



La valorisation des données écologiques de l'inventaire forestier de l'IGN

Rapport

Février 2016

Convention n°2101323422 entre le ministère de l'Écologie, du
Développement durable et de l'Énergie et le GIP Ecofor
Convention n°2014.26 entre Ecofor et l'IGN

Marie-Françoise Slak, cheffe du département expertise forestière
et environnementale – IGN Saint-Mandé
Guy Landmann, directeur-adjoint du GIP Ecofor, Paris
Fabienne Benest, cheffe du département expertise
et prestations – IGN Bordeaux

Remerciements

Les auteurs remercient pour leur contribution :

- Jean-Paul Torre, qui a initié le travail, et Jean-Pierre Cabaret, qui en a assuré le suivi pour le ministère en charge de l'environnement, commanditaire de l'étude,
- les personnes qui ont pris le temps de répondre à l'enquête qui leur a été proposée et ont fourni des références de leurs travaux,
- les participants au groupe de travail constitué à cette occasion : Jimmy Annet (Ministère chargé de la forêt), Laurent Bergès (Irstea), Vincent Boulanger (ONF), Thomas Bouix (ONF), Thomas Brusten (IDF-CNPF), Jean-Pierre Cabaret (ministère chargé de l'environnement), Jean-Luc Dupouey (INRA), Philippe Dreyfus (ONF), Christian Gauberville (IDF-CNPF), Jean-Claude Gégout (AgroParisTech), Olivier Giraud (ministère chargé de l'environnement), Frédéric Gosselin (Irstea), Arnault Lalanne (ministère chargé de l'environnement), Manuel Nicolas (ONF), Yoan Paillet (Irstea), Céline Perrier (CNPF), Jean-Luc Peyron (Ecofor), Christian Piedallu (AgroParisTech), Anders Marell (Irstea),
- les personnes qui en ont assuré une relecture du rapport, en particulier Stéphanie Wurpillot, cheffe du service de l'inventaire forestier et environnemental – IGN Nogent-sur-Vernisson, et Jean-Marc Frémont, conseiller forêt du directeur général de l'IGN,
- Annabelle Amm pour son aide à la mise en forme du rapport.

Travaux ou publications oubliés ?

Les auteurs remercient par avance les lecteurs de ce rapport qui pourront porter à la connaissance du service de l'inventaire forestier et environnemental (inventaire-forestier@ign.fr) des travaux et publications qui n'auraient pas été mentionnés ici. Le site de l'inventaire les rassemblera sur une page dédiée..

Citation conseillée :

Slack M.-F., Landmann G., Benest F., 2016. La valorisation des données écologiques de l'inventaire forestier de l'IGN. Rapport. Paris : ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie - GIP Ecofor, Saint-Mandé : Institut national de l'information géographique et forestière, 55 p.

Table des matières

Remerciements	2
Résumé exécutif	3
Introduction	5
1. Les informations écologiques de l'inventaire forestier et leur accessibilité	6
1.1 Origine et objectifs du dispositif de recueil d'informations écologiques	6
1.2 Nature des informations écologiques recueillies par l'inventaire forestier	6
1.3 Protocole de recueil des informations écologiques.....	8
1.4 Format de diffusion des données	9
1.5 Qualité des données transférables.....	12
1.6 Accessibilité des informations écologiques issues de l'inventaire forestier.....	13
2. Valorisation des informations écologiques sous forme de publications rédigées par l'IGN	14
2.1 Publications périodiques.....	14
2.2 L'IF n°36, janvier 2016. <i>Les forêts mélangées</i> , 12 p. Publications thématiques.....	15
3. Utilisation des données écologiques pour renseigner des indicateurs	17
3.1. Indicateurs de biodiversité, de diversité structurale et micro-habitats	17
3.2. Indicateurs de l'état de conservation des habitats forestiers	18
3.3 Indicateurs d'altération de la qualité des milieux forestiers	19
3.4 Faisabilité de la production de l'indice de biodiversité potentielle à partir des données de l'inventaire forestier.....	19
4. Utilisation des données de l'inventaire forestier dans des travaux de politiques publiques environnementales	20
4.1 Travaux sur la directive « Habitats, faune, flore », et articulation avec le programme de suivi temporels des habitats forestiers.....	20
4.2 Indicateurs de l'Observatoire national de la biodiversité.....	22
4.3 Evaluation française des écosystèmes et des services écosystémiques – volet forêt (EFESE-F)	23
4.4 Processus de révision des IGD forestiers (Forest Europe)	23
4.5 Travaux sur les sols forestiers en lien avec le GIS Sols et le SOeS	24
4.6 Mise en place d'indicateurs de gestion durable dans le PNFB et les PRFB	24
4.7 Projet PASSIFOR	25

5. Bilan de l'utilisation des données de l'inventaire forestier à des fins écologiques par les différentes catégories d'utilisateurs	25
5.1 Publications de l'IGN, seul ou en partenariat avec d'autres organismes	25
5.2 Publications de la communauté scientifique.....	25
5.3 Approche des utilisateurs externes par analyse des téléchargements de données brutes.....	35
6. Pistes de progrès dans la valorisation des données de l'inventaire par différents publics	37
6.1. Elargir le cercle des utilisateurs par une information et une formation ciblées	37
6.2 Accompagner la diffusion des données par une meilleure aide aux utilisateurs extérieurs	38
6.3 Rendre plus visible l'accès au site IGN dans les sites professionnels et universitaires.....	38
6.4 Intégrer les données floristiques et pédologiques dans les systèmes d'information dédiés.....	39
6.5 Améliorer les retours d'information vers les producteurs de données	39
6.6 Faire un suivi des publications basées sur les données de l'inventaire.....	40
6.7 Renforcer les interactions entre l'IGN et les utilisateurs scientifiques et techniques.....	41
7. Obstacles à certaines utilisations potentielles des données d'inventaire par les chercheurs et pistes pour les surmonter	41
7.1 Accès aux données et résultats d'inventaire « anciens » (avant 2005).....	41
7.2 Accès à la localisation précise des placettes de relevés	42
7.3 Possibilité de lier les informations des points d'inventaire à des données sur les propriétés concernées	43
7.4 Conditions d'accès à certains produits cartographiques.....	44
8. Evolutions envisageables de la prise de données de l'inventaire forestier dans le domaine écologique.....	44
9. Conclusions	46
Bibliographie.....	47
Annexe 1 : commande de l'étude	49
Annexe 2 : données de l'inventaire, identifiées par champ	50
Annexe 3 : questionnaire adressé aux chercheurs	54

Résumé exécutif

La **première partie** du rapport décrit la **nature des informations écologiques collectées par l'inventaire forestier**, ainsi que les **objectifs poursuivis et l'accessibilité des données**. Outre les données floristiques et pédologiques qui sont identifiées comme « écologiques » depuis le début des prélèvements, de nombreuses autres données contribuent à la compréhension des écosystèmes observés : environnement physique de la placette, géologie, habitat, composition en essences, bois mort, en encore l'existence de mesures de protection. On note en outre que les données dendrométriques sont fréquemment utilisées pour des investigations à des fins écologiques ou environnementales. Ce rapport considère les données écologiques dans leur acception large, sans perdre de vue la valorisation spécifique des données floristiques et pédologiques. Les possibilités et conditions de mobilisation des informations sont décrites, qu'il s'agisse d'accès direct (en ligne) ou par voie de convention.

La **deuxième partie** décrit la **valorisation des informations écologiques de l'inventaire sous forme de publications réalisées par l'IGN**. A l'exception de quelques sujets spécifiques comme la typologie des stations, les données écologiques sont analysées et diffusées sur les mêmes supports (ex. le périodique « L'IF », des rapports thématiques) que les données dendrométriques. Globalement, les données écologiques semblent correctement valorisées en interne à l'IGN.

La **troisième partie** détaille l'**utilisation des informations écologiques pour renseigner divers jeux d'indicateurs**, notamment dans le domaine de la gestion durable et de la biodiversité. Cette utilisation est en forte augmentation et nécessite un important investissement de la part des experts forestiers de l'inventaire. Même dans les cas où des experts extérieurs, des chercheurs notamment, proposent des métriques associées à de nouveaux indicateurs, l'implication des experts de l'IGN est généralement indispensable, car leur expérience relative aux limites des données de l'inventaire est irremplaçable.

La **quatrième partie** s'intéresse à l'**utilisation des données de l'inventaire dans des travaux relevant de politiques publiques environnementales**. Cette partie illustre la diversité des questions de politique publique dans lesquelles il est souhaité ou pressenti que les données de l'inventaire permettront de faire un suivi objectif : stratégie nationale de la biodiversité (SNB), appui à l'évaluation des écosystèmes et des services écosystémiques (EFESE-F), suivi de la gestion durable des forêts dans un cadre pan-européen (IGD-Forêt, Forest Europe), suivi du plan national de la forêt et du bois (PNFB), conception d'un système de suivi de la biodiversité en forêt, en lien avec la politique forestière. Ces dossiers recoupent pour partie ceux décrits dans la troisième partie, les indicateurs venant souvent à l'appui de politiques publiques.

La **cinquième partie** dresse un bilan partiel des **utilisations des données de l'inventaire forestier à des fins écologiques** par ses principaux utilisateurs : l'inventaire forestier, la communauté scientifique et divers utilisateurs externes. Les publications des agents IGN concernés ont augmenté depuis 20 ans, moins rapidement toutefois que celles de la communauté scientifique qui ont connu une forte accélération depuis 2010. Les publications des thèmes « écologie des forêts » et « changement climatique », sont les plus nombreuses, loin devant « biodiversité » et « gestion durable ». Faute d'une traçabilité suffisante des demandes extérieures (par téléchargement), la connaissance de leurs origines est très incomplète. On peut néanmoins dire qu'elles sont nombreuses, variées, et qu'elles traduisent une meilleure connaissance dans certains milieux (institutions de l'agriculture) que dans d'autres (celles de l'environnement).

