicateurs 4.3.1, 4.5 et 4.9.

Il est possible que le travail puisse être fait à travers une méta-analyse pour des indicateurs déjà bien étudiés (4.2) et si l'on accepte une méta-analyse non restreinte aux données françaises ou européennes. Par contre, il est probable que pour la plupart des autres indicateurs, de nouvelles données seront nécessaires. Pour la plupart des indicateurs actuels, la relation entre l'indicateur et la partie de la biodiversité qu'il indique résultera d'un complexe de causalités. Ce complexe de facteurs évoluera très probablement, par exemple en lien avec le changement climatique. C'est pourquoi l'idéal est de prévoir de vérifier la permanence de ces relations dans le futur, par exemple en développant un suivi "direct" de biodiversité.

3- études sur des mécanismes sous-jacents au lien entre indicateur et biodiversité.

On peut notamment l'envisager pour des indicateurs en lien assez direct avec la biodiversité (4.2, 4.4, 4.5, 4.9).

Un programme structurant émerge, qui concernerait les indicateurs 4.4 et 4.5, sur le lien entre sénescence, bois mort et biodiversité. Il comprendrait non seulement le test des indicateurs, mais aussi une meilleure connaissance des mécanismes sous-jacents à ce lien : par exemple, quels sont les mécanismes qui expliquent le lien entre âge élevé des arbres et présence de certaines espèces ? Quels sont les effets respectifs du diamètre des troncs, de la présence des blessures, de la composition chimique du bois et des écorces, ... sur la préférence de certaines espèces pour ces arbres âgés ? Dans le cas des bois morts, quels sont les mécanismes physiologiques et écologiques à l'origine du lien entre taille des bois morts, état de décomposition, nature de l'essence et présence des espèces ? Ce programme pourrait être développé en lien avec la mise en place d'un suivi d'espèces saproxyliques (au niveau français ou européen).

Conclusion et perspectives

La partie 1 a l'avantage d'être en partie réalisable assez rapidement (expertise complémentaire et développement), si les investissements *ad hoc* sont faits, et de compléter immédiatement des manques identifiés dans les fiches. Les propositions faites dans les parties 2 et 3 (nouvelles études ou analyses sur les patrons de réponse et sur les mécanismes) sont plus ambitieuses et nécessiteront davantage d'efforts de recherche sur le moyen ou le long terme. L'intérêt du développement de ces parties dépend de l'objectif du suivi des indicateurs de gestion durable des forêts européennes et françaises. Si l'objectif est de disposer d'un vrai outil de pilotage et de diagnostic de la politique et de la gestion forestière, on ne pourra pas se contenter ou bien d'un seul suivi d'espèces, ou bien d'un seul suivi de variables dendrométriques ou écologiques (Vos *et al.*, 2000) : il faut alors disposer des deux types d'information et les relier par des analyses statistiques ; le cas échéant, notamment quand il y a un problème (Underwood, 1995), une étude plus fine sur les mécanismes sous-jacents peut s'avérer utile. Les pistes de recherche proposées devraient par ailleurs déboucher sur des conseils aux gestionnaires plus contextualisés, faisant d'une pierre deux coups ...

5 Discussion

Afin de compléter cette analyse, une évaluation de la cohérence d'ensemble des indicateurs de biodiversité est proposée ainsi qu'une confrontation avec les propositions du Programme Forestier National et de la Stratégie Nationale de la Biodiversité.

5.1 Cohérence d'ensemble

Les indicateurs de développement durable sont généralement structurés selon un **modèle conceptuel** bien défini. Concernant les indicateurs environnementaux, le modèle recommandé par l'Agence européenne de l'environnement et utilisé par le MEDAD est le modèle DPSIR (forces motrices – pression – état – impact – réponse). Une analyse de ce type est d'ailleurs proposée par les forestiers nordiques (Stokland *et al.*, 2003).

Le modèle **DPSIR** s'articule en cinq éléments, tous reliés par des liens de causalité : une **force motrice**, c'est-à-dire une activité ou un développement humain, provoque une **pression** sur l'environnement, caractérisée de façon quantitative et qualitative. Celle-ci se traduit par une modification de l'**état** général de l'environnement pouvant avoir un **impact** sur l'homme, l'environnement, l'économie, ... Cet impact entraîne une **réponse** de la société qui se traduit à son tour par la mise en oeuvre d'instruments qui vont agir sur les quatre éléments précédents.

Une première tentative de classement des 15 indicateurs nationaux de biodiversité dans ces différents éléments a montré l'absence d'indicateurs de force motrice et le très faible nombre d'indicateurs d'impact (un seul indicateur : les espèces menacées). Il paraît ainsi nécessaire de construire le modèle DPSIR avec l'ensemble des indicateurs de gestion forestière durable, tous critères confondus (production, santé et vitalité, facteurs socio-économiques, ...). Ce constat nous a conduit à privilégier un modèle plus simple pour les seuls indicateurs de biodiversité : le **modèle Pression – Etat – Réponse** (PER). Celui-ci fournit une première évaluation de la cohérence d'ensemble de ces indicateurs et permet de mettre en lumière certaines lacunes.

Les 15 indicateurs de biodiversité se répartissent en **5 indicateurs de pression, 8 indicateurs d'état et 2 indicateurs de réponse**. La prédominance des indicateurs d'état et la faiblesse des indicateurs de réponse entraînent un certain déséquilibre du système d'indicateurs. Ce constat peut être généralisé à l'ensemble des indicateurs de gestion forestière durable de la CMPFE.

Il est sans doute lié au fait que les réponses de la société aux menaces qui pèsent sur la biodiversité sont censées être appréhendées par les indicateurs **qualitatifs** de la CMPFE ; ces derniers présentent les progrès accomplis vers la gestion forestière durable entre deux Conférences, dans les domaines institutionnel, juridique, économique, financier et informationnel.

Par ailleurs, la plupart des indicateurs d'état sont actuellement des indicateurs indirects, ce qui reflète surtout la difficulté d'inventorier tous les taxons présents dans l'écosystème forestier.

Le classement des 15 indicateurs dans la structure PER a ainsi conduit à proposer quelques **indicateurs supplémentaires** qui n'avaient pas été envisagés dans les fiches d'évaluation.

Afin de compléter cette analyse, les éventuelles **corrélations entre indicateurs** (y compris ceux des autres critères) ont été mentionnées.

La classification proposée n'est pas figée. Si les indicateurs directs de biodiversité (diversité des taxons eux-mêmes) caractérisent sans ambiguïté un état de l'environnement, il n'en est

pas de même pour les indicateurs indirects qui peuvent jouer le double rôle d'indicateurs de pression et d'état. En effet, les interactions dans les écosystèmes font que ce qui est un état pour un groupe taxonomique est le plus souvent une pression pour un autre. La pression d'herbivorie par exemple est à la fois un indicateur d'état des populations de cervidés mais aussi un indicateur de pression sur la diversité en espèces végétales.

Ces propositions ne constituent donc que l'ébauche d'un travail qu'il serait utile de développer dans les prochaines années. Elles sont détaillées ci-dessous et résumées dans le tableau 2.

5.1.1. Indicateurs de pression

Les indicateurs de pression peuvent être regroupés en 4 thèmes : gestion forestière courante, fréquentation, implantation d'infrastructures extra-forestières et changement climatique.

a. Gestion forestière courante :

4.2 Régénération

4.4 Essences introduites

4.7.3 Coupes fortes et rases

4.9.1 Pression d'herbivorie (remplace « densité de cervidés »)

Ajouts :

- travaux de préparation du sol (en complément de l'indicateur 4.2) ;

- âges d'exploitabilité observés ;

- traitement par intrants chimiques (fertilisants, amendements, phytocides, insecticides) ; à relier aux indicateurs 2.1 et 2.2.

b. Fréquentation (exploitation, tourisme, ...)

Un indicateur pourrait être ajouté, notamment la densité du réseau de desserte forestière ; à relier à l'indicateur 4.7.

c. Implantation d'infrastructures extra-forestières (transport, urbanisation)

Un indicateur pourrait être ajouté, qui reste à déterminer ; à relier aux indicateurs 4.7 et 4.7.1.

d. Changement climatique :

Un indicateur pourrait être ajouté, qui reste à déterminer.

L'indicateur 4.3 (degré de naturalité des forêts) peut être considéré comme étant la résultante de tous les autres indicateurs de pression. Cet indicateur est évalué sous l'angle de l'empreinte écologique des activités humaines (forestières et autres) ; il serait également utile d'apprécier le degré de naturalité des forêts sous l'angle fonctionnel.

5.1.2. Indicateurs d'état

Les indicateurs d'état de la biodiversité ont été séparés en « indicateurs directs » et « indicateurs indirects » ; les indicateurs de pression auxquels ils sont directement reliés ont été mentionnés.

a. indicateurs directs :

4.1 et 4.1.1 Diversité en essences (à regrouper en un seul indicateur) ; à relier aux indicateurs 4.2 et 4.4

4.8 Espèces menacées

Ajouts :

- diversité génétique des essences forestières ;
- diversité en espèces (suivi de groupes d'espèces sélectionnées dont celles concernées par les plans de restauration : oiseaux, mammifères, flore ou espèces indicatrices de ces groupes). A terme, il faudrait envisager le développement de techniques permettant la caractérisation de la diversité de tous les groupes taxonomiques, incluant tous les invertébrés et les microorganismes ;
- richesse en espèces végétales, ventilées par cohortes (espèces forestières, non forestières, ...) ;
- abondance des espèces invasives ; à relier à l'indicateur 4.4.

b. indicateurs indirects :

- au niveau paysage :

4.7 et 4.7.1 Fragmentation des massifs ; à relier à l'indicateur « infrastructures » ;

4.7.2 Fragmentation des types de peuplement ; à relier à l'indicateur 4.7.3

Ajouts :

- forêts anciennes ;
- suivi des forêts à haute valeur pour la conservation ; à relier à l'indicateur 4.9 et à l'indicateur « certification ».

- au niveau intra-peuplement :

4.3.1 Peuplements âgés ; à relier aux indicateurs 4.2 et 4.7.3

4.5 Bois mort ; à relier à l'indicateur 4.3

Ajout : surface de peuplements pionniers ; à relier à l'indicateur 1.1.4

D'autres indicateurs d'état issus d'autres critères de gestion durable seraient à commenter sous l'angle de la biodiversité. Il s'agit :

- pour le critère 1 (Ressources forestières et cycles du carbone), des indicateurs 1.1 à 1.1.4, 1.2 à 1.2.2 et 1.3, qui traitent des surfaces et volumes sur pied par structure, essence, âge et diamètre ;
- pour le critère 2 (Santé et vitalité des écosystèmes forestiers), de l'indicateur 2.2 sur l'état du sol, notamment le niveau d'acidité et de disponibilité en azote ;
- pour le critère 3 (Fonctions de production des forêts), de l'indicateur 3.1 sur l'équilibre entre production et récolte.

5.1.3. Indicateurs de réponse

Les indicateurs de réponse quantitatifs concernent deux types de gestion forestière : la gestion forestière courante et la gestion conservatoire.

a. gestion forestière courante :

4.6 Utilisation des ressources génétiques (4.6 a)

Ajouts :

- formation / sensibilisation des propriétaires et gestionnaires à la biodiversité ;

- intégration des pratiques en faveur de la biodiversité dans les processus de certification forestière et d'aménagement.

b. gestion conservatoire :

4.6 Conservation des ressources génétiques (4.6 b)

4.9 Forêts protégées

Ajouts :

- plans de restauration d'espèces forestières menacées ;
- observatoires nationaux de la biodiversité.

Ces deux indicateurs sont à relier à l'indicateur d'état « Diversité en espèces ».

PRESSION	ETAT	REPONSE
Gestion courante 4.2 Régénération 4.4 Essences introduites 4.7.3 Coupes fortes et rases 4.9.1 Pression d'herbivorie* Ajouts Travaux de préparation du sol Ages d'exploitabilité observés Traitement par intrants chimiques	Indicateurs directs 4.1 et 4.1.1 Diversité en essences (à regrouper en un seul indicateur) 4.8 Espèces menacées Ajouts Diversité génétique des essences forestières Diversité en espèces (dont celles concernées par les plans de restauration) Richesse en espèces végétales Abondance des espèces invasives	Gestion courante 4.6a Utilisation des ressources génétiques Ajouts Formation / sensibilisation des propriétaires et gestionnaires à la biodiversité Intégration des pratiques en faveur de la biodiversité dans les processus de certification forestière et d'aménagement
Fréquentation Densité du réseau de desserte forestière	Indicateurs indirects <u>Au niveau paysage</u> 4.7 et 4.7.1 Fragmentation des massifs 4.7.2 Fragmentation des types de peuplement Ajouts Forêts anciennes Suivi des forêts à haute valeur pour la conservation	Gestion conservatoire 4.6b Conservation des ressources génétiques 4.9 Forêts protégées Ajout Plans de restauration d'espèces forestières menacées Observatoires nationaux de la biodiversité
Implantation d'infrastructures extra-forestières Ajout à définir	<u>Au niveau intra-peuplement</u> 4.3.1 Peuplements âgés 4.5 Bois mort Ajout Surface de peuplements pionniers	
Changement climatique Ajout à définir		
Résultante des indicateurs de pression 4.3. Degré de naturalité des forêts		

* : remplace « densité de cervidés »

Tableau 2 : Classement des indicateurs de biodiversité selon le modèle PER

5.2 Cohérence avec le Programme Forestier National et le plan d'action « forêt » de la Stratégie Nationale de la Biodiversité

Le plan d'action « forêt » de la Stratégie Nationale de la Biodiversité et le volet « biodiversité » du Programme Forestier National ont été élaborés par une réflexion commune associant l'ensemble des partenaires.

Le **plan d'action « forêt » de la Stratégie Nationale de la Biodiversité (SNB)** est décliné en **6 objectifs transversaux** :

- mieux cibler les actions de protection et mesurer leurs effets sur la biodiversité ;
- mieux prendre en compte la biodiversité dans la gestion forestière aux différentes échelles ;
- compléter les réseaux d'espaces protégés et les plans de restauration d'espèces protégées, améliorer l'efficacité de ces dispositifs – promouvoir la gestion des sites Natura 2000 ;
- renforcer la coordination et la concertation au plus proche du terrain et simplifier les procédures ;
- informer et former les propriétaires forestiers et les autres acteurs de la gestion forestière dans le domaine de la biodiversité ;
- sensibiliser et informer le grand public.

Ces 6 objectifs sont ensuite déclinés en 21 actions, pilotées par des indicateurs de suivi qui restent propres à la SNB.

Quant au **Programme Forestier National (PFN)**, ses rédacteurs ont considéré que son pilotage devait être assuré notamment par la publication nationale « Les indicateurs de gestion durable des forêts françaises ». Les principales propositions citées par le PFN pour préserver la biodiversité ordinaire et remarquable en métropole sont en accord avec la SNB et prévoient :

- 1) une meilleure caractérisation des milieux à préserver ;
- 2) une meilleure connaissance de la biodiversité ordinaire des massifs forestiers, notamment par le biais d'indicateurs synthétiques de biodiversité ;
- 3) la promotion de pratiques favorables à la biodiversité (diversification des sylvicultures, maintien du bois mort, présence optimisée de stades de vieillissement et sénescence, ...) ;
- 4) la mise en œuvre du réseau Natura 2000 de façon prioritaire ;
- 5) le renforcement du réseau d'aires protégées, notamment l'extension des réserves forestières intégrales ;
- 6) une limitation de la fragmentation des massifs et le maintien de leur connectivité ;
- 7) la sensibilisation et la formation des propriétaires et gestionnaires forestiers aux pratiques de gestion préservant la biodiversité ;
- 8) le développement de la certification forestière.

On peut considérer que les points **1 et 2** sont pris en compte par l'ensemble des **indicateurs de pression** et des **indicateurs d'état « directs »** cités plus haut.

Les points **3 à 6** sont en partie couverts par les indicateurs 2005 et complétés par les indicateurs supplémentaires proposés :

- **pratiques favorables à la biodiversité** : indicateur 4.2 (régénération incluant la taille des trouées), complété par l'indicateur de pression « âges d'exploitabilité observés », indicateurs 4.3.1 (peuplements âgés), 4.5 (bois mort) et 4.6 (ressources génétiques) ;
- **aires protégées y compris Natura 2000** : indicateur 4.9 (forêts protégées), complété par l'indicateur d'état « Suivi des forêts à haute valeur pour la conservation » et les indicateurs de réponse « Plans de restauration d'espèces forestières menacées » et « Observatoires nationaux de la biodiversité » ;
- **fragmentation et connectivité des massifs** : indicateurs 4.7 à 4.7.2.

Les points **7 et 8** sont partiellement pris en compte par les indicateurs complémentaires « **Formation / sensibilisation** des propriétaires et gestionnaires à la biodiversité » et « Intégration de la biodiversité dans les processus de **certification** forestière et d'aménagement ».

L'ensemble d'indicateurs proposé dans le tableau 2 paraît ainsi englober la majeure partie des préoccupations soulevées par le groupe de travail conjoint PFN-SNB.

Conclusion

L'analyse détaillée des quinze indicateurs nationaux de biodiversité a permis de dégager les principales améliorations possibles et les besoins de recherche à plus ou moins long terme.

Concernant les améliorations, il resterait à définir précisément la faisabilité de certaines propositions, notamment en faisant tester le recueil de mesures ou/et observations par l'IFN, principal fournisseur de données. D'autres actions plus spécifiques pourraient être développées (recherche des zones d'indigénat, cartographie des forêts anciennes, ...). Par ailleurs, les ajouts et modifications proposés devront être reliés aux conclusions du groupe « Biodiversité » de l'action Cost E43 en cours (harmonisation des inventaires forestiers nationaux européens) dont les travaux doivent aboutir fin 2008. Enfin, ces propositions ont montré l'intérêt de constituer des groupes d'experts sur certains sujets (définition de niveaux de naturalité, liste d'arbres forestiers, zones d'indigénat, ...).

Les besoins de recherche à plus long terme sont importants, notamment pour préciser certaines valeurs de référence, le caractère indicateur de biodiversité de l'indicateur choisi et les mécanismes sous-jacents au lien entre indicateur et biodiversité. Il semble important de disposer à la fois d'un suivi d'espèces et d'un suivi de variables dendrométriques ou écologiques mais surtout de relier par des analyses statistiques ces deux types d'information.

L'appréciation de la cohérence d'ensemble des indicateurs de biodiversité a montré la nécessité de repenser l'ensemble des indicateurs de gestion forestière durable, tous critères confondus, en définissant un cadre conceptuel rigoureux. Concernant les seuls indicateurs de biodiversité, l'application du modèle Pression – Etat – Réponse a déjà permis de compléter l'analyse par indicateur mais un travail d'approfondissement s'avère nécessaire.

Enfin, la confrontation du système d'indicateurs proposé avec les objectifs de la Stratégie Nationale de la Biodiversité et du Programme Forestier National a permis de vérifier la cohérence du système avec les objectifs conjoints de ces deux instances.

Ce rapport peut ainsi être considéré comme une base de travail pour l'amélioration continue des Indicateurs nationaux de biodiversité, notamment pour les futurs comités de pilotage chargés d'orienter leur contenu. Le chantier de l'édition 2010 devrait être entamé au 2^{ème} semestre 2009 : un certain nombre de propositions pourront être prises en compte à cette date mais d'autres demanderont des efforts à plus long terme. Souhaitons que le travail présenté contribue à l'amélioration de cette prochaine édition.

ANNEXES

Annexe 1 : fiches d'évaluation des indicateurs

Annexe 2 : liste des sigles et abréviations

Annexe 3 : bibliographie générale

Annexe 1 : fiches d'évaluation des indicateurs

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

Indicateur n° 4.1.1 : Pureté en surface terrière des peuplements par essence principale

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

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

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

Indicateur n° 4.4 : Surface de forêts et autres terres boisées composées principalement d'essences introduites

Indicateur n° 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

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

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

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

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

Indicateur n° 4.7.3 : Coupes fortes et rases

Indicateur n° 4.8 : Proportion d'espèces forestières menacées, classées conformément aux catégories de la Liste Rouge de l'UICN

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

Indicateur n° 4.9.1 : Densité de cervidés aux 100 hectares

Indicateur n°4.1

Thème : Composition en essences
--

Nom détaillé : Surface de forêts et autres terres boisées, classées par nombre d'essences présentes et par type de forêts
--

Résumé

- ✓ Le thème retenu par la CMPFE pour cet indicateur ne convient pas : l'indicateur 4.1 n'est pas un indicateur de *composition* en essences mais de *diversité locale* en essences.
- ✓ Cela étant, le sujet abordé par l'indicateur est plutôt pertinent, même si le domaine d'application de l'indicateur³ est mal défini. C'est un indicateur non fortement contredit par la bibliographie, aux effets en général positifs, et qui peut être gardé comme indicateur à augmenter "en valeur moyenne".
- ✓ Nous proposons de revoir la présentation de l'indicateur en enlevant les cartes, et en modifiant le tableau de présentation.
- ✓ Comme pour bon nombre d'autres indicateurs de biodiversité, des projets de recherche sur jeux de données conséquents permettraient de mieux cerner ce qu'indique cet indicateur, ainsi que les mécanismes en jeu.

Origine de l'indicateur

Conférences ministérielles pour la protection des forêts en Europe (CMPFE), Vienne 2003

Source actuelle des données

IFN

Pertinence

- ✓ **signification biologique** (interprétation non ambiguë, enjeux particuliers)

La richesse locale en essences est une caractéristique dendrométrique reliée à de nombreux gradients écologiques : à l'échelle mondiale, potentiellement à l'énergie lumineuse reçue et donc à la latitude ; au niveau plus régional, au type de station et au stade successional, notamment (Bergès, 2004). Dans la majorité de nos forêts (98,8%, cf. indicateur 4.3), la richesse locale en essences est par ailleurs façonnée directement par les choix des sylviculteurs (dégagements, nettoiemnts, éclaircies, essence objectif, normes sylvicoles, ...).

Les publications scientifiques et techniques rapportant une corrélation significative et positive entre richesse locale en essences et différentes parties de la "biodiversité" – abondance totale, richesse spécifique, abondance ou fréquence d'espèces – sont relativement peu nombreuses (quelques dizaines). Elles concernent principalement les oiseaux (James et Wamer, 1982, Peck, 1989, Dessolin, 1992, Ménard *et al.*, 1982, Poulsen, 2002) et la flore vasculaire (Auclair et Goff, 1971, Helliwell, 1978, Hicks, 1980), mais aussi les champignons (richesse en essences non strictement locale ; Schmit *et al.*, 2005). D'autres études rapportent l'absence de relation entre richesse locale en essences et biodiversité, pour les oiseaux (Moss, 1979) ou les insectes saproxyliques (Okland *et al.*, 1996).

Tous ces résultats sont de type observationnel – avec, pour les oiseaux, une réflexion sur des mécanismes sous-jacents, en termes de niche. Les plans d'échantillonnage ou les méthodes

³ Espèces bien représentées par cet indicateur et conditions écologiques dans lesquelles cet indicateur est pertinent.

d'analyse posent parfois des problèmes. Un problème récurrent – en vue de l'utilisation de la richesse en essences comme indicateur de gestion durable – est de savoir si l'éventuelle relation entre richesse locale en essences et biodiversité est d'abord expliquée par les variations stationnelles – *a priori* peu touchées par la gestion forestière – ou les stades de succession. Les travaux d'Auclair et Goff (1971), Peck (1989), et Schmit *et al.* (2005) posent problème de ce point de vue. En corollaire, on n'a pas forcément bien identifié le domaine écologique d'application de cette relation.

Par ailleurs, nous avons assez peu d'informations sur la magnitude de la relation entre richesse en essences et biodiversité (cf. un exemple de quantification à la fin de la partie "Propositions d'amélioration et besoins de recherche").

Enfin, l'échelle de mesure de la richesse en essences qui est optimum pour indiquer les différents pans de biodiversité, n'est pas du tout claire d'après la bibliographie. Il est probable que cette échelle dépendra du groupe taxonomique retenu. Il s'agit donc d'une question ouverte (cf. pistes de recherche).

Au total, l'indicateur 4.1 est un indicateur au domaine d'application (taxinomique, écologique) mal défini : il semble néanmoins être plus pertinent en peuplement "adulte" que dans les autres types de peuplements ; nous ne savons pas très bien non plus si les effets sont forts. C'est un indicateur non fortement contredit par la bibliographie, aux effets en général positifs, et qui peut donc être gardé comme indicateur à augmenter "en valeur moyenne", mais avec un niveau de priorité (ou de poids) par rapport aux autres indicateurs de biodiversité assez faible.

✓ **échelle spatiale**

- de présentation des résultats

Les résultats sont présentés – uniquement pour les "Forêts disponibles pour la production (hors peupleraies)" (soit environ 93% des forêts et bois) – : (i) par "type de forêts" (distinction entre feuillus/Résineux/Mixtes) ; et (ii) par région administrative et région IFN. La présentation est ainsi plus détaillée que dans la version de 2000 (qui ne distinguait pas les feuillus/résineux/mixtes, et ne présentait pas de carte). Le tableau de synthèse présente les résultats nationaux.

- des données de base

L'échelle spatiale des données de base est la placette de 20 ares autour du point de sondage IFN (rayon de 25 m).

✓ **domaines d'application** (régions, types forestiers, ...)

A priori, les résultats mentionnés ci-dessus sont surtout trouvés en peuplement "adulte" (ce terme désignant un peuplement assez haut par rapport à sa hauteur potentielle et assez "fermé"). **Il serait donc utile de présenter les résultats en peuplements "adultes"**, si l'on arrive à caler une définition satisfaisante de ce qu'on entend par peuplement adulte (cf. par exemple Stokland *et al.*, 2003).

Il pourrait être utile à terme de présenter les résultats par grand type stationnel, mais nous manquons de connaissances à l'heure actuelle sur la façon dont évolue la relation entre richesse en essences et biodiversité en fonction du type de station (cf. Propositions d'amélioration ci-dessous).

Définitions employées✓ **description**

Les données dendrométriques servant à calculer la richesse locale en essences sont issues des observations réalisées lors des relevés dendrométriques de l'IFN. Tous les arbres observés dans un rayon de 25 mètres autour du point de sondage, y compris les non recensables, sont pris en compte, avec des regroupements d'essences clairement mentionnés.

✓ **discussion**

La définition est claire. Le nouveau protocole de l'IFN permettra à l'avenir de distinguer toutes les essences, ce qui améliorera l'estimation du nombre d'essences présentes. Il serait néanmoins utile de stabiliser la liste des espèces d'arbres retenue par un travail collectif ouvert, et de définir ce qu'on entend par arbre un peu plus clairement (en lien avec l'indicateur 4.4).

Méthodologie✓ **description**

L'indicateur concerne les seules forêts (hors peupleraies) inventoriées disponibles pour la production de bois et non déboisées, à partir du nombre d'essences ou de groupes d'essences observées sur le cercle de rayon 25 m autour de chaque point de sondage. Les chênes rouvre, pédonculé et pubescent d'une part, les fruitiers et l'alisier torminal d'autre part ont été regroupés afin d'opérer des comparaisons dans le temps non biaisées. Tous les arbres observés dans un rayon de 25 mètres autour du point de sondage, y compris les non recensables, sont pris en compte.

✓ **problèmes rencontrés**

Le nouveau protocole IFN permettra de distinguer toutes les essences et de baser la prise en compte d'une essence sur son taux de couvert et non sur sa seule présence. Il restera à définir le seuil de couvert définissant cette prise en compte (seuil CMPFE de 5% ou autre), ou à présenter les résultats par classe de couvert (cf. suite)

Périodicité✓ **possible**

Annuelle sur la France entière (nouvelle méthode IFN)

✓ **souhaitable**

Vu qu'il correspond à des évolutions sur des pas de temps plutôt longs, une périodicité de publication de 5 ans semble suffisante.

Disponibilité des données (lacunes, récupération, format)

Lacunes : pas d'éléments sur les formations boisées non disponibles pour la production car non inventoriées au sol

Récupération : facile

Format : base de données

Fiabilité et précision des données

Fiabilité : *a priori*, élevée. Il y a probablement peu d'erreurs sur la détermination des essences et les doutes sur les 3 chênes pédonculé, rouvre et pubescent sont notés dans un code regroupé. Il serait néanmoins utile d'avoir des informations quantifiées sur un éventuel effet observateur sur le nombre d'essences relevées.

Précision : élevée

Coût de production de l'indicateur (hors coût d'acquisition des données)

Faible

Présentation de l'indicateur

Le thème retenu par la CMPFE ne convient pas : l'indicateur 4.1 n'est pas un indicateur de *composition* en essences mais de *diversité locale* en essences.

Les cartes 16 et 17 posent un problème : elles sous-entendent que l'indicateur est comparable entre régions françaises ou régions IFN, alors que son utilité éventuelle est, semble-t-il, diachronique. Il est fort probable qu'on voie dans ces deux cartes des effets d'abord stationnels et pas uniquement des effets de la gestion. Ne faudrait-il pas envisager une modélisation stationnelle et peut-être biogéographique de cet indicateur, dont les résidus seraient ensuite présentés sur une carte ? Ou alors une présentation des tendances par région ?

Par ailleurs, en termes de présentation, garder les mêmes catégories de richesse entre les cartes 16 et 17 en rendrait la lecture plus facile.

Le tableau est complet. Il ne semble pas pour sa part souffrir du problème précédent et reste lisible, mais un lecteur pressé le trouvera peut-être trop compliqué. Le tableau est même peut-être trop complet : est-ce vraiment utile de séparer les catégories : 1 essence, 2 essences... ? Ne faut-il pas plutôt travailler en moyenne de richesse en essences ? Si on se reporte à ce qui est fait dans la bibliographie, on aurait plutôt tendance à raisonner en moyenne. Pour analyser un peu plus finement les évolutions, il serait utile de ventiler les évolutions temporelles de ces richesses moyennes – et peut-être dans certains cas les chiffres bruts et non les évolutions temporelles – suivant les caractéristiques écologiques des placettes – par type de station ou type de forêt, par stade successional ou par classe de gestion – et suivant les caractéristiques des essences considérées – classes de taille des essences, classes d'abondance et classes d'indigénat.

Donner un numéro ou un nom au tableau, si possible. Faire des lignes de totaux partiels d'une couleur différente (car on a un peu de mal à se faire à la structure du tableau). Les totaux de surface ne semblent pas très intéressants. Ne sont-ils pas analysés dans les critères 1 et 2 ? La seule information utile pour lire le tableau est le taux global de variation annuel, à comparer aux taux annuels des placettes de différentes catégories.

Ne faut-il pas préciser quelque part que le taux de variation annuel concerne la surface (absolue) et non la surface relative ?

Par ailleurs, il serait utile de préciser les écarts-types des différents estimateurs (estimateurs de surface, estimateurs de % de surface?...). Cela rendrait le tableau difficilement lisible, mais l'information pourrait utilement être glissée dans les commentaires.

Lien avec d'autres indicateurs

Cet indicateur peut être corrélé, entre autres, à des indicateurs relatifs au volume du peuplement (indicateur 1.2), à la surface terrière et à la pureté des peuplements (indicateur 4.1.1), les types de régénération passés (indicateur 4.2 actuels et passés), le caractère naturel (indicateur 4.3), l'organisation des paysages (indicateur 4.7). Il est probablement aussi assez corrélé au type de station et au stade successional.

En termes d'interprétation, il semble utile d'évaluer les évolutions de richesse en essences par type de station, par grand type de stade successional, par grand type de classe de gestion

(cf. indicateur 4.3), et suivant les caractéristiques des arbres comptés : leur taille (hauteur ou diamètre), leur abondance ou taux de recouvrement local, et leur caractère indigène ou non (indicateur 4.4). Il faut notamment vérifier qu'un éventuel enrichissement de la richesse en essences d'un type de forêt ne se fait pas essentiellement avec des exotiques, exclusivement avec des arbres de petite taille ou de très faible abondance (rejoignant ainsi l'indicateur 4.1.1).

Qualité des commentaires

Il manque dans le commentaire ou la présentation une justification de l'utilisation de l'indicateur.

Le commentaire est globalement de qualité pour ce qui est du commentaire de l'indicateur lui-même. Il est factuel et assez rigoureux. Il pourrait être amélioré en introduisant un peu plus de perspectives écologiques et de pédagogie dans le texte, comme par exemple s'y essaient les commentaires de l'indicateur 4.1a suisse, mais en gardant la rigueur de la version française actuelle.

Les commentaires des cartes 16 et 17 présentent peu d'intérêt (voir les remarques ci-dessus).

Les commentaires relatifs aux problèmes d'interprétation en région méditerranéenne devraient quand même être plus précis (et en lien avec la justification) : cet indicateur n'est pas censé, compte tenu de son échelle, être représentatif de la diversité gamma des ligneux. On ne serait probablement pas amené à faire ce commentaire si on ne présentait pas les cartes 16 et 17 de cette façon.

Expérience des autres pays européens

Le travail suisse (Office fédéral de l'environnement, 2005, indicateur 4.1a) semble à première vue donner lieu à des commentaires plus stimulants sur le plan écologique (nous y reviendrons dans la fiche de l'indicateur 4.1.1). Mais il manque de rigueur sur plusieurs points :

- (i) la définition de ce qu'ils appellent diversité des essences (haut de la p. 74) n'est pas claire ;
- (ii) dans le début du texte, on oscille entre les termes essences et espèces, donnant le sentiment d'une confusion sur l'objet dont on parle ;
- (iii) il y a des contradictions dans le propos (par exemple : p. 74 : le propos est assez équilibré entre gestion intensive et forêts naturelles, faisant une distinction suivant les groupes taxonomiques favorisés par l'une et par l'autre ; alors que p. 75, la partie "soins aux forêts" est exclusivement au profit de la gestion forestière) ;
- (iv) certaines sous-parties sont à la limite du hors sujet (la sous partie soins aux forêts aurait plus sa place dans la partie 4.3 que dans le 4.1a) ;
- (v) le commentaire de la carte 4.1a.1 insiste sur le lien entre richesse d'essences et grand type de stations, rendant l'intérêt de cette carte moins fort dans une batterie d'indicateurs de gestion durable (cf. commentaires sur le même sujet ci-dessus dans le cas français).

Les rapports finlandais (Mikkilä *et al.*, 2001), des pays nordiques (Stokland *et al.*, 2003) et anglais (Forestry Commission, 2002) n'ont pas d'équivalent de l'indicateur 4.1. Le rapport anglais projette néanmoins de développer un indicateur de ce type (p 37).

Liste bibliographique (y compris travaux en cours)

- Auclair A.N. et Goff F.G., 1971, Diversity relations of upland forests in the western Great lakes area, *The American Naturalist*, 105, p. 499-528.
- Barbier S., Gosselin F., Chevalier R., Loussot P. et Bergès L., 2007, *Effects of tree species abundance and composition on understory diversity (Brie forests, France)*.
- Bergès L., 2004, Rôle des coupes, de la stratification verticale et du mode de traitement sur la biodiversité, in Gosselin M., Laroussinie, O. (Eds), *Gestion Forestière et Biodiversité : connaître pour préserver - synthèse bibliographique*, Co-édition Gip Ecofor - Cemagref Editions, Antony, p. 149-215.
- Dessolin J.L., 1992, *Etude ornithologique de l'Arboretum des Barres. Comparaison à d'autres milieux forestiers*, Diplôme d'Ingénieur, Nogent-sur-Vernisson, ENITEF, 70 p.
- Forestry Commission, 2002, *UK Indicators of sustainable forestry*, Economics & Statistics Unit, Forestry Commission, Edinburgh, United Kingdom, 104 p.
- Helliwell D.R., 1978, Floristic diversity in some central Swedish forests, *Forestry*, 51, 2, p. 151-161.
- Hicks D.J., 1980, Intrastrand distribution patterns of southern Appalachian forest herbaceous species, *American Midland Naturalist*, 104, p. 209-223.
- James F.C. et Wamer N.O., 1982, Relationships between temperate forest bird communities and vegetation structure, *Ecology*, 63, 1, p. 159-171.
- Ménard G., McNeil R. et Bouchard A., 1982, Les facteurs indicatifs de la diversité des peuplements d'oiseaux forestiers du sud du Québec, *Naturaliste Canadien*, 109, 1, p. 39-50.
- Mikkilä H., Sampo S. et Kaipainen J. (Eds), 2001, *The state of forestry in Finland 2000. Criteria and Indicators for Sustainable Forest Management in Finland*, Ministry of Agriculture and Forestry, Helsinki, 102 p.
- Moss D., 1979, Even-aged plantations as a habitat for birds, in Ford E.D., Malcolm D.C. et Atterson J. (Eds), *The ecology of even-aged forest plantations*, Cambridge, Institute of Terrestrial Ecology, p. 413-428.
- Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, 2005, *Rapport forestier 2005*, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) et Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL), Birmensdorf/Berne, 150 p.
- Okland B., Bakke A., Hagvar S. et Kvamme T., 1996, What factors influence the diversity of saproxylic beetles? A multiscaled study from a spruce forest in southern Norway, *Biodiversity and Conservation*, 5, 1, p. 75-100.
- Peck K.M., 1989, Tree species preferences shown by foraging birds in forestry plantations in northern England, *Biological Conservation*, 48, 1, p. 41-57.
- Poulsen B.O., 2002, Avian richness and abundance in temperate Danish forests: tree variables important to birds and their conservation, *Biodiversity and Conservation*, 11, 9, p. 1551-1566.
- Schmit J.P., Mueller G.M., Leacock P.R., Mata J.L., Wu Q.X. et Huang Y.G., 2005, Assessment of tree species richness as a surrogate for macrofungal species richness, *Biological Conservation*, 121, 1, p. 99-110.
- Stokland J., Eriksen R., Tomter S., Korhonen K., Tomppo E., Rajaniemi S., Söderberg U., Toet H. et Riis-Nielsen T., 2003, *Forest biodiversity indicators in the Nordic Countries. Status based on national forest inventories*, TemaNord, 514, 108 p.

Propositions d'amélioration et besoins de recherche (y compris valeurs de référence et sources alternatives de données)

Propositions d'amélioration

Présentation :

Il faudrait proposer à la CMPFE une modification du thème correspondant à cet indicateur : l'indicateur 4.1 n'est pas un indicateur de *composition* en essences mais de *diversité locale* en essences.

On pourrait simplifier le tableau de l'indicateur 4.1 en ne présentant que la moyenne de richesse en essences. A l'inverse, il serait utile de ventiler les évolutions temporelles de ces richesses moyennes par type de station ou type de forêt, par stade successional, par grand type de classe de gestion (cf. 4.3), et suivant les caractéristiques des arbres comptés : par classe de taille, classe d'abondance ou de couvert des essences et par classe d'indigénat (cf. 4.4).

Par ailleurs, les cartes 16 et 17 posent problème : elles sous-entendent que l'indicateur est comparable entre régions françaises ou régions IFN, alors qu'il est fort probable qu'on voie dans ces deux cartes des effets d'abord stationnels et pas uniquement des effets de la gestion. Ne faudrait-il pas envisager une modélisation stationnelle et peut-être biogéographique de cet indicateur, dont les résidus seraient ensuite présentés sur une carte ? Ou alors une présentation des tendances par région ?

Commentaire :

Ajouter un petit paragraphe de justification (cf. 1ère partie de la fiche), et donner une idée dans la partie commentaire de l'écart-type de l'estimateur.

Besoins de recherche

De notre point de vue, il manque encore des connaissances pour relier de manière quantitative richesse locale en essences et biodiversité. Les points de méthode qui nous semblent importants sont :

- (i) préciser les groupes taxonomiques, les groupes écologiques voire les espèces associées positivement ou négativement à la richesse locale en essences ;
- (ii) quantifier cette relation (cf. un exemple plus loin), par grand type stationnel, grande essence dominante et grand stade successional (ou alors uniquement en peuplements "adultes") ; *on pourra notamment tester – valider ou non – l'hypothèse qu'un enrichissement en essences sur des stations intrinsèquement pauvres en essences n'a pas d'effet sur la biodiversité – un raisonnement tiré assez hâtivement de la notion de naturalité ;*
- (iii) préciser l'échelle du relevé dendrométrique à laquelle cette relation a lieu (cf. suite).

Les groupes taxonomiques qui pourraient être étudiés sont les oiseaux, la flore vasculaire (données existantes et publications), et peut-être un ou deux groupes supplémentaires potentiellement intéressants (par exemple : insectes de la litière, ...).

La question de la **valeur de référence** n'est pas du tout traitée dans la bibliographie scientifique internationale à notre connaissance mais des éléments d'information existent sans doute dans la littérature grise ou est mobilisable dans les réseaux d'espaces protégés (réserves intégrales notamment) en France et en Europe. La quantification de la valeur de référence devrait être faite (i) en distinguant différents types de stations ; et (ii) **en distinguant une valeur de référence "naturelle"**, en prenant les richesses en essences observées en forêts "naturelles" ou "semi-naturelles" comme référence, **d'une valeur de référence pour la biodiversité**, qui serait quant à elle obtenue en calant des modèles statistiques non-linéaires sur des jeux de données reliant richesse en essences et données de biodiversité. Les deux

valeurs de référence pourraient se rejoindre si on montre que la référence naturelle est pertinente.

Enfin, des études sur les **mécanismes** de la relation entre richesse en essences et biodiversité seraient bienvenues pour mieux asseoir cette relation – si des pistes intéressantes émergent en ce sens.

Voici un **exemple de résultat récent** donnant une idée de la magnitude de l'effet de la richesse en essences sur la richesse de la flore (issu de l'analyse de données de 52 placettes en Brie Francilienne, en peuplement "adulte", et sur type de stations contrôlé ; Barbier *et al.*, 2007) :

Tableau 1. Coefficient multiplicatif de la richesse en espèces de la flore quand on augmente de 2 genres d'arbres la richesse en genres, pour différents groupes écologiques de la flore (mesurée à la fois sur 4 et 100 m²). *La richesse en genres a ici été mesurée par échantillonnage sur 5 placettes contenues dans une zone de 1,5 ha autour du relevé de flore. Les résultats ne sont pas significatifs si on calcule la richesse en genres à l'échelle du relevé dendrométrique central (couvrant environ 25 m de rayon ; rayon variable suivant la taille des arbres ; incluant tous les arbres de plus de 2,5 cm de diamètre à hauteur de poitrine).* Tous les résultats suivants sont significatifs à P=0,001 sauf le premier qui ne l'est qu'à P=0,01. Les résultats indiquent l'estimateur moyen suivi de son intervalle de confiance à P=0,01.

	Bryophytes	Herbacées		Ligneux		
	Espèces de forêt adulte	Espèces de forêt adulte	Espèces péri-forestières	Espèces non-forestières	Espèces de forêt adulte	Espèces péri-forestières
Coeff. multiplicatif	0,935 [0,871; 0,997]	1,2 [1,08; 1,35]	1,39 [1,19; 1,64]	1,48 [1,22; 1,86]	1,14 [1,05; 1,25]	1,14 [1,05; 1,24]

Ces résultats indiquent un effet positif de l'augmentation de la richesse en genres du peuplement arboré sur la richesse spécifique de la flore vasculaire et un effet négatif pour les bryophytes. Les effets semblent particulièrement forts pour les herbacées non forestières et péri-forestières ; ils restent néanmoins toujours en-dessous de 2, c'est-à-dire que le fait d'ajouter 2 genres d'essences multiplie la richesse de la flore herbacée par un facteur toujours inférieur à 2. NB : l'écart type de la richesse en genres était d'environ 2.

Il est à noter (i) que, pour les bryophytes et les herbacées, ces effets étaient diminués en magnitude – et perdaient en significativité, ne devenant même plus significatif pour les bryophytes de forêt adulte et les herbacées de forêt adulte – quand on introduisait l'identité de l'essence dominante comme covariable et (ii) que ce modèle avec effet de la richesse en essences n'était le meilleur modèle testé (ou proche de ce modèle) que pour les bryophytes de forêt adulte et les ligneux de forêt adulte. Globalement, nous retenons donc de ce cas de figure que, parmi les groupes écologiques étudiés, la richesse en genres à l'échelle d'environ 1,5 ha avait :

- un effet faiblement négatif sur la richesse des bryophytes de forêt adulte ;
- un effet positif sur la richesse des ligneux de forêt adulte – et assez faible (mais cet effet est assez "trivial", car il s'agit très probablement d'un effet "semencier") ;
- un effet sur les herbacées forestières qui disparaît quand on prend en compte l'identité de l'essence dominante, et qui donne des modèles moins bons que des modèles incluant l'effet de l'essence dominante ;

– des effets positifs sur les ligneux et herbacées péri-forestiers et non-forestiers, qui persiste quand on prend en compte l'identité de l'essence dominante, mais qui donnent de moins bons modèles statistiques que des modèles couplant essence dominante et abondance du peuplement (en surface terrière).

Globalement, il nous semble que seuls les deux premiers effets peuvent être retenus comme significatifs et structurants, mais ils sont faibles en magnitude et ils vont en sens opposés. L'indicateur "Richesse en genres" est donc dans ce cas d'étude assez moyen.

Indicateur n°4.1.1

Thème : Composition en essences
--

Nom détaillé : Pureté en surface terrière des peuplements par essence principale

Résumé

- ✓ Le thème retenu pour cet indicateur ne convient pas : l'indicateur 4.1.1 n'est pas un indicateur de *composition* en essences mais de *diversité locale* en essences.
- ✓ Le sujet abordé par l'indicateur est plutôt pertinent, même si le domaine d'application de l'indicateur⁴ est mal défini. D'après l'état des connaissances actuel, le niveau de mélange est à augmenter "en valeur moyenne" sous essence principale exotique et "en variance" sous les essences autochtones.
- ✓ Nous proposons de revoir la présentation en enlevant les informations relatives à la surface terrière, et en modifiant le tableau de présentation, notamment de façon à pouvoir avoir une interprétation à la fois en valeur moyenne et en variance. Il faudrait aussi réfléchir à un indicateur de biodiversité lié à l'abondance des essences (*cf.* indicateurs 1.1.4 et 1.2.2).
- ✓ Comme pour bon nombre d'autres indicateurs de biodiversité, des projets de recherche sur jeux de données conséquents permettraient de mieux cerner ce qu'indique cet indicateur, ainsi que les mécanismes en jeu.

Origine de l'indicateur

France

Source actuelle des données

IFN

Pertinence

- ✓ **signification biologique** (interprétation non ambiguë, enjeux particuliers)

Pour résumer les tendances trouvées dans la bibliographie entre degré de mélange ou diversité en essences du peuplement et biodiversité (*cf.* Gosselin, 2004) :

1– les mélanges feuillus-conifères sont plus favorables à la biodiversité (Bryophytes exceptées) que les peuplements purs résineux (il y a néanmoins des contre-exemples pour la flore vasculaire ; *cf.* Barbier *et al.*, 2007) ;

2– pour les mélanges entre feuillus, les résultats sont moins tranchés et peuvent varier ;

3– le mélange d'une essence exotique à des essences autochtones au niveau du paysage entraîne une richesse spécifique γ maximale. Mais ces résultats ne sont pas systématiques et, s'il existe quelques espèces visiblement liées aux peuplements mélangés, d'autres nécessitent des peuplements purs – le plus souvent d'essences autochtones – de taille suffisante.

Il est donc prudent de 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 purs⁵ et celui de peuplement mélangés dans les peuplements constitués d'essences autochtones. Cette alternative – qui nécessiterait peut-être des regroupements d'essence et une présentation comme celle du tableau de l'indicateur 4.1 –

⁴ Espèces bien représentées par cet indicateur et conditions écologiques dans lesquelles cet indicateur est pertinent.

⁵ Cela n'exclut pas la présence d'essences secondaires en faibles proportions (notion de richesse ; Indicateur 4.1).

permettrait de considérer cet indicateur comme un indicateur à raisonner "en variance" plutôt qu' "en moyenne" pour les essences autochtones (cf. Gosselin *et al.*, 2003).

✓ **échelle spatiale**

- de présentation des résultats

Les résultats sont présentés – uniquement pour les "Forêts disponibles pour la production (hors peupleraies)" (soit environ 93% des forêts et bois) – : par essence principale, et en fonction des différentes années de calcul des indicateurs. Le tableau de synthèse présente les résultats nationaux.

- des données de base

Les données dendrométriques servant à calculer la surface terrière sont issues des relevés dendrométriques de l'IFN, réalisés sur 3 placettes concentriques de 6, 9 et 15 mètres (selon la dimension des bois).

✓ **domaines d'application** (régions, types forestiers, ...)

Les résultats mentionnés ci-dessus sont surtout trouvés en peuplement "adulte" (ce terme désignant un peuplement assez haut par rapport à sa hauteur potentielle et assez "fermé"). Il serait donc utile de présenter les résultats en peuplements "adultes", si l'on arrive à caler une définition satisfaisante de ce qu'on entend par peuplement adulte (cf. par exemple Stokland *et al.*, 2003).

Il pourrait être utile à terme de présenter les résultats par grand type stationnel, mais nous manquons de connaissances à l'heure actuelle sur la façon dont évolue la relation entre pureté en essences et biodiversité en fonction du type de station.

Définitions employées

✓ **description**

Avec l'ancienne méthode IFN, l'essence principale d'un peuplement est l'essence qui présente le plus fort couvert libre (avec accès à la lumière) relatif dans la strate considérée (futaie ou taillis). Pour les mélanges futaie-taillis, la strate concernée est celle de la futaie.

Avec la nouvelle méthode (protocole non encore complètement stabilisé), l'essence principale d'un peuplement serait l'essence qui présente le plus fort couvert libre (avec accès à la lumière) relatif parmi les arbres recensables (mesure effectuée sur 20 ares)⁶.

La surface terrière considérée (essence principale ou toutes essences) concerne tous les arbres recensables c'est-à-dire dont le diamètre à 1,30 m est supérieur à 7,5 cm.

✓ **discussion**

La présence de la surface terrière totale du peuplement dans le tableau de l'indicateur 4.1.1 est assez surprenante, compte tenu de la catégorie de l'indicateur ("composition en essences"), d'autant que cette donnée n'est pas commentée. Il serait plus logique de la mettre éventuellement dans un autre indicateur de biodiversité, qui serait nouveau et élargirait à la catégorie "abondance du peuplement arboré".

Par ailleurs, il serait intéressant de préciser pourquoi des données en surface terrière sont utilisées pour calculer la pureté plutôt que des données en volume.

Enfin, l'indicateur de pureté utilisé est l'opposé d'un indicateur de diversité en essences et non d'équitabilité (*sensu* Patil et Taillie, 1982, Gosselin, 2001) : cela signifie que, théoriquement, il pourrait être davantage lié à la richesse en essences – indicateur 4.1 – que s'il avait été un

⁶ L'alternative serait d'utiliser soit le couvert mesuré sur tous les brins, qu'ils soient recensables ou non ; ou la somme du couvert mesuré sur 7 ares sur les arbres non recensables + le couvert des arbres recensables sur 20 ares. Néanmoins, surtout si l'on se focalise sur les peuplements adultes, la définition proposée semble meilleure.

indicateur d'équitabilité ; toutefois, pour des communautés assez pauvres en espèces – comme c'est généralement le cas pour les communautés d'essences européennes – cette assertion est moins pertinente (cf. Gosselin, 2006).

Méthodologie

✓ **description**

L'indicateur concerne les seules forêts (hors peupleraies) inventoriées disponibles pour la production de bois. Pour la surface terrière, seules les tiges recensables c'est-à-dire dont le diamètre à 1,30 m est supérieur à 7,5 cm sont prises en compte sur les 3 placettes concentriques de 6, 9 et 15 m (selon la dimension des bois).

✓ **problèmes rencontrés**

Le nouveau protocole IFN permettra de distinguer toutes les essences et donc d'opérer d'éventuels regroupements choisis pour leur pertinence.

Périodicité

✓ **possible**

Annuelle sur la France entière (nouvelle méthode IFN)

✓ **souhaitable**

Comme cet indicateur correspond à des évolutions sur des pas de temps plutôt longs, une périodicité de publication de 5 ans semble suffisante.

Disponibilité des données (lacunes, récupération, format)

Lacunes : pas d'éléments sur les formations boisées non disponibles pour la production car non inventoriées au sol

Récupération : facile

Format : base de données

Fiabilité et précision des données

Fiabilité : élevée

Précision : élevée

Coût de production de l'indicateur (hors coût d'acquisition des données)

Faible

Présentation de l'indicateur

Le thème retenu par la CMPFE pour l'indicateur 4.1 ne convient pas davantage à l'indicateur « français » 4.1.1 car ce ne sont pas des indicateurs de *composition* en essences mais de *diversité locale* en essences.

L'intitulé : « part de l'essence principale dans la surface terrière des peuplements, par essence » serait peut-être plus clair que « pureté en surface terrière des peuplements par essence principale ».

L'ordre de présentation des essences est un peu déconcertant : il serait préférable de faire une partie "feuillus" et une partie "résineux".

D'autres modes de présentation de l'indicateur 4.1.1 sont souhaitables, comme ceux adoptés en Finlande ou dans les pays Nordiques (par exemple : pourcentage de la surface où l'essence est principale, où la pureté est de plus de 90% ...). Cette dernière alternative – qui nécessiterait peut-être des regroupements d'essence et une présentation comme celle du tableau de l'indicateur 4.1 – permettrait de considérer cet indicateur comme un indicateur à raisonner "en variance" plutôt qu'"en moyenne" (Gosselin *et al.*, 2003). Des alternatives seraient une

présentation plus visuelle par histogramme, ou alors une présentation plus numérique de la moyenne et de l'écart-type de la pureté, par essence principale.

Par ailleurs, il serait utile de ventiler les évolutions temporelles de la moyenne et de l'écart-type de la pureté par type de station ou type de forêt, par stade successional (et notamment en distinguant les forêts "adultes" des forêts en stade jeune), par grand type de classe de gestion (cf. 4.3).

Enfin, il serait utile de préciser les écarts-types des différents estimateurs (estimateurs de surface, estimateurs de % de surface ?, ...). Cela rendrait le tableau difficile à lire, mais l'information pourrait utilement être glissée dans les commentaires.

Lien avec d'autres indicateurs

Comme l'indicateur 4.1, l'indicateur 4.1.1 peut être corrélé à de nombreux autres indicateurs (cf. liste dans fiche 4.1).

Pour son interprétation, il semble intéressant de garder en esprit les évolutions temporelles de l'indicateur 4.1 pour les mêmes essences ou catégories d'essences : si une augmentation en pureté est accompagnée d'une baisse en richesse locale en essences, le signal sera d'autant plus négatif en terme de biodiversité.

Qualité des commentaires

Il manque dans le commentaire ou dans la présentation une justification de l'utilisation de l'indicateur ; elle devrait amener à préciser si on cherche à baisser partout le niveau de pureté (indicateur géré en "moyenne") ou si on cherche à avoir des situations contrastées, notamment pour les essences autochtones (indicateur en "variance") (cf. ci-dessus). Il semble que l'on recherche dans ce commentaire des peuplements plus mélangés, mais ce n'est pas clairement dit. Nos remarques précédentes proposeraient plutôt de considérer cet indicateur comme un indicateur "en variance" (d'où les propositions de nouvelle présentation).

Le commentaire est assez rigoureux. Il n'y a pas d'analyse de la première partie du tableau.

Expérience des autres pays européens

Le travail suisse (indicateur 4.1a) est presque complètement orthogonal à l'indicateur 4.1.1 français : il y est question (p. 74-75) de l'abondance (*a priori*, densité ou fréquence) des essences (qu'elles soient principales ou secondaires, se rapprochant ainsi de l'indicateur français n° 1.2.2), mais pas du tout de la surface terrière des placettes où l'essence est principale, par essence, ni du degré de pureté, par essence principale.

Le rapport finlandais (Mikkilä *et al.*, 2001) développe une réflexion sur l'abondance des essences et la surface occupée par chaque essence principale (leur indicateur 4.5), ainsi que le degré de pureté des peuplements, toutes essences confondues (indicateur 4.6). Contrairement à ce qui est fait en France, ces deux indicateurs sont définis à partir de données en volume plutôt qu'en couvert ou en surface terrière. L'analyse de la pureté des peuplements se fait ici en classes, toutes essences confondues. On n'a pas d'information chiffrée de la tendance temporelle. Pour ces deux indicateurs, les liens avec les évolutions de gestion sont faits dans le texte 7. Le lien entre pureté des peuplements et station est mis en exergue (indicateur 4.6), mais l'évolution temporelle de ce lien n'est pas analysée (a-t-on plus de peuplements mélangés sur stations pauvres aujourd'hui qu'il y a n années...) ?

Le rapport sur les indicateurs de biodiversité forestière des pays nordiques (Stokland *et al.*, 2003) développe des indicateurs d'abondance de peuplements : ils utilisent des équivalents

⁷ ce qui est à la fois intéressant mais aussi un peu déstabilisant, car parfois, nous ne savons plus si nous sommes sur des bases chiffrées ou sur des orientations politiques.

des indicateurs 1.1.4 et 1.2.2 Français – surface dominée par chaque essence, et volume de chaque essence –, éventuellement ventilés par grand type stationnel ou biogéographique, ainsi que par stade de développement (ou de succession) (cf. leurs indicateurs 8.1.1 – surface par essence principale – et 8.1.3 – volume des essences). L'argumentation pour utiliser leur critère 8.1.1 ventilé par classe de développement est assez claire. On peut regretter qu'une présentation similaire (ou par classe de diamètre) n'ait pas été retenue pour l'indicateur 8.1.3. Les aspects diachroniques manquent dans l'analyse. Leurs chiffres tendraient à prouver qu'il y a dans les pays nordiques un déficit de stades âgés dominés par des feuillus (ainsi peut-être que pour les stades ouverts ou très jeunes).

Ces auteurs développent aussi un indicateur de mélange d'essences par grande catégorie de mélange (identité des deux essences co-dominantes) (indicateur 8.1.2). Cet indicateur serait plus difficile à développer dans le cas de la forêt française, compte tenu de sa plus grande diversité. On peut néanmoins songer à développer un indicateur de ce type pour les grandes catégories de mélanges (ex : chêne-charme, pin-chêne, chêne-hêtre...). Leurs résultats montrent que seule la Suède a une proportion non négligeable de peuplements "mêlés".

Le rapport anglais (Forestry Commission, 2002) n'a pas d'équivalent à l'indicateur 4.1.1.

Liste bibliographique (y compris travaux en cours)

- Barbier S., Gosselin F. et Balandier P., 2007, *Influence of tree species on understory vegetation diversity in temperate and boreal forests - a review*.
- Barbier S., Gosselin F., Chevalier R., Loussot P. et Bergès L., 2007, *Effects of tree species abundance and composition on understory diversity (Brie forests, France)*.
- Delcher J., 2005, *Impacts de la taille des coupes et de la composition en essences sur la biodiversité interspécifique de Coléoptères Carabiques en forêt de Brie (77)*, Cemagref, Master 2- Sciences de l'Univers, Environnement, Ecologie- sp Ecologie, biodiversité, évolution, Paris, Université Pierre et Marie Curie, 54 p.
- Forestry Commission, 2002, *UK indicators of sustainable forestry*, Economics & Statistics Unit, Forestry Commission, Edinburgh, United Kingdom, 104 p.
- Gosselin F., 2001, Lorenz partial order: the best known logical framework to define evenness indices, *Community Ecology*, 2, 2, p. 197-207.
- Gosselin F., 2004, Influence de la composition et de la richesse spécifique du peuplement arboré sur la biodiversité, in Gosselin M. et Laroussinie O. (Eds), *Biodiversité et gestion forestière : connaître pour préserver*, Antony, Co-édition GIP Ecofor - Cemagref Editions, p. 127-148.
- Gosselin F., 2006, An assessment of the dependence of evenness indices on species richness, *Journal of Theoretical Biology*, 242, 3, p. 591-597.
- Gosselin M., Gosselin F. et Bergès L., 2003, Le point de vue du scientifique. Dossier "Des indicateurs fiables pour une gestion forestière durable", *Forêt Entreprise*, 150, p. 37-39.
- Kwiatkowska A.J. et Wyszomirski T., 1988, Decline of *Potentillo albae-Quercetum* phytocoenoses associated with the invasion of *Carpinus betulus*, *Vegetatio*, 75, p. 49-55.
- Kwiatkowska A.J. et Wyszomirski T., 1990, Species deletion in *Potentillo albae-Quercetum* phytocoenoses reversed by the removal of *Carpinus betulus*, *Vegetatio*, 87, p. 115-126.
- Mikkilä H., Sampo S. et Kaipainen J. (Eds), 2001, *The state of forestry in Finland 2000. Criteria and Indicators for Sustainable Forest Management in Finland*, Ministry of Agriculture and Forestry, Helsinki, 102 p.
- Patil G.P. et Taillie C., 1982, Diversity as a concept and its measurement, *Journal of the American Statistical Association*, 77, p. 548-561.
- Stokland J., Eriksen R., Tomter S., Korhonen K., Tomppo E., Rajaniemi S., Söderberg U., Toet H. et Riis-Nielsen T., 2003, *Forest biodiversity indicators in the Nordic Countries. Status based on national forest inventories*, TemaNord, 514, 108 p.

Strong D.R., Lawton J.H. et Southwood R., 1984, *Insects on plants. Community patterns and mechanisms*, Oxford, Blackwell Scientific Publications, 313 p.

Propositions d'amélioration et besoins de recherche (y compris valeurs de référence et sources alternatives de données)

Propositions d'amélioration

L'intitulé : « part de l'essence principale dans la surface terrière des peuplements, par essence » serait peut-être plus clair que « pureté en surface terrière des peuplements par essence principale ».

Le thème retenu pour cet indicateur ne convient pas : l'indicateur 4.1.1 n'est pas un indicateur de *composition* en essences mais de **diversité locale en essences**.

La présence de la surface terrière totale du peuplement dans le tableau de l'indicateur 4.1.1 est assez surprenante, compte tenu de la catégorie de l'indicateur, d'autant que cette donnée n'est pas commentée. Il serait plus logique de la mettre éventuellement dans un autre indicateur de biodiversité qui émergerait à la catégorie "**abondance locale du peuplement**".

D'autres modes de présentation de l'indicateur 4.1.1 sont souhaitables, comme ceux adoptés en Finlande ou dans les pays Nordiques (par exemple : pourcentage de la surface où l'essence est principale, où la pureté est de plus de 90%, ...). Cette dernière alternative – qui nécessiterait peut-être des regroupements d'essences et une présentation comme celle du tableau de l'indicateur 4.1 – permettrait de considérer cet indicateur comme un indicateur à raisonner "en variance" plutôt qu' "en moyenne" (cf. Gosselin *et al.*, 2003). Des alternatives seraient une présentation plus visuelle par histogramme, ou alors une présentation plus numérique de la moyenne et de l'écart-type de la pureté, par essence principale.

Par ailleurs, il serait utile de ventiler les évolutions temporelles de la moyenne et de l'écart-type de la pureté par type de station ou type de forêt, par stade successional (et notamment en distinguant les forêts "adultes" des forêts en stade jeune), par grand type de classe de gestion (cf. 4.3).

La notion de mélange ne doit pas occulter l'importance de l'abondance et de la répartition spatiale de chaque essence considérée isolément, d'une part parce que certaines espèces sont inféodées à des peuplements purs (le plus souvent d'essences autochtones) suffisamment vastes, d'autre part parce que l'abondance et la répartition spatiale de chaque essence ont des implications fortes sur la diversité génétique des peuplements forestiers futurs et sur une partie de la diversité inter-spécifique. En dehors du thème "diversité locale en essences", nous proposons donc de développer un autre indicateur qui pourrait s'appeler "**abondance des essences**" qui regrouperait :

- la surface où chaque essence est principale (actuellement indicateur 1.1.4), car l'essence principale est un facteur majeur de différenciation de biodiversité⁸ ;
- l'abondance et la fréquence moyennes des essences autochtones ou acclimatées depuis longtemps (actuel indicateur 1.2.2).

⁸ ou un histogramme de l'abondance ou de l'abondance relative de l'essence, dans les relevés où elle est présente.

Ces données pourraient utilement être ventilées: (i) par grand type de station⁹; (ii) (indépendamment) par région administrative ou région IFN (si les estimateurs ont un sens à cette échelle); et (iii) par classe "successionnelle" (Stokland *et al.*, 2003). Le but serait ici de suivre l'abondance des essences autochtones, et notamment des essences de peu d'intérêt économique, afin de vérifier qu'elles ne régressent pas trop fortement (Gosselin, 2004).

Besoins de recherche

La piste de recherche évoquée pour l'indicateur 4.1 permettrait aussi probablement de traiter l'indicateur 4.1.1. Il s'agirait de :

(i) identifier les meilleurs modèles écologiques de l'abondance et de la richesse de différents groupes taxonomiques ou écologiques, ou espèces, via une approche par comparaison de modèles. Les modèles à envisager du point de vue des indicateurs 4.1 et 4.11 sont : Essence Principale ; Essence Principale + Pureté ; Essence Principale + Effet Pureté différent suivant l'essence en mélange ; Essence Principale + Abondance (pour un éventuel nouvel indicateur) ; Essence Principale + Richesse locale en essences ; Richesse locale en essences ; Modèle incorporant les abondances des différents groupes d'essence ;

(ii) quantifier cette relation, par grand type stationnel, grande essence principale et grand stade successional (ou alors uniquement pour les peuplements "adultes") ;

(iii) si possible, aborder la question de l'essence principale à l'échelle du paysage.

Dans le cas des données récoltées en Brie Francilienne (peuplements adultes à base de chêne, charme, tilleul, bouleau, tremble) et uniquement pour la richesse spécifique de groupes écologiques de la flore sur 4 m² et 100 m² (Barbier *et al.*, 2007), on peut retenir :

– que le modèle Essence Principale + Pureté (seconde partie du tableau 4.1.1) était le meilleur pour les herbacées forestières, mais que la pureté y jouait positivement mais de manière assez faible sur la richesse des herbacées forestières (...) ¹⁰ ; l'effet Essence Principale était beaucoup plus net sur ce groupe.

– que le modèle Essence Principale + Surface terrière (première partie du tableau 4.1.1) était le meilleur modèle facilement communicable pour les herbacées et ligneux péri-forestiers et non-forestiers ; la surface terrière y jouait fortement et très significativement de manière négative ;

– qu'un modèle plus difficile à communiquer – impliquant la surface terrière de différents groupes d'essences – était le meilleur modèle pour les herbacées et ligneux péri-forestiers et non-forestiers.

Par ailleurs, il est à noter que les effets de l'essence principale sur la biodiversité sont assez différents entre les Coléoptères carabiques (Delcher, 2005) et la flore (Barbier *et al.*, 2007), avec un effet globalement positif des essences pionnières (bouleau et tremble) et très négatif des essences de demi-ombre (charme et tilleul) sur la flore vasculaire et un effet positif du groupe des essences de demi-ombre sur les Carabiques forestiers et certains Carabiques généralistes.

⁹ Plusieurs études témoignent d'une relation entre le nombre total d'espèces d'Insectes phyllophages associées à une essence et la fréquence (ou l'abondance) de cette essence à l'échelle d'un pays ou d'une région (cf. le chapitre 3 de Strong D.R. *et al.* 1984). Ce lien s'explique en partie par la plus grande variabilité de conditions écologiques rencontrées par les espèces associées à des essences très répandues. Bien que peu d'études expérimentales existent sur l'effet de la raréfaction d'une essence, **ces résultats incitent à laisser des représentants de chaque essence autochtone dans tous les types de station où elle peut se trouver**. En particulier, il serait dangereux pour la biodiversité de restreindre les essences non commerciales à des types de stations sèches ou pauvres.

¹⁰ La pureté jouait aussi un rôle positif (et plus fort) sur la richesse des autres groupes écologiques herbacés. Ce résultat peut tout à fait être lié au principal mélange étudié dans ce projet, le mélange chêne-charme, qui semble avoir un effet négatif en tant que mélange sur la flore (cf. aussi Kwiatkowska et Wyszomirski, 1988, Kwiatkowska et Wyszomirski, 1990). Il ne faut pas en déduire un effet généralement négatif du mélange sur les herbacées forestières, quelle que soit la composition du mélange.

Indicateur n°4.2

Thème : Régénération

Nom détaillé : Surface en régénération dans les peuplements forestiers équiennes et inéquiennes, classés par type de régénération
--

Résumé

- ✓ Thème important, surtout vis-à-vis des espèces forestières pionnières, des espèces forestières de stades âgés, de la diversité génétique des peuplements.
- ✓ L'indicateur, centré sur les surfaces en régénération et ventilé par type de régénération (naturelle ou artificielle), est pertinent et donne les informations de base pour le thème "régénération".
- ✓ Toutefois, l'interprétation vis-à-vis des essences pionnières et de forêts matures nécessiterait des informations complémentaires : taille des trouées, durée moyenne de régénération, âge d'exploitabilité, répartition spatiale par rapport aux peuplements âgés.
- ✓ Besoin d'approfondir les connaissances sur les avantages et inconvénients des régénérations par petites trouées. Pour la régénération artificielle, pas de données mobilisables pour estimer la diversité génétique des matériels forestiers de reproduction utilisés.

Origine de l'indicateur

Conférences ministérielles pour la protection des forêts en Europe (CMPFE), Vienne 2003

Source actuelle des données

IFN

Pertinence

- ✓ **signification biologique** (interprétation non ambiguë, enjeux particuliers)

L'indicateur 4.2. présente les surfaces en cours de régénération, selon le type de régénération (artificielle, naturelle, recépage) et selon la nature des peuplements (réguliers/irréguliers).

Pertinence vis-à-vis de la diversité des espèces forestières

Les groupes taxinomiques ne suivent pas tous les mêmes schémas d'évolution au cours du cycle sylvigénésique (cf. synthèse dans Bergès, 2004) : certaines espèces généralistes se retrouvent – en plus ou moins grande abondance – à tous les stades du cycle, tandis que d'autres sont spécifiques de stades particuliers. Les coupes de régénération favorisent l'apparition de communautés riches et abondantes d'espèces mobiles périforestières ou non-forestières. En revanche, elles menacent, surtout lorsqu'elles sont vastes, les espèces forestières d'intérieur, à faibles capacités de dispersion, associées aux stades de fin de succession : plantes autochones, barochores et myrméchocores, Bryophytes, Lichens et certains Insectes (Okland *et al.*, 1996). En effet, les coupes de régénération interviennent avant que le peuplement ait atteint les stades de fin de succession, qui se trouvent sous-représentés en forêt gérée pour la production de bois par rapport aux forêts en évolution naturelle (Gosselin, 2004).

Dans ces conditions, la **quantité de surface en régénération** (à interpréter dans son évolution) :

- est favorable sans ambiguïté pour les espèces périforestières ou non forestières des groupes suivants : Plantes, Oiseaux, Insectes (notamment Carabes, Papillons de jour).
- est 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.

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 dans la mesure 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.

C'est pourquoi 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, ou encore tels que 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 (Niemelä, 1999). 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.
- gagnerait à être complété par des indications sur la **taille des coupes** voire sur la **proximité spatiale de peuplements matures et/ou ayant dépassé l'âge d'exploitabilité**. Les coupes par petites trouées et la proximité de peuplements âgés favorisent la recolonisation progressive de la coupe par des espèces forestières spécialistes (cas des Plantes vasculaires, Bryophytes, Invertébrés). Toutefois, les coupes par petites trouées « mitent » la canopée et augmentent l'effet lisière, ce qui peut être préjudiciable à certaines espèces d'intérieur.

La taille des coupes est aussi un paramètre important pour la biodiversité liée aux **peuplements composés majoritairement d'essences pionnières** : les essences pionnières dominent dans les grandes trouées et ne sont présentes qu'au delà d'une certaine taille de trouée (0,05 à 0,5 ha selon les auteurs et le type de forêt). Or ces peuplements pionniers sont à protéger. En effet, ces peuplements typiquement forestiers, dont la composition est originale par rapport au reste du cycle, sont sous-représentés en forêt gérée pour la production de bois par rapport aux forêts en évolution naturelle, car les modalités de gestion de la régénération (contrôle de l'ensemencement ou des plants, dégagements, dépressages, contrôle de la végétation ligneuse et herbacée concurrente) accélèrent la dynamique de succession.

Pas de commentaire sur la **modalité de traitement : taillis versus futaie**, qui n'est pas véritablement l'objet de l'indicateur 4.2., même si la présentation des résultats distingue les deux traitements.

Vis-à-vis de la diversité génétique des peuplements

La **répartition des surfaces régénérées, par type de régénération (naturelle ou artificielle)** influence fortement la diversité génétique du peuplement.

En régénération naturelle, la **modalité** de régénération (coupe rase, par trouées ou éclaircies progressives) a peu d'influence compte-tenu de taux élevés d'allo-fécondation liées aux longues distances (plusieurs kilomètres) sur lesquelles s'expriment les flux de gènes (pollen voire graines) ; en revanche, la **rapidité** de la phase de régénération conditionne le nombre de semenciers ayant réellement contribué à la production de pollen et de semences et, par conséquent, la diversité génétique de la régénération obtenue. La **répartition spatiale des semenciers** (nombre et densité de tiges) a aussi une forte influence.

En régénération artificielle, le **matériel génétique de reboisement** provient de peuplements porte-graines ou de vergers à graines. Sa diversité génétique diffère de celle d'une régénération naturelle et est **en général (mais pas toujours) plus faible** (cf. synthèse dans Valadon, 2006). L'ampleur de la base génétique des lots de graines récoltés dépend notamment du peuplement porte-graine, du nombre d'individus récoltés et de leur répartition spatiale. Elle dépend aussi du traitement des semences et des plants en pépinière.

En outre, la régénération artificielle s'accompagne souvent d'un travail du sol, parfois d'une substitution d'essences, et provoque de ce fait une perturbation plus forte que la régénération naturelle, en particulier pour la Flore et les Invertébrés du sol.

La régénération artificielle n'est pas systématiquement mauvaise pour la biodiversité : elle est justifiée en cas d'échec de régénération naturelle ou d'essence antérieure inadaptée à la station. Toutefois une très forte progression de la régénération artificielle par rapport à la régénération naturelle risquerait de diminuer fortement la diversité génétique des essences forestières et la diversité spécifique dans les peuplements futurs.

La quantité de régénération artificielle ne peut donc être interprétée de manière tout à fait univoque ; 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.

Dans sa présentation actuelle, l'indicateur 4.2. ne permet pas de savoir si les lots de graines ou de plants utilisés pour la régénération artificielle garantissent un bon niveau de diversité génétique. Il gagnerait donc à être complété par des indicateurs concernant : 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 les données nécessaires ne sont pas disponibles (cf. indicateur 4.6.).

✓ **échelle spatiale**

- de présentation des résultats

Dans son état actuel, l'indicateur 4.2. est présenté uniquement à l'échelle nationale.

Mais l'intérêt (pour la biodiversité)

- (i) de la répartition « équilibrée » des stades forestiers,
- (ii) de la représentation de tout le gradient de tailles de trouées, avec toutefois une plus forte quantité de petites trouées

est valable **dès l'échelle de la sylvo-éco-région** ; il est valable **pour chaque grand type de peuplement dès l'échelle régionale**.

- des données de base

Les données de base sont acquises à l'échelle de la parcelle dans laquelle est situé le point de sondage IFN. Si on utilise à l'avenir les données terrain de la nouvelle méthode, l'échelle de base sera la placette de 20 ares autour du point de sondage (rayon 25 m).

✓ **domaines d'application** (régions, types forestiers, ...)

Forêt gérée.

Définitions employées✓ **description**

Régénération naturelle : parcelles qui ont subi une coupe rase ou définitive suivie d'une régénération naturelle et parcelles en attente de régénération depuis moins de 5 ans sauf dans le cas du pin maritime situé en forêt privée des départements 33, 40 et 47 (réputé régénéré artificiellement).

Régénération artificielle : parcelles qui ont subi une coupe rase suivie de plantation ou de travaux préparatoires à la plantation et parcelles en attente de régénération depuis moins de 5 ans dans le cas du pin maritime situé en forêt privée des départements 33, 40 et 47.

Recépage de taillis : coupe rase du taillis dans les 10 ans précédant l'inventaire *n*.

✓ **discussion**

Il faut bien préciser qu'il s'agit de la surface en régénération, et non de la surface moyenne régénérée annuellement (i.e. faisant l'objet de coupes d'ensemencement).

Méthodologie✓ **description**

Pour la régénération naturelle et artificielle, la méthode employée consiste à replacer les placettes terrain de l'inventaire *n-1* sur les photographies aériennes de l'inventaire *n* (période 1984-93). C'est donc la photointerprétation (sans validation terrain) qui permet de séparer les coupes rases suivies de plantations des coupes rases suivies de régénération naturelle.

Les coupes de TSF ne sont pas comptabilisées.

Pour le recépage de taillis, les données ont été déduites de l'âge des taillis à l'inventaire *n* car la méthode précédente sous-estime les surfaces recépées (certains taillis rejettent très vigoureusement ce qui rend le recépage invisible sur photo).