La **sixième partie** propose un certain nombre de pistes de progrès dans la valorisation des données de l'inventaire par différents publics : mieux informer et former un public capable d'utiliser les données et de constituer un relai (acteurs de l'environnement, formateurs de l'enseignement secondaire, etc.), mieux accompagner la diffusion des données (FAQ ou formes d'appui plus personnalisées afin d'améliorer la qualité des utilisations qui en sont faites), rendre plus visible l'accès au site IGN dans un certain nombre de sites professionnels et universitaires, intégrer les données écologiques (floristiques, pédologiques) dans les systèmes d'information dédiés ; favoriser les retours d'information des utilisateurs vers l'IGN (identification des téléchargements), faire un suivi des publications réalisées à partir des données écologiques de l'inventaire, créer des occasions (par exemple par un séminaire périodique) pour renforcer la connaissance réciproque et les interactions entre l'IGN et les communautés d'utilisateurs, particulièrement les chercheurs.

La **septième partie** identifie les obstacles à certaines utilisations potentielles par les chercheurs de données d'inventaire et évoque les pistes pour les surmonter. Dans certains cas, comme l'accès aux données « anciennes », l'obstacle réside surtout dans la mobilisation de moyens suffisants, alors que d'autres nécessiteront d'identifier les voies administratives adéquates. Il s'agit en particulier de la localisation précise des points d'inventaire , qui constitue une demande forte de la communauté scientifique, à des fins d'études combinant données statistiques et données cartographiques.

La **huitième partie**, fait d'abord un bref retour sur les données écologiques récemment ajoutées aux relevés réalisés sur les placettes (dégâts phytosanitaires, bois mort, distance aux chemins et au cours d'eau, dégâts liés aux ongulés) et celles, en développement dans le domaine cartographique (caractéristiques de lisières, forêts anciennes). Enfin, les évolutions suggérées par les chercheurs touchent, quant à elles, particulièrement la flore (surface et qualité des relevés, retours sur les sites) et le sol (classification simplifiée, prélèvements pour analyse), ainsi que le stade de régénération, assez mal décrit dans le protocole actuel. Ces propositions n'ont pas été finalisées sur un plan technique, ni, par conséquent, chiffrée.

Les conclusions (**neuvième partie**) reprennent notamment les voies de progrès identifiées.

Introduction

Sur demande du ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (MEDDE), le GIP Ecofor a été chargé d'une étude relative aux données écologiques de l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN). Ecofor a sollicité l'expertise de l'IGN afin de répondre de manière précise à la demande du commanditaire (annexe 1).

Ce document rassemble des **informations précisant la nature des informations écologiques disponibles à l'IGN et leur portée, relativement aux objectifs de l'inventaire forestier et à ceux, plus généralement, des politiques publiques environnementales**. Il réunit des exemples de valorisation de ces données pour la production de connaissances.

L'IGN a pour mission première d'assurer l'inventaire permanent des ressources forestières nationales. Cela comprend la mission de publier les résultats statistiques et travaux d'interprétation des résultats relatifs à la ressource forestière. L'inventaire de la ressource forestière est basé sur le relevé d'**informations dendrométriques** – relatives aux mesures des arbres – et **dendrologiques** – portant sur l'identification des essences –. D'autres informations sont relevées simultanément : la **topographie** et des **informations écologiques, floristiques et pédologiques**, relevées sur l'ensemble du territoire depuis le début des années 1990.

Les résultats des informations relatives à la ressource peuvent ainsi être mis en perspective avec des données environnementales recueillies simultanément. Ces données sont largement utilisées dans des travaux et études portant sur l'environnement forestier et la biodiversité, par exemple dans le cadre des indicateurs de gestion durable des forêts françaises (IGD-Forêt).

Cette étude porte principalement sur les données identifiées comme données « écologiques » ou, plus largement, « environnementales » par l'IGN. Le document mentionne de nombreux **liens vers des documents en ligne**, ce qui permet d'éviter d'en reproduire ici des contenus nécessairement très détaillés (définitions et protocoles en particulier).

Ce rapport a bénéficié de l'appui d'un **groupe de travail**¹ réunissant des acteurs de l'environnement, de la recherche et de la forêt publique comme privée. Ces acteurs ont exprimé, à la faveur de deux visioconférences² et d'une enquête électronique (cf. 5.2) leurs attentes et avis relativement aux données écologiques de l'IGN dans le cadre de leurs missions.

¹ Jimmy Annet (ministère chargé de la forêt), Laurent Bergès (Irstea), Vincent Boulanger (ONF), Thomas Bouix (ONF), Thomas Brusten (IDF-CNPF), Jean-Luc Dupouey (INRA), Philippe Dreyfus (ONF), Christian Gauberville (IDF-CNPF), Jean-Claude Gégout (AgroParisTech), Olivier Giraud (ministère chargé de l'environnement), Frédéric Gosselin (Irstea), Arnault Lalanne (ministère chargé de l'environnement), Manuel Nicolas (ONF), Yoan Paillet (Irstea), Céline Perrier (CNPF), Jean-Luc Peyron (Ecofor), Christian Piedallu (AgroParisTech), Anders Marell (Irstea)

² 7 janvier 2015 et 21 octobre 2015

1. Les informations écologiques de l'inventaire forestier et leur accessibilité

1.1 Origine et objectifs du dispositif de recueil d'informations écologiques

Désormais placé sous la double tutelle des ministères chargés du développement durable et de la forêt, le **service de l'inventaire forestier et environnemental** (SIFE), basé à Nogent-sur-Vernisson, est chargé, au sein de l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN), de l'inventaire permanent des ressources forestières nationales, indépendamment de toute question de propriété (article R. 521-1 du code forestier). Les données collectées permettent de connaître l'état, l'évolution dans le temps et les potentialités de la forêt française. Ces missions étaient déjà celles de l'inventaire forestier national (IFN) avant la fusion de 2012 constituant le nouvel IGN. L'inventaire permanent des ressources forestières nationales est effectué au moyen d'observations issues de télédétection dans une première étape d'échantillonnage systématique (interprétation manuelle d'orthophotographies de l'IGN pour analyse de l'occupation et l'usage du sol) puis de mesures sur le terrain d'un échantillon de placettes concernant l'ensemble de la forêt métropolitaine. Ces relevés de terrain sont effectués selon des méthodes qui ont évolué au fil du temps, en maintenant un objectif de continuité des informations recueillies.

Le SIFE coordonne ainsi un relevé systématique d'informations relatives à l'environnement des placettes sur lesquelles sont aussi effectués les relevés dendrométriques. Depuis 1994, les informations sur l'environnement des placettes comprennent le relevé systématique d'informations sur les sols et la flore observés sur les placettes d'inventaire.

L'**objectif initial** du recueil de ces informations écologiques était de mieux **décrire les potentialités des forêts métropolitaines** et **d'améliorer l'interprétation des résultats de mesures dendrométriques**. Mais au-delà, ces informations permettent de mieux décrire l'état et l'évolution dans le temps et dans l'espace des écosystèmes forestiers, et de mieux **comprendre leur fonctionnement**. Au fil du temps, il est aussi devenu clair qu'elles ont **un intérêt par elles-mêmes**, en ce qu'elles informent sur les sols forestiers, la flore forestière, et, pour partie, sur les habitats.

Cet enrichissement des informations permet d'améliorer l'appui apporté par l'inventaire aux politiques publiques (cf. 4). Des valorisations diverses des informations écologiques sont conduites par l'IGN, par des partenariats entre l'IGN et des acteurs de la recherche ou du développement, ou encore par divers acteurs sans intervention de l'IGN puisque la plupart des informations sont accessibles en ligne sur le site de l'IGN³.

1.2 Nature des informations écologiques recueillies par l'inventaire forestier

Les informations écologiques suivantes sont recueillies sur chaque placette :

Environnement physique « topographique »

- *POSITION TOPOGRAPHIQUE, OBSERVATION SUR LE RELEVÉ TOPOGRAPHIQUE, PRESENCE DE CHEMIN, PRESENCE DE RUISSEAU, TYPE D'UNITE HYDROGRAPHIQUE, DISTANCE ENTRE LA PLACETTE ET L'UNITE HYDROGRAPHIQUE, DENIVELE ENTRE LA PLACETTE ET L'UNITE*

³ <http://inventaire-forestier.ign.fr/>

HYDROGRAPHIQUE, PENTE DE LA PLACETTE, EXPOSITION DE LA PLACETTE, MASQUE OPPOSE⁴

Sol

- **description géologique** : *TYPE DE ROCHE-MERE, OBSERVATION SUR LA ROCHE*
- **description du sol** : *OBSERVATION SUR LE RELEVÉ PEDOLOGIQUE, AZIMUT ET DISTANCE DE LA FOSSE PEDOLOGIQUE, INDICE D'AFFLEUREMENT ROCHEUX, INDICE D'AFFLEUREMENT ROCHEUX EN PLACE, CHARGE EN ELEMENTS GROSSIERS, CHARGE EN ELEMENTS GROSSIERS DANS LES 40 PREMIERS CENTIMETRES, TEXTURE DE L'HORIZON SUPERIEUR, TEXTURE DE L'HORIZON INFERIEUR, PROFONDEUR DE SONDAGE, OBSERVATION SUR LA PROFONDEUR DE SONDAGE, PROFONDEUR DE L'HORIZON SUPERIEUR, PROFONDEUR D'APPARITION DE LA CARBONATATION, PROFONDEUR D'APPARITION DE LA CARBONATATION FORTE, PROFONDEUR D'APPARITION DES TACHES D'OXYDATION, PROFONDEUR D'APPARITION DU PSEUDOGLEY, PROFONDEUR D'APPARITION DU GLEY, OBSERVATION SUR L'HYDROMORPHIE, TYPE DE SOL*
- **description de l'humus** : *HORIZONS HOLORGANIQUES, STRUCTURE DE L'HORIZON A₁, TYPE D'HUMUS*

Caractéristiques floristiques

- liste de toutes les **espèces végétales herbacées présentes** (référentiel TAXREF 5) à l'intérieur d'un cercle de 15 m de rayon (7 ares) avec indication de leur recouvrement : *TAUX DE COUVERT DES LIGNEUX BAS, TAUX DE COUVERT DES LIGNEUX HAUTS, TAUX DE COUVERT DES HERBACEES ET MOUSSES, TAUX DE COUVERT DES MOUSSES*.
Pour chacune des espèces relevées, mention de son abondance selon un codage similaire aux coefficients de Braun-Blanquet :

Caractérisation de l'habitat

- elle est effectuée sur la placette de 20 ares, à partir des observations des données floristiques et des autres données écologiques (topographiques, édaphiques) relevées et de critères biogéographiques. Plusieurs habitats peuvent être répertoriés sur une même placette (s'il existe une ligne de végétation hygrophile en limite d'une unité hydrographique, elle est également relevée). Cette caractérisation est en cours de déploiement progressif sur l'ensemble du territoire métropolitain, et constitue déjà une base de données⁵ d'ampleur exceptionnelle au niveau européen sur ce sujet.