✓ **problèmes rencontrés**

Il est difficile d'attribuer un type de régénération (naturelle/artificielle) pour les coupes rases en attente de régénération et qui ne présentent pas encore de semis acquis ou de signe de plantation. L'utilisation des données terrain de la nouvelle méthode IFN permettra de lever cette incertitude.

Périodicité✓ **possible**

10-12 ans pour une mise à jour complète de la France entière, si on conserve la méthode actuelle.

Annuelle, si on utilise les nouvelles données terrain (nouvelle méthode)

✓ **souhaitable**

Annuelle

Disponibilité des données (lacunes, récupération, format)

Lacunes : néant

Récupération : facile

Format : base de données

Fiabilité et précision des données

Fiabilité : moyenne (voir définitions et problèmes méthodologiques)

Précision : moyenne à l'échelle de la France entière et faible à très faible au niveau des régions administratives et des départements.

Coût de production de l'indicateur (hors coût d'acquisition des données)

Faible

Présentation de l'indicateur

L'indicateur est présenté sous forme d'un tableau à double entrée : surfaces annuelles régénérées selon le type de régénération (artificielle, naturelle, recépage) en lignes et selon la nature des peuplements (réguliers/irréguliers) en colonnes.

Il n'y a pas de carte associée car la précision des données par région administrative est trop faible. Il serait bon que le tableau fasse apparaître aussi la distinction feuillus-résineux car les commentaires soulignent un fort contraste entre ces deux groupes.

Liens avec d'autres indicateurs

La quantité de surface régénérée et son évolution ne peuvent être interprétées, au regard de la biodiversité forestière en général, qu'en fonction des évolutions concomitantes des autres stades du cycle : stades intermédiaires (favorables aux Papillons de nuit) et stades âgés (au-delà de l'âge d'exploitabilité, favorables à des communautés originales et riches d'espèces typiquement forestières). Ces données complémentaires se trouvent en partie dans les indicateurs **1.3.** (surface des principaux stades du cycle sylvigénésique), **4.3.** (surface de forêts (...) « non perturbées » et « semi-naturelles » (...)) et **4.3.1.** (surface de futaies régulières très âgées). L'indicateur **4.7.1.** (coupes fortes et rases) donne un autre aspect de la régénération.

L'indicateur **1.1.4.** (surface par essence principale) donne quelques éléments pour les peuplements constitués majoritairement d'essences pionnières, dont la part risque de diminuer avec les techniques de régénération accélérée.

Qualité des commentaires

Les commentaires sont clairs, ciblés sur la répartition des principaux types de régénération (naturelle, artificielle) par types de peuplements (régulier/irrégulier) et par principales essences. Des compléments utiles pourraient être donnés concernant :

- l'évolution des surfaces régénérées par rapport à l'évolution des surfaces de peuplements matures et sur-âgés (indicateur 1.3.),
- l'évolution des surfaces régénérées par rapport à l'évolution des surfaces de peuplements à essences majoritairement pionnières ou post-pionnières (indicateur 1.1.4.),
- les modalités de régénération (coupes rases, coupes progressives, petites trouées),
- la répartition spatiale des surfaces régénérées (et leur situation par rapport aux peuplements âgés).

Expérience des autres pays européens (Cf. tableau récapitulatif à la fin de la fiche)

Le rapport forestier 2005 pour la **Suisse** (Office fédéral de l'environnement, 2005) présente :

- l'évolution de la **proportion, en surface, de jeune forêt** (i.e. de stades de régénération), par rapport à la surface forestière totale (et non de la surface totale de stades de régénération). Les jeunes stades sont présentés comme favorables aux espèces thermophiles et photophiles.
- l'évolution de la **proportion, en surface, de régénération naturelle** par rapport à la régénération artificielle.
- l'évolution des **ventes des pépinières** (en nombres de plants).
- il n'est pas question du recépage des taillis, ni des coupes de taillis en TSF.

Dans les indicateurs de gestion durable 2000 en Finlande (Mikkela, 2001), les quantités de surfaces régénérées et les modalités de régénération ne sont pas associées au critère 4, mais aux critères 1 et 3 :

- Pour le critère 1 : évolution de la **proportion, en surface, de jeunes peuplements** (i.e. de stades de régénération). Les commentaires font explicitement référence à l'évolution concomitante des surfaces de peuplements matures, illustrée par des *histogrammes* et des *cartographies* (cartographie des proportions, par classes de 10%, de forêts de plus de 120 ans)
- Pour le critère 3 : évolution de la **proportion, en surface, de régénération naturelle** par rapport à la régénération artificielle, mais aussi de l'évolution, en surface, de modalités telles que semis *versus* plantation dans le cas de la régénération artificielle, et de travail du sol.
- Pour le critère 4 : **pourcentage moyen, en surface, de zones laissées intactes dans les surfaces régénérées** (zones témoins). Source : enquête spécifique du Forestry Development Center Tapio, du Forest Centres et du Forest and Park Service). De telles données n'existent pas en France.

Les indicateurs de biodiversité forestière pour les pays nordiques (Stokland, 2003) incluent plusieurs indicateurs liés à la régénération. Ils distinguent les surfaces annuellement affectées par une coupe de régénération et les surfaces totales de peuplements en régénération.

- par grandes régions biogéographiques, **surfaces annuellement affectées par une coupe de régénération, en distinguant 4 types de coupes** en fonction de l'ouverture qu'elles produisent dans la canopée : coupes rases, quasi-rases (*seed-tree cutting* : proche d'une coupe rase, mais en laissant des semenciers sur la coupe), coupes progressives (*shelterwood cutting*), coupes par très petites trouées (< 0,02 ha !). L'indicateur est complété par le calcul du pourcentage que représentent ces coupes par rapport à la surface totale de peuplements matures.
- par grandes régions biogéographiques, **surfaces annuelles moyennes en régénération, en distinguant régénération naturelle et régénération artificielle** (plantation uniquement). Même problème qu'en France pour affecter un mode de régénération aux coupes rases en attente de régénération et non encore régénérées.
- par grandes régions biogéographiques, **surfaces annuelles moyennes de préparation du sol, en distinguant 4 types de scarification (scarification ponctuelle, scarification par bandes, scarification profonde par bandes larges, autres méthodes dont brûlage)**. C'est *a priori* un indicateur interprétable de manière univoque ?
- par grandes régions biogéographiques, **surfaces forestières par classes de proximité à la route forestière la plus proche** (indicateur de densité du réseau de desserte). Indicateur non uniquement lié à la régénération.

Dans les indicateurs de gestion forestière durable au Royaume-Uni (Forestry Commission, 2002), seule l'évolution de la **quantité (en surface) de peuplements en régénération naturelle** est donnée, pour le critère 4 (Biodiversité).

Liste bibliographique (y compris travaux en cours)

- Bergès L., 2004, Rôle des coupes, de la stratification verticale et du mode de traitement sur la biodiversité, *in* Gosselin M., Laroussinie, O. (Eds), *Gestion Forestière et Biodiversité : connaître pour préserver - synthèse bibliographique*, Co-édition Gip Ecofor - Cemagref Editions, Antony, p. 149-215.
- Forestry Commission, 2002, *UK Indicators of sustainable forestry*, Economics & Statistics Unit, Forestry Commission, Edinburgh, United Kingdom, 104 p.

- Gosselin F., 2004, Imiter la nature, hâter son œuvre ? Quelques réflexions sur les éléments et stades tronqués de la sylviculture in Gosselin M., Laroussinie O. (Eds), *Gestion Forestière et Biodiversité : connaître pour préserver - synthèse bibliographique*, Co-édition GIP Ecofor - Cemagref Editions, Antony, p. 217-256 p.
- Mikkilä H., Sampo S. et Kaipainen J. (Eds), (2001), *The state of forestry in Finland 2000. Criteria and Indicators for Sustainable Forest Management in Finland*, Ministry of Agriculture and Forestry, Helsinki, 102 p.
- Niemelä J., (1999), *Management in relation to disturbance in the boreal forest*, Forest Ecology and Management, 115, p 127-134.
- Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, 2005, *Rapport forestier 2005*, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) et Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL), Birmensdorf/Berne, 150 p.
- Stokland J., Eriksen R., Tomter S., Korhonen K., Tomppo E., Rajaniemi S., Söderberg U., Toet H. et Riis-Nielsen T., (2003), *Forest biodiversity indicators in the Nordic Countries. Status based on national forest inventories*, TemaNord, 514, 108 p.
- Valadon A., 2006, Axe 2 (Régénération et régime de coupe) et Axe 14 (Matériels Forestiers de Reproduction), Gosselin M., Valadon A., Bergès L., Dumas Y., Gosselin F., Baltzinger C. et Archaux F. (2006) *Prise en compte de la biodiversité dans la gestion forestière : état des connaissances et recommandations*, Cemagref Nogent-sur-Vernisson, rapport de convention Cemagref-ONF, 161 p.

Propositions d'amélioration et besoins de recherche (y compris valeurs de référence et sources alternatives de données)

Propositions d'amélioration

Modifier le titre (s'il est possible de déroger à la traduction du nom détaillé CMPFE), en remplaçant les termes « équienne » et « inéquienne » par « régulière » et « autres », conformément au contenu du tableau constituant l'indicateur : **Surface en régénération dans les peuplements forestiers réguliers et irréguliers, classés par origine de la régénération.**

Autres informations nécessaires pour compléter et interpréter l'indicateur 4.2. :

- **Proportion, en surface, de stades de régénération**, par rapport à la surface forestière totale (et non de la surface totale de stades de régénération)
- **Durée moyenne** des phases de régénération
- **Répartition de la surface régénérée par classe de tailles de coupes** de régénération (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).
- Distinguer plantation avec substitution d'essence de plantation à l'identique
- **Âge d'exploitabilité** (interprétation univoque)
- **Répartition spatiale** des peuplements en régénération (cf. ci dessous : présentation des résultats) et **proximité spatiale de peuplements matures et/ou ayant dépassé l'âge d'exploitabilité** (distance moyenne, par peuplement en régénération, au peuplement mature le plus proche ?) : quoique, ces informations peuvent être équivoques (cf. ci-dessous besoins de recherche).
- Affiner la subdivision en types de régénération artificielle : avec ou sans préparation du sol, semis, plantation.
- Ajouter un indicateur sur la **surface annuelle soumise à coupe d'ensemencement**, avec une subdivision par types de coupes d'ensemencement (rase, progressive, par bandes, par petites trouées < 0,5 ha).
- Nature et diversité génétique des MFR utilisés en régénération artificielle : les données sont actuellement inexistantes ou éparpillées et nécessiteraient un gros travail de collecte (cf. indicateur 4.6.)

Présentation des résultats

Des informations utiles pour la biodiversité pourraient être représentées sous forme de cartes si la précision des données le permet :

- carte des proportions (par classes de 10 % par ex.) de peuplements en régénération, et carte associée des proportions de peuplements de plus de 120 ans.

- carte des proportions (par région administrative) de type de régénération (naturelle/artificielle)

- carte des proportions (par classes de 10 % par ex.) de peuplements à essences majoritairement pionnières ou post-pionnières (indicateur 1.1.4.)

Le tableau gagnerait à présenter une subdivision « feuillus/résineux », car le contraste est fort entre les modes de régénération utilisés pour ces deux groupes.

Besoins de recherche

Les informations sur le gradient de taille de coupes de régénération restent difficiles à interpréter vis-à-vis des espèces forestières spécialistes : il faut analyser les avantages et inconvénients des coupes par petites trouées (qui peuvent faciliter la recolonisation de la coupe par les espèces peu mobiles mais par ailleurs mitent la canopée et augmentent l'effet lisière défavorable aux espèces spécialistes).

Sur le type de régénération : on a besoin de connaissances issues de comparaisons, à court et long termes, des effets de la régénération naturelle *versus* artificielle d'une essence donnée, pour faire la part des choses entre l'effet de la plantation en tant que telle et celui du changement d'essences.

	Suisse	Finlande	Pays nordiques	Grande-Bretagne
Similaires / France	<i>Proportion</i> , en surface, de régénération naturelle par rapport à la régénération artificielle	<i>Proportion</i> , en surface, de régénération naturelle par rapport à la régénération artificielle	<i>Quantité et Proportion</i> , en surface, de régénération naturelle par rapport à la régénération artificielle	<i>Quantité</i> (surface) de peuplements en régénération naturelle
Manquants / France	<i>Quantité</i> (surface) de peuplements en régénération <i>Quantité</i> (surface) de peuplements recépés et proportion par rapport aux peuplements en régénération			<i>Quantité totale</i> (surface) de peuplements en régénération Proportion des types de régénération (naturelle <i>versus</i> artificielle <i>versus</i> recépage)
Supplémentaires / France	<i>Proportion</i> , en surface, de peuplements en régénération par rapport à la surface forestière. Évolution des ventes de pépinières (en nombre de plants)	<i>Proportion</i> , en surface, de peuplements en régénération par rapport à la surface forestière. Évolution concomitante des peuplements matures (histogrammes et cartographies) Évolution (surface) de modalités de régénération artificielle (semis <i>versus</i> plants, travail du sol)	<i>Proportion</i> , en surface, de peuplements en régénération par rapport à la surface de peuplements matures. <i>Surfaces moyennes régénérées annuellement</i> , par type de coupe d'ensemencement <i>Surfaces annuelles moyennes de préparation du sol</i> , par type de scarification. Densité du réseau de desserte	

Indicateur n°4.3

Thème : Caractère naturel

Nom détaillé : Surface de forêts et autres terres boisées, classées en “non perturbées par l’homme”, “semi-naturelles” ou “plantations”, chacune par type de forêts
--

Résumé

- ✓ Rechercher un indicateur synthétique du gradient de naturalité est très pertinent ;
- ✓ Il est approché par le biais de l’empreinte du forestier (exploitation, sylviculture), mais ne parvient pas à un résultat satisfaisant (imprécision des classes retenues) ;
- ✓ Un indicateur fidèle en 5/6 catégories peut être proposé à partir des données IFN ;
- ✓ À moyen terme, un indicateur complémentaire de naturalité pertinent serait la continuité temporelle du boisement. Une cartographie des boisements anciens est proposée pour toute la France et fournirait un outil utile aux gestionnaires comme aux chercheurs.

Origine de l’indicateur

Conférences ministérielles pour la protection des forêts en Europe (CMPFE), Vienne 2003

Source actuelle des données

IFN et DGFAR

Pertinence

- ✓ **signification biologique** (interprétation non ambiguë, enjeux particuliers)

Au côté de la biodiversité, un second pilier complémentaire de l’écologie forestière, est en train d’émerger sous le terme de naturalité. Certains scientifiques ou gestionnaires montrent le besoin d’étudier ou de gérer les écosystèmes forestiers en suivant un principe de naturalité. Cette section s’avère donc importante dès aujourd’hui, mais sera encore plus d’actualité demain.

La naturalité est avant tout un gradient et un concept intégrateur de multiples facettes complexes à analyser (fonctionnalité écologique, empreinte écologique des actions humaines, voire sentiment de Nature pour l’Homme). La volonté de traduire en indicateurs la question de la naturalité des forêts transparait de différents indicateurs de la gestion durable dès Helsinki (indigénat, bois mort, âge et structure des boisements, mode de renouvellement, santé des forêts, fragmentation...). D’un point de vue du fonctionnement écologique des forêts, il s’agit de traduire l’importance pour la biodiversité mais aussi la productivité des écosystèmes de l’indigénat, de la maturité du boisement, de la continuité dans le temps et dans l’espace de l’écosystème forestier, mais aussi l’intégrité et la continuité des cycles biogéochimiques ou trophiques. D’un point de vue des activités humaines, il s’agit d’évaluer et suivre les impacts des différentes activités, dont celles relevant de la gestion forestière, mais aussi des pollutions, de l’urbanisation, etc. modifiant les paramètres écologiques précédents.

L’indicateur retenu ici a pour objectif, de façon fort légitime et utile, une synthèse de la naturalité des forêts en considérant les critères les plus en relation avec l’action directe du forestier (exploitation, sylviculture). L’indicateur cherche à intégrer simplement les questions de l’indigénat des essences, le régime sylvicole, le mode de renouvellement et l’intensité de la sylviculture. Si l’objectif est louable, il ne parvient toutefois pas à un résultat satisfaisant.

✓ **échelle spatiale**

- de présentation des résultats

Un tableau national, ce qui est peu instructif, sauf pour la comparaison entre pays. Le tableau est inutile si l'on conserve la figure 17.

- des données de base

L'échelle spatiale des données de base est la placette de 20 ares autour du point de sondage IFN (rayon de 25 m).

Pour affiner le gradient de naturalité des forêts, les données IFN sont plus riches qu'il n'y paraît, permettant de discriminer les espèces exotiques (région IFN par région IFN), l'écologie des espèces (pionnière, post-pionnière, climacique), les structures, les âges, ... Une variété d'approches est possible en fonction du critère que l'on cherche à analyser : indigénat, naturalité de la structure, maturité, continuité dans le temps ou l'espace, ... (voir Lorber, 2006 pour une réflexion appliquée à la région méditerranéenne ou Vallauri, 2007).

✓ **domaines d'application** (régions, types forestiers, ...)

Un seul résultat national est donné. L'échelle de la région administrative ou du département, ou toute échelle inférieure (sylvo-éco-région) renforcerait les résultats.

La distinction des résultats des forêts feuillus de ceux des forêts résineuses ne présente aucun intérêt, en l'état des catégories notamment.

Définitions employées

✓ **description**

Les forêts « non perturbées » ont été définies par la présence d'une futaie depuis un temps immémorial, exclusivement composée d'essences indigènes et sans intervention humaine depuis au moins 50 ans ; la valeur pour la forêt privée a été estimée en appliquant le même ratio entre forêt « non perturbée » et forêt inexploitable (estimée par l'IFN) que pour la forêt publique, ce qui la surestime peut-être un peu : en effet, la forêt privée est moins représentée dans les zones de montagne où sont concentrées la majorité des forêts «non perturbées». Il n'a pas été possible de mettre à jour ces données.

Les « plantations » sont représentées par : 1) les boisements et reboisements de moins de 40 ans d'essences acclimatées ou exotiques (y compris le pin laricio hors Corse) traités en futaie régulière ; 2) les boisements et reboisements de moins de 40 ans d'épicéa commun traités en futaie régulière ; 3) les futaies régulières de pin maritime communales et privées dans les départements des Landes, de la Gironde et du Lot-et-Garonne. Conformément aux définitions de la FAO, les plantations qui ne font pas l'objet d'une exploitation intensive ont été classées dans les forêts semi-naturelles (pin maritime du massif landais en forêt domaniale, ...). Par ailleurs, l'origine « boisement » ou « reboisement » n'est notée par l'IFN que pour les peuplements de moins de 40 ans : on a donc considéré qu'au-delà de cet âge, l'exploitation n'est plus intensive à part pour le pin maritime du massif landais hors forêt domaniale.

Les forêts « semi-naturelles » sont celles qui ne répondent pas aux 2 définitions précédentes.

Le classement des essences dans les catégories « indigènes », « acclimatées » et « exotiques » est réalisé au niveau national (voir indicateur 4.4).

✓ **discussion**

Cet indicateur est trop mal discrétisé pour traduire, même de façon simple et globale, le gradient de naturalité des forêts françaises. Les définitions de « plantations » et « forêts semi-

naturelle » sont imprécises ou pas toujours pertinentes pour être discriminantes. En conséquence, l'analyse ne dégage que des faits banaux et discutables :

- la quasi-inexistence des forêts non-perturbées (0,2%) en France métropolitaine.

Cette proportion est d'ailleurs fixe depuis 1995 puisque issue d'une extrapolation discutable de quelques inventaires dans les montagnes et dans les forêts domaniales. Le potentiel indicateur et de suivi est faible alors que la thématique des forêts naturelles ou anciennes est cruciale ;

- une proportion de plantations vraisemblablement sous-évaluée (12,6%) faute d'informations IFN sur l'origine des forêts de plus de 40 ans.

Cette proportion ne tient pas compte des reboisements d'essences exotiques âgés de plus de 40 ans ou d'essence indigène au niveau national mais qui sont plantées massivement hors de leur aire de répartition (ex. de l'épicéa) ;

- une catégorie fourre-tout, « forêts semi-naturelles » (quasi-totalité des forêts).

Cette catégorie ne reflète pas la réalité de la naturalité relative des forêts françaises. La façon de discriminer l'indicateur n'est pas représentative du gradient existant. Cette catégorie, ô combien hétérogène, regroupe par exemple pêle-mêle les douglaseraies monospécifiques âgées de 41 ans et plus du Morvan, les pessières du Massif Central ou des Pyrénées (où l'espèce est, rappelons-le, exotique), les suberaies des Maures, les taillis-sous-futaie et chênaies cathédrales de Tronçais et les futaies immémorialement jardinées du Jura. Il semble intuitivement possible et judicieux de segmenter en trois cette dernière catégorie. Cela est en cours au niveau européen dans le cadre des travaux du groupe « Biodiversité » de l'action Cost E-43.

Méthodologie

✓ **description**

RAS. Le problème principal est un problème de définition de l'indicateur et de sa discrétisation.

✓ **problèmes rencontrés**

RAS. Le problème principal est un problème de définition de l'indicateur et de sa discrétisation.

Périodicité

✓ **possible**

- annuelle sur la France entière ou quinquennale sur les régions administratives (nouvelle méthode IFN) pour les « plantations » et les « forêts semi-naturelles » ;

- fixe depuis 1995 pour les forêts non perturbées, mais actualisation de l'enquête nationale souhaitable.

✓ **souhaitable**

Les questions forestières n'évoluant pas vite, il ne serait pas inconcevable d'avoir une périodicité de 10 ans.

Disponibilité des données (lacunes, récupération, format)

Lacunes : pas d'éléments sur les formations boisées non disponibles pour la production car non inventoriées au sol ; pas d'éléments fiables et mis à jour pour les forêts non perturbées

Récupération : facile

Format : base de données

Fiabilité et précision des données

Fiabilité : moyenne (du fait du classement national des essences en catégories « indigènes », « acclimatées » et « exotiques »)

Précision : élevée

Coût de production de l'indicateur (hors coût d'acquisition des données)
Faible

Présentation de l'indicateur

En l'état, la figure 17 et le commentaire suffisent.

Liens avec d'autres indicateurs

L'indicateur 4.3 cherche à résumer en un seul indicateur les multiples facettes de ce qui est sous-entendu sous le terme de naturalité (indigénat, maturité des âges, maturité des structures, continuité spatiale et temporelle du boisement, ...). Il est donc en relation étroite avec les indicateurs 1.3, 4.1, 4.1.1, 4.2, 4.3.1, 4.4, 4.5, 4.9.

Qualité des commentaires

Bon.

Pour les plantations, commentaires sur la prépondérance des résineux inutiles vu le « matériel et méthodes ».

La perspective sur les forêts anciennes (naturalité au sens de la continuité temporelle, suivant les travaux de Dupouey *et al.* 2002) est intéressante mais ne peut remplacer un indicateur de naturalité globale fondé sur l'indigénat/structure du boisement. L'analyse par la flore indicatrice est très intéressante mais pas dans le cadre des IGD à moyen terme.

Expérience des autres pays européens

Finlande : pas d'indicateur de naturalité comparable. L'indicateur 4.3 correspond au réseau de protection, qui matérialise de fait un gradient protégé de naturalité en fonction des catégories. Dans la catégorie de protection 1 de la CMPFE (UICN I et UICN II) les forêts ne présentent pas du tout d'exploitation, soit près de 7% des forêts non perturbées.

Royaume-Uni : plusieurs indicateurs en parallèle. Les forêts anciennes font l'objet d'un inventaire *ad hoc* très intéressant. L'indicateur « forêts d'essence native » discrimine par l'indigénat.

Suisse : cible essentiellement les forêts sans intervention sylvicole depuis 50 ans. Mais il est vrai que la Suisse présente peu de forêts artificielles et de plantations industrielles. Les forêts gérées sont souvent proches d'une structure naturelle (futaie continue, essence en station), et plus homogène qu'en France.

Conclusion : pas d'homogénéité ou tendance dans le traitement de cet indicateur, ce qui n'est pas surprenant en l'état de la réflexion sur la naturalité.

Liste bibliographique (y compris travaux en cours)

- Anderson J.E., 1991, A conceptual framework for evaluating and quantifying naturalness. *Conservation biology*, 5, p. 347-352.
- Angermeier P.L., 2000, The natural imperative for biological conservation. *Conservation biology*, 14, p. 373-381.
- Balmford A., Green R.E. et Jenkins M., 2003, Measuring the changing state of nature. *Trends in Ecology and Evolution*, 18 (7), p. 326-330.

- Dudley N., 2003, L'importance de la naturalité dans les paysages forestiers, *In* Vallauri D. (coord.), *Livre blanc sur la protection des forêts naturelles en France. Forêts métropolitaines*, Editions Tec & Doc., Paris, p. 77-86.
- Dupouey J.-L., Sciamia D., Koerner W., Dambrine E., et Rameau J.-C., 2002, La végétation des forêts anciennes, *Revue forestière française* 6, p. 521-532.
- Dupouey J.-L., Bachacou J., Cosserat R., Aberdam S., Vallauri D., Chappart G. et Corvisier de Villèle M.-A., 2007, Vers la réalisation d'une carte géoréférencée des forêts anciennes de France, *Le Monde des Cartes*, (à paraître).
- Gilg O., 1997, *Éléments d'évaluation de la naturalité des écosystèmes forestiers vosgiens. Éléments conceptuels et méthodologiques. Application aux hêtraies-sapinières de la Réserve Naturelle du massif du Grand Ventron*, Parc naturel régional des Ballons des Vosges, Conservatoire des Sites Alsaciens, Conservatoire des Sites Lorrains. Rapport, 52 p.
- Gilg O., 2004, *Forêts à caractère naturel : caractéristiques, conservation et suivi*, Montpellier, ATEN/RNF, 96 p.
- Haye S., 2006, *Mise en place d'un protocole d'évaluation de la naturalité des forêts gérées en irrégulier*, Mémoire ENGREF-FIF, Nancy, 78 p.
- Hill M.O., Roy D.B. et Thompson K., 2002, Hemeroby, urbanity and ruderality: Bioindicators of disturbance and human impact, *Journal of Applied Ecology*, 39, p. 708-720.
- Leroy C., 2006, *Le degré de naturalité des forêts de la réserve naturelle des rochers et tourbières du Pays de Bitche*, Mémoire FIF-ENGREF, Nancy, 120 p. + CD.
- Lorber D., 2006, *Les forêts anciennes de Méditerranée : contribution à la mise en place d'une méthodologie d'analyse de la naturalité*, Rapport de stage Master Pro, Marseille, 90 p.
- Mace G.M., 2005, An index of intactness. *Nature* 434, p. 32-33.
- Machado A., 2004, An index of naturalness. *Journal for Nature Conservation*, 12, p. 95-110.
- Schnitzler A., 2002, *Ecologie des forêts naturelles d'Europe. Biodiversité, sylvigénèse, valeur patrimoniale des forêts primaires*, Editions Tec & Doc, Paris, 271 p.
- Scholes R.J. et Biggs R., 2005, A biodiversity intactness index, *Nature* 434, p. 45-49.
- Uotila A., Kouki J., Kontkanen H. et Pulkkinen P., 2002, Assessing the naturalness of boreal forests in eastern Fenoscandia, *Forest ecology and management*, 161, p. 257-277.
- Vallauri D., 2007, Biodiversité, naturalité, humanité. Application à la gestion et l'évaluation des forêts. *Rapport scientifique WWF*, Marseille, 70 p.

Propositions d'amélioration et besoins de recherche (y compris valeurs de référence et sources alternatives de données)

Propositions d'amélioration

Il n'est pas impossible, avec les données IFN actuelles, de définir un indicateur de naturalité globale (discrétisé ou continu) pour les forêts, donnant de façon consensuelle une image de la réalité du gradient écologique des forêts et de leur gestion durable.

Cela fait appel à une définition rigoureuse de l'indigénat et de l'écologie des arbres mais aussi de la structure notamment. Un petit groupe de travail pourrait aisément se mettre d'accord et proposer un indicateur du gradient en 5/6 catégories et la méthodologie adéquate à partir des données IFN, en lien avec les travaux de l'action Cost E-43.

A propos des forêts anciennes :

- d'un point de vue de la maturité des boisements, il est souhaitable de disposer de données plus fiables qu'une extrapolation ;
- d'un point de vue de la continuité temporelle, un travail de fond est indispensable pour de multiples usages (dont un indicateur chiffré et des cartes au 1:25000) à partir des cartes anciennes (voir Dupouey *et al.* 2007). En complément, on peut envisager le relevé sur le

terrain des traces d'agriculture ancienne (murets, terrasses, ...) les plus évidentes dans le cadre de l'inventaire forestier national.

A propos des forêts non exploitées : une réflexion est en cours à l'IFN pour évaluer dans les prochains inventaires le taux de forêts (et leur localisation) n'ayant pas été exploitées depuis au moins 50 ans (ou forêts sans souche). Cet investissement est à peser mais permettrait de quantifier un indicateur de pression très précis (empreinte de l'exploitation).

Besoins de recherche

Les questions scientifiques posées par le concept de la naturalité *sensu lato* sont éminemment actuelles pour le chercheur comme le gestionnaire (voir les travaux de l'INRA, Cemagref, les Universités, RNF, WWF, ...).

Le cadre de recherche gagnera à s'affiner à l'avenir face aux réalités de contextes naturels et humains très variés, sondant l'ensemble du gradient de naturalité.

Le concept de naturalité écologique oblige à sortir des études fondées sur un seul critère ou indicateur, pour embrasser toute la complexité de la nature. Même si certains indicateurs sont particulièrement intégrateurs et plus faciles à aborder, notamment pour le gestionnaire (ex. d'un critère de naturalité écologique souvent mis en avant ces dernières années, celui des arbres vétérans et du bois mort), cette ouverture contradictoire sur des indicateurs représentatifs de la biodiversité forestière et processus fonctionnels principaux est indispensable.

Il semble important et nécessaire de poursuivre le travail d'identification et comparaison des critères et indicateurs, de façon à mettre en évidence les plus intégrateurs et robustes, leur échelle de pertinence et leur potentiel d'applications à la gestion (de la parcelle à un IGD).

De même, l'identification d'espèces indicatrices de naturalité doit se poursuivre, en précisant le domaine d'indication, continuité spatiale ou temporelle, maturité des structures, nécromasse, ... Ces listes, qui en forêt intéressent déjà des groupes variés (plantes à fleurs, lichens, champignons ou coléoptères), sont le plus souvent validées par l'expertise collective. Toutefois, il serait tout aussi important de chercher à les valider par une recherche spécifique, comme par exemple en étudiant le lien entre la présence de ces espèces et l'histoire précise des milieux, vue au travers des cadastres par exemple, pour ce qui est de la validation des listes d'espèces indicatrices de continuité temporelle de l'état boisé (Dupouey *et al.* 2002 pour un exemple sur la flore).

Vers un outil historique disponible par tous

Pour ce dernier exemple, comme d'ailleurs pour une analyse de l'empreinte écologique passée et ses conséquences pour le fonctionnement actuel des écosystèmes, les données sur l'histoire des forêts sont primordiales. Au même titre que la mise en relation avec les paramètres classiques du biotope (climat, sol, géographie), il semble délicat aujourd'hui de ne pas replacer tout relevé écologique dans un contexte historique. Or, en la matière, les sources d'information en France sont tout à fait intéressantes, sous-évaluées et sous-employées par les écologues.

Par exemple, une cartographie des boisements anciens d'un point de vue historique est tout à fait envisageable pour toute la France (Dupouey *et al.* 2007), à partir de diverses sources cartographiques (Cassini, Etat major, cartes ou minutes). Elle constituerait une source clé pour l'étude de l'importance de la continuité temporelle et spatiale (deux critères de naturalité des forêts) sur la conservation de la biodiversité. Elle fournirait également un outil de planification utile aux gestionnaires.

Indicateur n°4.3.1

Thème : Caractère naturel

Nom détaillé : Surface de futaies régulières très âgées constituant des habitats spécifiques

Résumé

- ✓ Le thème abordé est pertinent du point de vue de la biodiversité.
- ✓ Cet indicateur est très pertinent car lié directement à la présence des nombreuses espèces ayant des niches très spécialisées (cavicoles, saproxylophages...) mais il doit être amélioré.
- ✓ Cet indicateur doit être étendu, au-delà des seules futaies régulières, à la caractérisation de l'abondance de tous les bois sénescents, quelle que soit la structure du peuplement. Il ne peut donc plus être basé sur la seule mesure de l'âge des futaies.
- ✓ Un important effort de recherche est nécessaire, notamment pour caractériser ces habitats spécifiques et mieux connaître les mécanismes en jeu.

Origine de l'indicateur : France

Source actuelle des données : IFN

Pertinence

- ✓ **signification biologique** (interprétation non ambiguë, enjeux particuliers)
 - . potentiellement, les arbres et peuplements très âgés sont la niche de nombreuses espèces (Marchetti, 2004 ; Vallauri *et al.*, 2005) : arthropodes (saproxylophages en particulier), oiseaux (cavicoles en particulier), mammifères, champignons, lichens, mousses, ... liés à la présence de cavités, de bois vivant mais en cours de dégradation, de bois de gros diamètre, ... ou aux caractéristiques particulières des sols dans les peuplements âgés (teneur élevée en matière organique principalement, mais aussi structure).
 - . la présence d'arbres âgés indique l'absence de perturbations extrêmes pendant une longue période, ce qui là encore conditionne la présence de certaines espèces.
 - . la présence d'arbres âgés conditionne la « possibilité » future en bois mort de gros diamètre.

Il faut noter que des habitats spécifiques à diverses espèces 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 (McCarthy & Burgman, 1995).

- ✓ **échelle spatiale**

- de présentation des résultats

Les résultats sont actuellement présentés par essence et par date. Une présentation par zones biogéographiques serait souhaitable.

- des données de base

Information disponible au niveau de chaque relevé de futaie régulière (20 ares).

✓ **domaines d'application** (régions, types forestiers, ...)

L'indicateur est *a priori* pertinent à toutes échelles. Mais il devrait être adapté au type de station (voir plus loin).

Définitions employées

✓ **description**

L'estimation de l'âge limite pour chaque essence mentionnée a été réalisée avec la collaboration de l'ONF et de l'INRA. Cet âge limite a été considéré en première approximation comme un âge vraisemblable pour l'apparition de phénomènes de surmaturité physiologique ou de sénescence dans des conditions moyennes.

La structure « futaie régulière » est définie comme suit à l'IFN : structure des peuplements issus de semis ou de plantations ainsi que des peuplements issus de rejets ou drageons de belle forme et de dimension moyenne bois moyen ou gros bois (il s'agit alors de futaie sur souche résultant d'une conversion ou du vieillissement naturel du taillis). Il faut qu'au moins 2/3 du couvert absolu libre soit formé par des arbres de hauteur voisine (écart extrême entre les hauteurs inférieur à 30% de la hauteur moyenne) sans qu'il y ait juxtaposition de bouquets qui diffèrent largement entre eux par la hauteur des arbres qui les composent (sauf cas d'une futaie régulière en cours de régénération). Cette régularité ne concerne que les essences formant la partie du peuplement la plus intéressante sur le plan économique, donc à l'exclusion de celles formant un accessoire du peuplement ayant une fonction culturale. D'autre part, il faut que moins de 50% des arbres soient de forme réserve de taillis-sous-futaie.

✓ **discussion**

Voir « Méthodologie - problèmes rencontrés ».

Méthodologie

✓ **description**

L'indicateur concerne les seules forêts inventoriées disponibles pour la production de bois (hors peupleraies) et présentant une structure de futaie régulière.

La classe d'âge de l'essence prépondérante d'un peuplement est déterminée à partir de l'âge réel de trois à quatre arbres vifs : deux arbres appartenant à la plus grosse classe de dimension représentée et un arbre de chacune des deux autres classes de dimension. Les arbres mesurés doivent être sains et dominants, ou à défaut, dominés avec accès à la lumière. La classe d'âge affectée à l'essence n'est pas la moyenne des âges mesurés mais est déterminée sur le terrain à partir d'une grille prédéfinie (bornes). Lorsque les bornes de la classe d'âge ne coïncidaient pas avec l'âge limite proposé, une extrapolation linéaire a été réalisée.

Ce protocole IFN a été modifié récemment : l'âge du peuplement sera désormais calculé au bureau à partir de l'âge des deux arbres les plus proches du piquet central, quelle que soit leur dominance pour les plantations équiennes monospécifiques et parmi les six plus gros arbres dominants pour les autres peuplements.

Pour des raisons de précision, l'indicateur n'est calculé que pour les seules essences couvrant plus de 10 000 ha en futaie régulière, ce qui explique l'absence de nombreuses essences, comme le pin cembro par exemple.

Par ailleurs, l'absence d'inventaire au sol de certaines formations dans le midi méditerranéen (garrigues et maquis boisés) a conduit à sous-estimer la part des futaies régulières très âgées de chêne vert.

✓ problèmes rencontrés

Il y a un certain antagonisme entre le fait de classer cet indicateur parmi les indicateurs de naturalité et le fait qu'il ne concerne que les futaies, une structure de peuplement en elle-même très artificielle. Dans la plupart des cas, les futaies régulières ne sont pas un type de peuplement « naturel » sous nos climats. Il existe quelques exceptions (régénération par le feu d'espèces pyrophytes par exemple), mais la localisation exacte des structures naturelles de type futaie régulière est encore très mal connue et elles sont probablement d'étendue limitée. C'est plutôt le retour vers des structures d'âge fortement hétérogènes, comprenant des arbres très âgés, qui mesure une distance à un état naturel, plus que la seule présence d'arbres âgés.

La définition de l'âge limite, qui conditionne très fortement la valeur de l'indicateur, est pour l'instant très subjective. Il faudrait essayer de l'améliorer en l'objectivant un peu plus. Les phénomènes de sénescence dépendent fortement du type de station. La longévité du chêne sessile par exemple est probablement plus faible sur les types de station les plus contraignants (sols à faible réserve par exemple) où la fréquence de récurrence des événements microclimatiques extrêmes affaiblit rapidement les arbres et limite l'âge maximal possible. La sylviculture l'a d'ailleurs en partie intégré, en attribuant des âges d'exploitabilité plus bas sur ces stations les plus difficiles. Il faut noter que cette relation entre type de station et état de maturité des peuplements n'est en aucun cas simple : sur les stations les plus fertiles, où la croissance est rapide, on peut aussi être amené à abaisser l'âge d'exploitabilité et à considérer les peuplements comme sénescents à des âges seuils plus bas que sur les stations moins riches où le cycle de vie est moins rapide ... Le calcul d'une surface à l'échelle nationale, sans prise en compte de ces variations écologiques, est sans doute trop grossier.

Les nombreuses études dendrochronologiques et dendrométriques existantes pourraient être exploitées dans l'objectif de préciser ces seuils de sénescence (fréquences des *extrema* d'âges observés pour chaque essence, relation entre croissance radiale des arbres et âge, ou entre croissance en volume et âge, ...). Les données de l'IFN elles-mêmes pourraient permettre d'améliorer le choix de ces âges seuils (en se basant sur la relation croissance-âge, par exemple, par essence et par station).

Plus précisément, on pourrait à terme envisager de ne plus se baser sur un seul âge ou diamètre seuil, mais plutôt sur la description dans les inventaires des habitats spécifiques liés à l'âge de l'arbre ou du peuplement : abondance des cavités, des branches mortes, intensité des décollements d'écorce, qualité et quantité de litière, ... Dans ce cadre, la notion d' « arbre vétérans » serait à développer.

L'âge choisi pour le bouleau semble bas : 50 ans n'est pas très âgé pour cette essence, même s'il s'agit d'une pionnière. Les chiffres très élevés de surface de peuplements âgés obtenus pour cette essence viennent en partie de ce seuil bas choisi pour l'âge. Même chose pour le pin à crochets qui peut atteindre aisément, dans son aire naturelle, des âges dépassant plusieurs siècles. A l'opposé, 240 ans pour le chêne sessile, une essence qui n'est pas particulièrement longévive dans son aire de distribution naturelle (malgré quelques cas emblématiques d'origine souvent anthropique), paraît bien élevé.

L'indicateur n'utilise qu'une classe d'âge globale pour l'ensemble du peuplement. Il concerne donc les peuplements âgés. Il serait peut être intéressant de fournir un indicateur qui tienne compte de la présence du premier arbre âgé (supérieur au seuil défini), ou de la fréquence, de la surface terrière ou du volume de ces arbres dans le peuplement, et non seulement de la classe d'âge de l'ensemble de la placette.

Cet indicateur a l'avantage, contrairement à d'autres, d'être en lien direct avec la présence de nombreuses espèces (saproxyliques, cavicoles, ...). Mais le vieillissement des arbres et des peuplements est un phénomène complexe qui modifie de nombreux processus physiologiques au niveau de l'arbre et écologiques au niveau de l'écosystème. Cet indicateur peut donc aussi mélanger des causes de variation de la biodiversité très diverses et parfois assez indirectes. Par exemple, la sénescence des peuplements s'accompagne le plus souvent d'une ouverture de la canopée et donc de la progression des espèces héliophiles. Un indicateur de type quantité de lumière au sol permettrait d'être plus spécifique. De même, le vieillissement s'accompagne d'une augmentation de la quantité de matière organique au sol qui serait mieux indiquée par le type d'humus.

Périodicité

✓ **possible**

Annuelle sur la France entière (nouvelle méthode IFN), mais précision de l'estimateur encore mal connue car mis en place récemment

✓ **souhaitable**

Décennale

Disponibilité des données (lacunes, récupération, format)

Lacunes : pas d'éléments sur les formations boisées non disponibles pour la production car non inventoriées au sol. Or, ces formations « non productives », bien que représentant une faible surface totale, sont susceptibles de receler des surfaces importantes de peuplements âgés. On ne trouve par exemple aucune valeur pour les cembraies, alors que l'âge des arbres, dans ce type de peuplement, est un indicateur important de leur naturalité.

Récupération : facile

Format : base de données

Fiabilité et précision des données

Fiabilité : moyenne (voir méthodologie d'estimation de l'âge)

Précision : faible (les surfaces concernées sont très faibles et correspondent donc à un faible nombre de placettes)

Coût de production de l'indicateur (hors coût d'acquisition des données)

Faible

Présentation de l'indicateur

Le titre de l'indicateur est ambigu et devrait être revu, s'il est conservé : que veut dire « constituant des habitats spécifiques » ? S'agit-il d'une partie de la définition de l'indicateur (futaies âgées et constituant des habitats spécifiques, les futaies âgées ne constituant pas toujours des habitats spécifiques) ? Dans ce cas, il faudrait définir de façon beaucoup plus précise ce qu'on entend par « habitats spécifiques ». De toute façon, ce n'est pas dans ce sens que l'indicateur est calculé actuellement, puisqu'il prend en compte toutes les surfaces de futaies âgées, qu'il y ait présence d'habitats spécifiques ou non. La proposition « constituant des habitats spécifiques » n'est donc ajoutée que pour éclairer l'intérêt de l'indicateur. Il vaudrait mieux rester plus neutre et plus clair dans le titre - quitte à commenter ce point dans le texte explicatif - et lever cette ambiguïté de la définition en appelant simplement l'indicateur « Surface de futaies régulières très âgées ».

L'équilibre spatial de ces peuplements âgés est important, au moins autant que leur surface totale. Il faudrait, au-delà de la seule surface totale de peuplements âgés, calculer et représenter de façon cartographique un indice de régularité spatiale de la distribution des

classes d'âge, au moins des classes les plus âgées, ou, plus simplement, le pourcentage de peuplements âgés.

Lien avec d'autres indicateurs

Cet indicateur est très lié à l'indicateur 1.3 (« structure par classe d'âge et/ou classe de diamètre des forêts et autres terres boisées, classées par type de forêts et par disponibilité pour la production de bois »). A la limite, il ne semble en être qu'un « sous-produit », puisque les futaies âgées ne sont qu'une classe particulière de l'indicateur 1.3. Cependant, l'indicateur 1.3 ne distingue pas les classes d'âge ou de diamètre en fonction des essences, contrairement à l'indicateur 4.3.1.

Cet indicateur est aussi fortement lié aux autres indicateurs de naturalité. Pour l'instant, il n'y en a qu'un, l'indicateur 4.3, qui tente de regrouper de façon synthétique de nombreux critères en un seul. Il vaudrait probablement mieux bien clairement décomposer l'indicateur 4.3 en plusieurs sous-indicateurs de naturalité (proportion d'essences autochtones, quantité de bois mort, niveau de prélèvement, structure des peuplements, niveau d'artificialisation du milieu, ...), dont le 4.3.1 ne serait plus qu'un élément parmi d'autres.

Cet indicateur est aussi en partie lié à l'indicateur 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 ») puisque la surface des peuplements âgés d'aujourd'hui contrôle la possibilité de conserver les bois morts sur pied de demain.

Enfin, il est lié à l'indicateur 4.9 (« Surface de forêts et autres terres boisées protégées pour conserver la biodiversité, le paysage et des éléments naturels spécifiques ») puisque, par nature, les réserves sont appelées à contenir une importante proportion d'arbres âgés.

Qualité des commentaires

Commentaires pertinents.

Expérience des autres pays européens

Les pays nordiques définissent très précisément le seuil de sénescence des peuplements comme étant 30% au-dessus de l'âge auquel la croissance annuelle moyenne en volume du peuplement atteint son maximum (Stokland *et al.*, 2003). Ce seuil dépend donc de l'espèce et de la station. Ils font donc aussi l'hypothèse classique, mais probablement en partie fautive, que les stades de sénescence intéressants pour la biodiversité sont atteints moins rapidement dans les stations les plus pauvres.

Il est intéressant de constater que les anglais n'ont pas mis en œuvre cet indicateur, mais détaillent avec beaucoup de précision l'extension des forêts dites « anciennes », concept très différent puisqu'il se rapporte à la continuité de l'état boisé sur une longue période, et non à l'âge des arbres (Forestry Commission, 2002).

Liste bibliographique (y compris travaux en cours)

Forestry Commission, 2002, *UK indicators of sustainable forestry*, Economics & Statistics Unit, Forestry Commission, Edinburgh, United Kingdom, 104 p.

Marchetti M. (ed.), 2004, *Monitoring and indicators of forest biodiversity in Europe - from ideas to operationality*, EFI Proceedings, 51, Joensuu, European Forest Institute, 526 p.

McCarthy M.A. et Burgman M.A., 1995, Coping with uncertainty in forest wildlife planning, *Forest Ecology and Management*, 74, 1-3, p. 23-36.

Stokland J.N., Eriksen R., Tomter S.M., Korhonen K., Tomppo E., Rajaniemi S., Söderberg U., Toet H. et Riis-Nielsen T., 2003, *Forest biodiversity indicators in the Nordic countries - Status based on national forest inventories*, TemaNord, 514, 105 p.

Vallauri D., André J., Dodelin B., Eynard-Machet R. et Rambaud D. (coord.), 2005, *Bois mort et à cavités - Une clé pour des forêts vivantes*, Éditions Tec & Doc – Lavoisier, 405 p.

Propositions d'amélioration et besoins de recherche (y compris valeurs de référence et sources alternatives de données)

Propositions d'amélioration

- . ne plus se baser sur le seul âge pour la recherche des peuplements âgés, mais à la fois sur le diamètre et l'âge des arbres. Il en résultera bien sûr une perte de précision, mais un gain très important sur les surfaces analysées.
- . utiliser l'âge mesuré dans les peuplements irréguliers (arbres dominants dans le nouveau protocole IFN).
- . réviser les âges seuils actuellement utilisés.
- . adapter ces âges en fonction du type de station ou, à défaut, en fonction de la sylvo-éco-région.
- . inventorier les peuplements non productifs.
- . présenter l'équilibre des classes d'âge plutôt que les seules classes âgées. Cela permettrait d'anticiper les évolutions de cet indicateur et de se rapprocher d'un « vrai » critère de naturalité. Il faudrait pour cela établir des « références » issues des études sur les dynamiques de peuplement en réserves intégrales.
- . présenter, en parallèle à cet indicateur de maturité du peuplement, un indicateur de présence d'arbres âgés (présence d'au moins un arbre âgé, fréquence ou volume des arbres âgés dans le peuplement).
- . présenter une carte de la répartition spatiale de ces classes d'âge.

Besoins de recherche

- . quel est l'âge des arbres ou des peuplements, pour les différentes essences forestières ou types stationnels, auquel apparaissent des habitats spécifiques ? Quels sont exactement ces habitats ? Quelles espèces sont concernées ? Plus précisément :
 - . les pathogènes animaux et microbiens sont-ils favorisés par ces phases de sénescence ? Comment concilier leur augmentation probable avec les exigences de conservation de la diversité d'autres espèces, non pathogènes ?
 - . la végétation accompagnatrice est-elle impactée par ces phénomènes ? Si oui, quelle est la part de l'augmentation de lumière au sol liée au vieillissement des peuplements, du changement de la quantité et de la qualité de la litière ou d'autres mécanismes ?
 - . en quoi les habitats liés aux arbres vétérans et sénescents diffèrent-ils de ceux liés aux arbres morts ?
 - . quelles sont les caractéristiques propres aux arbres âgés d'une part et aux peuplements âgés d'autre part ?
 - . comment caractériser de façon simple lors des inventaires les habitats liés aux arbres et peuplements âgés (branches mortes, cavités, décollements d'écorce, ...) ?
- . quels sont les mécanismes qui expliquent le lien entre âge élevé des arbres et présence de certaines espèces ? Quels sont les effets respectifs de la taille des troncs, de la présence des blessures, de la composition chimique du bois et des écorces, ... sur la préférence de certaines espèces pour ces arbres âgés ?
- . quelles sont les structures d'âge ou de diamètre dans les réserves intégrales pour les différents types forestiers présents sous nos climats ? Dans quels cas ces structures sont-elles naturellement des futaies régulières ?
- . comment la répartition spatiale et temporelle de ces peuplements ou arbres âgés dans ou hors les forêts permet d'assurer une continuité de la présence des espèces qui leur sont associées ?
- . comment transcrire ces structures d'âge en structures de diamètre ?
- . de façon plus générale, comment opèrent les mécanismes de sénescence chez les arbres ? A quelle vitesse selon les essences ? Quelle est la relation entre contraintes stationnelles et succession des phases sylvo-génétiques, en particulier l'entrée dans la phase de sénescence ?

Indicateur n°4.4

Thème : Essences introduites

Nom détaillé : Surface de forêts et autres terres boisées composées principalement d'essences introduites

Résumé

- ✓ Le thème abordé est très pertinent, car l'introduction d'essences exotiques modifie fortement la biodiversité des écosystèmes forestiers, souvent dans le sens d'un appauvrissement.
- ✓ La pertinence de cet indicateur peut être améliorée en modifiant 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 et d'expertise collective.

Origine de l'indicateur : Conférences ministérielles pour la protection des forêts en Europe (CMPFE), Vienne 2003

Source actuelle des données : IFN

Pertinence

- ✓ **signification biologique (interprétation non ambiguë, enjeux particuliers)**
- Cet indicateur a une forte pertinence biologique (Vitousek *et al.*, 1997). Il est lié aux modifications importantes de la biodiversité, sous toutes ses facettes (structure, composition, fonction) et à toutes les échelles (infra-spécifique, spécifique, paysagère), que peuvent entraîner la présence d'essences ou, plus généralement, de génotypes allochtones :
- modifications de la physionomie et de la structure de l'écosystème.
 - modifications de la richesse en espèces ; les espèces autochtones présentent par exemple des cortèges d'insectes phytophages associés plus riches que les espèces exotiques (Kennedy & Southwood, 1984).
 - modifications de la composition en espèces.
 - modifications du fonctionnement de l'écosystème, en particulier des cycles biogéochimiques (Augusto, 2002) et des réseaux d'interactions entre espèces.
 - risque (ou bénéfique) potentiel de dissémination de l'espèce. Lorsque la dissémination de l'espèce a des conséquences négatives, du point de vue économique ou environnemental, on parle d'invasion. Ce risque invasif apparaît faible, mais existant, pour les forêts françaises. Il concerne actuellement, pour les forêts françaises, les essences suivantes : cerisier tardif, érable negundo, ailanthe, robinier faux-acacia –mais cette dernière espèce peut à peine être qualifiée d'invasive en France actuellement, puisqu'elle apparaît très stable en surface-, chêne rouge soit au total 5 espèces pour plus de 60 essences allochtones au total en forêt.
 - risque (ou bénéfique) potentiel de dissémination de gènes. L'invasion peut aussi être celle de certains gènes de l'espèce introduite, si celle-ci est capable de se croiser avec les espèces indigènes et que cette introgression n'est pas souhaitée.

- les essences allochtones peuvent aussi entraîner des modifications significatives du fonctionnement des paysages, créant des barrières, modifiant des tailles de réservoir biologiques, etc. Leur utilisation sur de grandes surfaces conduit *de facto* à une homogénéisation de l'environnement, et donc à une diminution de la diversité β (entre sites).

La distinction entre essences venant de pays étrangers et essences poussant en France n'a pas beaucoup de pertinence (voir plus loin).

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 (cf. *Clathrus archeri* par exemple).

Cet indicateur est d'autant plus pertinent que le taux d'endémisme de la flore arborée autochtone est élevé. La perte potentielle en cas d'invasion est en effet plus importante. Ce n'est le cas, en France, que dans les actuels territoires et départements d'Outre-Mer. Si on considère les espèces ligneuses arbustives (ce qui n'est pas le cas dans l'état actuel de l'indicateur), la région méditerranéenne est alors concernée.

Cet indicateur est une composante forte de l'indicateur de naturalité.

Attention, cet indicateur n'a pas qu'une signification biologique. Il a une forte signification esthétique, dans la formation des paysages en particulier. Mais surtout, il a une dimension sociologique très importante, avec des prises de position parfois très affirmées de la société sur l'opportunité des diverses introductions d'espèces.

✓ **échelle spatiale**

- de présentation des résultats

Il faut pouvoir disposer de résultats à divers niveaux : national ou régional pour assurer une surveillance « territoriale » de cet indicateur, mais aussi très local afin de pouvoir :

- diagnostiquer de la façon la plus précoce possible les cas d'envahissements ;
- conserver une trace des voies d'introductions de matériel exogène.

- des données de base

Relevés de végétation et de peuplement sur la placette de 20 ares autour du point de sondage IFN (rayon de 25 m).

✓ **domaines d'application** (régions, types forestiers, ...)

S'applique à tous les domaines.

Définitions employées

✓ **description**

Une liste des essences considérées comme « indigènes », « acclimatées » ou « exotiques » a été définie au niveau national. Cette liste a été élaborée avec l'aide de Jean-Claude Rameau (ENGREF), à partir de deux sources : les listes de l'Inventaire forestier national et la "Flore forestière française, guide écologique illustré", publiée en 1989 et 1993. Elle a été complétée par l'INRA et l'AFOCEL. Ce choix conduit à passer sous silence un certain nombre d'essences exotiques, généralement présentes en petites surfaces plus ou moins expérimentales.

La définition d'un arbre acclimaté, utilisée dans cet indicateur est la suivante : un arbre acclimaté est un arbre qui 1) a été introduit depuis suffisamment de décennies pour avoir démontré sans ambiguïté, sur plus d'une génération, sa bonne adaptation aux conditions de milieu et de climat qui prévalent en France, et qui 2) peut se reproduire naturellement en forêt, sans intervention de l'homme.

Actuellement, l'indicateur est basé sur la mesure des surfaces occupées, en France, par les essences dont l'aire d'origine ne contient pas la France métropolitaine. Un relevé est considéré comme occupé par une essence exotique lorsque celle-ci a le plus fort couvert libre (ayant accès à la lumière) dans le peuplement.

✓ **discussion**

On se référera à IUCN (2000) pour une définition précise et raisonnée des termes liés aux introductions d'espèces. C'est une base nécessaire à une bonne utilisation de cet indicateur, en particulier au niveau international. On rappelle ici les principales définitions que nous avons retenues. Ces définitions, établies au niveau international, ne sont pas obligatoirement optimales. Elles sont discutées, précisées et amendées avec profit par Pascal *et al.* (2003).

acclimatée : le qualificatif d'acclimatée est associé à une espèce, une sous-espèce ou une entité d'un niveau taxonomique inférieur représentée dans les habitats naturels, semi-naturels ou artificiels (jardins botaniques, *arboreta*...) par des individus qui, ne s'y reproduisant pas, n'y constituent pas de populations pérennes à l'instant considéré.

allochtone (*alien, non-native, non-indigenous*) : le qualificatif d'allochtone est associé à une espèce, une sous-espèce ou une entité d'un niveau taxonomique inférieur qui se trouve à l'extérieur de son aire de répartition naturelle ou de son aire de dispersion potentielle (c'est-à-dire hors du domaine géographique qu'elle occupe naturellement ou peut occuper sans interventions humaines par introduction ou démarches particulières). On emploie aussi les termes exotique (*exotic*), exogène, étrangère (*foreign*), allogène, xénophyte. Contrairement à une pratique courante, les limites géographiques des états ne constituent pas des limites écologiques pertinentes pour la définition du caractère allochtone. Une espèce donnée peut fort bien être autochtone, voire endémique, d'une partie du territoire national et allochtone d'une autre partie. C'est probablement le cas de la majorité des essences ligneuses françaises.

autochtone (*native*) : le qualificatif d'autochtone est associé à une espèce, une sous-espèce ou une entité d'un niveau taxonomique inférieur qui se trouve à l'intérieur de son aire de répartition naturelle ou dans son aire de dispersion potentielle (c'est-à-dire, dans le domaine géographique qu'elle occupe naturellement ou peut occuper sans interventions humaines par introduction ou démarches particulières). On emploie aussi les termes indigène (*indigenous*) ou locale.

introduite (*introduced*) : qualifie le déplacement par l'homme d'une espèce, d'une sous-espèce ou d'une entité d'un niveau taxonomique inférieur (y compris toute partie d'un individu, gamète ou propagule, susceptible de survivre et de se reproduire) hors de son aire de répartition géographique historiquement connue. Là encore, les limites géographiques des états ne constituent pas des limites pertinentes. Une introduction fortuite correspond à une introduction par le jeu d'activités humaines non délibérément dirigées dans ce but. Une introduction intentionnelle signifie une introduction réalisée délibérément par l'homme impliquant le déplacement d'une espèce hors de son aire de répartition naturelle ou de son aire de dispersion potentielle.

invasive : le qualificatif d'invasive est associé à une entité taxonomique allochtone, qui s'étant établie dans des habitats naturels ou semi-naturels, y provoque des modifications considérées comme négatives pour l'économie et l'environnement, ou pour la santé de l'homme, des plantes ou des animaux. On emploie aussi le terme envahissante. Le terme peut être aussi employé de façon plus générale pour toute entité taxonomique en progression durable, qu'elle ait un caractère de nuisance ou non.

naturalisée (*naturalized*) : le qualificatif de naturalisée est associé à une espèce, une sous-espèce ou une entité d'un niveau taxonomique inférieur dont les populations introduites dans des habitats naturels ou semi-naturels se perpétuent de façon autonome. On emploie aussi le terme établie.

subspontanée : le qualificatif de subspontanée est associé à une espèce, une sous-espèce ou une entité d'un niveau taxonomique inférieur qui s'est établie dans des habitats naturels ou semi-naturels à partir de populations initialement cultivées.

La notion de plante envahissante est en fait très relative. Elle ne concerne pas les espèces autochtones qui peuvent pourtant aussi proliférer et perturber les milieux forestiers si les conditions de milieu sont modifiées en leur faveur.

Le principal problème de cet indicateur est que la définition utilisée pour le caractère autochtone ou non d'une essence est basée sur les seules limites administratives de la France métropolitaine : si une essence existe naturellement en un point quelconque de ce territoire, elle est considérée comme autochtone dans l'ensemble du territoire. Le pin laricio de Corse ou l'épicéa par exemple sont considérés comme autochtones partout en France ! La principale difficulté à lever pour améliorer cet indicateur sera de définir l'aire de répartition naturelle des essences, hors intervention de l'homme, afin de pouvoir séparer, dans l'aire observée aujourd'hui, les zones d'introduction et les zones d'autochtonie. C'est une question principalement d'écologie historique et de paléoécologie.

Méthodologie

✓ **description**

L'indicateur concerne les forêts inventoriées disponibles pour la production de bois (hors peupleraies) et pour lesquelles une essence principale a pu être affectée.

Seul l'indigénat de l'essence principale a été pris en compte, c'est-à-dire l'indigénat de l'essence de plus fort couvert libre (ayant accès à la lumière) relatif dans le peuplement.

✓ **problèmes rencontrés**

Il faut abandonner la distinction entre espèces acclimatées et espèces exotiques, pour diverses raisons :

- la définition donnée pour les espèces acclimatées est différente de celle majoritairement utilisée dans la littérature scientifique et introduit donc une certaine confusion ;
- les espèces indiquées ne correspondent pas du tout à cette définition. La plupart des exotiques indiquées doivent être considérées comme acclimatées, selon cette définition (un arbre acclimaté est un arbre qui 1) a été introduit depuis suffisamment de décennies pour avoir démontré sans ambiguïté, sur plus d'une génération, sa bonne adaptation aux conditions de milieu et de climat qui prévalent en France, et qui 2) peut se reproduire naturellement en forêt, sans intervention de l'homme). Elles montrent en effet une très bonne adaptation au climat de la France et se reproduisent aisément (*Prunus serotina* par exemple).
- la distinction entre ces deux listes ne correspond en fait qu'à une différence de surface occupée par les essences, importante pour les acclimatées, plus faible pour les exotiques.

La liste des espèces en annexe est à revoir sur plusieurs points. Cette liste est importante, puisqu'elle « fixe » ce qui est considéré comme arbre en France. Quelques problèmes relevés, sans exhaustivité :

- on est étonné de ne pas y trouver le laurier (*Laurus nobilis*), atteignant 15 m de haut, présent en habitat forestier semi-naturel (taillis) où il est considéré comme autochtone, avec en plus statut de protection.

- pourquoi inclure *Laburnum anagyroides* ou *Prunus brigantina* ? On touche ici aux problèmes de définition de l'arbre. Si on inclut ces espèces qui ne dépassent pas 10 m de haut, il faut alors en inclure un certain nombre d'autres, à commencer par *Eleagnus angustifolia* par exemple.

- l'indigénat de certaines espèces indiquées comme indigène est discuté (et le sera encore longtemps). Si elles sont indigènes, leur surface d'origine est très faible (*Pinus mugo* dans les Alpes maritimes uniquement, *Quercus cerris* avec quelques rares stations dans le Jura, les Alpes-Maritimes et l'Alsace ...). Il serait bon d'indiquer à part ces espèces. On peut aussi se poser la question de l'intérêt de *Pinus mugo* dans la liste, qui ne dépasse pas quelques mètres de haut.

- pourquoi certaines espèces cultivées (olivier) et pas d'autres (mûriers, amandier...) qui ne se rencontrent ni plus ni moins souvent en forêt ?

La définition du critère reste ambiguë sur certains points. En particulier, le terme « essence principale » n'a pas été défini dans le document IGD. Est-ce en surface terrière, en nombre de tiges, en recouvrement, en abondance floristique... ? Il faudrait le définir, au moins dès son premier emploi (1.1.4). De plus, dans les peuplements très mélangés, cette définition a-t-elle vraiment un sens ? Le seuil à partir duquel le peuplement va être considéré comme principalement indigène ou non va varier d'une placette à l'autre, en fonction du nombre d'essences en mélange. Une placette contenant 51% d'épicéa et 49% de Douglas va être considérée « indigène », alors qu'une autre contenant 34% de Douglas, 33% de hêtre et 33% de sapin sera considérée « exotique ». Ne vaudrait-il pas mieux considérer un seuil fixe de % pour tous les peuplements : est « indigène » tout peuplement qui ne contient pas plus d'un certain pourcentage d'essences allochtones. La meilleure solution serait probablement de présenter cet indicateur par classes de pourcentage : surfaces de peuplements ne contenant pas du tout d'allochtones, moins de 10%, moins de 25%, moins de 50% ou plus de 50%. Le choix actuel de prendre l'essence « principale » est un peu un choix de « facilité » qui évite de se poser la question du seuil à partir duquel un peuplement ne peut plus être considéré comme indigène. Mais en contrepartie, la signification écologique de cet indicateur est affaiblie.

Périodicité

✓ **possible**

Annuelle sur la France entière (nouvelle méthode IFN), mais précision de l'estimateur encore mal connue car mis en place récemment

✓ **souhaitable**

Décennale pour les essences non invasives, quinquennale pour les invasives au niveau national, annuelle pour les invasives au niveau régional

Disponibilité des données (lacunes, récupération, format)

Lacunes : pas d'éléments sur les formations boisées non disponibles pour la production car non inventoriées au sol ; ces peuplements sont généralement constitués d'essences indigènes (peuplements inaccessibles).

Si on veut pouvoir cartographier les vraies zones d'introduction, il faut pouvoir disposer de cartes de la distribution « naturelle » de chaque essence. Ces cartes n'existent pas pour la

France. En attendant mieux, on peut se baser sur l'atlas de *Flora Europaea*, comme le proposent Norddahl-Kirsch & Bradshaw (2004).

Récupération : facile

Format : base de données

Fiabilité et précision des données

Fiabilité : élevée

Précision : élevée

Coût de production de l'indicateur (hors coût d'acquisition des données)

Faible.

Présentation de l'indicateur

Il faut changer le nom de cet indicateur. Puisqu'on parle d'indicateurs de gestion durable, il serait beaucoup plus clair de l'appeler « Surface de forêts et autres terres boisées composées principalement d'essences autochtones ».

Qualité des commentaires

- « la forêt française présente une grande diversité d'essences forestières » : il faudrait peut-être pondérer. La diversité en ligneux de la forêt française est plutôt moyenne, entre celle des pays nordiques, pauvres, et celle des pays méditerranéens, et surtout centre-européens, plus riches, sans parler des pays tropicaux. Ecrire plutôt « la forêt française présente une assez grande diversité d'essences forestières ».

- « critère déterminé pour les seules forêts disponibles pour la production de bois pour lesquelles une essence principale a pu être affectée. » : cette phrase souvent écrite est ambiguë. Veut-on dire « critère déterminé pour les seules forêts disponibles pour la production de bois et pour lesquelles une essence principale a pu être affectée » ou « critère déterminé pour les forêts disponibles pour la production de bois, les seules pour lesquelles une essence principale a pu être affectée » ? Une des deux formulations précédentes paraît préférable.

- « La surface des essences indigènes progresse cependant en valeur absolue, du fait de l'importance des boisements spontanés : cette extension concerne 35 000 hectares par an sur les 5 dernières années inventoriées contre 11 600 hectares par an pour les essences acclimatées. » : la réflexion sur le rôle des boisements spontanés est potentiellement intéressante, mais ne le devient réellement que si des chiffres précis sont donnés. Le chiffre le plus intéressant à cet égard serait celui de la progression « spontanée » des essences allochtones et acclimatées, puisqu'il permettrait d'avoir une indication du caractère éventuellement envahissant de l'espèce. Est-il possible d'obtenir ce chiffre ? Sinon, il faut réfléchir à la mise en place des observations nécessaires.

- « Quelques essences exotiques ou acclimatées sont aujourd'hui considérées comme des espèces invasives avérées ; il s'agit de l'érable negundo (*Acer negundo*), du robinier faux-acacia (*Robinia pseudo-acacia*) et du cerisier tardif (*Prunus serotina*) pour l'ensemble du territoire métropolitain et de l'ailante (*Ailanthus altissima*) pour les secteurs méditerranéen et atlantique. » : il faut ajouter à cette liste le chêne rouge qui montre un comportement nettement invasif dans plusieurs régions de France et est, à juste titre, de plus en plus souvent inclus dans les listes d'invasives, en France comme dans les autres pays d'Europe.

- « Les relevés dendrométriques de l'IFN ne distinguent actuellement parmi ces 4 essences que le robinier faux-acacia : celui-ci a légèrement régressé depuis 15 ans et semble stabilisé autour de 130 000 hectares (voir § 1.1.4). La surface colonisée naturellement par le robinier entre les 2 derniers inventaires (1984-96) est cependant estimée à 1 900 hectares soit 160 hectares par an. » : ce paragraphe semble à nouveau indiquer que la distinction entre surfaces colonisées naturellement et artificiellement peut être faite et a été faite. Si c'est le cas, il faut en donner clairement les résultats, en décomposant le tableau des surfaces de cet indicateur selon le caractère artificiel ou naturel de la régénération.

- « Les relevés floristiques de l'IFN, qui distinguent chaque espèce, seront prochainement disponibles sur l'ensemble du territoire boisé métropolitain et permettront d'analyser l'évolution des autres essences, à partir des coefficients d'abondance-dominance. ». Deux points : (1) il ne s'agit pas d'abondance-dominance, mais de dominance (ou, plus simplement, de recouvrement) seulement. L'IFN emploie par erreur le terme d'abondance-dominance, mais l'échelle utilisée ne contient aucune note d'abondance, contrairement à l'échelle classique de Braun-Blanquet. (2) les données annuelles ne semblent pas assez précises pour permettre « prochainement » « d'analyser l'évolution des autres essences ». Les calculs d'erreurs sont à faire, mais il est probable qu'il faudra plusieurs années avant qu'on puisse détecter avec une certaine précision les évolutions, même pour des espèces dont la progression est bien connue comme *Prunus serotina* par exemple.

- « Figure 18 : Surface par degré de naturalité de l'essence principale » : Attention, il ne s'agit pas d'un degré de « naturalité ». Il s'agit seulement de l'origine, française ou non, de l'essence principale. A modifier.

Expérience des autres pays européens

Pays nordiques (Stokland et al., 2003) :

. utilisent une définition correcte de l'introduction : épicéa et pin sylvestre font donc partie de la liste des espèces introduites, selon la région considérée.

. calculent les surfaces d'introduction, par essence, zone biogéographique et classe d'âge (2 classes).

. considèrent les peuplements contenant des essences introduites, dès qu'elles sont présentes (DBH > 5 cm).

Royaume Uni (Forestry Commission, 2002, indicateur B2):

. inventorient les surfaces où plus de 50% du couvert arborescent est constitué d'espèces indigènes.

. utilisent probablement une définition correcte de l'introduction car utilisent le terme *site-native* pour définir l'indigénat (mais il faudrait chercher plus précisément comment le travail est fait, concrètement).

Suisse :

. est inventorié comme exotique un peuplement où les essences exotiques représentent plus de 50% du volume (DBH>12 cm)

. définition des exotiques : à vérifier. Le pin noir est inclus dans la liste des exotiques.

Liste bibliographique (y compris travaux en cours)

- Augusto L., Ranger J., Binkley D. et Rothe A., 2002, Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility, *Ann. For. Sci.*, 59, p. 233–253.
- Bartoli M. et Demesure-Musch B., 2003, Plus d'un siècle d'intervention humaine dans les flux des gènes des pins à crochets et sapins français, *Revue Forestière Française*, 55, 6, p. 543-556.
- Dudley N. et Stolton S., 2003, Biological diversity, tree species composition and environmental protection in regional FRA-2000, UNECE, FAO, *Geneva timber and forest discussion paper*, 33, 64 p.
- Engelmark O. *et al.*, 2001, Ecological effects and management aspects of an exotic tree species: the case of lodgepole pine in Sweden, *Forest Ecology and Management*, 141, p. 3-13.
- Forestry Commission, 2002, *UK indicators of sustainable forestry*, Economics & Statistics Unit, Forestry Commission, Edinburgh, United Kingdom, 104 p.
- IUCN, 2000, *IUCN guidelines for prevention of biodiversity loss caused by alien invasive species*. *Invasive Species Specialist Group*, <http://www.iucn.org/themes/ssc/publications/policy/invasivesEng.htm>.
- Kennedy C.E.J. et Southwood T.R.E., 1984, The number of species of insects associated with British trees: a re-analysis, *Journal of Animal Ecology*, 53, p. 455–478.
- Mahaud J., 2000, *Les boisements de conifères du Morbihan, de l'environnement au paysage. Les processus écologiques et sociaux d'acclimatation et de naturalisation de trois essences introduites*, Thèse de doctorat en Sciences forestières, Paris, École nationale du génie rural, des eaux et forêts/Versailles, École nationale supérieure du paysage, 195 p.
- Marchetti M. (ed.), 2004, Monitoring and indicators of forest biodiversity in Europe - from ideas to operationality. *EFI Proceedings*, 51, Joensuu, European Forest Institute, 526 p.
- Norddahl-Kirsch M.M. et Bradshaw R.H.W., 2004, European forest types for biodiversity assessment - quantitative approaches. In: Monitoring and indicators of forest biodiversity in Europe - from ideas to operationality. *EFI Proceedings*, 51, Joensuu, European Forest Institute, p. 135-142
- Pascal M., Clergeau P. et Lorvelec O., 2000, Invasions biologiques et biologie de la conservation, essai de synthèse, *Le Courrier de l'environnement*, 40, <http://www.inra.fr/dpenv/pascac40.htm>.
- Pascal M., Lorvelec O., Vigne J.-D., Keith P. et Clergeau P. (coordonnateurs), 2003, *Évolution holocène de la faune de Vertébrés de France : invasions et disparitions*, Institut National de la Recherche Agronomique, Centre National de la Recherche Scientifique, Muséum National d'Histoire Naturelle. Rapport au Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (Direction de la Nature et des Paysages), Paris, 381 p.
- Stokland J.N., Eriksen R., Tomter S.M., Korhonen K., Tomppo E., Rajaniemi S., Söderberg U., Toet H. et Riis-Nielsen T., 2003, *Forest biodiversity indicators in the Nordic countries - Status based on national forest inventories*, TemaNord, 514, 105 p.
- Vitousek P.M., D'Antonio C.M., Loope L.L., Rejmànek M. et Westbrooks R., 1997, Introduced species: a significant component of human-caused global change, *New Zealand Journal of Ecology*, 21,1, p. 1-16.
- Walther G.R., 2002, Weakening of climatic constraints with global warming and its consequences for evergreen broad-leaved species, *Folia Geobotanica*, 37, p. 129-139.

Propositions d'amélioration et besoins de recherche (y compris valeurs de référence et sources alternatives de données)

Propositions d'amélioration

- . abandonner la définition actuelle des essences introduites, basée sur la seule limite administrative de la France, du moins pour les essences pour lesquelles c'est possible facilement (Pin laricio de Corse par exemple)
- . décliner l'indicateur par régions biogéographiques
- . baser la définition des peuplements autochtones ou allochtones sur des classes de pourcentages en surface terrière ou en recouvrement, et non sur une essence « dominante ». Décliner cet indicateur avec plus de précision : comptabiliser aussi les peuplements dès qu'une essence introduite s'y trouve, cartographier le pourcentage d'essences introduites.
- . prendre en compte les espèces herbacées introduites dans un sous-indicateur
- . abandonner la distinction entre essences acclimatées et exotiques telle qu'elle est définie ici
- . si la définition actuelle des essences autochtones est conservée, mieux préciser la liste de ces essences autochtones, en signalant les quelques unes pour lesquelles il y a un doute
- . faire revoir les listes d'arbre, afin de les améliorer, par un petit groupe de dendrologues, ou utiliser celles déjà existantes, validées par plusieurs personnes
- . pour les essences considérées comme invasives :
 - produire des cartes de leur répartition
 - caractériser leur autécologie
 - séparer les surfaces en fonction de classes de maturité (âge) ? Cette distinction permettrait de faire des projections pour les années à venir (*cf.* ce qui est fait dans les pays nordiques).

Besoins de recherche

Deux axes de recherche :

1 – Caractérisation des introductions d'espèce

- . préciser l'histoire des aires de répartition des essences françaises et européennes, afin de proposer des cartes précises d'indigénat
- . reconstruire l'historique d'introduction des essences allochtones à partir de diverses sources (documents écrits, herbiers, etc.) ; étudier en particulier le rôle du RTM et du FFN, et les espèces invasives
- . étudier les transferts intra-spécifiques, assez mal connus (Bartoli et Demesure-Musch, 2003)
- . mettre au point des stratégies d'échantillonnage efficaces pour les données de ce type (agrégées)

2 – Etude du rôle écologique des introductions, afin de préciser, pour les IGD, quels sont les paramètres écologiques importants qui pourraient être pris en compte.

- . rôle sur la biodiversité (rôle paysager entre autres)
- . rôle sur les cycles biogéochimiques
- . rôle dans les flux de gènes

Indicateur n°4.5

Thème : Bois mort

Nom détaillé : Volume de bois mort sur pied et de bois mort au sol dans les forêts et autres terres boisées, classé par type de forêts

Résumé

- ✓ L'indicateur aborde un sujet très important pour la biodiversité forestière.
- ✓ Compte tenu des données existantes, l'indicateur proposé est néanmoins pratiquement inutilisable et peu en lien avec son sujet.
- ✓ Un gros travail de modification du protocole doit donc être entrepris pour qu'un indicateur crédible de ce type puisse voir le jour. Par ailleurs, des données plus riches devraient permettre d'avoir une présentation plus fouillée de cet indicateur.
- ✓ Des projets de recherche sur jeux de données conséquents permettraient de mieux cerner les conditions optimales de validité de cet indicateur.