Autres informations assimilables à des données écologiques

Outre les informations explicitement identifiées comme données écologiques de l'inventaire, les données dendrométriques et dendrologiques fournissent également des informations assimilables à des données écologiques (à valeur écologique) :

- la **composition en essences** du peuplement, qui est décrite par l'évaluation du recouvrement de chaque essence dans la strate recensable à l'intérieur d'une surface de 20 ares : *TAUX DE COUVERT LIBRE RELATIF, TAUX DE COUVERT RELATIF*. Il peut en découler des données calculées pour la placette comme les taux de couverts relatifs et

⁴ correspond à la hauteur angulaire du faite du versant opposé à la pente de la placette de 20 ares

⁵ cette base de données n'est pas, pour le moment, intégrée à la base d'exploitation de l'inventaire forestier national.

absolu par essence, l'identification de l'essence principale, du caractère « pur » ou non du peuplement, du caractère feuillu, résineux ou mixte de la composition, etc. ;

- le relevé des **arbres morts sur pied**, des chablis ;
- le relevé du **bois mort au sol**, incluant leurs dimensions et leur état de décomposition ;
- la mesure de l'**accroissement sur les cinq dernières années** par sondage ;
- l'estimation des **volumes** (la connaissance des volumes et de leurs évolutions contribue en particulier à l'appréciation des stocks de carbone et de leur évolution au fil du temps).

L'inventaire recueille également des informations sur d'autres couverts que les couverts forestiers, c'est le cas des **landes, bosquets et des haies**. Ces informations peuvent contribuer à l'information relative à des habitats particuliers.

Enfin, lorsque les points d'inventaire sont situés sur des emprises de territoires faisant l'objet de **mesures de protection** identifiées par l'Inventaire national du patrimoine national (INPN⁶), cette information est associée aux points afin que les résultats d'inventaire puissent être ventilés selon ce critère.

Ces informations diverses ne sont pas visées par l'étude mais pourraient faire l'objet du même type d'investigations ; elles sont mentionnées dans le rapport lorsque l'analyse sollicitée le justifie.

1.3 Protocole de recueil des informations écologiques

Le recueil des informations écologiques est organisé selon des procédures strictement codifiées, garantant de la **réalisation harmonisée des relevés** sur l'ensemble du territoire. Les équipes d'opérateurs sont formées de la même manière et des opérations de contrôle sont effectuées par les chefs de division. Le contrôle national permet d'évaluer la précision du dispositif par une revisite de 4% des points. Des exercices d'intercalibration entre les équipes chargées des levés sont organisés chaque année au moment du changement de campagne.

Grâce à leur caractère temporel et spatial systématique, les informations écologiques contribuent à une observation standardisée et suivie des écosystèmes forestiers les plus répandus.

L'ensemble des protocoles de l'inventaire est détaillé et disponible en ligne sur le site de l'IGN⁷.

Protocole propre aux informations de nature topographique et pédologique

Il est disponible selon deux versions :

- le protocole appliqué actuellement⁸ : « *Données brutes téléchargeables Données écologiques Points forêt – Depuis la dernière campagne, version 1.5, 2015, 25 p.* » ;
- le protocole appliqué de 2005 à 2012⁹ : « *Données écologiques et floristiques Point forêt – version 1.5, 2015, 23 p.* » (sensiblement le même que pour la période 1994-2005).

Protocole propre aux informations floristiques

⁶ <https://inpn.mnhn.fr>

⁷ <http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/>

⁸ http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/IMG/pdf/150421_Doc-DB_DC_ecologie_PF.pdf

⁹ http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/IMG/pdf/150421_Doc-DB_2005-2012_ecologie_PF.pdf

Ce protocole est très stable depuis 1994 et inchangé depuis 2005. Il est décrit en détail dans un document disponible sur le site Internet¹⁰.

Protocole de localisation et déroulement temporel des observations

Les informations écologiques sont relevées sur les points d'inventaire désignés pour la campagne d'inventaire, selon la méthodologie décrite dans le document « *Instruction pour les mesures et observations de terrain (IMOT)* » (IGN, 2014¹¹). Ces points sont issus d'un nouveau tirage à chaque campagne de relevés, afin d'être en permanence représentatifs d'une forêt, dont les surfaces sont en évolution. **Il ne s'agit pas de placettes permanentes**, ce qui est important de souligner et de prendre en compte en cas d'études à dimension temporelle.

Les informations écologiques sont relevées à l'occasion des mesures dendrologiques et dendrométriques, donc à des dates s'échelonnant sur l'ensemble de la saison de végétation mais aussi sur la saison de repos végétatif pour les zones de plaine.

1.4 Format de diffusion des données

Les informations téléchargeables sur le site de l'IGN le sont par deux voies différentes :

- le **téléchargement de l'ensemble des données brutes disponibles année par année**¹²,
- la **consultation de données brutes préalablement triées selon plusieurs critères** à l'aide d'un **outil de visualisation**, qui permet aussi le téléchargement des données sélectionnées et l'impression des cartographies ainsi obtenues¹³, avec deux niveaux de consultations :
 - o l'**outil de consultation « découverte »**¹⁴ permet en particulier de produire des cartes de répartitions d'espèces, d'essences, de types de sols, d'humus ou de roche-mère ; les résultats du tableau de données associé à la carte visualisée sont téléchargeables et les cartes imprimables à la volée. L'exemple de la cartographie de la présence de *Quercus ilex* est donnée ci-après, et,
 - o l'**outil de consultation « expert »**¹⁵ permet des recherches sur de multiples critères.

¹⁰ http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/IMG/pdf/Doc-DB_2005-DC_flore_PF-2.pdf

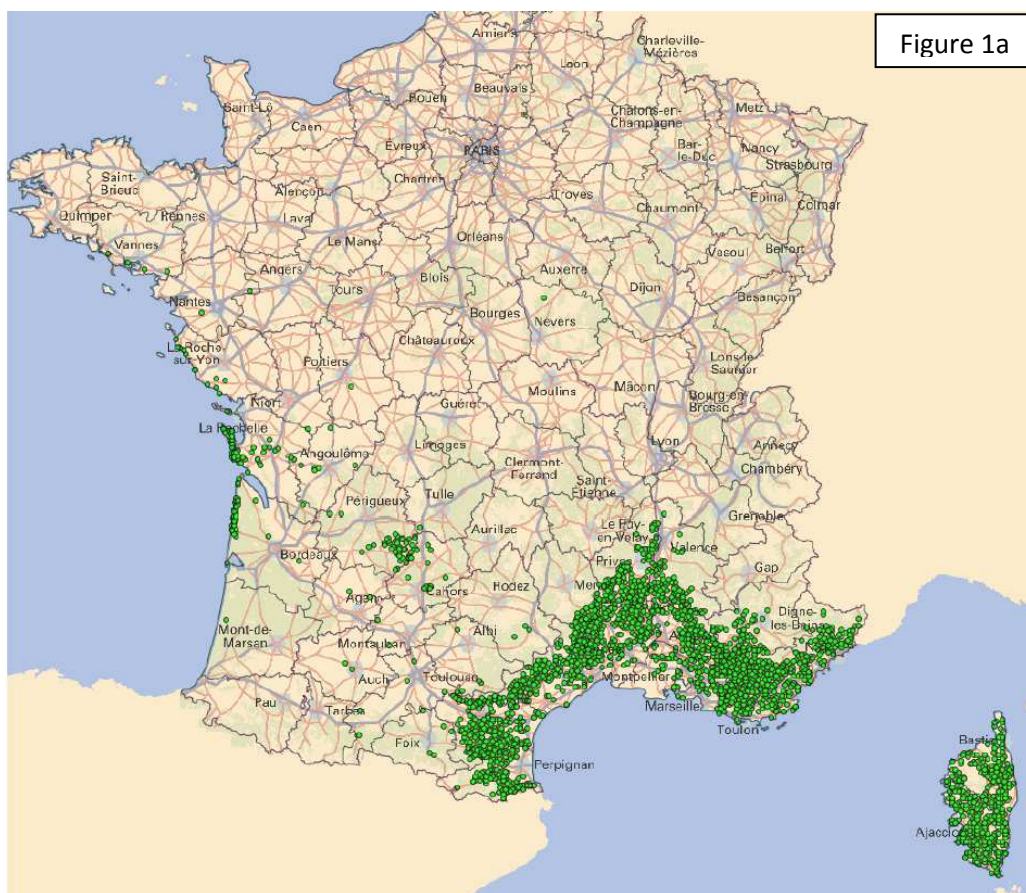
¹¹ <http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/IMG/pdf/140916-2p-newmetho.pdf>

¹² <http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/spip.php?rubrique153>

¹³ <http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/spip.php?rubrique159>

¹⁴ http://inventaire-forestier.ign.fr/edb/query/show-query-form#predefined_request

¹⁵ http://inventaire-forestier.ign.fr/edb/query/show-query-form#consultation_panel



Paramètres de sélection

Espèce végétale *Quercus ilex* (Chêne vert)

Type d'information
Flore

Légende

- Départements
- Résultat

Sources

Données brutes de l'inventaire forestier national, campagnes d'inventaire 2009 à 2013

Fond de localisation : FranceRaster® V.1 - ©IGN/CARTOSPHERE 2007

Limites administratives : Sources INSEE, IGN (BDCARTO® - 2002 - ©IGN)

Figure 1 : exemples de cartographie d'essences

Fig. 1a : Chêne vert essence principale du peuplement

Fig. 1b : Chêne vert essence principale avec un couvert libre des arbres inférieur à 2/3 (page 11)



Figure 1b



Paramètres de sélection

Essence principale Chêne vert
 Taux de couvert libre des arbres Couvert libre inférieur à 2/3

Type d'information

En forêt de production hors peupleraie

Légende

-  Départements
-  Résultat

Sources

Données brutes de l'inventaire forestier national, campagnes d'inventaire 2009 à 2013

Fond de localisation : FranceRaster® V.1 - ©IGN/CARTOSPHERE 2007

Limites administratives : Sources INSEE, IGN (BDCARTO® - 2002 – ©IGN)

Chacune des modalités d'accès est accompagnée de documents guidant l'utilisateur et spécifiant les données (IGN, 2015a)¹⁶. Des documents méthodologiques permettent de s'approprier en détail l'information environnementale disponible à l'inventaire et téléchargeable en ligne. Il s'agit des protocoles mentionnés en 1.3 et des informations disponibles dans la rubrique «

¹⁶ <http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/spip.php?rubrique159>

Définitions »¹⁷ et dans la notice méthodologique intitulée « **Pour bien comprendre les résultats publiés**¹⁸ »

1.5 Qualité des données transférables

Les données transférables sont (i) des données brutes relevées par observation et (ii) des données calculées, combinaison d'informations brutes et élaborées.

Qualité de l'observation et de la production des données

Les informations comportent des mesures quantitatives (par ex. dimensions des arbres) et des observations qualitatives (par ex. qualité des bois, identification de la texture des sols). Parmi les données quantitatives, certaines sont mesurées avec des instruments et sont donc très précises, alors que d'autres sont appréciées par l'observateur (par ex. l'abondance des espèces dans les relevés floristiques). Les données quantitatives sont *a priori* plus objectives que les données qualitatives ou appréciées par l'observateur. Les formations harmonisées et les procédures de contrôle garantissent une bonne réalisation du recueil des informations, y compris pour les observations qualitatives.

La qualité des données observées est garantie par un dispositif de relevé standardisé au niveau national, documenté de manière détaillée afin que les observateurs de terrain procèdent tous de la façon la plus cohérente possible, quel que soit le point du territoire inventorié. Le document d'instruction pour les mesures et observations de terrain comporte 297 pages (IGN, 2014) ; il est maîtrisé par les opérateurs des relevés, qui sont soumis à un examen de vérification d'aptitude.

Les opérateurs bénéficient d'une formation spécifique, leur conférant une expertise naturaliste de bon niveau, toutefois variable selon les opérateurs, tant pour l'observation floristique que pédologique. Les relevés effectués sont globalement d'un niveau moyen, compte tenu du temps passé au relevé par rapport à sa surface et à ses conditions de réalisation (placettes parfois hétérogènes, relevés d'hiver...).

Des vérificateurs écologues (un dans chaque direction interrégionale) procèdent à une validation de premier niveau des relevés par des contrôles de cohérence systématiques (flore et sol par exemple) et par retour sur le terrain si nécessaire ; une intercalibration annuelle et un contrôle national de 2^{ème} niveau sont effectués.

La saisie des informations est effectuée sur le terrain sur des dispositifs de saisie nomade, les opérations de saisie comprennent des utilitaires de vérification qui alertent l'équipier en cas d'entrée nécessitant vérification.

La formation des techniciens de l'inventaire et le contrôle national (2 équipes du SIFE qui remesurent 4 % de l'ensemble des points d'inventaire) sont déterminants dans la qualification des données tant quantitatives que qualitatives.

Qualités liées au volume de données disponibles et précautions d'utilisation

Aucune autre source d'information systématique sur l'écologie forestière n'est comparable en termes d'étendue du territoire investi, de nombre de relevés effectués (cumul depuis le début des

¹⁷ <http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/?rubrique164>

¹⁸ http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/IMG/pdf/METHODO_light-2.pdf.

relevés : plus de 160 000), de précision/documentation et standardisation des protocoles définis et d'homogénéité des techniques de relevé appliquées.

Les informations recueillies sont donc de grande qualité et surtout cohérence. Toutefois les utilisateurs doivent tenir compte de certaines spécificités propres aux données floristiques et donc aux informations calculées (niveaux trophique et hydrique) qui en sont déduites :

- les relevés ne sont pas effectués chaque année sur les mêmes points, ce qui nécessite des précautions dans l'interprétation de variations temporelles ;
- les relevés sont effectués tout au long de l'année et ne sont donc pas faits sur la même période pour l'ensemble du territoire, les variations d'expression de la flore spontanée, liées aux conditions météorologiques de l'année et à la densité du couvert, peuvent être importantes ; toutefois, l'utilisateur dispose des dates de relevés, qui lui permettent de tenir compte de ces variations.

Les relevés pédologiques sont moins sensibles aux variations interannuelles ou aux variations de couverts que les relevés floristiques. Ils constituent donc une base d'information bénéficiant d'une inertie plus importante que les données floristiques. Si les proportions des sols forestiers inventoriés évoluent elles aussi au fil du temps, c'est parce que les surfaces forestières ne sont pas stables et que l'extension des forêts a lieu préférentiellement sur des milieux contraignants pour les activités de production agricole (indicateur 1.1 « Surface des forêts » du rapport IGD-Forêt 2015, MAAF et IGN, 2016).

1.6 Accessibilité des informations écologiques issues de l'inventaire forestier

Informations générales accessibles sur le portail général

Un portail principal¹⁹ permet d'accéder à l'essentiel des données et informations écologiques disponibles de l'inventaire forestier. Il permet en outre d'accéder à des informations issues des relevés de l'inventaire et à des informations générales, utiles dans la perspective de travaux relatifs à l'écologie forestière (études de stations forestières, catalogues de stations²⁰).

Possibilités et conditions de mobilisation des informations écologiques

Les données écologiques de l'inventaire forestier constituent une base nationale de données portant à la fois sur la flore et sur les sols. Ces données sont couplées avec des informations relatives à l'environnement physique et à des informations dendrologiques et dendrométriques comportant, elles aussi, une forte composante d'information environnementale (annexe 2).

Ces informations sont mises à la disposition de la recherche et, pour certaines, à la disposition de tout public, en respectant les contraintes de confidentialité inhérentes à des informations associées à une géolocalisation.

Il existe diverses voies d'accès aux données de l'inventaire forestier pour les organismes ou personnes extérieurs à l'IGN.

Voies d'accès direct

- aux données écologiques et dendrologiques :
 - téléchargement de données brutes en ligne (cf. 1.4),

¹⁹ <http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/spip.php?rubrique205>

²⁰ <http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/spip.php?rubrique20>

- téléchargement d'informations en ligne à partir d'un instrument de requête élaboré (cf. partie. 1.4) ;
- aux résultats dendrométriques : calculs standards ou personnalisés *via* des outils disponibles pour le grand public²¹ ou outils spécifiques pour certains organismes utilisateurs, par conventions avec l'IGN.

Accès par commandes particulières ou conventions avec l'IGN

- mise à disposition de données par biais de conventions spécifiques entre l'IFN-IGN et l'organisme demandeur. La réalisation de calculs par l'IGN peut aussi être effectuée dans le cadre d'études conduites en partenariats, en particulier s'il s'agit d'informations soumises à confidentialité (par exemple calculs nécessitant de mobiliser les coordonnées exactes des points d'inventaire) ;
- traitement de données sur commande, par exemple pour des demandeurs institutionnels (en particulier ministères en charge de l'environnement et de l'agriculture) mais aussi pour tous demandeurs nationaux, régionaux ou locaux.

L'usage des informations forestières et environnementales s'étend ainsi largement au-delà des utilisateurs spécialistes.

Il est possible de télécharger et de consulter ces données brutes de manière globale, ou en effectuant des requêtes spécifiques (par ex. par taxon), sur le site Internet de l'inventaire forestier (cf. partie. 1.4.). Lorsque des données ne sont pas disponibles en ligne, des conventions d'utilisation de données, adaptées aux thématiques ou territoires étudiés, peuvent être mises en place, par exemple dans le cadre de projets de recherche ou de travaux d'inventaire du patrimoine naturel.

Les questions relatives à l'accès aux coordonnées exactes des points d'inventaires sont présentée plus loin (cf. 7.2)

2. Valorisation des informations écologiques sous forme de publications rédigées par l'IGN

L'IGN valorise les informations écologiques par ses propres soins de plusieurs manières.

2.1 Publications périodiques

Périodicité annuelle

L'inventaire publie annuellement des résultats standards, d'une part par zonage administratif et d'autre part par zonage écologique. Ces résultats sont accessibles sur le site de l'inventaire²². Les zonages écologiques sont décrits dans des documents détaillés disponibles en ligne (cf. 2.2).

Au sein des résultats standards publiés selon un zonage écologique, plusieurs chapitres traitent respectivement de la composition des peuplements, des données éco-floristiques, du bois mort et enfin des landes (IGN, 2015b).