Origine de l'indicateur

Conférences ministérielles pour la protection des forêts en Europe (CMPFE), Vienne 2003

Source actuelle des données

IFN

Pertinence

- ✓ **signification biologique** (interprétation non ambiguë, enjeux particuliers)

NB : dans ce paragraphe, nous discutons de la signification biologique d'un indicateur de quantité de bois mort intégrant toutes les pièces de bois mort et non uniquement les arbres morts depuis moins de 5 ans comme c'est actuellement le cas ; c'est donc un commentaire valable pour un indicateur amélioré, et non pour l'indicateur actuel.

Le bois mort est connu pour l'importante biodiversité qui en dépend. Il représente un élément d'habitat essentiel pour la flore (Cryptogames épiphytiques, qui s'installent sur le bois mort, Champignons lignicoles) et la faune, et une ressource trophique pour les organismes saproxylophages. Pour la faune, le groupe le plus diversifié dans le bois mort est l'ordre des Coléoptères, dont près de 20% des espèces françaises appartiendraient au cortège saproxylique (près de 2000 espèces, soit plus de la moitié des coléoptères forestiers; Brustel, 2001). Au total, entre 20 et 25% des espèces forestières seraient associées au bois mort¹¹.

Les habitats des espèces associées au bois mort sont multiples : bois cariés (les espèces sont alors qualifiées de saproxylophiles), carpophores (espèces fongicoles ou mycétophiles), écorce (espèces corticoles). Les régimes alimentaires des espèces saproxyliques sont aussi très variés : saproxylophages ; mycétophages ; zoophages ; détritiphages ; parasites (Bouget *et al.*, 2005). Ce sont de véritables réseaux trophiques, relativement autonomes, qui se créent dans le bois mort. En parallèle, certaines espèces ont besoin d'un complément de ressources extérieures au bois mort, pendant une partie de leur cycle vital comme les fleurs (nectar et pollen) pour les Insectes anthophages et les écoulements de sève pour les opophages (Brustel et Dodelin, 2005).

¹¹ Cf. Elton (1966). Pour d'autres chiffres du même type, voir le Tableau 1 de Grove (2002). Par ailleurs, en Scandinavie, 25% des espèces forestières seraient associées au bois mort, d'après Stokland *et al.* (2004).

Avec les vieux et gros bois, le bois mort constitue le "**maillon faible**" en matière de biodiversité dans les forêts exploitées en Europe de l'Ouest ; dans leur synthèse, Fridman et Walheim (2000) estiment que le volume total du bois mort diminue en moyenne d'un facteur 10 dans les forêts gérées, avec un déficit plus important de certains types de bois mort. Cela se traduit notamment par la déficience d'espèces cavicoles, de Chauves-souris, d'Insectes saproxyliques et de certaines espèces végétales comme les Champignons, les Mousses, les Fougères, les Hépatiques et les Lichens.

De nombreuses références montrent une relation positive entre quantité de bois mort et richesse en espèces saproxyliques ou abondance d'espèces saproxyliques (Grove, 2002, Gosselin, 2004). De plus, les arbres morts et les pièces de bois mort hébergent une biodiversité différente (en richesse, en abondance et en composition) en fonction de leur nature et de leurs caractéristiques (Gosselin, 2004) :

- **l'essence** du bois mort a une grande influence dans les premiers stades de décomposition, la principale distinction se situant entre feuillus et conifères : globalement dans nos forêts, les bois morts de feuillus abritent une plus forte richesse que les bois morts de conifères mais il y a aussi des différences de composition en espèces ; les essences les plus riches en saproxyliques sont les Chênes, le Hêtre, les Saules, les Bouleaux et le Tremble ;

- **la taille** : il y a une différence de composition en espèces entre les grosses et les petites pièces de bois mort, traduisant entre autres le volume de ressources nécessaire à l'accomplissement des cycles larvaires des grosses espèces à cycle long (plusieurs années). La relation entre diversité globale et taille de la pièce de bois varie aussi entre les essences (par exemple, il y a plus de diversité dans les petites pièces de bois en Epicéa, et c'est l'inverse en Chêne ; Hilt et Ammer, 1994), même si globalement les grosses pièces semblent plus riches que les petites (Grove, 2002) ;

- **la position** (dressé, suspendu ou couché) et le **degré de décomposition** jouent aussi sur la richesse et la composition en espèces saproxyliques, avec une importance particulière des arbres morts debout, des chandelles et des stades de décomposition intermédiaires ;

- enfin, le **degré d'ensoleillement** du bois mort conditionne aussi pour une grande partie la biodiversité saproxylique, avec des compositions en espèces différentes suivant que le bois mort est à l'ombre ou au soleil.

On a donc tout intérêt à gérer la qualité du bois mort suivant ces quatre gradients – pour partie en les diversifiant : essence ; degré de décomposition et position ; taille ; ensoleillement.

D'autres facteurs sont aussi potentiellement importants (Grove, 2002) : la teneur en eau du bois, la nature du champignon ayant dégradé le bois (entre pourriture blanche ou rouge principalement), l'origine du bois mort (facteur de mortalité) et la continuité spatiale ou temporelle (Bouget et Gosselin, 2005) de l'habitat bois mort.

✓ **échelle spatiale**

- de présentation des résultats

France entière et régions administratives

- des données de base

Les données utilisées pour calculer le volume de bois mort sont issues des relevés dendrométriques de l'IFN, réalisés sur 3 placettes concentriques de 6, 9 et 15 mètres (selon la dimension des bois). Ces échelles pourraient poser problème : quelques travaux ont montré une contribution plus forte du volume de bois mort calculé à l'échelle "régionale" (plusieurs centaines ou milliers d'ha) qu'à l'échelle locale (0,2 à quelques ha) aux variations locales d'abondance et/ou de richesse de taxons saproxyliques (cf. exemples dans Bouget et Gosselin, 2005). On manque néanmoins de recul sur ce sujet.

✓ **domaines d'application** (régions, types forestiers, ...)

Pour rendre les chiffres davantage comparables entre régions ou types forestiers, on peut probablement travailler sur le rapport entre volume de bois mort et volume moyen de bois vivant dans le type de station étudié (Hahn et Christensen, 2004). Ou travailler à la fois sur le volume et sur le pourcentage de volume.

Par ailleurs, il faudrait décomposer ce pourcentage de volume suivant les quatre gradients suivants : essence ; degré de décomposition et position ; taille ; ensoleillement (ou degré d'ouverture / orientation) de la placette.

Définitions employées

✓ **description**

Les données concernent les forêts inventoriées non déboisées disponibles pour la production de bois hors peupleraies.

Seuls les arbres morts depuis moins de 5 ans lors du passage de l'équipe d'inventaire sur le terrain sont pris en compte (arbres morts et chablis ordinaires anciens ou récents non vidangés). Les mesures de « bois mort » de l'IFN sont donc très incomplètes car le protocole a été mis en place pour évaluer la production nette de bois (volume vif moins mortalité) et non pour évaluer la biodiversité.

Les chablis exceptionnels n'ont pas été pris en compte

✓ **discussion**

Voir « méthodologie »

Méthodologie

✓ **description**

Les données concernent les seuls arbres morts depuis moins de 5 ans lors du passage de l'équipe d'inventaire sur le terrain. Les chablis exceptionnels n'ont pas été pris en compte, notamment ceux de 1999.

✓ **problèmes rencontrés**

Le principal problème rencontré est le fait de ne travailler que sur les seuls arbres morts depuis moins de 5 ans. Il faudrait avoir une information sur l'ensemble du bois mort dans la placette, à la fois sur les arbres morts (debout ou à terre), les houppiers à terre, les grosses branches mortes, au sol et si possible dans les houppiers vivants, les souches. Il faudrait noter pour les pièces mesurées : le type de pièce de bois (debout, au sol, ... ; branche, houppier entier, tronc entier, arbre entier) ; l'essence (si celle-ci est facile à déterminer) ; le volume et la circonférence maximum ; le degré de décomposition ; *éventuellement*, le degré d'exposition au soleil (mais cela devrait pouvoir être inféré au niveau placette par le relevé dendrométrique), l'origine de la mort de la pièce de bois (entre naturelle – en distinguant peut-être différentes causes : chablis, volis, feu, mort autre de l'arbre, ... – et d'origine humaine) et le degré d'humidité de la pièce de bois.

D'autres pistes – à discuter avec l'indicateur 4.3.1 – seraient d'y inclure les cavités, les grosses fentes, décollements d'écorce et la présence de fructifications de champignons lignicoles. Une partie de ces informations pourrait le cas échéant être notée de manière synthétique via le relevé d'arbres vétérans, qui seraient définis comme étant des arbres à la fois suffisamment gros et présentant des signes de sénescence parmi les précédents.

Des idées de protocoles pourraient être le "Protocole de suivi d'espaces naturels protégés" (Bruciamacchie, 2005) ou les méthodes basées sur des transects longs (au moins 100 m), linéaires ou surfaciques ("en bande") (Bate *et al.*, 2004, Ståhl *et al.*, 2001, Lopez, 2006¹²). Un

¹² Cette étude trouve des volumes de bois mort à l'ha étonnamment élevés (en gros en moyenne entre 20 et 57 m³/ha suivant la méthode et la classe de diamètre minimale relevée).

travail de synthèse apparaît nécessaire pour effectuer un choix définitif de méthode, en s'inspirant de Harmon & Sexton (1996), et en intégrant les éléments suivants :

- analyser des jeux de placettes conséquents (comme par exemple Bruciamacchie, 2005) ;
- intégrer la durée de mesure comme variable à analyser (cf. Lopez, 2006) ;
- comparer des modes de relevés surfaciques purs ou linéaires purs à des modes mixant les deux suivant les classes de diamètre (e.g. Bruciamacchie, 2005 : relevé surfacique pour les grosses pièces et relevé linéaire pour les petites) ainsi que des méthodes surfaciques à rayon variable suivant la classe de diamètre recherchée (Harmon & Sexton 1996) ;
- travailler sur les diamètres *minimum* pris en compte (comme dans Lopez, 2006) ;
- préciser si des études diachroniques de flux de bois mort sont prévues (cf. par exemple Harmon & Sexton 1996) ;
- comparer l'impact des attributs relevés pour les pièces de bois sur le temps de relevé et la "qualité" de la donnée (en termes d'erreur, voire de biais, et de rendu) – entre des attributs nombreux et simples (e.g. ceux que nous présentons plus loin) et un attribut unique mais compliqué (une typologie des bois morts comme proposé par Vallauri, 2005).

L'autre problème est le sort réservé aux chablis exceptionnels ainsi qu'aux sur-mortalités occasionnelles : il apparaît étonnant de garder les sur-mortalités occasionnelles mais pas les chablis exceptionnels. Le but recherché – en éliminant les tempêtes exceptionnelles – était d'évaluer si la gestion courante maintenait de plus en plus de bois mort « ordinaire » en forêt ou non, indépendamment des chablis. Compte tenu de la nouvelle méthode de relevé IFN (plus continue dans le temps pour un même département), il semblerait normal de réintégrer les chablis exceptionnels dans l'indicateur – *modulo* le fait qu'on arrive à "recoller" les données anciennes et récentes¹³. On devrait d'ailleurs pouvoir faire la part des choses en faisant un tableau de volume de bois mort par classe de décomposition ou par origine du bois mort.

Périodicité

- ✓ **possible**

Annuelle sur la France entière (nouvelle méthode IFN)

- ✓ **souhaitable**

Pour ce qui est de la périodicité de la publication de cet indicateur, vu qu'il correspond à des évolutions sur des pas de temps plutôt longs, une périodicité de publication de 5 ans semble suffisante.

Disponibilité des données (lacunes, récupération, format)

Lacunes : très importantes car absence de données sur :

- les formations boisées non disponibles pour la production et les autres terres boisées car non inventoriées au sol ;
- les arbres morts depuis plus de 5 ans et les pièces de bois mort (soit la majorité du bois mort) ;
- la position des arbres morts (debout ou à terre)

Récupération : facile

Format : base de données

¹³ Mais de toute façon cette question se posera une fois que le nouveau protocole bois mort sera appliqué.

Fiabilité et précision des données

Fiabilité : moyenne, même rapportée à la définition très incomplète actuelle (estimer la date de la mort d'un arbre reste assez délicat)

Précision : élevée

Coût de production de l'indicateur (hors coût d'acquisition des données)

Faible

Présentation de l'indicateur

La présentation de l'indicateur est pour l'instant limitée au volume moyen de bois mort par type d'essence et par année (tableau) et à la répartition régionale de ce volume. Afin d'avoir un indicateur suffisamment réactif dans le temps, il est important de bien séparer le bois mort par classe de décomposition, dans différents types stationnels ou grands types de forêts, d'une part pour des raisons écologiques, mais aussi pour voir l'évolution des pratiques. Nous proposons de travailler aussi sur :

(i) le volume moyen des différentes catégories de bois mort (type de bois mort ; essence ; degré de décomposition ; taille ; en mettant l'accent sur les habitats clés qui manquent le plus – gros bois mort, volis, ...) ;

(ii) le 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 et de protection ; cf. 4.3 et 4.9) ;

et (iii) la variance de cette quantité, ou alors sur la surface de forêt contenant un volume supérieur à des seuils de 10, 20 et 30 m³/ha¹⁴. Ce dernier point reviendrait à adopter un mode de présentation proche de celui de l'indicateur 4.1.

Par ailleurs, 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.

On pourrait aussi faire des calculs de continuité dans le temps du bois mort, de profil de bois mort et de diversité de bois mort (Stokland *et al.*, 2004, Siitonen *et al.*, 2000).

Liens avec d'autres indicateurs

Cet indicateur pourra être interprété en conjonction avec les indicateurs 4.3 et 4.9, pour vérifier que si le volume de bois mort évolue favorablement, c'est dans tous les modes de gestion et statuts de protection (cf. aussi propositions de présentations ci-dessus).

Un autre indicateur qui concerne les taxons saproxyliques est l'indicateur 4.3.1.

Qualité des commentaires

Les commentaires sont clairs, rigoureux. Ils commencent notamment par une justification de l'intérêt de l'indicateur et finissent par des considérations en terme de politique. La partie "justification" est bien écrite compte tenu de sa longueur. Il faudrait peut-être séparer ces parties par des titres, afin que la lecture soit plus claire, et qu'on ne tombe pas dans le travers du rapport finlandais où politiques et chiffres semblent parfois se mélanger.

La note de commentaire sur les biais méthodologiques est assez claire.

La dernière phrase du commentaire pose question :

"L'augmentation du bois mort en forêt observée par l'IFN semble indiquer une amélioration mais il reste toujours difficile de faire la part entre l'effet d'une gestion extensive - notamment en montagne - et celui d'une sylviculture soucieuse de préserver le bois mort."

¹⁴ Bien noter – par exemple pour des comparaisons entre jeux de données – que ces "quantiles" de la distribution de probabilité de la variable aléatoire "volume de bois mort" seront dépendants de la méthode retenue pour relever le bois mort – et par exemple de la surface de relevé : en effet, par un simple effet de moyenne, plus la surface d'un relevé surfacique de bois mort sera grande, moins on aura de probabilité d'atteindre des niveaux extrêmes de bois mort.

Cette question de la séparation entre une gestion "passive" et une gestion "active" pour la biodiversité n'apparaît pas, par exemple dans les indicateurs 4.1 et 4.1.1. Il semble qu'il sera de toute façon difficile d'y répondre¹⁵ ; et, en tant qu'indicateur de biodiversité, le bois mort lui-même semble suffisant.

Expérience des autres pays européens

Le rapport britannique (Forestry Commission, 2002) donne un indicateur associé au bois mort (B6), bizarrement appelé "*Diversity of woodland within a stand*". Il correspond à une densité de pièces de bois mort et est restreint aux futaies.

Le rapport suisse est plus fouillé sur le bois mort (indicateur 4.5 de Office fédéral de l'environnement, 2005). Les deux graphes présentés montrent (i) une cartographie du volume moyen de bois mort par région de la Suisse (4.5.1) et (ii) une évolution de la proportion de surface terrière en bois mort. Sur ce dernier point, il est étonnant de travailler sur la proportion de surface terrière plutôt que sur la proportion de volume : une grosse branche morte courte comptera ainsi plus fortement qu'un arbre vivant de même diamètre, en travaillant en surface terrière plutôt qu'en volume ...

Enfin, dans la partie « développement », on pourrait être plus prudent quand on dit que la Suisse est à la tête de la liste des pays Européens en volume de bois mort en insistant sur les faits que (i) les inventaires nationaux sont très variables ; (ii) c'est peut-être davantage la proportion de bois mort par rapport au volume sur pied qui devrait être comparée (Christensen *et al.*, 2004) ; et (iii) il serait utile de comparer des choses comparables (e.g. par grande zone biogéographique, ...).

Le rapport finlandais (Mikkela *et al.*, 2001) comporte aussi un indicateur abordant le volume de bois mort (indicateur 4.7). Néanmoins, il n'y a pas de tableau de données, et le protocole de relevé du bois mort n'est pas précisé. Globalement, le niveau de bois mort sur la période 1986-1998 était de l'ordre de 1,5 m³/ha.

Le rapport des pays nordiques (Stokland *et al.*, 2003) est beaucoup plus riche sur le volume de bois mort (indicateur 8.5). Il propose un indicateur de flux entrant de bois mort par mortalité naturelle d'arbre (8.5.1) et un indicateur de volume de bois mort (8.5.2).

La justification de l'intérêt de l'indicateur 8.5.1, par rapport à l'indicateur 8.5.2, n'est pas évoquée. Comme de plus cet indicateur nécessite des données plus fouillées (soit placettes permanentes, soit estimation de la date à laquelle l'arbre ou la pièce de bois mort est "mort"), nous ne le commenterons pas outre mesure (bien qu'il aurait probablement sa place dans le critère 2 : maintien de la santé et de la vitalité des écosystèmes forestiers).

La justification de l'indicateur 8.5.2 est très claire (cf. p. 79). La présentation du volume de bois mort est assez ardue, à cause de tableaux de données assez difficiles à lire. La présentation ventile le volume de bois mort par (i) zone biogéographique croisée avec la classe de productivité de la forêt ; (ii) pour les forêts productives, par classe d'essence et (iii), pour les forêts productives, par zone biogéographique croisée avec le degré de décomposition. Les auteurs travaillent sur les moyennes par ha de volume de bois mort, ainsi que sur le volume total (Tableau 23c). Ils proposent (p. 81) de travailler sur la distribution de probabilité du volume local de bois mort.

Les principaux résultats trouvés sont un volume de bois mort beaucoup plus faible dans les peuplements peu productifs par rapport aux peuplements productifs. Une tendance à

¹⁵ Cela revient à essayer de construire un indicateur couplant un indicateur de Réponse (la politique mise en place ou la gestion intentionnelle pratiquée) à un indicateur de Pression (le bois mort). A moins de coupler les relevés IFN et les séries ONF – pour la partie publique de la forêt française ?

l'augmentation de volume de bois mort du Sud au Nord de la Suède et de la Finlande est aussi trouvée. Les auteurs insistent néanmoins sur la probable très mauvaise précision des estimations de volume de bois mort au Nord de la Finlande (à cause du faible nombre de placettes dans cette région).

Le volume moyen obtenu pour la Finlande dans ce rapport (env. 7 m³/ha) est étonnamment plus élevé que celui rapporté par le rapport Finlandais (env. 1,5 m³/ha dans Mikkilä *et al.*, 2001).

Liste bibliographique

- Alexander K., 1999, Should deadwood be left in sun or shade?, *Bristish Wildlife*, 10, 342 p.
- Bate L.J., Torgersen T.R., Wisdom M.J. et Garton E.O., 2004, Performance of sampling methods to estimate log characteristics for wildlife, *Forest Ecology and Management*, 199, 1, p. 83-102.
- Bouget C., Brustel H. et Nageleisen L., 2005, Nomenclature des groupes écologiques d'insectes liés au bois: synthèse et mise au point, *Comptes-Rendus Académie Sciences - Biologies*, 328, p. 936-948.
- Bouget C. et Gosselin F., 2005, Distribution spatiale du bois mort : enjeux pour la conservation des espèces cavicoles et saproxyliques, in Vallauri D., André J., Dodelin B., Eynard-Machet R. et Rambaud D. (Eds), *Bois mort et à cavités : une clé pour la biodiversité des forêts*, Paris, Lavoisier Tec et Doc, p. 107-113.
- Bouget C., 2005, Short-term effect of windstorm disturbance on saproxylic beetles in broadleaved temperate forests. Part I : do windthrow changes induce a gap effect ?, *Forest Ecology and Management*, 216, 1-3, p. 1-14.
- Bruciamacchie M., 2005, *Protocole de suivi d'espaces naturels protégés*, Nancy, ENGREF - MEDD, 40p.
- Brustel H. et Dodelin B., 2005, Coléoptères saproxyliques : exigences biologiques et implications de gestion, in Vallauri D. et André J. (Eds), *Bois mort et à cavités : une clé pour la biodiversité des forêts*, Paris, Lavoisier Tec et Doc, p. 127-135.
- Brustel H., 2001, *Coléoptères saproxyliques et valeur biologique des forêts françaises : perspectives pour la conservation du patrimoine naturel*, Sciences Agronomiques, Thèse de Doctorat, Toulouse, Institut National Polytechnique, 320 p.
- Christensen M., Heilmann-Clausen J., Walley R. et Adamcik S., 2004, Wood-inhabiting fungi as indicators of nature value in European Beech forests, in Marchetti M. (Eds), *Monitoring and indicators of forest biodiversity in Europe - From ideas to operationality*, EFI, p. 229-237.
- Davies Z.G., Tyler C., Stewart G.B. et Pullin A.S., 2006, *Are current management recommendations for conserving saproxylic invertebrates effective?*, Birmingham (UK), Centre for evidence-based conservation (CEBC), University of Birmingham, 43 p.
- Elton C., 1966, Dying and dead wood, in Elton C. (Eds), *The Pattern of animal communities*, London, Methuen, p. 279-305.
- Forestry Commission, 2002, *UK Indicators of sustainable forestry*, Economics and Statistics Unit, Forestry Commission, Edinburgh, United Kingdom, 104 p.
- Fridman J. et Walheim M., 2000, Amount, structure and dynamics of dead wood on managed forestland in Sweden, *Forest ecology and management*, 131, p. 23-36.
- Gosselin F., 2004, Imiter la nature, hâter son œuvre ? Quelques réflexions sur les éléments et stades tronqués par la sylviculture, in Gosselin M. et Laroussinie O. (Eds), *Gestion Forestière et Biodiversité : connaître pour préserver - synthèse bibliographique*, Co-édition GIP Ecofor - Cemagref Editions, Antony, p. 217-256.
- Grove S.J., 2002, Saproxylic insect ecology and the sustainable management of forests, *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33, p. 1-23.

- Hahn K. et Christensen M., 2004, Dead wood in European Forest Reserves - a reference for forest management, in Marchetti M. (Eds), *Monitoring and indicators of forest biodiversity in Europe - From ideas to operationality*, p. 181-191.
- Harmon M.E. et Sexton J., 1996, *Guidelines for Measurements of Woody Detritus in Forest Ecosystems*, Seattle, WA, USA, US LTER Network Office, University of Washington, 42 p.
- Hilt M. et Ammer U., 1994, Beetles inhabiting dead wood in managed forest – comparison of spruce and oak, *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 113, 3-4, p. 245-255.
- Lopez S., 2006, *Mise en place et évaluation méthodologique d'un protocole de test concernant l'inventaire du bois mort en forêt pour l'Inventaire Forestier National*, Master II Pro, Bordeaux, Université Bordeaux 1, 72 p.
- Mikkilä H., Sampo S. et Kaipainen J. (Eds), 2001, *The state of forestry in Finland 2000. Criteria and Indicators for Sustainable Forest Management in Finland*, Ministry of Agriculture and Forestry, Helsinki, 102 p.
- Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, 2005, *Rapport forestier 2005*, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) et Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL), Birmensdorf/Berne, 151 p.
- Okland B., Bakke A., Hagvar S. et Kvamme T., 1996, What factors influence the diversity of saproxylic beetles? A multiscaled study from a spruce forest in southern Norway, *Biodiversity and Conservation*, 5, 1, p. 75-100.
- Siitonen J., Martikainen P., Punttila P. et Rauh J., 2000, Coarse woody debris and stand characteristics in mature managed and old-growth boreal mesic forests in southern Finland, *Forest ecology and management*, 128, p. 211-225.
- Ståhl G., Ringvall A. et Fridman J., 2001, Assessment of coarse woody debris - a methodological overview, *Ecological Bulletins*, 49, p. 57-70.
- Stokland J., Tomter S. et Söderberg U., 2004, Development of dead wood indicators for biodiversity monitoring: experiences from Scandinavia, in Marchetti M. (Eds), *Monitoring and indicators of forest biodiversity in Europe - From ideas to operationality*, EFI, p. 207-226.
- Stokland J., Eriksen R., Tomter S., Korhonen K., Tomppo E., Rajaniemi S., Söderberg U., Toet H. et Riis-Nielsen T., 2003, *Forest biodiversity indicators in the Nordic Countries. Status based on national forest inventories*, Copenhagen, Nordic Council of Ministers, 111 p.
- Vallauri D., 2005, Le bois dit mort, une lacune des forêts en France et en Europe, in Vallauri D., André J., Dodelin B., Eynet-Machet R. et Rambaud D. (Eds), *Bois mort et à cavités. Une clé pour des forêts vivantes*, Chambéry, France, Lavoisier, Tec et Doc, p. 9-17.

Propositions d'amélioration et besoins de recherche (y compris valeurs de référence et sources alternatives de données)

Propositions d'amélioration

Il faut tout d'abord revoir le protocole de l'IFN de relevé du bois mort en forêt. L'IFN travaille actuellement sur la question avec le DSF dans le cadre du projet BIOSOIL en appliquant sur les placettes du réseau européen de niveau 1 le protocole de ce projet et en le rapprochant de méthodes construites collectivement pour mesurer le bois mort dans les réserves par exemple (Bruciamacchie, 2005). Des éléments à prendre en compte pour cette refonte du protocole sont mentionnés ci-dessus.

Par ailleurs, dans la présentation des résultats, nous proposons d'avoir une présentation :

(i) sur le volume moyen des différentes catégories de bois mort (type de bois mort ; essence ; degré de décomposition ; taille ; en mettant l'accent sur les habitats clés qui manquent le plus – gros bois mort, volis, ...) ;

(ii) sur le 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 ; cf. indicateurs 4.3 et 4.9) ;

et (iii) sur la variance de cette quantité, ou alors sur la surface de forêt contenant un volume supérieur à des seuils de 10, 20 et 30 m³/ha¹⁶. Ce dernier point reviendrait à adopter un mode de présentation proche de celui de l'indicateur 4.1.

Par ailleurs, nous proposons de 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.

Besoins de recherche

Il est dommage que la plupart des publications ne mettent pas l'accent sur deux points à notre avis essentiels, et qui devraient être davantage développés dans les travaux futurs :

(i) les groupes écologiques d'insectes ou d'autres taxons saproxyliques¹⁷ : la plupart du temps, les analyses portent sur l'abondance ou la richesse de toutes les espèces, ou des espèces saproxyliques seulement, ou des espèces rares ou sur listes rouges, sans distinguer les différents groupes écologiques au sein des espèces saproxyliques. Or, pour mieux comprendre ce qui se passe et adapter la gestion, nous pensons que cette approche en groupes écologiques est nécessaire. Par exemple, si une étude montre plus de richesse spécifique de Coléoptères saproxyliques en milieu ensoleillé qu'en milieu ombragé, il faut pouvoir savoir si tous les groupes écologiques répondent dans ce sens ou si ce ne sont par exemple que les espèces de bois mort récent ou d'essences pionnières qui réagissent ainsi, les espèces de bois mort bien décomposé réagissant dans l'autre sens¹⁸. Un autre exemple : Okland *et al.* (1996) montrent un effet négatif des coupes rases dans les 400 ha autour d'une placette sur la richesse spécifique des Coléoptères saproxyliques liés à l'Epicéa, mais pas d'effet sur ceux liés au Bouleau ou au Tremble.

¹⁶ Bien noter – par exemple pour des comparaisons entre jeux de données – que ces "quantiles" de la distribution de probabilité de la variable aléatoire "volume de bois mort" seront dépendants de la méthode retenue pour relever le bois mort – et par exemple de la surface de relevé : en effet, par un simple effet de moyenne, plus la surface d'un relevé surfacique de bois mort sera grande, moins on aura de probabilité d'atteindre des niveaux extrêmes de bois mort.

¹⁷ Par exemple les groupes trophiques, ou encore les groupes par type d'habitat : espèces saproxyliques de feuillus ; espèces saproxyliques du bouleau ; espèces saproxyliques des bois morts récents ; espèces saproxyliques des bois morts décomposés, ...).

¹⁸ Pour des approches de ce type, voir par exemple : Okland *et al.* (1996) et Bouget (2005).

(ii) la réflexion en termes de facteurs limitants et seuils : par exemple, certains auteurs ne trouvent pas de relation entre richesse spécifique de taxons saproxyliques et volume de bois mort dans des peuplements en réserve intégrale (Christensen *et al.*, 2004) : le volume de bois mort n'est peut-être pas un facteur limitant pour la richesse spécifique au-delà d'un certain seuil. Ce qui ne veut pas dire que ce ne soit pas le cas pour quelques espèces, notamment celles dépendant des microhabitats les plus rares.

Dans le cadre de la gestion adaptative, de gestion expérimentale ou d'observation de terrain, il faudrait tester l'intérêt des outils suivants vis-à-vis de la biodiversité saproxylique¹⁹, à l'échelle de quelques hectares, de quelques centaines d'hectares, voire de massifs : quantité de vieux arbres, quantité de branches mortes dans les houppiers, quantité de bois mort, qualité du bois mort, quantité de coupes de régénération de grandes tailles. Une étude scandinave (Okland *et al.*, 1996) indique en effet que la quantité de bois mort jouerait sur l'abondance des espèces de Coléoptères saproxyliques plutôt à l'échelle de quelques centaines d'hectares ; que les coupes rases, actuelles et passées, dans quelques centaines d'hectares autour de la parcelle pourraient influencer négativement la biodiversité ; et que certaines espèces ne sont présentes que dans des zones très riches en bois mort.

Il faut aussi poursuivre les recherches concernant l'optimisation des types de bois mort pour la biodiversité : répartition du volume selon les essences, positions (debout/à terre), état (sec/humide, ombragé/ensoleillé), taille (classes de diamètres), niveau de décomposition.

Le projet de recherche RESINE, financé dans le GIP Ecofor, devrait commencer de répondre à certaines de ces questions ([www.gip-ecofor.org/ecoforrec/docs/biodiversite/seminaire janvier_06/08_bouget.pdf](http://www.gip-ecofor.org/ecoforrec/docs/biodiversite/seminaire_janvier_06/08_bouget.pdf)).

¹⁹ En intégrant dans l'analyse l'approche par espèce et l'approche par groupe écologique. Ainsi, dans l'étude d'Okland *et al.* (1996), la richesse des espèces liées à l'Epicéa diminuait significativement avec le pourcentage de coupes rases, pas celle des espèces associées au Bouleau ou au Tremble.

Indicateur n°4.6

Thème : Ressources génétiques

Nom détaillé : 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

Résumé

- ✓ Il est primordial d'avoir des indicateurs de la diversité génétique des espèces, en particulier pour les essences forestières, qui sont les objets directs de la gestion forestière.
- ✓ L'indicateur actuel comporte deux parties à distinguer nettement : utilisation des ressources génétiques (production de semences) et conservation des ressources génétiques (réseau de peuplements conservatoires). Si la partie "conservation" est pertinente pour la diversité génétique des essences forestières, la partie "utilisation" est inadaptée dans sa présentation actuelle.
- ✓ Pour avoir un sens vis-à-vis de la diversité génétique des semences produites et utilisées en reboisement, la partie "utilisation" doit être recentrée sur le nombre de régions de provenance par essence et sur l'utilisation effective de ces peuplements (les données existent). La partie "conservation" peut être améliorée en la rapportant à l'aire de répartition de l'essence et en analysant l'exhaustivité du réseau.
- ✓ Il serait intéressant d'évaluer la diversité génétique des lots de graines utilisées en reboisement, ou au moins les efforts réalisés en ce sens, mais il n'y a pas de données mobilisables actuellement.

Origine de l'indicateur

Conférences ministérielles pour la protection des forêts en Europe (CMPFE), Vienne 2003

Source actuelle des données

Cemagref, Commission des Ressources Génétiques Forestières (CRGF)

Pertinence

- ✓ **signification biologique**

L'indicateur 4.6. comprend deux parties : l'une sur **l'utilisation** des ressources génétiques, avec les peuplements porte-graines (PPG) pour la production de semences forestières, l'autre sur la **conservation** des ressources génétiques forestières (réseau d'Unités Conservatoires (UC) *in situ* et *ex situ*).

Quantité de peuplements sélectionnés, qualifiés ou testés pour la production de semences forestières (peuplements porte-graines et vergers à graines)

Ces peuplements 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 (marchands-grainiers), et non pour leur représentativité quant à la diversité génétique de l'essence considérée. Ainsi, les régions où la méthode de régénération naturelle prédomine sont dépourvues de peuplements classés pour la production de semences. 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). Plusieurs pays ont

complété la réglementation sur les PPG par une réglementation sur l'utilisation des provenances, mais ce n'est pas le cas en France (hormis les recommandations en cas de chantiers financés). L'édition 2005 ne donne qu'une information succincte (non détaillée par essences) sur le nombre de régions de provenance par essence (1 à 19 selon les essences), alors que les données détaillées par essences existent (cf. édition 2000).

Dans sa présentation actuelle, limitée au nombre de peuplements pour la production de semences, ce premier indicateur relève donc plus du critère 1 (Conservation et amélioration appropriée des ressources forestières (...)) que du critère 4 (Biodiversité).

De fait, les catégories utilisées pour l'indicateur (matériels identifiés, sélectionnés, qualifiés ou testés) renvoient plus à la notion de performance génétique (vigueur, conformation, résistance aux maladies, croissance) qu'à la notion de diversité génétique du matériel. Elles ne sont pas fondées sur l'ampleur de la base génétique des peuplements considérés (nombre moyen de reproducteurs efficaces par peuplement, par exemple). Pour les Vergers à Graines, il existe toutefois des données qui permettraient d'évaluer la largeur de la base génétique du verger (par exemple, le nombre moyen de génotypes efficaces par Verger à Graines, compte-tenu de l'abondance de chacun des clones constitutifs).

Enfin, les PPG 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 matériels forestiers de reproduction (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. Ce qui compte finalement pour la diversité génétique des essences, c'est la manière de produire et d'utiliser les MFR : la diversité génétique des lots de graines ou plants destinées au reboisement est-elle suffisante ? Y a-t-il adéquation entre région de provenance des MFR et zone écologique d'utilisation ? L'indicateur devrait donc être complété pour savoir :

- (1) Combien de peuplements sont récoltés par région de provenance et par an : le Cemagref dispose de ces données (enquête annuelle de flux de graines), à moyenner toutefois sur plusieurs années et à interpréter en tenant compte des différences entre graines aptes à être stockées et graines non stockables).
- (2) Combien d'arbres sont récoltés par peuplement et par essence au cours d'une campagne de récolte, si les lots de graines sont mélangés ou non, et dans quelle zone écologique sont plantés les plants issus de pépinière : contrairement à d'autres pays européens, la France n'a pas établi de réglementation sur les techniques de récolte pour garantir la diversité génétique des lots de graines : nombre minimal de semenciers (au moins 30), distances minimales requises entre semenciers. En l'état, l'indicateur 4.6. ne donne pas d'information sur la diversité génétique des lots de graines récoltées (nombre moyen de semenciers récoltés, par lots) et ces données n'existent pas en France.

Le nombre et la surface des peuplements conservatoires, par essence forestière et par type de peuplement conservatoire (*in situ*, plantations *ex situ*, collections *ex situ*).

Cet indicateur donne des informations sur la *constitution* du réseau de peuplements dédiés à la conservation de la diversité génétique des essences forestières : nombre et surface de peuplements conservatoires, par type (populations naturelles *in situ*, plantations *ex situ*, collections *ex situ*) et par essence. Implicitement, on considère que les règles de choix pour le type d'unité conservatoire (en fonction de la biologie de l'espèce et des types de menaces) et pour l'emplacement des unités conservatoires ont été respectées (taille minimum efficace, pérennité foncière, absence de risques de pollution génétique issus de peuplements voisins).

Cela étant, se limiter au nombre et à la surface des Unités Conservatoires ne permet pas de vérifier :

- que les unités conservatoires sont réparties sur l'ensemble de l'aire de répartition de l'essence, couvrent au mieux la diversité de conditions stationnelles dans lesquelles on peut trouver l'essence, et incluent les stations en limite d'aire. Plus simplement, on pourrait évaluer un ratio entre le nombre d'écotémoins possibles pour l'essence et le nombre d'écotémoins dotés d'au moins une unité conservatoire.
- que l'ensemble des essences forestières est pris en compte dans le réseau.

L'évolution, pour chaque essence, du nombre et de la surface de peuplements conservatoires peut être interprétée de manière univoque et positive au regard de la biodiversité. Il manque toutefois des compléments d'informations, tels que le pourcentage d'essences forestières bénéficiant de peuplements conservatoires (indicateur d'exhaustivité du réseau pour les essences forestières), et la représentativité des Unités Conservatoires par rapport à l'aire de répartition de l'espèce.

✓ **échelle spatiale**

- de présentation des résultats

Dans son état actuel, l'indicateur 4.6. est présenté uniquement à l'échelle nationale.

Pour la partie « peuplements gérés pour la production de semences », il serait intéressant de rapporter l'indicateur à **l'échelle des régions de provenance** (nombre et surface de peuplements, par région de provenance pour chaque essence), de manière à identifier les lacunes dans le réseau.

Pour la partie « réseau de peuplements conservatoires », l'indicateur prendrait tout son sens à l'échelle de l'aire de répartition de chaque essence, donc éventuellement à l'échelle européenne (c'est ce qui se fait dans le programme Euforgen).

- des données de base

Pour la partie « peuplements gérés pour la production de semences » : échelle des régions de provenance pour chaque essence soumise à la réglementation (données Cemagref)

Pour la partie « réseau de peuplements conservatoires » : échelle de chaque Unité Conservatoire, pour chaque essence

✓ **domaines d'application** (régions, types forestiers, ...)