Périodicité de cinq ans

Les données de l'inventaire forestier contribuent à renseigner les rapportages internationaux, FAO (Global Forest Resources Assessment) et SoEF (State of Europe's Forests) tous les cinq ans. La France

²¹ <http://inventaire-forestier.ign.fr/ocre-gp/ocregp/initCP.html>

²² <http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/>

publie dans la continuité de ces reportages un document renseignant des indicateurs de gestion durables des forêts françaises métropolitaines (IGD-Forêt).

La démarche IGD-Forêt²³ et les rapports 1995, 2000, 2005, 2010 et 2015²⁴ sont disponibles en ligne.

Les critères de classement des indicateurs sont ceux retenus au niveau international. Les indicateurs français comportent plus d'informations que les indicateurs internationaux. Le critère 4 concerne la biodiversité et est le plus en lien avec les données écologiques. Pour l'instant, parmi les données écologiques, seules les informations concernant les arbres sont reprises dans l'ouvrage ; les informations relatives à la composition des couverts en essences d'arbres, les nombres d'essences par placette, sont utilisés pour décrire la diversité. Des évolutions des indicateurs sont possibles. Elles sont orientées par des groupes de travail animés par le MAAF et l'IGN. Le critère 2 relatif à la santé des forêts et des écosystèmes forestiers aborde les sols.

Publication L'IF²⁵

Il n'y a pas de périodicité régulière de parution d'études écologiques mais plusieurs numéros, particulièrement depuis 2011, ont valorisé des données écologiques :

- L'IF n°3, février, 2004. *La diversité floristique de la forêt française*, 8 p.
- L'IF n°4, juin 2004. *La typologie des stations forestières*, 8 p.
- L'IF n°14, 1^{er} trimestre 2007. *Les progrès de la diffusion des connaissances sur les stations forestières*, 8 p.
- L'IF n°26, 1^{er} trimestre 2011. *Une nouvelle partition écologique et forestière du territoire métropolitain : les sylvoécorigions (SER)*, 8 p.
- L'IF n°29, juin 2012. *Le bois mort en forêt*, 8 p.
- L'IF n°33, juin 2014. *Forêt et changements climatiques : apports des données d'inventaire IGN*, 12 p.
- L'IF n°34, novembre 2014. *Les données de l'inventaire forestier : état des lieux et évolution*. 13 p.

2.2 L'IF n°36, janvier 2016. Les forêts mélangées, 12 p. Publications thématiques

Description écologique du territoire métropolitain – SER et GRECO

Une **syloécorigion** (SER) est définie comme la plus vaste zone géographique à l'intérieur de laquelle les facteurs déterminant la production forestière ou la répartition des habitats forestiers varient de façon homogène entre des valeurs précises, selon une combinaison originale, différente de celles des SER adjacentes²⁶. Les SER sont regroupées en **grandes régions écologiques** (GRECO). Des fiches descriptives²⁷ détaillées sont disponibles en ligne pour les 86 SER et les 11 GRECO. Il s'agit de

²³ <http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/spip.php?article678>

²⁴ IGD-Forêt 2015 : <http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/spip.php?article847>
IGD-Forêt 2010 : <http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/spip.php?rubrique80>
IGD-Forêt 2000 : <http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/spip.php?article150>
IGD-Forêt 1995 : <http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/spip.php?article485>

²⁵ <http://www.ign.fr/institut/liste-if>

²⁶ Définitions des SER ; <http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/spip.php?rubrique79>.

²⁷ <http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/spip.php?rubrique211>

véritables « portraits de territoire » forestier comportant une synthèse des facteurs écologiques avec cartes et graphiques.

Les résultats statistiques de l'inventaire peuvent être ventilés selon ces unités spatiales ; ils sont plus souvent significatifs à l'échelle des GRECO qu'à celle des SER ou de zones géographiques plus petites. Des publications standard des résultats écologiques sont disponibles et mises à jour (voir publication périodiques annuelles, 2.1).

Documentation sur la typologie des stations forestières

Différents documents sont disponibles sur les définitions relatives à la **typologie des stations forestières**²⁸ : la liste des documents relatifs aux stations forestières (études, pré-études, catalogues de stations forestières, guides des stations et études des potentialités forestières, par département, ou par région) est disponible en ligne²⁹. Dans la rubrique « Catalogues » se trouvent également les catalogues simplifiés. Dans la rubrique "Guides des stations" se trouvent les guides simplifiés, les guides des milieux forestiers et les catalogues simplifiés. Les "études de potentialités" forestières peuvent concerner une ou plusieurs essences.

Un lien permet de visualiser les **emprises cartographiques des différentes études existantes**³⁰.

Un document de référence sur « Les outils d'aide à la reconnaissance des stations forestières et au choix des essences » a été rédigé en 2006 par Forêt et Dumé. Son sommaire est disponible en ligne³¹. Il présente une analyse de l'ensemble des outils réalisés à cette date pour l'identification des stations forestières, de leurs méthodes d'élaboration et des différentes pratiques assurant leur diffusion et leur bon usage.

Rapports de synthèse

Une série de publications détaillant des résultats issus du traitement des données écologiques et d'autres données à caractère environnemental issues de l'inventaire est disponible en ligne.³²

Le rapport « *IFN 2011, La forêt française – Les résultats issus des campagnes d'inventaire 2006 à 2010* »³³ est pour l'heure le document le plus complet. Il comprend les chapitres suivants :

- « **Notice méthodologique** » : notice simplifiée, ciblée sur les informations écologiques³⁴ ;
- « **Données écofloristiques**³⁵ » ;
- « **Composition des peuplements**³⁶ » ;
- « **Bois mort**³⁷ ».

La partie intitulée « **données éco-floristiques** » comprend les informations :

²⁸ <http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/spip.php?article20>

²⁹ <http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/spip.php?rubrique160>

³⁰ <http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/spip.php?article680>

³¹ http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/IMG/pdf/Sommaire_GuideAne.pdf

³² <http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/spip.php?rubrique162>

³³ <http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/spip.php?article709>.

³⁴ http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/IMG/pdf/METHODO_light-2.pdf

³⁵ http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/IMG/pdf/France_part2-2.pdf

³⁶ http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/IMG/pdf/France_part3-2.pdf

³⁷ http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/IMG/pdf/France_part5-2.pdf

- **floristiques** qui donne accès aux niveaux trophique et hydrique, taux de couvert des végétaux non ligneux ;
- **relatives aux sols** : roche-mère, type de sol, type d'humus, texture du sol, profondeur du sol et charge en cailloux, indices d'hydromorphie ;
- **dendrologiques** : nombre d'essences par placette ;
- **dendrométriques** : hauteur de Lorey³⁸, taux de couvert des ligneux hauts, taux de couvert des ligneux bas.

La partie intitulée « **composition des peuplements** » comprend des résultats sur :

- la répartition de la **surface selon la diversité de la strate recensable** ;
- la localisation des **peuplements monospécifiques** par groupe d'essences et par essence pour les principales essences forestières ;
- la localisation des **peuplements mélangés** et de quelques grands types de mélanges d'essences.

Chacun de ces résultats est accompagné d'une **cartographie** illustrant la répartition des classes ou catégories. Pour chacune des variables sont répertoriées les surfaces concernées et les résultats de production forestière par ha/an. Une partie des tableaux présentés dans ce document sont mis à jour annuellement depuis 2013, et portés en ligne sur le site de l'inventaire (cf. 2.1).

3. Utilisation des données écologiques pour renseigner des indicateurs

L'utilisation des informations écologiques de l'inventaire forestier pour renseigner divers jeux d'indicateurs (de biodiversité, de conservation, etc.) est de plus en plus souvent envisagée en raison de leur qualité et, souvent, de l'absence de jeux de données alternatifs. Les champs thématiques mentionnés dans la commande de cette étude (annexe 1) sont ici rapidement passés en revue ; certaines questions sont encore discutées de façon contradictoire, et ce rapport ne prétend pas leur apporter un point final.

A noter que deux rapports récents (Benest, 2013 ; Benest, 2014) détaillent respectivement la qualité biologique des forêts et celle des habitats forestiers.

3.1. Indicateurs de biodiversité, de diversité structurale et micro-habitats

Nous déclinons ici quelques-unes des possibilités d'utiliser les données écologiques de l'inventaire forestier pour renseigner des indicateurs dans le domaine de la biodiversité forestière. Les travaux en cours dans le cadre du volet forestier de l'Observatoire national de la biodiversité sont décrits plus loin (cf. 4.2).

De nombreux **indicateurs de biodiversité** peuvent être établis à partir des données sur les différentes strates de végétation, par exemple :

- l'occurrence et les recouvrements des différentes espèces de la flore herbacée, (des fougères et de la bryoflore et des couverts ligneux sur les placettes ;
- la composition des peuplements (avec en particulier la part entre résineux et feuillus) ;
- le nombre d'essences d'arbres présentes sur la placette ;

³⁸ hauteur de l'arbre de surface moyenne d'un peuplement forestier (Hg)

- la composition en couverts absolus, couverts relatifs ;
- etc.

La quantification des volumes de **bois mort** au sol et des bois morts sur pied ainsi que la proportion des branches mortes donnent des éléments pour apprécier des supports de biodiversité particulière. A noter que les volumes de bois morts ne sont pas additionnables entre bois mort sur pied et bois mort au sol, car les dimensions prises en compte ne sont pas identiques. Cependant, des calculs pourraient être effectués sur la base d'un même diamètre de précomptage (7,5 cm).

La **diversité structurale**, quant à elle, peut être abordée à divers niveaux :

- diversité des structures paysagères : occupation des sols et mosaïques paysagères (phase de photo-interprétation), distances aux lisières, aux cours d'eau... ;
- diversité des structures forestières (appréciée par les variables de « structure forestière », devenue « structure verticale ») ;
- nombre d'habitats relevés sur une même placette ;
- part des couverts respectivement herbacés, muscinales ;
- part des arbres respectivement recensables ou non recensables dans le couvert ;
- part respective des bois vifs, des bois morts sur pied et chablis, du bois mort au sol ;
- importance des branches mortes dans les houppiers ;
- etc.

D'autres informations particulières calculées (hauteur de Lorey par exemple) permettent de renseigner sur la structure de la végétation. L'appartenance à un massif de taille plus ou moins importante est calculable par croisements d'informations provenant de la carte forestière, mais n'est pas disponible en routine.

Les **micro-habitats**³⁹, enfin, sont reconnus comme des éléments de structures pertinents, qui influencent la diversité taxonomique à l'échelle du peuplement forestier. Des observations pourraient être envisageables relativement aux micro-habitats. Avant de généraliser, le cas échéant, l'observation systématique d'une variable, il est indispensable de disposer préalablement d'informations confirmant l'existence de relations entre les variables mesurées et la biodiversité effective. Si ces liens sont avérés, il est aussi nécessaire de s'assurer de la répétabilité possible des mesures effectuées, car les effets observateur et saison sont susceptibles d'être très forts (c'est le cas pour la détection des cavités par exemple, Paillet *et al.*, 2015).

3.2. Indicateurs de l'état de conservation des habitats forestiers

La directive « Habitats, Faune, Flore » n°92/43/CEE du 21 mai 1992 introduit une notion de conservation d'un échantillon représentatif de certains habitats naturels du territoire des états-membres. L'article 17 de la directive prévoit un rapportage tous les 6 ans par les états membres,

³⁹ Les principaux types de microhabitats sont les cavités avec entrée de plus de 3 cm de diamètre, les cavités avec pourriture, les champignons saproxyliques (pleurotes, polypores, etc.), les bécotiers et autres « cuvettes » dans les arbres accumulant eau et matières diverses (« dendrotelmes »), les écoulements de sève d'au moins 10 cm de long, l'absence d'écorce sur au moins 100 cm², et les fissures de 1 à 5 cm de large dans l'écorce.

portant sur l'évaluation de l'état de conservation des habitats naturels d'intérêt communautaire et des mesures prises pour leur conservation. L'article 11 porte sur la mise en place d'un dispositif permanent de surveillance de l'état de conservation des espèces et des habitats d'intérêt communautaire. Le dispositif de **suivi temporel des habitats forestiers** permettra de répondre à ces demandes de suivi et de rapportage pour les habitats forestiers.

La caractérisation de l'habitat sur le terrain est effectuée en priorité à partir de l'examen de la flore herbacée (cf. 4.1) ; elle concerne l'identification du type d'habitat potentiel, indépendamment du faciès observé sur le terrain. La disponibilité de données dendrométriques sur les placettes permet de comparer l'état potentiel à l'état effectif des milieux forestiers, ce qui permet d'établir des indicateurs sur les critères de structure et fonction de l'état de conservation de chaque habitat.

L'acquisition d'une donnée de détermination du type d'habitat permettra de disposer, dans un futur proche, de résultats statistiques concernant les facteurs clés de la diversité ou de l'état de conservation pour chaque type d'habitat dans une région écologique donnée (GRECO ou zone biogéographique au sens de l'Union Européenne).

3.3 Indicateurs d'altération de la qualité des milieux forestiers

Nous listons ci-dessous quelques-unes des altérations de natures diverses que les données de l'inventaire peuvent, à des degrés divers, décrire :

- l'inventaire peut contribuer à identifier la présence d'éventuelles **espèces à caractère envahissant**. Dès lors qu'il existerait des listes d'espèces considérées comme envahissantes, la présence de ces espèces serait identifiable dans les relevés floristiques ou dans les relevés dendrologiques s'il s'agit d'arbres. Les relevés anciens seraient aussi exploitables. A noter qu'une espèce peut être très envahissante en milieu ouvert et ne pas l'être en forêt faute de conditions de dissémination et d'éclaircissement nécessaires ;
- des observations sont effectuées sur la présence d'**ornières** liées au passage d'engins motorisés. En ce qui concerne le **tassement des sols**, paramètre souvent demandé, il n'y a pas d'indicateur général disponible pour l'instant, même si un indicateur de sensibilité au tassement, construit par l'IGN, semble pertinent pour la zone d'étude où il a été établi (Nord-est de la France – Staub, 2009) ;
- l'inventaire effectue le relevé de quelques types de **dégâts aux arbres** : présence de gui, de gélivure, de dorges et balais de sorcière sur les sapins ;
- l'inventaire apprécie sur chaque placette la part respective des **bois vifs, des bois morts sur pied et chablis (dont chandelles)** ;
- lorsque des **incendies** affectent des arbres, l'information est relevé lors de l'inventaire, l'inventaire en identifie aussi l'occurrence lors des campagnes de retour cinq ans après le premier passage (tout comme sont mentionnés d'autres incidents) ;
- des observations sont effectuées depuis l'automne 2014 sur les signes de dégradation des arbres et de la régénération par les **grands ongulés**.

3.4 Faisabilité de la production de l'indice de biodiversité potentielle à partir des données de l'inventaire forestier

La question posée en lien avec l'**indice de biodiversité potentielle** (IBP) concerne la possibilité de calculer un tel indice à partir des données de l'inventaire forestier, avec l'espoir de disposer d'un

indicateur de biodiversité potentielle, c'est-à-dire sa capacité d'accueil pour les êtres vivants (plantes, oiseaux, insectes, etc.) pour les forêts à l'échelle du territoire (Benest, 2013). Les observations des critères de calcul de l'IBP sont réalisées sur un hectare environ alors que les données dendrométriques collectées par l'IGN le sont sur des placettes de surface fixe et très limitée, de dimension maximale de 15 m de rayon (soit 7 ares). Les placettes d'observation des couverts sont un peu plus grandes (25 m de rayon soit 20 ares). De plus, les points IGN étant sélectionnés sur la base d'un échantillonnage aléatoire, ils ne peuvent pas être extrapolés à leur contexte, n'étant pas choisis pour être représentatifs d'une réalité plus large.

Avec les données IGN ou des données additionnelles, qui seraient collectées à échantillonnage constant, il serait possible de produire des résultats statistiques variable par variable ou en combinant les facteurs (par exemple proportion de gros bois pour une structure de peuplement donnée) mais pas de produire des indices qui seraient un témoignage d'une qualité de situation au plan local. **Il n'est donc pas envisageable de produire un indice composite relatif à la placette d'observation.**

En résumé, le type de placette utilisé pour l'inventaire ne peut donner lieu qu'à une **exploitation purement statistique et non synthétique au plan local**, en ramenant à chaque fois les résultats à un type de forêt (type de structure ou type d'habitat par exemple) sur une zone géographique donnée.

4. Utilisation des données de l'inventaire forestier dans des travaux de politiques publiques environnementales

La commande de ce travail (annexe 1) liste divers travaux suscités par les ministères en charge de l'environnement et/ou de l'agriculture. Certains points sont en gestation et nécessiteront un travail collectif, qui implique les experts de l'IGN mais que ceux-ci ne pouvaient finaliser seuls dans le cadre de ce travail. C'est donc un point d'étape concis, qui est proposé ici.

4.1 Travaux sur la directive « Habitats, faune, flore », et articulation avec le programme de suivi temporels des habitats forestiers

Pistes de valorisation des données écologiques de l'inventaire en vue d'améliorer les reportages

La directive « Habitats, Faune, Flore » (DHFF) sur la préservation des habitats d'intérêt communautaire demande aux états membres de mettre en place des réseaux permanents de surveillance de l'état de conservation de ces habitats. Un tiers des habitats forestiers de la DHFF est largement répandu. L'inventaire forestier, systématique, est bien représentatif des habitats largement répandus. Le dispositif fournit également des informations nouvelles sur les habitats localisés. La mise en place d'une description puis d'un suivi des habitats forestiers dans le cadre du programme suivi temporel des habitats forestiers, MEDDE-IGN constituera une source de données clé dès que **l'ensemble du territoire sera couvert fin 2016.**

Le rapportage prévu en 2018 pourra bénéficier d'une base de données originales, relevées sur le terrain, en lieu et place des dires d'expert antérieurs.

La valorisation pourra porter sur plusieurs points⁴⁰ :

⁴⁰ Ces pistes de valorisation des données écologiques de l'inventaire résultent notamment d'un échange avec (Arnault Lalanne (direction de l'eau et de la biodiversité, MEDDE).

- l'édition et la diffusion des **clés de détermination des habitats forestiers** mises au point dans chaque GRECO pour les équipes de terrain de l'IGN ;
- la possibilité de constituer un **tronc commun d'informations partageables entre acteurs** (qui peuvent selon les cas ajouter d'autres informations : chiroptères, collembolés...);
- la possibilité d'apprécier les **dérives temporelles des couverts floristiques**, à la fois pour identifier des dynamiques naturelles – cf. point suivant – et des dynamiques en lien avec les **changements globaux** par retour sur des points d'inventaire anciens ;
- la possibilité de mieux appréhender **la dynamique de renouvellement des écosystèmes forestiers** en mobilisant le croisement d'information dendrométrique concernant le stade du couvert forestier et l'information floristique. Cette information sur la dynamique de renouvellement permettra de vérifier que les sites Natura 2000 sont bien représentatifs des différents stades de la série de végétation⁴¹, dont ils sont censés assurer la conservation ;
- la possibilité d'**apprécier l'efficacité du réseau Natura 2000** globalement pour chaque habitat d'intérêt communautaire, à l'échelle biogéographique (et non site par site) par une évaluation comparée d'indicateurs de conservation à l'intérieur du réseau et à l'extérieur ;
- la possibilité d'**apprécier les états de conservation des habitats** dans et hors des zones Natura 2000. En effet, une forte cohérence entre ce qui est fait dans le temps et sur différents sites est indispensable pour pouvoir effectuer des comparaisons.