Pour la partie « peuplements porte-graines » : essences utilisées en reboisement et soumises à la réglementation.

Pour la partie « peuplements conservatoires » : dans l'absolu, toutes essences.

Définitions employées

✓ **description**

Catégorie sélectionnée : peuplements choisis essentiellement sur la base de critères phénotypiques (vigueur, forme, résistance à des maladies). Le peuplement doit comporter une majorité d'arbres bien conformés.

Catégorie qualifiée : verger à graines (plantations de clones de familles ou de parents de familles) mis en place spécifiquement pour la production de graines de qualité génétique supérieure. À cet effet, les composants du matériel de base ont fait l'objet d'une sélection phénotypique individuelle en forêt ou en tests, sur des critères tels que la vigueur, la forme, la résistance à des maladies ou la qualité du bois.

Catégorie testée : la supériorité de ces matériels, par rapport à un ou plusieurs témoins constituant des références connues pour l'essence, est démontrée par des tests de comparaison ou des évaluations des composants pour au moins un caractère jugé important dans le cadre de la sylviculture. Peuvent être admis dans cette catégorie des vergers à graines, des peuplements ou des clones qui ont fait l'objet de tests de comparaison de provenances ou de tests clonaux.

Unité Conservatoire : la définition n'est pas donnée dans la fiche.

✓ **discussion**

Pour les peuplements destinés à la production de semences, il serait utile d'orienter les définitions des différents types de peuplements par rapport à leurs impacts sur la diversité génétique des lots de graines récoltés, et non uniquement par rapport à la notion de performance génétique (croissance, vigueur, etc.).

Pour les Unités Conservatoires (UC), il serait utile d'ajouter une définition de ce que doit être une UC en termes de composition génétique (autochtonie, flux de gènes) et de modalités de gestion (noyau central, périphérie, coupes de régénération). Ce travail sur une définition communément acceptée des UC est en cours (Euforgen), dans le cadre des réseaux habituels et du projet européen EufGis (F. Lefèvre, INRA Avignon, est le coordonnateur français). Une telle définition, assortie d'une charte de gestion permettrait d'étendre le système des UC hors des limites des réseaux CRGF et d'aller solliciter d'autres structures de conservation de la biodiversité (Parc National, Parc Naturel Régional, Réserve de Biosphère, Réserve Intégrale, ...) qui conservent (sans le définir explicitement) des ressources génétiques forestières.

Méthodologie

✓ **description**

Peuplements destinés à la production de semences : extraction de données à partir de la base de données des peuplements sélectionnés, testés, qualifiés, gérée et régulièrement mise à jour par le Cemagref.

Réseau de conservation : regroupement (CRGF) et synthèse des données existantes pour chaque essence.

✓ **problèmes rencontrés**

Néant

Périodicité

✓ **possible**

Annuelle

✓ **souhaitable**

Une mise à jour tous les 5 ans suffit pour les indicateurs portant sur les surfaces.

Disponibilité des données (lacunes, récupération, format)

Lacunes : néant

Récupération : facile

Format : base de données

Fiabilité et précision des données

Fiabilité : élevée

Précision : élevée

Coût de production de l'indicateur (hors coût d'acquisition des données)

Faible

Présentation de l'indicateur

Partie « production de semences forestières »

L'indicateur ne concerne que le nombre de peuplements gérés pour la production de semences, à l'échelle nationale. 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). Amélioration possible : cf. § échelle spatiale des résultats.

Partie « réseau de peuplements conservatoires »

L'indicateur fournit le nombre et la surface de peuplements conservatoires, par type (populations naturelles *in situ*, plantations *ex situ*, collections *ex situ*) et par essence, à l'échelle nationale.

Liens avec d'autres indicateurs

Les peuplements conservatoires sont un élément de conservation parmi d'autres et ne sauraient suffire à eux seuls à garantir la diversité génétique des peuplements forestiers : il faut développer des indicateurs relatifs à la production de MFR et à leur utilisation, aux pratiques de sélection sylvicoles et de régénération des peuplements, *compte-tenu des impacts de ces pratiques sur la diversité génétique des peuplements*.

En particulier, garantir les possibilités de régénération naturelle est un complément indispensable des outils de type « production de semences » ou « peuplements conservatoires » pour créer de nouveaux assemblages génétiques et non uniquement conserver les assemblages existants. L'interprétation de l'indicateur 4.6. doit être éclairée par celle de l'indicateur 4.2. sur les modes de régénération, par essence.

Qualité des commentaires

Les commentaires sont clairs, mais gagneraient à être complétés *du point de vue* des effets sur la *diversité* génétique des essences forestières.

L'encadré rappelant les définitions (peuplements identifiés, sélectionnés, qualifiés, testés) est utile. Il faudrait y ajouter la définition comparative des vergers à graines, de clones et des peuplements porte-graines, orientée par rapport aux effets sur la diversité génétique des lots de graines qui en sont issus.

Expérience des autres pays européens

Le rapport forestier 2005 pour la **Suisse** (Office fédéral de l'environnement, 2005) et les indicateurs de gestion durable 2000 en **Finlande** (Mikkilä, 2001), qui suivent l'architecture CMPFE, présentent les mêmes indicateurs que la France pour le thème « ressources génétiques » : nombre et surface de peuplements conservatoires et/ou de banques de graines, par essence, à l'échelle nationale (la Finlande précise bien que ce sont des peuplements régénérés soit naturellement, soit artificiellement mais à partir de récoltes locales, sans transfert de MFR).

Le thème « ressources génétiques » n'est renseigné par aucun indicateur dans les indicateurs de biodiversité forestière pour les pays nordiques (Stockland, 2003), ni dans les indicateurs de gestion forestière durable au Royaume-Uni (Forestry Commission, 2002).

Notons qu'en Espagne et en Flandres, il existe des peuplements porte-graines non seulement pour les essences forestières mais aussi pour les arbustes (dans l'objectif de disposer de sources de graines pour recréer de la biodiversité en forêt).

Liste bibliographique

- Direction Générale de la Forêt et des Affaires rurales et Cemagref, 2003, *Conseils d'utilisation des matériels forestiers de reproduction. Régions de provenance, variétés améliorées*, 174 p.
- Forestry Commission, (2002), *UK Indicators of sustainable forestry. Forestry Commission, Economics and Statistics Unit, Edinburgh*, 104 p.
- Héois B. *et al.*, 2004, Régénération artificielle des forêts, *Rendez-vous Techniques de l'ONF*, Hors-Série n°1 « diversité génétique des arbres forestiers : un enjeu de gestion ordinaire ».
- Lefèvre F., 2000, Conservation *in situ* des ressources génétiques forestières : réseaux de conservation et espaces protégés, *Cahiers Agricultures*, 9, p. 211-222.
- Mikkilä H., Sampo S. et Kaipainen J., 2001, *The state of forestry in Finland 2000. Criteria and Indicators for Sustainable Forest Management in Finland*, Ministry of Agriculture and Forestry, Helsinki, 102 p.
- Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, 2005, *Rapport forestier 2005*, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) et Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL) Birmensdorf/Berne, 150 p.
- Office national des Forêts / Direction Technique (Eds), 2004, Diversité génétique des arbres forestiers : un enjeu de gestion ordinaire, *Rendez-vous Techniques de l'ONF*, Hors-Série n°1, Paris, Office National des Forêts, 130 p.
- Stokland J., Eriksen R., Tomter S., Korhonen K., Tomppo E., Rajaniemi S., Söderberg U., Toet H. et Riis-Nielsen T., 2003, *Forest biodiversity indicators in the Nordic Countries. Status based on national forest inventories*. Nordic Council of Ministers Copenhagen, TemaNord, 514, 111 p.
- Teissier du Cros E. (Eds), 1999, *Conserver les ressources génétiques forestières en France*, Paris, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, Bureau des ressources génétiques, CRGF / INRA-DIC, 60 p.
- Valadon A., 2006, Axe 12 « réseau d'espaces à gestion conservatoire » (p. 109-112) et Axe 14 « matériels Forestiers de reproduction » (p. 119-124), in Gosselin M., Valadon A., Bergès L., Dumas Y., Gosselin F., Baltzinger C. et Archaux F., 2006, *Prise en compte de la biodiversité dans la gestion forestière : état des connaissances et recommandations*, Nogent-sur-Vernisson, Cemagref, 161 p.

Propositions d'amélioration et besoins de recherche (y compris valeurs de référence et sources alternatives de données)

Associer en amont les généticiens et la CRGF pour préparer l'édition 2010 des Indicateurs de Gestion Durable.

Propositions d'amélioration

Sur la forme : réordonner et modifier le titre pour distinguer nettement les deux parties (**Surface gérée pour la production de semences forestières OU surface gérée pour la conservation et l'utilisation des ressources génétiques forestières (conservation génétique *in situ* et *ex situ*)**)

Présentation des résultats

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), avec des précisions sur la part de peuplements d'origine autochtones dans les RP (pourcentage de surface autochtone par région de provenance, par exemple), en lien avec l'argumentation de l'indicateur 4.4.

Par exemple, un tableau structuré comme suit :

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

N.B. PPG : peuplement porte-graines

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 : données existantes pour évaluer la largeur de la base génétique des vergers à graines (évolution du nombre moyen de génotypes efficaces par vergers à graines) ; données manquantes ou très partielles pour les autres types de peuplements.

et sur la production *effective* de MFR :

- 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 (données non existantes, cf. ci-dessous).

Pour le volet « **Réseau de Conservation des Ressources Génétiques Forestières** », 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.

Autres informations nécessaires pour compléter et interpréter l'indicateur 4.6. :

- Données sur les régions de provenance, par essence, et par rapport à l'aire de répartition. Les données existent, elles figuraient dans l'édition 2000.

Besoins de recherche

Développer des indicateurs relatifs à la production et à l'utilisation de MFR, aux pratiques de sélection sylvicoles et de régénération des peuplements, compte-tenu des impacts de ces pratiques sur la diversité génétique des peuplements. Par exemple, pour la production et l'utilisation de MFR, le nombre moyen (+ *minimum* et *maximum*) de semenciers récoltés par lot de graines, ou encore la proportion de graines issues de vergers à graines et de récoltes *in situ*. Les données n'existent pas et nécessiteraient un gros travail de mise en place de la traçabilité des lots de graines et d'enquête auprès des pépinières et utilisateurs

Indicateur n° 4.7

Thème : Organisation du paysage
--

Nom détaillé : Organisation spatiale du couvert forestier du point de vue paysager

Résumé

- ✓ Le thème abordé est très pertinent du point de vue de la biodiversité.
- ✓ Dans sa formulation actuelle, la pertinence de l'indicateur est limitée aux gros animaux (mobilité) et aux espèces d'intérieur.
- ✓ L'indicateur doit être complété par la taille moyenne des surfaces d'intérieur et l'isolement moyen des taches (connectivité). Il serait utile de cibler les stades forestiers connus pour abriter des espèces peu mobiles (stades âgés, peuplements riches en bois mort).
- ✓ Des travaux de recherche sont nécessaires pour définir des seuils critiques de fragmentation des massifs forestiers (ou habitats intra-massifs) par espèce.

Origine de l'indicateur

Conférences ministérielles pour la protection des forêts en Europe (CMPFE), Vienne 2003

Source actuelle des données

IFN

Pertinence

- ✓ **signification biologique** (interprétation non ambiguë, enjeux particuliers)

L'agencement spatial des écosystèmes influence fortement les processus écologiques et par là-même la biodiversité. Cet agencement peut être appréhendé sous deux angles complémentaires :

- l'organisation en mosaïque de « taches », caractérisées par leur taille, leur forme, leur nombre et leur répartition dans l'espace.
- l'organisation en réseau de structures linéaires (corridors)

Concernant le premier point, on sait que la taille des taches est particulièrement importante pour les espèces animales qui requièrent de larges territoires, comme les grands prédateurs, ou pour les espèces d'intérieur, qui fuient les lisières. La taille des fragments boisés est également un bon prédicteur de la richesse spécifique en oiseaux mais celle-ci est davantage liée à la diversité structurale interne du fragment qu'à sa taille. Par ailleurs, la taille des taches et leur isolement n'ont pas les mêmes effets sur la biodiversité selon qu'on s'intéresse à la dynamique ou à la génétique des populations. Enfin, les connaissances restent encore limitées sur la taille minimale nécessaire pour qu'un écosystème forestier maintienne sa diversité et sa composition spécifique (Gosselin, 2004).

L'indicateur 4.7 traite cet aspect (taille des taches) en analysant l'état et l'évolution du nombre de massifs forestiers par classe de taille, c'est-à-dire l'évolution de la fragmentation de la forêt à l'échelle nationale. Compte tenu des éléments précédents, cet indicateur est pertinent principalement pour les grands prédateurs et les espèces animales d'intérieur. Par contre, la définition des « massifs » employée revient à considérer que des fragments distants de moins de 200 mètres constituent une seule unité forestière, ce qui est discutable : en effet, la non prise en compte de la perméabilité de la matrice ou, au moins, d'éventuelles coupures

infranchissables par certains animaux (autoroutes sans passages spéciaux, lignes TGV clôturées, fleuves, ...) limite la pertinence de cet indicateur (voir les § « définitions employées » et « améliorations proposées ». Les commentaires précisent que cela fait partie des améliorations envisageables).

Par ailleurs, l'interprétation de la fragmentation du territoire boisé reste difficile à effectuer au niveau national du fait de l'extrême diversité des situations régionales.

Comme le précisent les commentaires, l'indicateur 4.7. en son état actuel a surtout un sens pour les gros animaux assez mobiles, dont l'habitat forestier est varié. Pour d'autres espèces forestières, inféodées à des types de peuplements bien particuliers, il serait préférable de suivre la fragmentation de l'habitat (intra-massif) plutôt que la fragmentation du massif, tous types de peuplements confondus. Par exemple : fragmentation des stades âgés, ou des peuplements riches en bois mort, ou encore des stades jeunes (coupes fortes et rases, en lien avec l'indicateur 4.7.3)

Pour les espèces forestières d'intérieur, l'indicateur « taille de massif » gagnerait à être complété par un indicateur « taille du noyau forestier », c'est-à-dire surface (ou proportion en surface) de forêt distante de plus de x mètres de la lisière (*à préciser* : 150 mètres est un *minimum*, distance à laquelle les effets microclimatiques de la lisière se font sentir).

Par ailleurs le nombre de massifs étant disponible, l'indicateur taille de massif serait plus utile en comparaison avec de plus une mesure de l'isolement, telle la distance au plus proche voisin, c'est-à-dire pour chaque massif, à quelle distance se situe le massif le plus proche. Ces trois facteurs, taille et nombre de taches, isolement de la tache permettent de prendre en compte de manière pertinente les modifications de l'arrangement spatial des taches, que ce soit les massifs ou les habitats intra-massif (Fahrig, 2003).

Si en effet, différentes études soulignent l'effet de la taille de la tache forestière sur la diversité des plantes (Dupré et Ehrlén, 2002, Godefroid et Koedam, 2003, Jacquemyn *et al.*, 2003, Pearson *et al.*, 1998), l'effet de l'isolement de la tache peut-être tout aussi important. Ces effets sont variables, et dépendent des traits de vie des espèces notamment les capacités de dispersion et la durée de la banque de graines plantes (Dupré et Ehrlén, 2002, Jacquemyn *et al.*, 2003).

Ces effets dépendent aussi du contexte dans lequel se trouve la tache forestière, c'est-à-dire la nature de la matrice extra-forestière, dont le niveau de perturbation influence l'intérieur du massif forestier (Godefroid et Koedam, 2003, Jules et Shahari, 2003) - à mettre en lien avec la notion de noyau forestier mentionné ci-dessus et avec les commentaires sur l'indicateur 4.7.2.

✓ **échelle spatiale**

- de présentation des résultats

France entière et région administrative (en annexe)

- des données de base

Plages de 4 ha (échelle 1/50 000)

✓ **domaines d'application** (régions, types forestiers, ...)

Voir la possibilité de cibler les zones protégées (Natura 2000, ...), certaines espèces protégées et certains types de peuplements (stades âgés, peuplements riches en bois mort, stades jeunes).

Définitions employées

✓ description

Un massif forestier est constitué d'un ensemble d'unités élémentaires cartographiées :

- constituées de forêts ou de peupleraies (selon définition IFN)
- d'une surface minimale de 4 hectares
- de largeur individuelle supérieure à 75 mètres
- situées à moins de 200 mètres les unes des autres (les unités forestières élémentaires situées à moins de 200 m les unes des autres sont agrégées en un seul massif).

✓ discussion

La limite de 75 mètres élimine une partie importante des ripisylves.

La limite de 4 ha est une valeur par défaut liée au seuil minimal de représentation utilisé à l'inventaire précédent et pour 16 départements au dernier inventaire (le seuil minimal de représentation utilisé pour 74 départements au dernier inventaire est de 2,25 ha).

La largeur de la zone tampon (200 m) n'a pas de justification biologique claire (voir § « pertinence »).

Méthodologie

✓ description

Les massifs sont identifiés sur la couverture cartographique des types de formation végétale de l'IFN réalisée par photo-interprétation pour chaque département avec une périodicité moyenne de 12 ans. Seul le thème « forêt » a été pris en compte et les plages de moins de 4 ha ont été éliminées pour assurer la cohérence des comparaisons et des agrégations. Une zone tampon (buffer) de 200 mètres a ensuite été appliquée sur les plages « forêt » prises en compte afin de délimiter les « massifs ».

Résultats par région administrative : pour les massifs situés à cheval sur deux régions, la taille totale du massif est prise en compte pour déterminer la classe de surface mais la surface cartographiée affectée au massif est limitée à celle qui est interceptée par la région administrative considérée. Cette méthode reflète mieux la réalité et permet d'éviter des discordances lors de la consolidation nationale.

Les dates annoncées sont des dates de disponibilité des données. Les données datées 1999 correspondent en moyenne à une prise de vue 1990 et les données datées 2004 à une prise de vue 1995. Seuls 30 départements ont pu être mis à jour entre ces 2 dates.

✓ problèmes rencontrés

Le pas de 5 ans utilisé entraîne une mise à jour partielle des données (30 départements seulement entre 1999 et 2004). L'évolution constatée sur la France entière est donc limitée aux évolutions observées sur ces départements.

L'analyse est rendue difficile par l'extension de surface boisée qui peut aussi bien entraîner un apport de petits massifs qu'aboutir à la fusion d'ensembles beaucoup plus vastes. Par ailleurs, les flux entre classes de surface hors extension ne sont pas connus : le bilan observé résulte à la fois des phénomènes de mitage et de fermeture du couvert forestier, qui varient selon les régions concernées.

Il serait utile d'estimer la précision des calculs, notamment la précision des variations de l'indicateur entre deux inventaires.

Périodicité

✓ possible

5 ans mais avec une mise à jour partielle (33 à 50% des départements)

10-12 ans pour une mise à jour complète de la France entière

✓ souhaitable

5 ans

Disponibilité des données (lacunes, récupération, format)Lacunes : néantRécupération : facileFormat : SIG**Fiabilité et précision des données**Fiabilité : élevéePrécision : élevée (4 ha = échelle 1/50 000)**Coût de production de l'indicateur** (hors coût d'acquisition des données)

Faible

Présentation de l'indicateur

Les intitulés du thème et de l'indicateur pourraient être plus parlants : pour le thème, « organisation spatiale du couvert forestier » serait préférable à « organisation du paysage » ; pour l'indicateur 4.7, « répartition des massifs par classe de taille » serait préférable à « organisation spatiale du couvert forestier, du point de vue paysager ».

Le graphique met en évidence des évolutions qui ne sont que partielles (voir § « méthodologie »).

Une représentation des résultats 2004 sous la forme d'une carte de France par région administrative aurait permis de comparer cet indicateur avec l'indicateur 4.7.1 (longueur de lisière à l'hectare) qui analyse également la fragmentation de la forêt. On pourrait ainsi représenter la proportion de petits massifs (< 100 ha) en nombre et en surface par région.

Figure 19 : on pourrait ajouter à chaque barre d'histogramme (représentant la surface totale pour une classe de taille de massif) le nombre d'ensembles correspondant, pour relativiser. Celui-ci figure dans le tableau qui précède.

Lien avec d'autres indicateurs

Au moins pour l'interprétation de l'indicateur, renvoyer à la notion de noyau forestier : indicateur 4.7.1. (moyenne des longueurs de lisière par ha, calculées pour chaque massif) , ou bien prévoir un nouvel indicateur (surface moyenne de forêt distante de plus de x mètres de la lisière, par classe de taille de massif).

A mettre en lien avec un indice de compacité du massif (utilisant la longueur du périmètre du massif, voir commentaires fiche indicateur 4.7.1) plus pertinent que la taille seule du massif ; et avec le nombre de taches et la distance au plus proche voisin pour préciser les variations de l'arrangement spatial. La taille des massifs seule est une information trop partielle.

A relier également à l'indicateur 4.7.3 (coupes fortes et rases) pour ce qui concerne la fragmentation des habitats.

Qualité des commentaires

Les commentaires précisent que l'approche proposée concerne principalement les grands animaux et qu'un indicateur moyen sur la France entière ne peut rendre compte de la diversité des situations régionales. Les définitions et la méthodologie employées limitent en effet fortement l'interprétation des résultats.

Il faut faire attention à l'emploi du terme fragmentation, qui est souvent confondu avec la perte d'habitat (Fahrig, 2003). La fragmentation est un changement de configuration spatiale qui se traduit par plusieurs facteurs agissant de manière concomitante : la taille des taches, le nombre des taches, et leur isolement (que l'on peut appréhender par la distance au plus proche voisin).

Or ces trois paramètres en général n'évoluent pas dans le même sens et s'accompagnent d'un changement de la quantité d'habitat : on ne peut donc conclure sur une diminution ou une augmentation de la fragmentation (Fahrig, 2003). On parlera donc plutôt de modification de l'arrangement spatial, avec augmentation ou diminution de ces quatre paramètres (quantité d'habitat, nombre et taille des taches, distance à la plus proche tache ou autre mesure de l'isolement).

Ces quatre paramètres pourraient aussi être mesurés pour les habitats intra-massif.

Le projet Corylus (BGF-GIP ECOFOR) permettra à terme de mieux distinguer l'action de ces différents facteurs et d'en préciser les effets sur la flore et les oiseaux.

Expérience des autres pays européens

Parmi les publications nationales consultées (Finlande 2000, Grande-Bretagne 2002, Suisse 2005), seule la Suisse aborde la question de l'organisation du paysage. L'indicateur proposé estime l'évolution du nombre de bosquets, de forêts buissonnantes et de forêts et l'évolution de leur surface moyenne entre 1985 et 1997 (Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, 1997).

Dans les pays nordiques, la méthodologie mise en œuvre pour la mesure et le suivi de l'organisation du paysage est considérée actuellement comme peu développée. Il est recommandé d'analyser plus particulièrement la fragmentation globale de la forêt, la fragmentation de certains types forestiers ou stades de développement (conifères matures, feuillus) ainsi que la connectivité de certains types forestiers - ripisylves, peuplements matures d'épicéa commun (Stokland *et al.*, 2003).

Le futur rapport CMPFE qui sera présenté à la prochaine Conférence en novembre 2007 inclut cet indicateur qui doit être renseigné par l'AEE et le CCR mais aucun tableau n'a été communiqué pour l'instant.

Liste bibliographique (y compris travaux en cours)

- Dupré C. et Ehrlén J., 2002, Habitat configuration, species traits and plant distributions, *J. Ecol.* 90, p. 796-805.
- Fahrig L., 2003, Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 34, p. 487-515.
- Godefroid S. et Koedam N., 2003, How important are large vs. small forest remnants for the conservation of the woodland flora in an urban context? *Global Ecology & Biogeography*, 12, p. 287-298.
- Gosselin M., 2004, Influence des facteurs spatiaux sur la biodiversité : taille des parcelles, répartition spatiale des classes d'âges, quantité de lisières, in Gosselin M., Laroussinie, O. (Eds), *Gestion Forestière et Biodiversité : connaître pour préserver - synthèse bibliographique*, Co-édition Gip Ecofor - Cemagref Editions, Antony, p. 101-126.

- Honnay O., Endels P., Vereecken H. et Hermy M., 1999, The role of patch area and habitat diversity in explaining native plant species richness in disturbed suburban forest patches in northern Belgium. *Diversity and Distributions*, 5, p. 129-141.
- INRA-IFN-Cemagref-MNHN, 2006, *Influence de la composition et de la structure des masses forestières sur la biodiversité*, Projet MEDD – GIP ECOFOR (En cours).
- Jacquemyn H., Butaye J. et Hermy M., 2003, Influence of environmental and spatial variables on regional distribution of forest plant species in a fragmented and changing landscape. *Ecography*, 26, p. 768-776.
- Jules E. S. et Shahani P., 2003, A broader ecological context to habitat fragmentation: Why matrix habitat is more important than we thought. *J. Veg. Sci.*, 14, p. 459-464.
- Pearson S. M., Smith A. B. et Turner M. G., 1998, Forest patch size, land use, and mesic forest herbs in the French Broad River basin, North Carolina. *Castanea*, 63, p. 382-395.
- Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, 2005, *Rapport forestier 2005*, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) et Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL), Birmensdorf/Berne, p. 88-89.
- Schmitt MC., 2005, *Biodiversité végétale et structure spatiale des forêts. Analyse des données de l'IFN*, Mastère ENGREF, 35 p. + annexes.
- Stokland J.N., Eriksen R., Tomter S-T., Korhonen K., Tomppo E., Rajaniemi S., Söderberg U., Toet H. et Riis-Nielsen T., 2003, *Forest biodiversity indicators in the Nordic countries. Status based on national forest inventories*, TemaNord, 514, p. 81.

Propositions d'amélioration et besoins de recherche (y compris valeurs de référence et sources alternatives de données)

Propositions d'amélioration

Libellé : le nom détaillé CMPFE doit être clarifié.

Définitions :

- reprendre le même indicateur mais sans zone tampon de 200 mètres ou en testant d'autres distances. L'étude en cours dans le cadre du programme BGF (GIP-Ecofor) sur "l'influence de la composition et de la structure des masses forestières sur la biodiversité (plantes et oiseaux)" - dit projet Corylus - permettra de choisir d'autres seuils ;

- apports de la nouvelle méthode de cartographie de l'IFN, désormais en charge de la couche végétation du Référentiel à Grande Echelle de l'IGN (mais pas d'état antérieur à 2007) :

* seuil minimal de représentation à 50 ares (seuil FAO) au lieu de 4 ha, qui permettra d'analyser plus finement la fragmentation des petits massifs,

* largeur minimale de 20 m au lieu de 75 m, qui permettra notamment de prendre en compte les ripisylves,

* notion de connectivité entre taches, apportée par la cartographie des haies et des alignements de plus de 25 mètres de longueur.

Méthode :

- couplage avec d'autres sources : réseau routier, réseau fluvial, zones protégées, ... ;
- traiter à part les zones d'extension de la forêt pour faciliter l'interprétation des résultats. Intérêt de disposer d'une matrice de passage du nombre de massifs par classe de taille, permettant d'analyser les flux d'une classe à l'autre ;

- ajouter dans le tableau la taille moyenne des « surfaces d'intérieur » des taches (dépend de la taille et de la forme) ;

- mesurer l'isolement moyen des taches (distance au plus proche voisin).

Domaine d'application :

Voir la possibilité de coupler le degré de fragmentation des massifs forestiers avec :

- l'aire de certaines espèces, notamment pour les espèces menacées ;

- les habitats protégés (Natura 2000, ...) ;

- les cartes des forêts anciennes.

Appliquer l'indicateur à certains stades forestiers connus pour abriter des espèces peu mobiles (peuplements riches en bois mort, stades très âgés, ...).

Besoins de recherche

Définition de seuils critiques de fragmentation des massifs forestiers (ou habitats intra-massifs) par espèce.

Possibilité de généraliser à la France entière les résultats du projet Corylus de BGF, nommé "Influence de la composition et de la structure des masses forestières sur la biodiversité (plantes et oiseaux)".

Indicateur n° 4.7.1

Thème : Organisation du paysage
--

Nom détaillé : Longueur de lisière à l'ha
--

Résumé

- ✓ Le thème abordé est très pertinent du point de vue de la biodiversité.
- ✓ La question des lisières forêt-non forêt et des lisières intra-forestières est pertinente mais la formulation de l'indicateur est à revoir.
- ✓ L'indicateur doit être reformulé sous la forme d'un indice de compacité et complété par la longueur totale des lisières ainsi que par la longueur de lisières entre zone périphérique et intérieur de la forêt.
- ✓ Des travaux de recherche sont nécessaires pour définir des seuils critiques de ratio lisière/surface des massifs forestiers par espèce.

Origine de l'indicateur

France

Source actuelle des données

IFN

Pertinence

- ✓ **signification biologique** (interprétation non ambiguë, enjeux particuliers)

L'intérêt d'analyser l'organisation spatiale des massifs forestiers et particulièrement la taille des taches a été développé dans la fiche de l'indicateur 4.7 (voir § « signification biologique »). La forme des taches est également un paramètre important car elle influence directement sur la quantité de lisières et la quantité d'intérieur forestier. L'abondance de certaines espèces d'oiseaux est par exemple influencée par la forme de la parcelle, en lien avec les variables associées aux lisières. Les lisières sont souvent des zones très riches en espèces, mais il faut garder à l'esprit que peu d'espèces rares sont inféodées aux lisières et que certaines espèces typiquement forestières, au contraire, fuient les lisières (espèces dites d'intérieur). Pour les espèces d'intérieur, la forme des taches est particulièrement importante : en effet, moins le fragment forestier possède de surface d'intérieur, plus il est sensible à l'influence des milieux adjacents. Cet aspect peut être abordé par le ratio lisière/intérieur (Gosselin, 2004).

Quelques lisières intraforestières bien développées, avec transition progressive faite d'un ourlet herbacé et d'un ourlet buissonnant, en limite de milieux ouverts ou de piste, peuvent augmenter la biodiversité au sein du massif forestier (Papillons notamment), à condition que ce ne soit pas aux dépens des espèces forestières d'intérieur (Warren et Fuller, 1993). Mais l'indicateur 4.7.1. ne prend pas en compte les lisières intraforestières.

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 cartographiée par l'IFN est prise en compte, sans regroupement par le biais d'une zone tampon, comme pour l'indicateur 4.7.

Il permet 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. Ce dernier aspect

mériterait d'être développé par la définition d'indicateurs complémentaires (voir ci-dessous et § « propositions d'amélioration »).

Cependant, l'interprétation de cet indicateur dépend des types forestiers considérés : sa valeur est intrinsèquement élevée pour les ripisylves ; vis-à-vis des espèces d'intérieur, elle doit être peu élevée, mais cela concerne plutôt certains types forestiers caractéristiques de grands massifs (chênaies, hêtraies, hêtraies-sapinières par exemple). D'où l'intérêt de le compléter au moins par l'indicateur 4.7.2., sinon avec des types de peuplements plus précis.

Avec cet indicateur, si la quantité de forêt évolue, la quantité de lisière évolue intrinsèquement elle aussi. La quantité de forêt ayant progressé en France, l'augmentation de la valeur de cet indicateur ne permet pas de conclure quant à une augmentation de la fragmentation (voir § « Méthodologie – problèmes rencontrés » et commentaires fiche 4.7 sur l'emploi du terme fragmentation) : on ne peut savoir si cela résulte de l'apparition de nouvelles taches (qui n'a donc rien à voir avec le morcellement, et qui de plus diminue l'isolement des taches entre elles), d'un réel découpage des taches existantes, de leur fusion ou d'un réagencement de leur forme. A moins de faire un suivi individuel de chaque massif pour savoir de quel phénomène il s'agit, à une échelle globale, l'agencement des taches forestières résulte certainement de différents phénomènes, parfois contradictoires.

Lorsque l'on veut une indication de densité de lisière d'un habitat donné, on ramène cet indice à la surface du territoire étudié et non pas à la surface de l'habitat donné (longueur de lisière de l'habitat / surface du territoire contenant cet habitat), voir par exemple McGarigal et Marks, 1995.

Un indicateur dont l'interprétation est plus facile est un indice de forme qui permet de déterminer la compacité du massif. Calculé pour chaque massif, il compare des éléments de même type, c'est-à-dire tous deux linéaires ; il est exprimé par le rapport de la longueur de lisière du massif (en m) sur la circonférence (en m) d'un disque de même superficie que le massif - le disque est la forme la plus compacte, celle qui offre une interaction de moindre amplitude avec la matrice (Baskent et Jordan, 1995, Das et Nautiyal, 2004, Schumaker, 1996). Plus cette valeur est proche de 1, plus l'habitat est compact, et plus la surface intérieure de la tache, le noyau de la tache est important. Cet indice est plus facile à relier à l'indicateur 4.7.

✓ **échelle spatiale**

- de présentation des résultats

France entière et région administrative

- des données de base

Plages de 4 ha (échelle 1/50 000)

✓ **domaines d'application** (régions, types forestiers, ...)

Voir la possibilité de cibler les zones protégées (Natura 2000, ...), certaines espèces protégées et certains types de peuplements (types forestiers caractéristiques de grands massifs : chênaies, hêtraies, hêtraies-sapinières, ...)

Définitions employées

✓ **description**

Une plage « forêt » est une plage cartographiée :

- répondant à la définition IFN de la forêt ou d'une peupleraie
- d'une surface minimale de 4 hectares
- de largeur individuelle supérieure à 75 mètres

Une plage « autres terres boisées » - au sens de la FAO - est une plage cartographiée :

- répondant à la définition IFN de la lande

- d'une surface minimale de 4 hectares
- de largeur individuelle supérieure à 75 mètres

La longueur de lisière à l'hectare est le rapport entre la longueur de l'interface forêt-non forêt ou landes-non landes et la surface cartographiée des plages considérées.

✓ **discussion**

La limite de 4 ha est une valeur par défaut liée au seuil minimal de représentation utilisé à l'inventaire précédent et pour 16 départements au dernier inventaire (le seuil minimal de représentation utilisé pour 74 départements au dernier inventaire est de 2,25 ha).

Méthodologie

✓ **description**

Les massifs sont identifiés sur la couverture cartographique des types de formation végétale de l'IFN réalisée par photo-interprétation pour chaque département avec une périodicité moyenne de 12 ans. Seuls les thèmes « forêt » et « lande » ont été pris en compte et les plages de moins de 4 ha ont été éliminées pour assurer la cohérence des comparaisons et des agrégations. La longueur totale de lisière forêt-non forêt des plages « forêt » et landes-non landes des plages « landes » est ensuite divisée par la surface totale cartographiée de ces plages (longueur de lisière à l'hectare). Aucune zone tampon n'a été créée autour des plages contrairement à l'indicateur 4.7.

Résultats par région administrative : pour les massifs situés à cheval sur deux régions, la surface cartographiée affectée à chaque plage est limitée à celle qui est interceptée par la région administrative considérée. La longueur de lisière est également limitée à la partie située à l'intérieur de la région.

Les dates annoncées sont des dates de disponibilité des données. Les données datées 1999 correspondent en moyenne à une prise de vue 1990 et les données datées 2004 à une prise de vue 1995. Seuls 30 départements ont pu être mis à jour entre ces 2 dates.

✓ **problèmes rencontrés**

Le choix opéré pour le traitement des régions administratives reste à discuter (voir s'il serait préférable de prendre en compte la totalité d'un massif à cheval sur deux régions).

Le pas de 5 ans utilisé entraîne une mise à jour partielle des données (30 départements seulement entre 1999 et 2004). L'évolution constatée sur la France entière est donc limitée aux évolutions observées sur ces départements.

L'analyse est rendue difficile par l'extension de surface boisée qui peut aussi bien entraîner un apport de petits massifs qu'aboutir à la fusion d'ensembles beaucoup plus vastes. Par ailleurs, les flux entre classes de surface hors extension ne sont pas connus, ce qui complique encore l'analyse de la longueur de lisière à l'hectare.

Il serait utile d'estimer la précision des calculs, notamment la précision des variations de l'indicateur entre deux inventaires.

Périodicité

✓ **possible**

5 ans mais avec une mise à jour partielle (33 à 50% des départements)

10-12 ans pour une mise à jour complète de la France entière

✓ **souhaitable**

5 ans

Disponibilité des données (lacunes, récupération, format)

Lacunes : néant

Récupération : facile

Format : SIG

Fiabilité et précision des données

Fiabilité : élevée

Précision : élevée (4 ha = échelle 1/50 000)

Coût de production de l'indicateur (hors coût d'acquisition des données)

Faible

Présentation de l'indicateur

Tableau : la mention des « autres terres boisées » (landes IFN) est destinée à répondre aux exigences de la CMPFE.

La carte permet de visualiser l'hétérogénéité des situations régionales au dernier inventaire.

Une carte des évolutions par région administrative sera également utile lorsque tous les départements auront été mis à jour.

Pour le thème, l'intitulé « organisation spatiale du couvert forestier » serait préférable à « organisation du paysage ».

Le titre de l'indicateur devrait préciser « par hectare de forêt » car il s'agit bien de la longueur de lisière par hectare de forêt et non par hectare de territoire.

Lien avec d'autres indicateurs

En lien avec la notion d'espace d'intérieur : classe de taille du massif (indicateur 4.7) et surface de noyau forestier (surface de forêt située à plus de 150 m de la lisière). A interpréter aussi en fonction des types de peuplements forestiers considérés : indicateur 4.7.2.

Qualité des commentaires

Les définitions et la méthodologie employées limitent fortement l'interprétation des résultats.

Expérience des autres pays européens

Parmi les publications nationales consultées (Finlande 2000, Grande-Bretagne 2002, Suisse 2005), seule la Suisse aborde la question de l'organisation du paysage. L'indicateur proposé estime l'évolution du nombre de bosquets, de forêts buissonnantes et de forêts et l'évolution de leur surface moyenne entre 1985 et 1997. Le commentaire évoque la disparition de lisières écologiquement précieuses mais sans indicateur précis sur les lisières (Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, 1997).

Liste bibliographique (y compris travaux en cours)

Baskett E. Z. et Jordan G. A., 1995, Characterizing spatial structure of forest landscapes. *Canadian Journal of Forest Research – Revue canadienne de recherche forestière*, 25, p. 1830-1849.

Das J. K. et Nautiyal J., 2004, Forest variability index: a vector quantifying forest stand diversity and forest compactness. *Forest Policy and Economics*, 6, p. 271-288.

Gosselin M., 2004, Influence des facteurs spatiaux sur la biodiversité : taille des parcelles, répartition spatiale des classes d'âges, quantité de lisières, in Gosselin M., Laroussinie, O. (Eds), *Gestion Forestière et Biodiversité : connaître pour préserver - synthèse bibliographique*, Co-édition Gip Ecofor - Cemagref Editions, Antony, p. 101-126.

McGarigal K. et Marks B., 1995, *Fragstats : spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*; USDA, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland (Oregon), p. 122.

- Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, 2005, *Rapport forestier 2005*, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) et Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL), Birmensdorf/Berne, p. 88-89.
- Office National des Forêts, 2006, *Bilan patrimonial des forêts domaniales, Edition 2006*, p. 128-133.
- Schumaker N. H., 1996, Using landscape indices to predict habitat connectivity. *Ecology*, 77, p. 1210-1225.
- Warren M.S. et Fuller R.J., 1993, *Woodland rides and glades: their management for wildlife*, London, Joint Nature Conservation Committee British Trust for Ornithology.

Propositions d'amélioration et besoins de recherche (y compris valeurs de référence et sources alternatives de données)

La plupart de ces propositions recourent celles concernant l'indicateur 4.7 ; ces deux indicateurs doivent être repensés conjointement.

Propositions d'amélioration

Définitions :

Apports de la nouvelle méthode cartographique IFN (mais pas d'état antérieur à 2007) :

- 1) données cartographiques
 - * seuil minimal de représentation à 50 ares (seuil FAO) au lieu de 4 ha, qui permettra d'analyser plus finement la fragmentation des petits massifs
 - * largeur minimale de 20 m au lieu de 75 m, qui permettra notamment de prendre en compte les ripisylves
- 2) données statistiques : information sur la distance à la lisière et son orientation pour chaque placette de terrain

Méthode :

Traiter à part les zones d'extension de la forêt pour faciliter l'interprétation des résultats

Domaine d'application :

Voir la possibilité de coupler le degré de fragmentation des massifs forestiers avec :

- l'aire de certaines espèces, notamment pour les espèces menacées (définition de seuils critiques ?)
- les habitats protégés (Natura 2000, ...)

Indicateurs complémentaires :

- longueur de lisières comme un indicateur à part entière (voir Office National des Forêts, 2006)
- ratio longueur de lisières/surface d'intérieur (à définir selon les espèces ?)
- longueur de lisières par nature d'interface ; actuellement ce n'est possible au niveau France entière qu'avec les données de Corine Land Cover (SMR de 25 ha). Voir les apports de la télédétection ou de la photo-interprétation
- indice de densité de lisière ramené à la surface du territoire
- indice de compacité de la tache (traité par ailleurs dans le projet Corylus de BGF "Influence de la composition et de la structure des masses forestières sur la biodiversité (plantes et oiseaux)")

Besoins de recherche

Définition de seuils critiques de ratio lisière/surface des massifs forestiers par espèce

Indicateur n° 4.7.2

Thème : Organisation du paysage
--

Nom détaillé : Longueur de lisière à l'ha par type de peuplement national IFN
--

Résumé

- ✓ Le thème abordé est très pertinent du point de vue de la biodiversité.
- ✓ 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.
- ✓ L'indicateur doit être reformulé en utilisant la nature de l'interface pour chacun des types de peuplement nationaux et complété par le nombre et la surface moyenne de ces derniers. Il serait utile de cibler les stades forestiers connus pour abriter des espèces peu mobiles (stades âgés, peuplements riches en bois mort).
- ✓ Des travaux de recherche sont nécessaires pour définir des seuils critiques de fragmentation des habitats intra-massifs par espèce.

Origine de l'indicateur

France

Source actuelle des données

IFN

Pertinence

- ✓ **signification biologique** (interprétation non ambiguë, enjeux particuliers)

L'hétérogénéité spatiale, qui représente la diversité d'habitats à l'échelle d'un paysage, prend en compte deux paramètres : la composition du paysage (diversité des éléments) et l'arrangement spatial des éléments. Mais l'échelle d'analyse est délicate à déterminer et dépend du territoire des espèces : certaines espèces nécessitent un seul type de milieu très homogène, d'autres requièrent plusieurs types de milieux bien particuliers, d'autres encore peuvent exploiter des habitats variés.

La diversité d'un paysage forestier dépend également de l'échelle spatiale à laquelle elle est perçue par une espèce donnée. A l'échelle nationale, le paysage sera plus favorable à la biodiversité s'il est constitué d'un ensemble de peuplements de taille, d'âge et de composition variés (Gosselin, 2004).

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. Cet indicateur mesure donc la fragmentation de chaque type de peuplement national (état et évolution), avec les présupposés suivants : à surface égale, plus un type est fragmenté, plus la diversité paysagère est grande mais aussi moins il comprend de noyau forestier (« surface d'intérieur»). Cependant, cet indicateur ne rend pas compte de l'arrangement spatial des types et donc de la réelle variété des peuplements à l'intérieur d'un massif forestier. Par ailleurs, l'utilisation de types de peuplements nationaux réduit fortement l'intérêt des résultats (voir § « Définitions employées »). En effet, cet indicateur constitue une première approche de la fragmentation en termes *d'habitats* forestiers plutôt que de massifs en général (à la différence de l'indicateur 4.7), mais les « habitats » choisis ici sont-ils pertinents par rapport aux espèces les plus sensibles à la fragmentation de leur habitat, à savoir les espèces forestières d'intérieur et les espèces forestières peu mobiles ? Pour ces espèces, il

faudrait développer des indicateurs similaires aux indicateurs 4.7 et 4.7.2 mais pour des types forestiers adaptés (forêts anciennes, stades très âgés, peuplements très riches en bois mort, par exemple).

Les lisières les plus contrastées sont les plus susceptibles d'influencer la biodiversité (Ries *et al.*, 2004). On pourrait garder cet indicateur pour les types de peuplement « futaie de feuillus », « futaie de conifères », « forêt ouverte », voire pour le type « peupleraie » (Heikkinen *et al.*, 2004, Barbaro *et al.*, 2005). Mais il serait plus pertinent d'avoir un indicateur pour des catégories basées sur la hauteur et l'ouverture du peuplement. En lien avec l'indicateur 4.7.3, il serait intéressant d'avoir cet indicateur sur les coupes fortes et rases, habitats où se développent fortement les populations et sources de graines.

Enfin, les natures d'interface n'étant pas mentionnées (interface entre deux types de peuplement ou entre forêt et non forêt), l'interprétation de l'indicateur s'en trouve encore compliquée. En lien avec cette notion de lisière contrastante, connaître le type d'interface serait plus informatif que la lisière associée à un habitat particulier (faire le calcul pour l'interface permet de plus de ne compter qu'une seule fois la discontinuité linéaire alors que dans le cas d'une longueur de lisière par habitat, celle-ci est comptée deux fois, c'est le défaut d'une vue par « tache » plutôt qu'une véritable vue par « paysage »). Connaître le nombre d'interfaces différentes par rapport au nombre d'habitats différents au sein d'un paysage permet d'appréhender de manière simple l'hétérogénéité de la composition du paysage (Rescia *et al.*, 1994).

✓ **échelle spatiale**

- de présentation des résultats

France entière

- des données de base

Plages de 4 ha (échelle 1/50 000)

✓ **domaines d'application** (régions, types forestiers, ...)

Voir possibilité de cibler les zones protégées (Natura 2000, ...), certaines espèces protégées et certains types de peuplements (forêts anciennes, stades très âgés, peuplements très riches en bois mort).

Définitions employées

✓ **description**

Une plage « forêt » est une plage cartographiée :

- répondant à la définition IFN de la forêt ou d'une peupleraie
- d'une surface minimale de 4 hectares
- de largeur individuelle supérieure à 75 mètres

Les types de peuplement utilisés sont les types de peuplement nationaux de l'IFN, basés essentiellement sur la composition simplifiée (feuillus/résineux) et la structure des peuplements (agrégation de types de peuplement départementaux).

La lisière est ici définie comme la limite entre d'une part, un type de peuplement et d'autre part, un autre type de peuplement ou une utilisation non forestière du sol (landes, agriculture, urbanisation, ...).

✓ **discussion**

La limite de 4 ha est une valeur par défaut liée au seuil minimal de représentation utilisé à l'inventaire précédent et pour 16 départements au dernier inventaire (le seuil minimal de représentation utilisé pour 74 départements au dernier inventaire est de 2,25 ha).

Les types nationaux IFN peuvent masquer une diversité paysagère importante en regroupant des essences feuillues ou résineuses d'aspect très différent. Un même peuplement peut

également présenter des stades de développement variés (ex : le stade de développement des futaies n'est pas précisé et s'étage du stade « régénération » au stade « peuplement mature »).

Méthodologie

✓ **description**

La méthode est basée sur les données cartographiques de l'IFN relevées en photo-interprétation sur chaque département avec une périodicité moyenne de 12 ans.

Seul le thème « forêt » a été pris en compte et les plages de moins de 4 ha ont été éliminées pour assurer la cohérence des comparaisons et des agrégations. La longueur de lisière de chaque type de peuplement (voir § « définitions ») est ensuite divisée par la surface cartographiée du type considéré. Aucune zone tampon n'a été créée autour des plages contrairement à l'indicateur 4.7.

Les dates annoncées sont des dates de disponibilité des données. Les données datées 1999 correspondent en moyenne à 1990 et les données datées 2004 à 1995. Seuls 30 départements ont pu être mis à jour entre ces 2 dates.

✓ **problèmes rencontrés**

Le pas de 5 ans utilisé entraîne une mise à jour partielle des données (30 départements seulement entre 1999 et 2004). L'évolution constatée sur la France entière est donc limitée aux évolutions observées sur ces départements.

Périodicité

✓ **possible**

5 ans mais avec une mise à jour partielle (30 à 50% des départements)

10-12 ans pour une mise à jour complète de la France entière

✓ **souhaitable**

5 ans

Disponibilité des données (lacunes, récupération, format)

Lacunes : néant

Récupération : facile

Format : SIG

Fiabilité et précision des données

Fiabilité : élevée

Précision : élevée (4 ha = échelle 1/50 000)

Coût de production de l'indicateur (hors coût d'acquisition des données)

Faible

Présentation de l'indicateur

Il manque un graphique de la situation 2004, par exemple sous forme de barres.

Il paraît difficile de produire une carte compte tenu de la formulation de l'indicateur.

Pour le thème, l'intitulé « organisation spatiale du couvert forestier » serait préférable à « organisation du paysage ».

Lien avec d'autres indicateurs

En lien avec la notion d'espace d'intérieur : classe de taille des habitats considérés (pendant de l'indicateur 4.7.) et surface de noyau forestier (surface de peuplement située à plus de 150 mètres de la lisière).

Pour une classification basée sur la hauteur et l'ouverture du peuplement, à mettre en lien avec l'indicateur 4.7.3 pour des habitats ouverts contribuant au développement des populations et sources de graines.

Qualité des commentaires

La formulation de l'indicateur conduit à limiter les commentaires à l'état et l'évolution de la fragmentation de chaque type de peuplement national, cet aspect restant par ailleurs difficile à analyser du fait de la méthodologie employée (étalement des données dans le temps, extension de surface boisée). Il semble impossible d'appréhender l'agencement spatial des types nationaux avec cet indicateur et donc d'évaluer l'hétérogénéité de la mosaïque paysagère.

Expérience des autres pays européens

Parmi les publications nationales consultées (Finlande 2000, Grande-Bretagne 2002, Suisse 2005), seule la Suisse aborde la question de l'organisation du paysage. L'indicateur proposé estime l'évolution du nombre de bosquets, de forêts buissonnantes et de forêts et l'évolution de leur surface moyenne entre 1985 et 1997. Le commentaire évoque la disparition de lisières écologiquement précieuses mais sans indicateur précis sur les lisières (Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, 1997).

Dans les pays nordiques, il est recommandé d'analyser plus particulièrement la fragmentation de certains types forestiers ou stades de développement - conifères matures, feuillus (Stokland *et al.*, 2003). Cette idée pourrait être reprise pour les indicateurs français, notamment pour les espèces forestières d'intérieur et peu mobiles (ex. *Lobaria pulmonaria*).

Liste bibliographique (y compris travaux en cours)

- Barbaro L., Pontcharraud L., Vetillard F., Guyon D. et Jactel H., 2005, Comparative responses of bird, carabid, and spider assemblages to stand and landscape diversity in maritime pine plantation forests and landscape diversity in maritime pine plantation forests. *Ecoscience*, 12, p. 110-121.
- Dufour H. et Labesse C., 2006, *Rapport de projet méthodologique. Mise en place d'indicateurs spatiaux de structures d'occupation du sol. Utilisation des matrices de cooccurrences*, ENITA de Bordeaux, 27 p.
- Gosselin M., 2004, Influence des facteurs spatiaux sur la biodiversité : taille des parcelles, répartition spatiale des classes d'âges, quantité de lisières, in Gosselin M., Laroussinie, O. (Eds), *Gestion Forestière et Biodiversité : connaître pour préserver - synthèse bibliographique*, Co-édition Gip Ecofor - Cemagref Editions, Antony, p. 101-126.
- Heikkinen R. K., Luoto M., Virkkala R. et Rainio K., 2004, Effects of habitat cover, landscape structure and spatial variables on the abundance of birds in an agricultural-forest mosaic, *Journal of Applied Ecology*, 41, p. 824-835.
- Office National des Forêts, 2006, *Bilan patrimonial des forêts domaniales, Edition 2006*, p. 128-133.
- Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, 2005, *Rapport forestier 2005*, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) et Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL), Birmensdorf/Berne, p. 88-89.
- Slak MF. et Lee A., 2003, *Indicateurs paysagers élaborés à partir de l'enquête sur l'utilisation du territoire (TERUTI)*, Agreste Chiffres et Données n°151, 72 p.
- Stokland J.N., Eriksen R., Tomter S-T., Korhonen K., Tomppo E., Rajaniemi S., Söderberg U., Toet H. et Riis-Nielsen T., 2003, *Forest biodiversity indicators in the Nordic countries. Status based on national forest inventories*, TemaNord, 514, p. 81.

- Rescia A. J. Schmitz M. F., Martin-de-Agar P., Pablo C. L. d., Atauri J. A. et Pineda F. D., 1994, Influence of landscape complexity and land management on woody plant diversity in northern Spain. *Journal of Vegetation Science*, 5, p. 505-516.
- Ries L., Fletcher R. J., Battin J. et Sisk T. D., 2004, Ecological responses to habitat edges: mechanisms, models, and variability explained, *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, p. 491-522.

Propositions d'amélioration et besoins de recherche (y compris valeurs de référence et sources alternatives de données)

Propositions d'amélioration

Définitions :

Modifications apportées par la nouvelle méthode cartographique IFN (mais pas d'état antérieur à 2007) :

- * seuil minimal de représentation à 50 ares (seuil FAO) au lieu de 4 ha
- * largeur minimale de 20 m au lieu de 75 m
- * changement de nomenclature des types de peuplement nationaux : abandon de la structure forestière mais composition en essences plus détaillée.

Domaine d'application :

Cibler les espèces les plus sensibles à la fragmentation à travers certains types d'habitat (forêts anciennes, stades très âgés, peuplements riches en bois mort).

Méthodologie :

La formulation de cet indicateur paraît peu pertinente pour apprécier l'hétérogénéité spatiale des massifs forestiers.

D'autres approches, plus simples à interpréter seraient à développer :

* à partir des données cartographiques de l'IFN (voir Office National des Forêts, 2006) :

- 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.

* 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).

* 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 (Slak et Lee, 2003, Dufour et Labesse, 2006) 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.

Besoins de recherche

Définition de seuils critiques de fragmentation des habitats intra-massifs par espèce.

Indicateur n° 4.7.3

Thème : Organisation du paysage
--

Nom détaillé : Coupes fortes et rases
--

Résumé

- ✓ Le thème abordé est très pertinent du point de vue de la biodiversité.
- ✓ L'indicateur est incomplet, ce qui limite les possibilités d'interprétation.
- ✓ L'indicateur doit être complété par la taille, la topographie, l'orientation et la disposition des coupes au sein du massif.
- ✓ Des travaux de recherche sont nécessaires pour définir des seuils critiques d'intensité et de taille de coupes de régénération qui entraînent une perte des espèces forestières sensibles et/ou l'invasion par des non-forestières. L'extension des travaux en cours sur la cartographie des coupes rases par télédétection est également recommandée.

Origine de l'indicateur

France

Source actuelle des données

IFN

Pertinence

- ✓ **signification biologique** (interprétation non ambiguë, enjeux particuliers)

Il est généralement recommandé d'analyser le rôle des coupes sur la biodiversité à la lumière de la théorie des perturbations. Ceci implique de caractériser l'intensité, la fréquence, la taille et l'organisation spatiale des coupes. D'autres paramètres comme la topographie, l'orientation ou la hauteur du peuplement environnant peuvent accentuer ou réduire l'impact d'une coupe sur la biodiversité (Bergès, 2004).

Les coupes peuvent avoir un impact important sur la conservation des espèces végétales et animales typiquement forestières : les coupes de régénération fortes, très fréquentes et sur de grandes surfaces défavorisent les espèces à faible capacité de dispersion et les espèces inféodées aux phases terminales du cycle sylvogénétique.

L'indicateur proposé ne traite que de l'intensité des coupes qui entraînent les perturbations les plus fortes : les coupes fortes et les coupes rases. Un autre élément important est spécifié dans la typologie utilisée : le mode de régénération, qui influe notamment sur la capacité de certaines espèces à recoloniser le milieu (Bergès, 2004). Mais l'absence d'information sur la taille des coupes limite la pertinence de cet indicateur.

- ✓ **échelle spatiale**
 - **de présentation des résultats**

France entière

- **des données de base**

Parcelle dans laquelle est inclus le point de sondage IFN

- ✓ **domaines d'application** (régions, types forestiers, ...)

Sensibilité accrue sur pentes fortes et dans les zones fragiles et protégées

Définitions employées

✓ description

Coupe forte : coupe de plus de 50% de l'étage dominant ou coupe des interbandes d'une plantation.

Coupe rase : coupe totale du peuplement (sous-étage et étage dominant), quel que soit l'avenir de la parcelle (défrichement, plantation, régénération naturelle, recépage de taillis, avenir inconnu). Cette catégorie inclut donc les coupes définitives de régénération.

Les défrichements ont été traités à part dans l'analyse car ils correspondent à un transfert de la parcelle vers un usage non forestier.

✓ discussion

On peut s'interroger sur le classement de certaines coupes définitives de régénération naturelle dans la catégorie « coupes rases » dans la mesure où le système des coupes progressives de régénération permet souvent de limiter l'impact de cette coupe finale.

L'idéal serait de coupler le type de coupe avec le taux de couvert du peuplement au moment de la coupe pour en évaluer l'impact tant sur la biodiversité que sur le paysage. On pourrait utiliser par défaut le taux de couvert de la placette IFN à la date de l'inventaire précédent.

D'autres critères seraient également à prendre en compte : dimension de la coupe, topographie, orientation, rotation des coupes, ... Un autre élément dont il faut tenir compte est la disposition des coupes au sein du massif (coupes en quartiers, coupes dispersées...) qui n'aura pas la même influence selon qu'elle réduit ou non la connectivité entre tâches boisées résiduelles, ou que cet arrangement spatial facilite l'introduction d'espèces non forestières ou expose davantage les peuplements à la tempête et aux parasites (Franklin et Forman, 1987).

Méthodologie

✓ description

La méthode consiste à replacer les points de sondage terrain de l'inventaire précédent sur les photographies aériennes du dernier inventaire et à détecter par photo-interprétation l'existence de coupes fortes et rases, selon la typologie mentionnée dans le tableau de l'indicateur. Il s'agit donc de données statistiques ponctuelles et non cartographiques.

Seules les forêts de production – hors peupleraies – inventoriées à l'inventaire précédent sont prises en compte. La période concernée se situe entre la date de lever de terrain de l'inventaire précédent et la date de prise de vue du dernier inventaire (moyenne France entière : 1984-93).

✓ problèmes rencontrés

- comme pour tous les indicateurs basés sur les données statistiques de l'ancienne méthode IFN, les résultats France entière correspondent à la somme de données départementales relevées sur des périodes différentes ;
- certaines coupes rases, notamment les coupes des taillis qui rejettent vigoureusement, restent difficiles à détecter ; la comparaison avec la surface des coupes de taillis déduite de l'âge des taillis sur le terrain montre une forte sous-estimation de cette catégorie dans l'indicateur 4.7.3. ;
- il est possible que certaines coupes fortes observées correspondent à deux coupes d'éclaircie successives ;
- il serait peut-être préférable de travailler à l'échelle du massif forestier ou du paysage (sylvo-éco-région IFN) et donc sur des données cartographiques et non statistiques

Périodicité

✓ possible

5 ans

✓ souhaitable

5 ans

Disponibilité des données (lacunes, récupération, format)

Lacunes : taille des coupes rases indisponible dans certains départements, ce qui n'a pas permis de réaliser une synthèse au niveau national.

Récupération : facile

Format : base de données

Fiabilité et précision des données

Fiabilité : moyenne (voir problèmes méthodologiques)

Précision : moyenne à l'échelle de la France entière et faible à très faible au niveau des régions administratives et des départements.

Coût de production de l'indicateur (hors coût d'acquisition des données)

Faible

Présentation de l'indicateur

Une ventilation des résultats par catégorie de propriété serait plus pertinente qu'une ventilation par groupe d'essences.

Une carte de France par région administrative serait utile mais les données statistiques utilisées actuellement ne sont pas assez précises pour la produire.

Lien avec d'autres indicateurs

A mettre en lien avec l'indicateur 4.7.2 dans l'optique d'une classification sur la hauteur et l'ouverture du peuplement (voir les commentaires associés à cette fiche).

Qualité des commentaires

Les commentaires sont ciblés sur la dimension « impact paysager » des coupes au sens de leur acceptabilité sociale plutôt que sur leur impact sur la biodiversité, y compris paysagère. L'absence de données sur la taille des coupes et l'absence de couplage avec d'autres paramètres (topographie, orientation, organisation spatiale et fréquence des coupes) ne permettait pas d'approfondir cette analyse.

Expérience des autres pays européens

Indicateurs Grande-Bretagne (Forestry Commission, 2002) : la notion de coupe rase est abordée dans le critère « formations boisées » pour évaluer dans le futur les pratiques de gestion ; le suivi serait réalisé à partir de l'évaluation de la continuité du couvert forestier. L'argumentaire est fondé sur l'intérêt de favoriser des systèmes de gestion alternatifs au système des coupes rases afin de diversifier les classes d'âge (biodiversité) et de réduire l'impact paysager des coupes.

Cet indicateur n'existe pas dans les publications nationales de la Finlande (2000) et de la Suisse (2005).

Liste bibliographique (y compris travaux en cours)

- Bergès Laurent, 2004, Rôle des coupes, de la stratification verticale et du mode de traitement dans la conservation de la biodiversité, in Gosselin M., Laroussinie, O. (Eds), *Gestion Forestière et Biodiversité : connaître pour préserver - synthèse bibliographique*, Cemagref Editions, Antony, p. 149 – 215.
- Boureau J-G., et Durrieu S., 1997, *Utilisation des photographies aériennes et de l'imagerie satellitale pour la réalisation et la mise à jour d'un inventaire forestier national : l'expérience française*, Congrès Forestier Mondial, Antalya, Turquie.
- Durrieu S. et Deshayes M., 1994, *Méthode de comparaison d'images satellitaires pour la détection des changements en milieu forestier. Application aux monts de Lacaune (Tarn, France)*, Annales des Sciences forestières 51, p. 147 – 161.
- Forestry Commission, 2002, *UK indicators of sustainable forestry*, Economics and Statistics Unit, Forestry Commission, Edinburgh, United Kingdom, p. 22-23.
- Franklin J. F. et Forman R. T. T., 1987, Creating landscape patterns by forest cutting: ecological consequences and principles, *Landscape Ecology*, 1, p. 5-18.
- Stach N., Deshayes M. et Durrieu, S., 2005, Mapping clear-cutting in French forests by satellite remote sensing. In *Proceedings of ForestSat 2005, Borås May 31 - June 3 2005*, Håkan Olsson (ed.), Swedish National Board of Forestry, Vol. 8a, pp. 6-11.

Propositions d'amélioration et besoins de recherche (y compris valeurs de référence et sources alternatives de données)**Propositions d'amélioration**

Repenser l'indicateur en intégrant la taille des coupes et d'autres paramètres nécessaires à l'évaluation de leur impact sur la biodiversité : parmi ces paramètres, des données IFN sont disponibles sur :

- 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.

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.

La disposition des coupes au sein du massif (agrégation des coupes) pourrait également être utile.

Besoins de recherche

Source alternative de données : tester les données issues de la télédétection (cartographie des coupes rases par l'IFN) et étendre ces travaux à l'ensemble du territoire.

Préciser les seuils critiques d'intensité et de taille de coupes de régénération qui entraînent une perte des espèces forestières sensibles et/ou l'invasion par des non-forestières (Bergès, 2004).

Indicateur n°4.8

Thème : Espèces forestières menacées

Nom détaillé : Proportion d'espèces forestières menacées, classées conformément aux catégories de la Liste Rouge de l'UICN

Résumé

- ✓ Le thème abordé est très pertinent.
- ✓ L'absence d'information sur la flore méditerranéenne et des imprécisions méthodologiques pénalisent sa fiabilité.
- ✓ Un ajustement simple mais impératif est proposé.
- ✓ Une réflexion d'experts sur des listes rouges étendues à d'autres groupes clés de la biodiversité forestière (insectes, champignons, lichens, mousses) est nécessaire.

Origine de l'indicateur

Conférences ministérielles pour la protection des forêts en Europe (CMPFE), Vienne 2003

Source actuelle des données

Muséum national d'histoire naturelle, document de travail 2000 ; les références utilisées sont le "Livre rouge de la flore menacée de France, Tome 1, 1995" pour les plantes vasculaires ; le "Livre rouge de la faune menacée de France, 1994" pour la faune à l'exception des oiseaux qui sont actualisés à partir de l'ouvrage "Oiseaux menacés et à surveiller en France, SEOF/LPO, 1999".

Pertinence

- ✓ **signification biologique** (interprétation non ambiguë, enjeux particuliers)
(à partir de Vallauri et Poncet 2003 modifié)

La disparition d'espèces forestières du fait de nos activités n'est pas un mythe en France, même si l'historique n'est souvent connu que pour les seules grandes espèces. En suivant Maurin et Keith (1994), Schnitzler-Lenoble (2002) et Pascal *et al.* (2006), rappelons qu'il a vécu dans les forêts françaises, dans des conditions écologiques proches de l'actuel, des espèces forestières comme l'Aurochs (disparition au Vème siècle), le Bison d'Europe (disparition au VIIIème siècle), l'Elan (disparition sans doute au Moyen-Age), le Cheval sauvage (disparition au XVIIIème siècle). Certaines espèces ont disparu puis sont réapparues à la faveur d'une meilleure conservation dans les pays voisins, comme le Lynx (disparition en 1910 ; réapparition occasionnelle dans les Pyrénées depuis 1957, puis en 1984 dans le Jura, réintroduction dans les Vosges en 1983), le Loup (disparition en 1927 ; réapparition dans le Mercantour en 1992).

La synthèse des espèces forestières menacées ou demandant un effort de conservation (listes rouges) montre ainsi que 95 espèces végétales et 125 espèces animales nécessitent à un degré variable la vigilance des gestionnaires forestiers. Les fougères, les mammifères et les oiseaux forestiers présentent une situation bien documentée, mais relativement sensible (la proportion d'espèces menacées est forte).

Un mammifère forestier sur cinq est menacé d'extinction (grands carnivores, chauve-souris) ; plus de la moitié demandent un effort de conservation. Les amphibiens fréquentant les milieux forestiers (exemple : Sonneur à ventre jaune, Rainette verte, plusieurs Tritons) sont également fortement menacés d'extinction.

Huit espèces d'oiseaux forestiers sont très rares ou menacées d'extinction (dont le Pic tridactyle et la Cigogne noire) et au total 29 % des oiseaux forestiers nécessitent des actions

de conservation. Toutefois, en parallèle à ces chiffres issus de la liste rouge nationale UICN (Fiers *et al.*, 1997), il est indispensable de ne pas oublier les oiseaux classés « En déclin » ou « Localisé » par l'analyse de la LPO (Rocamora et Yeatman-Berthelot, 1999). Au nombre de 18, ces espèces non incluses dans la liste rouge sont toutefois fortement dépendantes des actions en forêt : comme le Grand Tétrás, le Tétrás lyre, la Gélinothe des bois, la Sittelle corse, ...

Pour les insectes, dont la biodiversité est primordiale en forêt, les données sont très insuffisantes. Nombreuses sont les espèces en situation délicate d'un point de vue de leur conservation. Pour l'Europe, Speight (1989) estime par exemple que 40 % des espèces de coléoptères saproxyliques sont en danger sur une grande partie de leur aire. La majorité des autres est en déclin.

Pour les plantes, une trentaine d'espèces herbacées sont menacées d'extinction (dont *Paeonia mascula*, *Linnaea borealis*, *Limodorum abortivum*, plusieurs Ophrys), ainsi qu'une dizaine de ligneux (dont *Acer obtusatum* en Corse, *Betula nana*, *Rhododendron hirsutum*, *Daphne striata*, *Vitex agnus-castus*) et 6 fougères (*Polystichum braunii*, *Hymenophyllum tundbrigense*, *H. wilsonii*, *Cystopteris montana*, *Dryopteris aemula*).

D'un point de vue international, les espèces menacées d'extinction (méthodes suivant l'UICN) sont un indicateur très important et très souvent discuté, comparé entre les pays, compilé en méta-index (voir Butchard et al 2007). Il est donc primordial de s'assurer de sa validité et de sa mise à jour au niveau national.

✓ **échelle spatiale**

- de présentation des résultats

Uniquement un tableau national chiffré. Tableau pas très condensé ni lisible (présentation à améliorer).

- des données de base

France entière

✓ **domaines d'application** (régions, types forestiers, ...)

Il serait utile de présenter les résultats au moins par écorégion (ou domaine biogéographique tel que défini pour Natura 2000).

Par ailleurs, il est dommage, pour rendre plus vivant et concret l'indicateur de renvoyer en annexe les listes, de ne pas suivre plus précisément l'évolution de la situation des populations de quelques espèces indicatrices ou porte-drapeau pour les forêts de la France (ex. Grand tétras, pique prune, cigogne noire, ours, ...).

Définitions employées

✓ **description**

Lien des espèces à la forêt

Afin de sérier les espèces suivant l'importance pour elle de l'habitat forestier (méthode non précisée), trois catégories sont définies :

- catégorie 1 : espèces strictement forestières ou très fréquemment présentes en milieu forestier. Notons que pour la faune, il s'agit le plus souvent d'espèces arboricoles et/ou nécessitant une couverture arborée importante : forêt, mais aussi parfois parcs, plantations, vergers, ...

- catégorie 2 : espèces au comportement mixte, se localisant de manière à peu près équilibrée à la fois dans des contextes sylvatiques et dans des milieux ouverts (pelouses, landes, marais). Les espèces de faune recherchant ou supportant une couverture arborée de plus de 10% sont retenues.

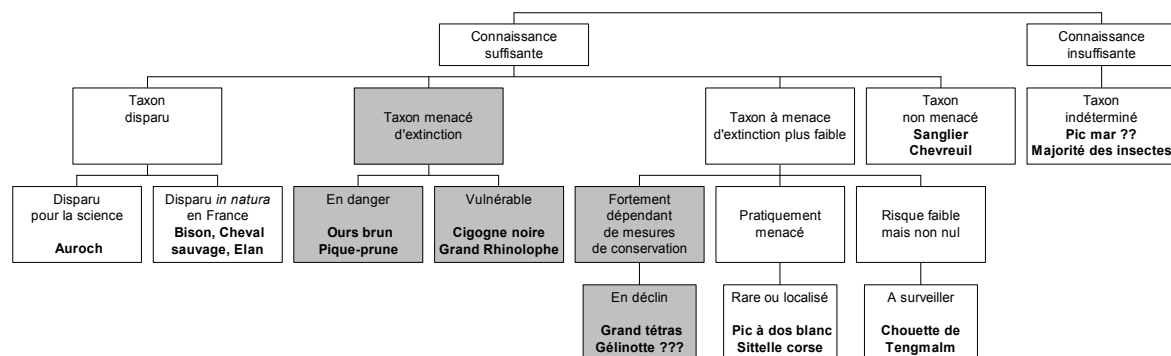
- catégorie 3 : espèces végétales occasionnelles en milieu forestier mais observées le plus souvent en milieu ouvert. Espèces animales des milieux non forestiers qui peuvent malgré tout fréquenter des milieux en marge de contextes sylvatiques, incluant en particulier la plupart des espèces aquatiques devenant arboricoles pour la reproduction (ex : Héron cendré). Seules les 2 premières catégories ont été considérées comme "espèces forestières".

Le degré de menaces

Il manque une définition claire de ce qui est pris en compte comme espèce menacée. De même que des catégories *a priori* non prises en compte dans l'indicateur mais existant au niveau international comme « en danger », « vulnérable » et « rare ».

La définition des catégories d'espèces menacées par l'UICN et la façon dont elle doit être mise en œuvre est synthétisée dans la figure ci-après. Au niveau international, elle est fondée sur une connaissance de l'état de conservation des populations au niveau national et international. Ceci est discutée par Gradenfors (2001) et Gradenfors *et al* (2001).

L'application en France dans cet indicateur est à préciser, notamment pour comprendre les raisons des différences de listes obtenus par d'autres auteurs (ex. dans Vallauri et Poncet, 2003).



✓ **discussion**

La définition des catégories UICN et la façon dont elles ont été utilisées et regroupées pose question. Les espèces « en déclin » sont apparemment exclues (ex. en France, le Grand Tétrás). Une présentation et réflexion sur la documentation sur les populations serait utiles.

Pourquoi ne pas élargir la thématique aux espèces forestières disparues ? Cela peut être réalisé en distinguant celles qui sont éteintes en France de celles qui le sont au niveau international. Certains groupes sont bien documentés en la matière (voir par exemple Pascal *et al.* 2006 pour les vertébrés et les conservatoires botaniques pour la flore).

La définition de la catégorie « espèces forestières » est sans doute à préciser pour devenir réellement un outil très pertinent. L'actuelle n'est pas idéale et va créer des difficultés pour l'interprétation. Si on prend le cas de la pie-grièche par exemple, cette espèce a certes besoin d'arbres pour nicher, pour se percher, etc., mais est une espèce de bocage. Les pie-grièches qui s'établissent sur des zones de déprise en voie de recolonisation ou sur des coupes à blanc sont vouées à disparaître avec la fermeture du milieu. L'évolution de cette espèce n'a donc pas la même signification que l'évolution du pic à dos blanc ou du grand tétras. La forêt française n'a pas la même responsabilité pour ces espèces et les mélanger dans un même indicateur brouille le signal. Il faut donc sans doute réaliser une sélection plus rigoureuse des espèces considérées comme forestières (quitte à conserver plusieurs catégories distinctes) en sélectionnant des espèces dépendantes strictement par exemple de la forêt mature. Il faut préciser également ce qu'on entend par dépendant (la "présence" semble un critère bien pauvre ...) et proposer des critères objectifs.

La flore méditerranéenne : l'absence d'information sur la flore méditerranéenne dans les données fournies par le MNHN ne doit pas conduire à considérer que « les données disponibles ne permettent pas actuellement d'évaluer le taux d'espèces menacées parmi les plantes vasculaires de la zone méditerranéenne ». Cette flore étant primordiale pour la France et fortement menacée, un effort d'intégration doit être fait. Il a d'ailleurs été fait par Vallauri et Poncet (2003) à partir des données communiquées par J-C. Rameau. La flore forestière, tome Méditerranée doit être publié en 2007.

Méthodologie

✓ description

Les groupes pris en compte dans le tableau sont les suivants :

Flore : les espèces végétales pouvant se développer en milieu forestier ont été sélectionnées sur la base des deux premiers tomes de la Flore forestière française (Rameau *et al*, 1989 et 1993) complétés par d'autres ouvrages. Cette liste ne comprend donc pas les espèces méditerranéennes dont un grand nombre figure dans le Livre Rouge. Il s'ensuit une sous-estimation du pourcentage d'espèces menacées. Les plantes non vasculaires n'ont pas été traitées. La sélection des espèces forestières parmi quelques 13 000 espèces de bryophytes et 5 000 espèces de lichens réclamerait un travail de longue haleine, par une équipe d'experts. En outre, il n'existe pas actuellement de livre rouge national pour ces groupes.

Mammifères : les espèces aquatiques n'ont pas été retenues quand la présence d'une ripisylve ne leur est pas indispensable, même si elles peuvent être observées, parfois communément, dans des mares, des ruisseaux ou des fossés forestiers (ex : *Neomys fodiens*, *Ondatra zibethicus*). Elles ont par contre été retenues quand la présence d'un couvert arboré sur les berges est particulièrement recherché (ex : *Mustela lutreola*, *Castor fiber*). Deux espèces (*Rattus rattus* et *Mus musculus*) ont été retenues, car elles vivent à l'état sauvage en milieu forestier en région méditerranéenne (et non parce qu'elles peuvent occuper des bâtiments en forêt).

Oiseaux : seuls les oiseaux nicheurs ont été pris en compte, les migrateurs et les hivernants ont été écartés. Si la catégorie 1 des espèces strictement forestières est relativement bien définie, il n'en est pas de même des autres catégories. Comme expliqué plus haut, les espèces aquatiques devenant arboricoles pour la reproduction (ex : Héron cendré) ont été rapportées à la catégorie 3 et ne sont donc pas prises en compte dans ce tableau. Par contre, les espèces des milieux buissonnants, stades pré-forestiers et landes ont été retenues dans la catégorie 2, avec notamment les fauvettes, pies-grièches, etc.

Reptiles : les espèces aquatiques (ou semi-aquatiques) n'ont pas été retenues dans la mesure où aucune d'entre elles ne recherche la présence d'une ripisylve, même si elles peuvent être observées dans des mares, des ruisseaux ou des fossés forestiers (ex : *Natrix natrix*).

Amphibiens : les espèces pour lesquelles la présence d'une ripisylve n'est pas indispensable n'ont pas été retenues, même si elles peuvent être observées, parfois communément, dans des mares, des ruisseaux ou des fossés forestiers (ex : *Rana kl. esculenta*). Elles ont par contre été retenues quand la présence d'un couvert arboré sur les berges (ou à proximité dans le cas d'espèces pouvant effectuer des migrations saisonnières) est particulièrement recherchée (ex : *Triturus marmoratus*).