Grâce aux données du suivi temporel des habitats forestiers et aux données écologiques recueillies sur les mêmes points, il sera possible de mieux connaître et documenter l'écologie des groupements végétaux et notamment leurs optimums en matière de niveau hydrique et trophique ainsi que la variabilité de leur position écologique. L'état de conservation des habitats serait beaucoup plus finement décrit s'il peut l'être dans une perspective dynamique : cela deviendra possible en disposant d'une caractérisation des habitats identifiant la composition des couverts au long des étapes du cycle dynamique. Les informations de l'inventaire et du suivi temporel des habitats forestiers permettront des progrès notables en ce sens.

Un tel travail pourra permettre, à terme, de mettre au point des référentiels phytosociologiques plus pertinents, basés sur de réelles différences de situations écologiques. Le recueil de données pédologiques par les phytosociologues est encore peu répandu, ce jeu de données constitue une originalité majeure.

Cartographie des végétations au 1/25 000^{ème} (programme CarHAB)

Le programme CarHAB est un programme du ministère en charge de l'environnement visant à établir un système d'information sur les végétations de la France au 1/25 000^{ème}. La méthodologie combine (i) des approches cartographiques numériques : fond physiologique décrivant les végétations en place à partir d'informations de télédétection en particulier, et fond écologique, résultat de la combinaison d'informations climatiques, topographiques, géologiques, hydrographiques, etc. et (ii) des mises en correspondances avec des observations de terrain effectuées par des phytosociologues, qui établissent la correspondance entre des groupements de végétations identifiés et classifiés en s'appuyant sur les cartographies numériques préétablies. Les relevés floristiques de l'inventaire présentent un intérêt majeur, car ils **peuvent constituer des vérités terrain permettant la validation**

⁴¹ Une série correspond à la succession de groupements végétaux dont les compositions sont caractéristiques de la série.

de cartographies effectuées en utilisant des modélisations écologiques grâce au croisement entre des informations modélisées et des informations floristiques. D'importants développements sont donc envisageables à partir des relevés floristiques effectués en période de végétation de l'inventaire forestier.

Malgré le caractère essentiellement qualitatif des observations de l'inventaire, la quantité de relevés effectués leur confère une représentativité importante. Le croisement des informations pédologiques de l'inventaire avec la cartographie des unités cartographiques de sols (UCS) de l'INRA permettra des confortements mutuels des bases de données de l'inventaire et des cartographies des UCS de l'INRA

Les données de l'inventaire permettraient ainsi de **valider les contours des unités de végétation de du système d'information des végétations au 1/25 000** en cours d'élaboration.

4.2 Indicateurs de l'Observatoire national de la biodiversité

Un travail associant divers experts a été conduit en 2013-2015 dans le cadre de l'ONB (« Réunion thématique biodiversité forêt ») sur les indicateurs de biodiversité dans le domaine forestier⁴². L'IGN a d'ores et déjà contribué à la production de plusieurs indicateurs. Il s'agit pour partie d'indicateurs assez facile à mobiliser à partir des données de l'IGN :

- la **surface forestière**⁴³ totale en France métropolitaine (dont forêts ouvertes versus fermées) ;
- le **taux de boisement** ;
- le **taux de prélèvement** (au regard de l'accroissement) par essence, ou par région.

Pour partie, cependant, ces indicateurs doivent faire l'objet de développements nouveaux, par exemple :

- l'évolution temporelle de l'**abondance de certains groupes d'essences** (pionnières/post-pionnières/dryades ou autochtones/non autochtones). Cet indicateur, proposé par l'Irstea, envisage de valoriser les données floristiques de l'inventaire.

Les données mobilisées pour les calculs déjà disponibles sont des données d'inventaire dendrométrique et de bois mort :

- un indicateur vise à approcher la **structure verticale des forêts** pour différencier les forêts selon le nombre de strates de végétation présentes : diversité structurelle des forêts métropolitaines, proportion des surfaces forestières métropolitaines comportant plusieurs strates arborées superposées⁴⁴. Cet indicateur est appelé à évoluer, des propositions de l'Irstea visent à mobiliser les informations provenant des relevés floristiques en plus de celles mobilisées actuellement à partir des relevés de description des peuplements.) ;
- un indicateur relatif aux **volumes de bois favorables à la biodiversité** : évolution en métropole des volumes de bois des stades vieillissants des arbres, proportion des SER, dont le volume de bois mort et très gros bois se maintient ou progresse⁴⁵ ;

⁴² <http://indicateurs-biodiversite.naturefrance.fr/thematiques/biodiversite-foret>

⁴³ des travaux en cours associant l'IGN et le Service de la Statistique et de la Prospective (SSP) du Ministère de l'agriculture visent à développer des synergies entre l'inventaire forestier et de l'enquête Teruti-Lucas,

⁴⁴ <http://indicateurs-biodiversite.naturefrance.fr/indicateurs/diversite-structurelle-des-forets-metropolitaines>.

⁴⁵ <http://indicateurs-biodiversite.naturefrance.fr/indicateurs/evolution-en-metropole-des-volumes-de-bois-particulierement-favorables-a-la-biodiversite>

- deux nouveaux indicateurs figurent depuis mai 2015 : **taux de prélèvement de bois** en forêt de production en France métropolitaine⁴⁶ (au regard de la production biologique et de la mortalité des arbres), **taux de boisement** en France métropolitaine, évolution du taux de boisement en France métropolitaine⁴⁷.

La liste des indicateurs forestiers de l'ONB est en évolution. Il est très probable que les indicateurs en cours d'élaboration mobiliseront plus les informations écologiques de l'inventaire que les indicateurs initiaux. D'autres projets explorent des champs beaucoup plus larges que la seule question de la biodiversité ; c'est le cas des projets EFESE et IGD-Forêt.

4.3 Evaluation française des écosystèmes et des services écosystémiques – volet forêt (EFESE-F)

Conduit par le ministère en charge de l'environnement et mis en œuvre pour la forêt par le GIP Ecofor et le CEREMA, le volet forêt d'EFESE réunit les informations considérées comme pertinentes pour procéder à l'évaluation des écosystèmes forestiers et des services écosystémiques, qui leur sont attachés.

Ce projet a mobilisé des informations de l'inventaire du même type que celles mobilisées dans les indicateurs de gestion durable des forêts et développé des hypothèses relatives aux stocks et flux de carbone des écosystèmes forestiers en s'appuyant sur des informations dendrométriques de l'inventaire. Les informations écologiques mobilisées sont essentiellement des informations relatives à la composition des peuplements (informations dendrologiques) et aux surfaces des différents types de couverts. Les travaux du CEREMA consistent essentiellement en une remobilisation des informations figurant dans les IGD-Forêt publiés en 2010 (cf. 5.5.).

4.4 Processus de révision des IGD forestiers (Forest Europe)

Le travail sur les IGD-Forêt a conduit à réunir des groupes d'experts et à travailler à la proposition de nouveaux indicateurs, en visant à une meilleure pertinence vis-à-vis des attentes des politiques publiques (dont les politiques publiques environnementales).

Les propositions d'évolutions des indicateurs achoppent toutefois sur plusieurs types d'écueils :

- certains indicateurs souhaités ne correspondent à aucune donnée disponible ou productible à moyenne échéance de manière satisfaisante en termes de pertinence ;
- certaines informations disponibles ne pourront constituer des indicateurs que tardivement en raison du caractère trop récent des relevés (cas des dégâts de gibier par exemple) ;
- la production de nouveaux indicateurs est largement liée à l'impulsion de financements publics (le suivi temporel des habitats forestiers et la cartographie des végétations n'ont pas été enclenchés explicitement pour permettre la production d'indicateurs, toutefois ils permettront d'en créer de nouveaux).

Quelques indicateurs nouveaux ont été proposés pour les rapportages à venir (2020 et au-delà). Seuls les critères mobilisant des informations issues de l'inventaire forestier ou des bases de données de l'IGN sont mentionnés ici :

⁴⁶ <http://indicateurs-biodiversite.naturefrance.fr/indicateurs/prelevements-de-bois-en-foret-au-regard-de-laccroissement-des-arbres>.

⁴⁷ <http://indicateurs-biodiversite.naturefrance.fr/indicateurs/taux-de-boisement-en-france-metropolitaine>.

- améliorer l'évaluation et l'interprétation des **changements d'occupation des sols** par photo-interprétation IGN en lien avec l'observatoire de consommation des surfaces agricoles, forestières et autres milieux naturels
- élaborer des indices permettant de suivre l'abondance des **grands ongulés**, leurs performances et leur impact sur le milieu ;
- analyser la **pression d'herbivorie** exercée par les grands herbivores (étude en cours) ;
- augmenter les indicateurs de **changement climatique**, dont indicateur de l'accroissement radial des arbres sur 5 ans.

Critère 4 (biodiversité) :

- développer une méthodologie et acquérir des données sur les **forêts non perturbées** par l'homme (partie de l'indicateur 4.3)⁴⁸;
- développer une **cartographie des forêts anciennes** au niveau national (un projet a été confié par le ministère en charge de l'environnement à l'IGN en 2013) ;
- possibilité d'étendre la surface des peuplements, dont les arbres dominants sont très âgés aux peuplements inéquiennes (au niveau de l'indicateur 4.3.1) ;
- produire des listes régionales d'essences forestières, indigènes, acclimatées, exotiques (indicateur 4.4) ;
- travailler sur la longueur et la nature des lisières à partir de la BD Forêt V2, dès qu'elle sera disponible indicateur 4.7 ;
- s'intéresser aux habitats prioritaires de la directive européenne et à leur surface (indicateur 4.9) ;
- envisager la création d'un indicateur 4.10 sur la diversité taxonomique en forêt, qui inclurait la diversité de taxons selon les données disponibles.