✓ **problèmes rencontrés**

La définition des catégories est à préciser (oiseaux « en déclin », rare et localisé)

Absence de la flore de Méditerranée

Périodicité

✓ **possible**

La révision de cet indicateur ne peut suivre que la périodicité de révision des listes rouges. Une telle utilisation pour les espèces forestières peut aider à ce que celles-ci se renouvellent.

✓ **souhaitable**

10 ans ; la prochaine production de cet indicateur devra impérativement être réalisée sur des données renouvelées.

Disponibilité des données (lacunes, récupération, format)

Lacunes : la lacune principale concernant les données est relative à l'absence de la flore de Méditerranée (le fichier de la flore forestière méditerranéenne menacée est disponible depuis 2002 auprès du WWF).

Récupération : difficile (il serait souhaitable que le MNHN soit membre du comité de pilotage des Indicateurs)

Format : numérique

Fiabilité et précision des données

Fiabilité : moyenne ?

Précision : moyenne ?

Coût de production de l'indicateur (hors coût d'acquisition des données)

Moyen

Présentation de l'indicateur

Uniquement un chiffre national abstrait. Listes en annexes. Ce n'est pas suffisant.

Liens avec d'autres indicateurs

Les espèces menacées (et l'outil « liste rouge ») doivent donner lieu à un travail de porté à connaissance et de définition de plan de restauration ou de cahier des charges pour une gestion conservatoire spécifique. La thématique est à rapprocher de l'outil « espaces protégés » (indicateur 4.9). Le lien entre les deux doit être réalisé (quelles espèces menacées le réseau de protection contribue-t-il à protéger ?)

Qualité des commentaires

Le préambule n'est pas convaincant et risque de déresponsabiliser le lecteur forestier, ce qui n'est pas souhaitable.

Le Nota méthodologique (1 page) qui est présenté dans le corps du texte de commentaire n'a pas lieu d'être : le faire figurer en annexe.

Rappel nécessaire aussi sur les espèces protégées et sur la façon de se renseigner (Diren, site web MNHN-INPN)

Faire œuvre pédagogique :

- mettre en avant des actions importantes et emblématiques par/pour des gestionnaires (ex. Livre des espèces menacées et protégées des forêts des Alpes-Maritimes par l'ONF diffusé à toutes les mairies et disponible en librairie) ;
- ajouter des exemples d'espèces (pas uniquement renvoi à la liste en annexe), voire des comparaisons entre régions ou pays.

Expérience des autres pays européens

Suisse : pas d'analyse de type UICN présentée.

Finlande : analyse très complète et détaillée, avec invertébrés, champignons et lichens

Liste bibliographique (y compris travaux en cours)

- Anonyme, 2000, *Protection de la nature. Faune et Flore*, Collection « Législation et réglementation », Les éditions des Journaux officiels, 691 p.
- Brustel H., 2001, *Coléoptères saproxyliques et valeur biologique des forêts françaises. Perspectives pour la conservation du patrimoine naturel*, Thèse de Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse (Spécialité : Sciences Agronomiques), 327 p.
- Butchart S.H.M., Akcakaya H.R., Chanson J., Baillie J.E.M., Collen B., Quader S., Turner W.R., Amin R., Stuart S.N. et Hilton-Taylor C., 2007, *Improvements to the Red List Index*. PLoS ONE 2(1): e140. doi:10.1371/journal.pone.0000140.
- Danton Ph., Baffray M. et Reduron (dir.), 1995, *Inventaire des plantes protégées en France*, Nathan, Paris, 294 p.
- Fiers V., Gauthier B., Gavazzi E., Haffner P., Maurin H. et coll., 1997, Statut de la faune de France métropolitaine. Statuts de protection, degrés de menace, statuts biologiques, *Collection Patrimoines naturels, volume 24*, SPN/IEGB/MNHN, Réserves Naturelles de France, Ministère de l'Environnement, Paris, 225 p.
- Gardenfors U., 2001, Classifying threatened species at national versus global levels, *Trends in Ecology & Evolution*, 16, 9, p. 511-516.
- Gardenfors U., Hilton-Taylor C., Mace G.M. et Rodriguez J.P., 2001, The application of IUCN Red List criteria at regional levels, *Conservation Biology*, 15, 5, p. 1206-1212.
- Maurin H., Keith P. (coord.), 1994, *Le livre rouge – Inventaire de la faune menacée en France*, Editions Nathan, MNHN/ WWF, Paris, 176 p.
- Olivier L., Galland J-P. et Maurin H., 1995, *Livre rouge de la flore menacée de France. Tome I. Espèces prioritaires*, MNHN, IEGB, SPN, Paris, Collection patrimoines naturels, volume 20, 486 p. + annexes.
- Pascal M., Lorvetec O. et Vigne J-D., 2006, *Invasions biologiques et extinctions. 11000 ans d'histoire des Vertébrés en France*, Belin, Editions Quae, 350 p.
- Rameau J.C., Mansion D., Dumé G *et al*, 1989, *Flore forestière française. Tome 1 : plaines et collines*, IDF, Paris, 2421 p.
- Rameau J.C., Mansion D., Dumé G *et al*. (à paraître), *Flore forestière française. Tome 3 : Méditerranée*, IDF, Paris.
- Rameau J.C., Mansion D., Dumé G *et al*, 1993, *Flore forestière française. Tome 2 : montagnes*, IDF, Paris, 2421 p.
- Rocamora G. et Yeatman-Berthelot D., 1999, *Oiseaux menacés et à surveiller en France. Listes rouges et recherche de priorités. Populations, tendances, menaces. Conservation*, SEOF-LPO, Paris, 560 p.
- Schnitzler-Lenoble A., 2002, *Ecologie des forêts naturelles d'Europe. Biodiversité, sylvigénèse, valeur patrimoniale des forêts primaires*, Editions Tec et Doc, Paris, 271 p.
- Speight M.C.D., 1989, *Saproxylic invertebrates and their conservation*. Strasbourg, Council of Europe, 82 p.
- Vallauri D. et Poncet L., 2003, Un aperçu de la biodiversité des forêts françaises. Inventaires, enjeux et protection, *In Vallauri D. (coord.) Livre blanc sur la protection des forêts en France. Les forêts métropolitaines*. Tec & Doc/WWF-France, p. 127-140.

Propositions d'amélioration et besoins de recherche (y compris valeurs de référence et sources alternatives de données)

Propositions d'amélioration

- précision méthodologique (UICN et lien à l'habitat forestier)
- mise à jour des données de base (les listes datant d'au moins dix ans)
- intégration impérative de la flore méditerranéenne
- meilleure intégration des groupes clés pour la biodiversité des forêts (champignons, mousses, lichens, invertébrés)
- élargissement à une catégorie « espèces disparues de France »
- ajout d'indicateurs spécifiques (ex. Grand tétras, Pique-prune, ...)

Besoins de recherche

Développer des référentiels d'espèces forestières pour les lichens et les bryophytes.

Développer des listes rouges pour les lichens, les bryophytes, les coléoptères et les champignons.

Indicateur n°4.9

Thème : Forêts protégées

Nom détaillé : 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

Résumé

- ✓ Le thème abordé est très pertinent.
- ✓ Cet indicateur a été très nettement amélioré en 2005 et représente une base solide, synthétique et internationalement lisible.
- ✓ Il est utile de le compléter par un indicateur des « forêts à haute valeur pour la conservation », notion utile mesurant les enjeux de conservation au sens large. Mieux faire le lien avec les observatoires (RNF, ONF, MNHN, ...) sur les espèces et les espaces protégés (biodiversité protégée, bon état de conservation).
- ✓ Pas de besoin de recherche spécifique à cet indicateur.

Origine de l'indicateur

Conférences ministérielles pour la protection des forêts en Europe (CMPFE), Vienne 2003

Source actuelle des données

IFN, MNHN-INPN, ONF et DGFAR

Pertinence

- ✓ **signification biologique** (interprétation non ambiguë, enjeux particuliers)

Depuis le sommet de la Terre à Rio (1992), la protection des forêts est une tâche clairement identifiée pour tous les gouvernements. La réflexion a progressé au niveau européen (conférences ministérielles sur la protection des forêts en Europe – CMPFE – à Strasbourg, 1990, Helsinki, 1993, Porto, 1998, Vienne, 2003), développant un cadre pour la gestion durable des forêts de production, ainsi que la protection des forêts à haute valeur pour la biodiversité et la restauration des forêts dégradées.

Le rôle principal des espaces protégés est de mettre les éléments de la nature les plus remarquables (espèces, types de forêt, processus fonctionnels) à l'abri des processus qui menacent leur existence. Cela peut se faire par une amélioration de la gestion courante le plus souvent, lorsque la préconisation de gestion reste compatible avec une exploitation. Dans un certain nombre de cas, cela demande un effort supplémentaire (pouvant aller jusqu'à l'arrêt d'exploitation du bois, réserves intégrales) et des moyens spécifiques de gestion : c'est ce que permettent de procurer les statuts de protection. Les statuts sont très variés (réserve intégrale, parc national, réserve naturelle, parc naturel régional, Natura 2000, ...) et permettent de s'adapter aux enjeux des habitats et espèces à protégés (dont les espèces menacées).

Mettre en place une politique de protection et un réseau écologiquement représentatif et viable d'espaces forestiers protégés requiert une stratégie et une planification systématique. En cela, l'indicateur 4.9 des IDG doit contribuer à évaluer, suivre, partager et orienter les choix.

- ✓ **échelle spatiale**
 - de présentation des résultats

Tableau parfait (ajouter la correspondance avec les catégories UICN ?)

- des données de base

Plages de 4 ha (échelle 1/50 000)

✓ **domaines d'application** (régions, types forestiers, ...)

Un affinement par régionalisation de l'information serait complémentaire et utile.

Définitions employées

✓ **description**

Celle de la CMPFE ; voir également COST E-27 ou Vallauri et Poncet (2002).

✓ **discussion**

Les indicateurs de protection des forêts françaises produits par la DGFAR en 2005 représentent un travail très nettement amélioré par rapport à 1995 et 2000, du fait de l'évolution de la méthodologie. Ils permettent de partager les politiques et les réalités du réseau (et de ses sous-réseaux de protection variable) sur des bases solides. Le sujet qui nous intéresse est traité de façon lisible et synthétique, malgré le maquis de statuts de protection, suivant les regroupements définis par la CMPFE.

Toutefois, il est dommage qu'à aucun moment dans les IGD français n'apparaisse la notion de « forêts à haute valeur pour la conservation », alors que la France a été pionnière sur la question en créant dès les années 1980 les inventaires ZNIEFF. Ce n'est pas un classement, mais une notion utile pour mesurer l'intérêt écologique relatif des boisements et les enjeux de conservation. Voir Vallauri et Poncet (2002, page 39 et suite ; à partir des données IFN et ZNIEFF).

Méthodologie

✓ **description**

L'évaluation des surfaces a été réalisée par croisement des couches cartographiques "forêt" et "landes" de l'IFN (résolution 4 ha) avec les limites numérisées des aires protégées du MNHN sauf pour les catégories de protection citées ci-après.

Pour les réserves biologiques dirigées et intégrales, les données sont issues de l'ONF.

Pour les forêts de protection au sens du Code Forestier, les données ont été fournies par la DGFAR.

Les catégories 1.1, 1.2, 1.3 et 2 de la CMPFE correspondent respectivement aux catégories I, II, IV et V de l'UICN. Les totaux et sous-totaux sont calculés après élimination des double-comptes pour les données issues de la cartographie. Les proportions de forêts protégées sont calculées en rapportant les surfaces à la surface cartographiée par l'IFN.

✓ **problèmes rencontrés**

Rien à signaler pour l'indicateur chiffré principal.

Pour ce qui concerne Natura 2000, les chiffres et la carte n'apportent pas la finesse de l'information qui existe concernant les forêts. Il semble judicieux de traiter Natura 2000 avec la même méthodologie que pour les autres statuts de protection, voire de l'associer à terme à la catégorie 2 de la CMPFE (ou UICN V). Voir les données et la carte réalisée dans Vallauri et Poncet (2002, page 58/59) avec les données IFN et MNHN.

Périodicité

✓ **possible**

5 ans pour les contours des forêts protégées mais la mise à jour complète des cartes de végétation IFN sur la France entière conserve une périodicité de 10-12 ans

✓ **souhaitable**

5 ans. Doit pouvoir suivre la politique de mise en place des mesures de protection. Or si l'entrée de Natura 2000 a été un fait majeur des dernières années, dans les années à venir la situation évoluera surtout en lien avec :

- les nouvelles RBI/RBD (faible impact sur les données chiffrées à l'échelle de 5 ans)
- les nouveaux PN (concerne surtout les forêts ultramarines, thématique qui n'est pas présente actuellement²⁰)
- les nouveaux PNR.

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.

Disponibilité des données (lacunes, récupération, format)

Lacunes : il reste à combler en amont quelques lacunes de la base nationale des espaces protégés pour des espaces non encore bien renseignés (espaces des Conseil généraux, RBD et RBI de l'ONF, forêt de protection au sens du Code Forestier, voire série d'intérêt écologique).

Récupération : facile

Format : SIG

Fiabilité et précision des données

Fiabilité : élevée

Précision : élevée (4 ha = échelle 1/50 000)

Coût de production de l'indicateur (hors coût d'acquisition des données)

Moyen

Présentation de l'indicateur

La correspondance entre statuts français, catégories CMPFE et UICN serait judicieux à afficher dans un contexte international.

Une carte du taux de protection (sous-total 1) par département ou mieux par région IFN serait utile pour véritablement visualiser notre réseau d'espaces forestiers protégés (voir WWF 2002 page 47). Dans la mesure de la régionalisation récente de certaines réserves naturelles, une présentation régionale peut être également utile.

Liens avec d'autres indicateurs

Fort lien avec l'indicateur 4.8 relatif aux espèces menacées, car ces dernières doivent bénéficier en premier lieu de la protection mise en place.

Qualité des commentaires

Le texte après « Ce taux très faible... Amérique du nord, s'explique historiquement... » semble relever d'une interprétation non neutre (la phrase serait plus neutre en se terminant à « historiquement. »). La phrase suivante « Par ailleurs, le débat scientifique concernant la meilleure solution à adopter pour préserver la biodiversité en forêt n'est pas clos : imitation du régime de perturbations... » n'a pas lieu d'être ici. Il serait plus judicieux d'expliquer, par la théorie ou l'exemple, pourquoi ou en quoi le réseau d'espaces protégés (on parle là essentiellement de la catégorie 1 de la CMPFE ou UICN I à IV) est indispensable pour la conservation de la biodiversité et complémentaire d'une bonne prise en compte de la biodiversité dans la gestion forestière courante.

²⁰ Grosse lacune des IGD en France. Une évolution est nécessaire en 2010, notamment dans la section 4. Biodiversité. Travail d'identification des premiers critères à faire.

Expérience des autres pays européens

Finlande : l'indicateur 4.9 est assimilé à l'indicateur 4.3, ce qui laisse supposer que la naturalité et la protection sont confondues en Finlande. Détaillé sur la même méthodologie répondant aux catégories de la CMPFE. Carte intéressante pour préciser les chiffres.

Suisse : global, pas de détail par catégorie car cela ne porte que sur la catégorie 1 de la CMPFE ; répartition par taille.

Grande-Bretagne : pas d'indicateur de protection (au sens de réseau d'espaces protégés)

Liste bibliographique (y compris travaux en cours)

- Barthod C. et Trouvilliez J., 2002, La protection des forêts dans la politique forestière française; le cas particulier des réserves intégrales, *Revue forestière française*, 1, p. 7-16.
- Beaudesson P., 2001, *Extension du réseau des réserves naturelles en forêts publiques*, ONF/MATE, 47 pages + annexes.
- Chiffaut A., 2001, *Les réserves naturelles volontaires en France. Evaluation et perspectives*, RNF/MATE, 68 pages + annexes.
- DERF, 1995, *Les indicateurs de gestion durable des forêts françaises*, Ministères de l'Agriculture et de la Pêche, Inventaire Forestier National, 49 p.
- DERF, 2000, *Les indicateurs de gestion durable des forêts françaises*, Ministères de l'Agriculture et de la Pêche, Inventaire Forestier National, 129 p.
- Drapier N., 2001, *Expertise en vue de l'extension du réseau de Réserves Biologiques Intégrales (RBI) dans les forêts relevant du régime forestier*, ONF/MATE, 17 pages + annexes.
- Fiers V. (coord.), 1998, *Observatoire du patrimoine naturel des réserves naturelles de France. Analyse et bilan de l'enquête 1996*, Quétigny, Réserves Naturelles de France, 200 p.
- Gilg O. et Schwoehrer C., 1999, *Evaluation de l'importance du patrimoine forestier (forêts subnaturelles et réserves forestières intégrales) dans le réseau des réserves naturelles*, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Réserves Naturelles de France, 35 p.
- Halkka A., Lappalainen L. et Karjalainen H (ed.), 2001, *La protection des forêts en Europe*, Rapport WWF, Paris, 36 p.
- ONF, 1998, *Instruction sur les Réserves Biologiques Intégrales*, Paris, 36 p.
- ONF, 2000, *Observatoire du patrimoine naturel des réserves biologiques*, Office National des Forêts, 259 p.
- Piveteau V. (coord.), Arnould P., Barthod Ch., Bras P., Hotyat M., De Mongolfier J. et Pointereau Ph., 1999, *Les espaces boisés en France – Bilan environnemental*, Editions Frison-Roche, Paris, et IFEN (ed.), Orléans, 197 p.
- UICN, 1994, *Lignes directrices pour les catégories de gestion des aires protégées*, WCMC – UICN, Cambridge, 261 p.
- Vallauri D. et Poncet L., 2002, *Etat de la protection des forêts en France : indicateurs 2002*, Rapport WWF, Paris, 100 p., (http://www.wwf.fr/pdf/forets_version_complete.pdf).
- UNEP-WCMC, 2000. *European forests and protected areas gap analysis*, Technical report, Cambridge, 27 pages + tables (www.unep-wcmc.org/forests/eu_gap and CD-Rom).

Propositions d'amélioration et besoins de recherche (y compris valeurs de référence et sources alternatives de données)

Propositions d'amélioration

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 par la catégorie 1 de la CMPFE (échelle régionale, départementale ou région forestière ?) ;
- 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 terme d'espèces menacées, protégées ou d'habitat).

Besoins de recherche

Fort sur l'effet réserve ou la méthodologie écologique, économique et sociale permettant de définir de façon optimisée les contours de mise en place d'un espace protégé, mais pas de lien avec les IGD.

Indicateur n° 4.9.1

Thème : Forêts protégées

Nom détaillé : Densité de cervidés aux 100 hectares
--

Résumé

- ✓ 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 cet 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.
- ✓ Un nouvel indicateur plus pertinent pourrait consister à suivre la surface des massifs menacés de déséquilibre en terme de biodiversité du fait de la pression des grands herbivores.
- ✓ Les besoins de recherche sont importants, notamment pour déterminer l'impact des cervidés sur la biodiversité en général, et la biodiversité floristique en particulier.

Origine de l'indicateur

France

Source actuelle des données

ONCFS-FNC, réseau cervidés-sanglier

Pertinence

- ✓ **signification biologique** (interprétation non ambiguë, enjeux particuliers)

Les connaissances concernant l'influence des grands herbivores sur la biodiversité restent fragmentaires. En effet, leur impact sur la biodiversité en général, et floristique en particulier, n'est pas facilement généralisable car il dépend de nombreux paramètres dont la qualité trophique du milieu, la composition initiale des communautés végétales (espèces appétentes, espèces tolérantes à l'abrouissement), l'abondance des espèces, les grands herbivores présents, l'historique et l'intensité de la pression d'herbivorie subie, ... Par ailleurs, les connaissances actuelles portent essentiellement sur les ongulés de plaine (Baltzinger, 2006).

Les travaux existants attestent que l'augmentation des populations de Cervidés a un fort impact sur les trajectoires des communautés végétales et en conséquence de la biodiversité (Coqblin et Martin, 2004, Côté *et al.*, 2004). Cet impact se traduit par des effets en cascade :

- des effets directs via i) la consommation de la végétation du sous-bois (production primaire) et ii) la compétition pour la nourriture avec des espèces patrimoniales (Tétras, Gélinotte) ou d'autres herbivores (Invertébrés, petits Mammifères).

- des effets indirects par la modification de la structure et de la composition avec en général une simplification de la stratification de la végétation et donc de la structure de l'habitat pour d'autres groupes : Insectes, Oiseaux (diminution du nombre de sites de nidification et de la protection visuelle), Micromammifères (Fuller et Gill, 2001), ...

Les Cervidés tendent à abaisser la hauteur de la végétation et à bloquer la croissance en hauteur de la strate basse inférieure à la hauteur d'abrouissement (Baltzinger, 2006).

Par ailleurs, les ongulés sont aussi des vecteurs de biodiversité et peuvent favoriser les paysages ouverts. Les Cervidés et le Sanglier disséminent les graines d'espèces végétales

accrochées à leur pelage ou bien logées entre leurs sabots, ou bien ingérées et relâchées via les fèces. En se baugeant dans des zones humides, ils peuvent transférer d'une mare à l'autre, des quantités importantes de matière organique contenant des populations d'Invertébrés aquatiques, voire des pontes de Batraciens. Le piétinement du sol et les zones grattées ou retournées, associés à la réduction de la compétition dans le sous-étage créent des sites favorables de germination d'espèces végétales (recrutement de la strate arborée) : on considère le bénéfice supérieur à la compaction potentielle du sol, excepté cependant dans les milieux fragiles et humides comme les tourbières (Baltzinger, 2006).

En général, les travaux réalisés pour évaluer l'impact des cervidés sur la biodiversité se confrontent à la difficulté de contrôler la densité de cervidés. En effet, les connaissances actuelles ne permettent pas d'estimer précisément à un instant donné une densité de cerf ou de chevreuil sur une surface donnée, et donc de définir des densités-seuils pour éviter des problèmes de gestion ou des densités optimales en termes de capacité d'accueil pour un milieu donné. Le pilotage des populations de cervidés est réalisé par le suivi temporel d'indicateurs biologiques. On sait cependant comptabiliser le nombre d'individus prélevés par la chasse (méthode utilisée dans l'indicateur 4.9.1) ou bien tués lors de collision routière (Baltzinger, 2006).

Enfin, la densité moyenne n'a pas grande signification pour des animaux à répartition spatiale grégaire, comme le cerf, le daim, le sanglier, le chamois, ... Par contre, la notion peut être retenue pour le chevreuil, à répartition relativement aléatoire pendant six mois de l'année, sous réserve d'une présence suffisante. A une densité moyenne raisonnable de cerf sur l'ensemble de la zone occupée, peut correspondre une densité locale (sur 3000 ha, par exemple, noyau de population) trop forte pour une régénération naturelle aisée ou pour une dynamique de flore voire pour une richesse floristique attendue pour le milieu considéré. En outre, même si l'on rapporte un nombre d'animaux, déjà difficile à obtenir, à une surface occupée encore plus difficile à circonscrire, il restera toujours la difficulté de la différence d'échelle entre cerf et chevreuil, la superficie occupée par une population de cerfs pouvant se traduire en plusieurs dizaines de milliers d'ha quand celle d'une population de chevreuils se comptera en quelques centaines ou milliers d'ha.

L'indicateur 4.9.1, proposé dès la version 1995 des Indicateurs nationaux était visiblement destiné à illustrer la forte capacité d'accueil des massifs forestiers français vis-à-vis des cervidés (titre de l'indicateur : « une forêt accueillante pour les cervidés »). Cependant, les commentaires signalaient les risques d'une expansion trop forte des cervidés pour la forêt.

La pertinence de cet indicateur, comme indicateur de biodiversité, n'est donc pas démontrée dans sa formulation actuelle. S'agit-il de suivre l'évolution de la capacité d'accueil des massifs forestiers vis-à-vis des cervidés (en recherchant une augmentation de cette capacité) ou de suivre l'évolution de la pression exercée par les cervidés sur la biodiversité de ces massifs ? Ne serait-il pas plus pertinent, lorsque les connaissances sur le sujet seront suffisantes, de suivre les surfaces de massifs menacés de déséquilibre en terme de biodiversité du fait de la pression des grands herbivores ?

✓ **échelle spatiale**

- de présentation des résultats

France entière

- des données de base

Département

✓ **domaines d'application** (régions, types forestiers, ...)

Les forêts domaniales peuvent être "privilégiées" quant au suivi ; à une échelle plus vaste, les plans et réalisations de plans de chasse sont déjà un apport intéressant car la mise en place de zones-témoins est loin d'être facile.

Définitions employées

✓ **description**

La surface utilisée dans l'indicateur est la surface boisée et non la surface occupée : elle provient des estimations de Corine Land Cover (seuil minimal de représentation 25 hectares).

✓ **discussion**

Il faudrait étudier la possibilité :

- de prendre en compte la surface boisée effectivement occupée. Cette information semble disponible à l'ONCFS. En effet, l'ONCFS réalise depuis 1985 un inventaire zoogéographique des massifs à cerf élaphe qui lui a permis en 2005 de définir 467 zones à cerfs localisées dans 80 départements. Concernant le chevreuil, dont la distribution géographique nationale est aujourd'hui pratiquement continue, deux enquêtes existent : une enquête communale et une enquête sur les milieux marginaux (Saint-Andrieux et Leduc, 2003).

- d'estimer cette surface à partir de la surface boisée IFN (plus précise).

Méthodologie

✓ **description**

La méthode d'estimation des populations utilisée repose sur la réalisation des plans de chasse : on estime le nombre d'animaux présents avant naissances d'après le nombre d'animaux tués (réalisations) en faisant l'hypothèse de populations globalement stables. Pour le cerf, on a retenu un taux annuel de multiplication de 1,35 (estimation de l'effectif = réalisations x 2,9). Pour le chevreuil, le taux annuel de multiplication retenu est de 1,30 (estimation de l'effectif = réalisations x 3,3).

Le nombre d'individus estimé est ensuite rapporté à la surface boisée totale de la France, estimée par Corine Land Cover.

✓ **problèmes rencontrés**

Le fait de rapporter le nombre de cervidés aux hectares boisés a de moins en moins de signification pour le chevreuil qui est présent maintenant dans tous les milieux - bocages, grandes plaines, etc. Concernant le cerf, la surface effectivement colonisée est très inférieure à la surface boisée totale. Il faudrait donc définir plus précisément la surface à prendre en compte pour chaque espèce concernée.

Périodicité

✓ **possible**

Annuelle

✓ **souhaitable**

5 ans

Disponibilité des données (lacunes, récupération, format)

Lacunes : absence de contrôle de plans de chasse dans certains départements

Récupération : facile

Format : base de données

Fiabilité et précision des données

Fiabilité : forte pour le cerf (contrôle des plans de chasse) ; moyenne pour le chevreuil (certains départements n'effectuent pas de contrôle des réalisations de plans de chasse, ce qui conduit à utiliser par défaut le nombre d'attributions).

Précision : moyenne

Coût de production de l'indicateur (hors coût d'acquisition des données)

Faible

Présentation de l'indicateur

Le graphique représente l'évolution des prélèvements qui ne sont que des données de base utilisées pour estimer les effectifs vivants, ce qui nuit à la clarté de l'indicateur (critique formulée en comité de pilotage).

Liens avec d'autres indicateurs

Les dommages aux forêts dus aux grands Ongulés sont traités dans l'indicateur 2.4 qui détaille l'ensemble des dommages subis par les forêts (incendies, insectes et maladies, tempêtes, ...). Cet indicateur figure dans le critère 2 d'Helsinki « Maintien de la santé et de la vitalité des écosystèmes forestiers » et a été « approché » par l'indicateur 2.4.1 « Régénérations protégées contre les grands Ongulés », en l'absence de données précises sur les surfaces concernées par les dégâts dus aux grands Ongulés en France.

Qualité des commentaires

Les commentaires butent sur l'ambiguïté de l'indicateur dont on ne sait pas très bien ce qu'il veut montrer. L'augmentation considérable de la densité moyenne de cervidés en France est-elle le signe (positif) d'une forte capacité d'accueil des massifs ou le signe (négatif) d'un danger pour la biodiversité ?

Expérience des autres pays européens

Suisse (Office fédéral de l'environnement, 2005) : la diversité des espèces forestières animales et végétales est analysée dans l'indicateur 4.1 à partir des résultats du « Monitoring de la biodiversité en Suisse 2001-2003 ». Concernant les mammifères, seul le nombre et la proportion de mammifères vivant complètement ou en partie en forêt sont cités sans mention particulière des cervidés. Les commentaires portent sur l'importance de la forêt comme « zone de retrait » dans le contexte du réchauffement climatique.

Grande-Bretagne (Forestry commission, 2002) : l'indicateur « abondance de la faune » est centré sur l'évolution de l'abondance des oiseaux en forêt de 1970 à 2000. Un réseau de suivi des mammifères nommé « Mammonet » est en cours de développement.

Finlande (Ministry of agriculture and forestry, 2001) : seul le nombre total de vertébrés est mentionné dans l'indicateur « espèces menacées ». Pas de mention particulière des cervidés.

Indicateurs des pays nordiques (Stokland *et al.*, 2003) : seul le nombre total de mammifères est mentionné dans l'indicateur « diversité en espèces et espèces menacées ». Pas de mention particulière des cervidés.

Liste bibliographique (y compris travaux en cours)

Baltzinger C., 2006, Gestion des populations d'Ongulés (fiche 15), in : Gosselin M., Valadon A., Bergès L., Dumas Y., Gosselin F., Baltzinger C. et Archaux F., 2006, *Prise en compte de la biodiversité dans la gestion forestière : état des connaissances et recommandations*, Nogent-sur-Vernisson, Cemagref, Rapport de convention Cemagref-ONF, 161 p.

- Baltzinger C., 2007, Des effets des Cervidés et du Sanglier sur la diversité végétale aux recommandations de gestion des populations, *Rendez-vous techniques de l'ONF* (à paraître).
- Baltzinger C., Rocquencourt A. et Ballon P., 2004, *Prise en compte des cervidés dans la révision d'aménagement de la forêt domaniale de Perseigne pour la période 2004-2024*, Rapport, Cemagref, Nogent sur Vernisson, France, 53 p.
- Coqblin M. et Martin J.L., 2004, *Haïda Gwaii : un laboratoire grandeur nature*, Mille et Une Productions / CNRS Images/média.
- Côté S.D., Rooney T.P., Tremblay J.P., Dussaul, C. et Waller D.M., 2004, Ecological impacts of deer overabundance, *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 35, p. 113-147.
- Forestry Commission, 2002, *UK indicators of sustainable forestry*, Economics and Statistics Unit, Forestry Commission, Edinburgh, United Kingdom, p. 32-33.
- Fuller R.J. et Gill R.M.A., 2001, *Ecological impacts of increasing numbers of deer in British woodland*, *Forestry*, 74, p. 193-199.
- Horsley S.B., Stout S.L. et De Calesta D.S., 2003, White-tailed deer impact on the vegetation dynamics of a northern hardwood forest, *Ecological Applications*, 13, p. 98-118.
- Ministry of Agriculture and Forestry, Finland, 2001, *The State of Forestry in Finland 2000, Criteria and Indicators for Sustainable Forest Management in Finland*, Publications 5a/2000, p. 45-49.
- Normant P. et Baltzinger C., 2004, Les typologies de faciès alimentaires pour les cervidés : application à la forêt domaniale de Perseigne (Sarthe), *Rendez-vous Techniques de l'ONF*, 6, p. 50-56.
- Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, 2005, *Rapport forestier 2005*, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) et Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL), Birmensdorf/Berne, p. 76-77.
- Office National des Forêts, 2006, *Bilan patrimonial des forêts domaniales, Edition 2006*, p. 167-171 et 199-205.
- Saint-Andrieux C. et Leduc D., 2003, *Le suivi patrimonial des cervidés – sangliers*, Rapport scientifique 2002 ONCFS.
- Stokland J.N., Eriksen R., Tomter S-T., Korhonen K., Tomppo E., Rajaniemi S., Söderberg U., Toet H. et Riis-Nielsen T., 2003, *Forest biodiversity indicators in the Nordic countries. Status based on national forest inventories*, TemaNord 2003, 514, p. 83-86.

Propositions d'amélioration et besoins de recherche (y compris valeurs de référence et sources alternatives de données)

Propositions d'amélioration

Si l'on conserve la formulation actuelle de l'indicateur :

- 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 ;
- modifier le thème CMPFE « forêts protégées » qui ne convient pas.

Si l'on cherche à définir un nouvel indicateur plus pertinent : voir la possibilité de suivre les surfaces de massifs menacés de déséquilibre en terme de biodiversité du fait de la pression des grands herbivores (suppose un développement des recherches en ce sens).

Besoins de recherche (Baltzinger, 2006)

- développer des recherches sur des espèces indicatrices dont les traits d'histoire de vie sont sensibles à la pression d'herbivorie : floraison, fructification, morphologie, taille des plants, ...
- découpler l'effet des Cervidés de l'effet de la gestion forestière sur la dynamique de la biodiversité végétale
- quantifier les relations entre la composition des communautés pour chaque taxon à des densités variables de Cervidés (expériences de broutement contrôlé) pour cerner la globalité des impacts des Cervidés sur la biodiversité.
- parvenir à estimer précisément des densités locales de Cervidés et adapter une densité optimale de Cervidés pour un milieu donné.

A noter que le projet en cours du Cemagref intitulé "Pression d'herbivorie et évolution des communautés végétales : Influence à court et moyen termes des populations de Cervidés sur la diversité végétale en milieu forestier" et couvrant la période 2006-2009, se propose d'évaluer l'impact du Cerf sur la flore par des comparaisons de relevés effectués à différentes périodes (de 1976/7 à 2006/07) en forêt domaniale d'Arc-en-Barrois.

Autres indicateurs envisagés concernant la faune sauvage ? :

- évolution de la richesse en espèces d'oiseaux communs (voir par exemple, le bilan patrimonial ONF 2006 : effectifs totaux et moyens, comparaison des fréquences entre forêts domaniales et réseau de référence)
- suivi de la biodiversité à haute valeur patrimoniale à travers le suivi de certaines espèces d'oiseaux (voir par exemple, le bilan patrimonial ONF 2006 : suivi du balbuzard pêcheur, du milan royal et de la cigogne noire – en lien avec l'indicateur 4.8)

Annexe 2 : liste des sigles et abréviations

AEE	Agence européenne de l'environnement
CCR	Centre commun de recherche (Ispra, Italie)
Cemagref	Institut de recherche pour l'ingénierie
CMPFE	Conférence ministérielle pour la protection des forêts en Europe
CRGF	Commission des ressources génétiques forestières
DBH	Diameter at breast height (diamètre à 1,30 m)
DERF	Direction de l'espace rural et de la forêt
DGFAR	Direction générale de la forêt et des affaires rurales
Diren	Direction régionale de l'environnement
DPSIR	Driving forces – pressure – state – impact – response
FNC	Fédération nationale des chasseurs
IFN	Inventaire forestier national
INPN	Inventaire national du patrimoine naturel
IGD	Indicateur de gestion durable
INRA	Institut national de la recherche agronomique
IUCN	voir UICN
LPO	Ligue pour la protection des oiseaux
MEDAD	Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables
MFR	Matériel forestier de reproduction
MNHN	Muséum national d'histoire naturelle
ONCFS	Office national de la chasse et de la faune sauvage
ONF	Office national des forêts
PER	Pression – Etat – Réponse
PN	Parc national
PNR	Parc naturel régional
PPG	Peuplement porte-graines
RAS	Rien à signaler
RBD	Réserve biologique domaniale
RBI	Réserve biologique intégrale
RNF	Réserves naturelles de France
RP	Région de provenance
UC	Unité conservatoire
UICN	Union mondiale pour la nature
WWF	World wildlife fund / Fonds mondial pour la nature
ZNIEFF	Zone naturelle d'intérêt écologique floristique et faunistique

Annexe 3 : bibliographie générale

- Brundtland G.-H., 1987, *Notre avenir à tous*, Rapport de la Commission des Nations-Unies sur l'environnement et le développement, Editions du Fleuve, Québec, 454 p.
- Forestry Commission, 2002, *UK indicators of sustainable forestry*, Economics & Statistics Unit, Forestry Commission, Edinburgh, United Kingdom, 104 p.
- Gosselin M., Laroussinie O. (Eds), 2004, *Biodiversité et Gestion Forestière : connaître pour préserver - synthèse bibliographique*, Co-édition Gip Ecofor - Cemagref Editions, Antony, 320 p.
- MCPFE Liaison Unit Vienna, 2003, *Improved pan-european indicators for sustainable forest management*, Fourth ministerial conference on the protection of forests in Europe, Vienna, 45 p.
- Ministère de l'agriculture et de la pêche, 1995, *Les indicateurs de gestion durable des forêts françaises*, DERF, 49 p.
- Ministère de l'agriculture et de la pêche, Inventaire forestier national, 2000, *Les indicateurs de gestion durable des forêts françaises*, Edition 2000, DERF, 129 p.
- Ministère de l'agriculture et de la pêche, Inventaire forestier national, 2006, *Les indicateurs de gestion durable des forêts françaises*, Edition 2005, DGFAR, 148 p.
- Ministère de l'Agriculture et de la pêche, 2006, *Programme forestier national (2006-2015)*, Paris, 14 p.
- Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, DGFAR, 2006, *Stratégie Nationale pour la Biodiversité, Plan d'actions Forêt*, Paris, 21 p.
- Mikkilä H., Sampo S. et Kaipainen J. (Eds), 2001, *The state of forestry in Finland 2000. Criteria and Indicators for Sustainable Forest Management in Finland*, Ministry of Agriculture and Forestry, Helsinki, 102 p.
- Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, 2005, *Rapport forestier 2005*, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) et Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL), Birmensdorf/Berne, 151 p.
- Stokland J.N., Eriksen R., Tomter S.M., Korhonen K., Tomppo E., Rajaniemi S., Söderberg U., Toet H., Riis-Nielsen T., 2003, *Forest biodiversity indicators in the Nordic countries - Status based on national forest inventories*, TemaNord, 514, 108 p.
- Underwood A.J., 1995, Ecological research and (and research into) environmental management, *Ecological Applications*, 5, 1, p. 232-247.
- Vos P., Meelis E. et Ter Keurs W.J., 2000, A framework for the design of ecological monitoring programs as a tool for environmental and nature management, *Environmental Monitoring and Assessment*, 61, 3, p. 317-344.
- Vallauri D., Poncet L., 2002, *La protection des forêts en France. Indicateurs 2002*, WWF-France, Paris, 100 p. + annexes

N.B. La bibliographie citée dans les fiches d'évaluation est insérée dans le texte de chaque fiche en annexe 1.