4.5 Travaux sur les sols forestiers en lien avec le GIS Sols et le SOeS

A l'occasion de l'année mondiale des sols, en 2015, l'IGN a participé aux efforts de communication sur les informations sols du GIS sol et contribué à la fois à la mise en ligne d'informations relatives au sol issues de l'inventaire sur le site du GIS Sol⁴⁹ et à la contribution de plusieurs chapitres relatifs aux sols et la forêt dans l'ouvrage « *Repères Sols et Environnement* » publié par le SOeS (2015)⁵⁰.

4.6 Mise en place d'indicateurs de gestion durable dans le PNFB et les PRFB

Le titre V de la loi d'avenir sur l'agriculture consacre la reconnaissance de la fonction environnementale des bois et forêts (article 29). Un jeu d'indicateurs destiné au suivi du programme national de la forêt et du bois (PNFB) sera mis en place et suivi pendant les dix années du programme. Il s'agira d'indicateurs existants, ou éventuellement nouveaux, souvent basés sur des

⁴⁸ cet indicateur de gestion durable des forêts est demandé dans le cadre du processus Forest Europe II n'a pas été renseigné en 2015 par la France en l'absence de méthodologie satisfaisante

⁴⁹ <http://www.gissol.fr/>

⁵⁰ http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Publications/Reperes/2015/reperes-chiffres-cles-sols-edition-2015.pdf

données de l'inventaire forestier. Ces indicateurs seront déclinés à l'échelle régionale dans les programmes régionaux de la forêt et du bois (PRFB).

4.7 Projet PASSIFOR

Il n'existe pas à l'heure actuelle d'observatoire coordonné et formalisé de la biodiversité forestière en forêt mais un ensemble de dispositifs, qui portent sur divers aspects de la biodiversité et mettent en œuvre des méthodes variées. Le projet PASSIFOR, soutenu par le ministère de l'agriculture, vise à faire des *propositions d'amélioration du système de suivi de la biodiversité forestière*, c'est-à-dire à proposer des « maquettes » (assemblages d'éléments existants et à créer) de suivi de biodiversité en forêt. L'inventaire forestier sera *a priori* un élément important du dispositif proposé. Il fournit d'ores et déjà une bonne partie des indicateurs de gestion durable des forêts dans le domaine de la biodiversité. Pour autant, son plan d'échantillonnage n'a pas été défini pour échantillonner la biodiversité (mais l'évaluation et le suivi de la ressource forestière) et ne porte pas sur certains pans importants de la biodiversité. Le projet PASSIFOR (i) pourrait déboucher sur une valorisation complémentaire (et à long terme) des données écologiques de l'inventaire, (ii) évaluera des hypothèses d'enrichissement des relevés d'inventaire dans le domaine de la biodiversité, et (iii) étudiera des pistes d'articulations entre différents dispositifs

5. Bilan de l'utilisation des données de l'inventaire forestier à des fins écologiques par les différentes catégories d'utilisateurs

Les trois publics concernés sont (i) les agents de l'IGN, (ii) les acteurs externes, principalement des chercheurs et les « autres utilisateurs » (grand public, enseignants, administration, etc.).

5.1 Publications de l'IGN, seul ou en partenariat avec d'autres organismes

Rappelons que le bilan « interne » de l'IGN est principalement constitué par (i) ses publications internes présentés plus haut (cf. 2), (ii) l'utilisation des données écologiques pour renseigner des indicateurs (cf. 3) et (iii) les travaux réalisés en appui des politiques publiques (cf. 4).

A ces travaux, il faut ajouter les publications externes des agents de l'IGN :

- qualitativement, elles se distinguent de celles des scientifiques par l'importance des travaux à caractère méthodologique en lien avec le développement des données écologiques ;
- les publications, dont les agents de l'IGN sont seuls signataires (sans association avec des chercheurs), sont relativement peu nombreuses : sur la période 2000-2014, elles sont, environ 7 fois moins nombreuses que les publications associant agents de l'IGN à chercheurs, et environ 9 fois moins nombreuses durant la même période que les publications des chercheurs seuls ;
- les publications associant agents de l'IGN et chercheurs ont crû régulièrement depuis 20 ans, alors que, parallèlement, les publications réalisées par les chercheurs hors IGN seuls ont crû nettement plus vite encore, avec une nette accélération depuis 2010.

5.2 Publications de la communauté scientifique

Les utilisateurs des données téléchargeables ne communiquant pas systématiquement les résultats de leurs travaux à l'IGN, il était nécessaire de solliciter les **chercheurs**, en particulier ceux dont il était certain qu'ils avaient utilisé les informations de l'inventaire pour leurs travaux de recherche. Les

auteurs externes à l'IGN ont été approchés par une **enquête auprès de la communauté scientifique complétée par des recherches sur Internet**. Il leur a été demandé de citer les publications qu'ils considèrent comme les plus représentatives de ce qu'il est possible de produire à partir des informations de l'inventaire et en particulier des informations écologiques.

La démarche a été la suivante :

- ciblage effectué, conjointement avec le GIP Ecofor, d'utilisateurs identifiés préalablement : les principaux acteurs de la recherche identifiés par l'IGN ont été sollicités et encouragés à diffuser le questionnaire auprès des personnes identifiées comme utilisatrices ;
- élaboration d'un questionnaire (annexe 3) et diffusion sous forme de questionnaire web ;
- diffusion du questionnaire en ligne⁵¹ et d'un lien permettant à la fois de répondre et de transmettre le questionnaire à d'autres utilisateurs non identifiés dans un premier temps ;
- relais par des réseaux (en particulier par le RMT AFORCE) ;
- rappels mail des non répondants ;
- sollicitation par voie hiérarchique d'équipes sans réponse ;
- les réponses pouvaient être adressées, soit par réponse sur un questionnaire web, soit par mail.

Le nombre de réponses a été relativement limité – moins de vingt réponses. Le temps à consacrer à la réponse a peut-être constitué un facteur contraignant.

Les résultats obtenus, pas forcément représentatifs de l'ensemble des utilisateurs, ni même des institutions (certaines ayant produit plusieurs réponses et d'autres aucune), ont été complétés par :

- le biais des publications à auteurs multiples (qui permet d'étendre les recherches) ;
- des recherches par mots-clés sur Internet, d'autant plus efficaces qu'une forte proportion d'articles sont publiés dans des revues bien indexées ;
- des publications archivées auprès du GIP Ecofor,

Au total, la liste de références donnée ci-après reflète **l'intérêt scientifique considérable des données écologiques disponibles à l'IGN**. Il a été complété par un petit échantillon de littérature « grise », destiné à élargir les thématiques. Le dépouillement de l'intégralité des articles (notamment pour vérifier quels types de données avaient précisément servies) aurait nécessité un travail de vérification très long, ainsi qu'une validation par les auteurs.

⁵¹http://www.sphinxonline.net/ignfev08/infos_forestier/questionnaire.htm

Tableau 1. Présentation thématique adoptée pour la présentation des références bibliographiques récoltées . Le nombre d'articles pour chaque grand thème et sous-thème figure entre crochets et le nombre d'articles auxquels l'IGN a été associé figure entre parenthèses.

<p>Ecologie des forêts [48(18)]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Outils et Méthodes : Phytoécologie, autécologie, stations, etc. [17 (10)] • Croissance, productivité, mortalité, en lien avec les conditions écologiques, le degré de mélange des peuplements, les traits de vie [16(5)] • Relations entre strates de végétation, entre végétation et sol Evaluation spatiales – bioindication [6(2)] • Evolution des forêts : occupation du sol, ancienneté, naturalité, empreinte de gestion [9(1)] <p>Biodiversité [5(1)]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Indicateurs de biodiversité et trame forestière [5(1)] <p>Gestion durable et services écosystémiques [6(2)]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Risques liés aux sécheresses, au tassement des sols, au feu, aux ongulés,...[5(2)] • Services écosystémiques [1(0)] <p>Changement climatique et pollution atmosphérique [29(21)]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Effets sur la distribution des espèces forestières (arbres, herbacés) [11(7)] • Evolution de la productivité, relativement aux conditions écologiques [4(4)] • Stocks et flux de carbone [12(10)] • Effets de la pollution atmosphérique [2(0)]
--

Le détail des références rassemblées est donné ci-dessous. A noter que :

- les **auteurs de l'inventaire forestier** sont signalés **en caractères gras**, ce qui permet de donner une idée des collaborations, qui se nouent entre chercheurs et agents de l'inventaire, dans les limites de l'expertise disponible au sein de l'inventaire ;
- les articles parus dans les **revues à comité de lecture** sont en caractères noirs ;
- les articles issus de la **littérature grise** (revues techniques, travaux d'étudiants, rapports d'étude, ...) sont en caractères gris ;
- les publications issues d'études internationales, au sens qu'elles utilisent des données issues de plusieurs pays, sont signalées par l'indication « **étude internationale** » ;
- pour un échantillon limité d'articles, leurs auteurs ont précisé si les travaux ont utilisé des données sur la flore, la pédologie, la dendrologie, la dendrométrie, la cartographie, les données spatiales, les analyses temporelles, ce qui est abrégé pour un article ayant utilisé l'ensemble de ces données par : <Flore-Pedo-Dendrol-Dendrom-Carto-Spatial-Temp>.

[Ecologie des forêts]

Outils et Méthodes : phytoécologie, autécologie, stations, etc.

1. Bartoli M., Tran-Ha M., Largier G., **Dumé G.**, Larrieu L., 2000, Ecoflore, un logiciel simple de diagnostic écologique, *Revue forestière française*. LII(6), 530-547.

2. **Benest F.**, 2013, Etude sur les critères de la qualité biologique des forêts vus par les données de l'IGN, rapport d'étude projet BIOMADI ECOFOR, 69 p.
3. **Benest F.**, 2014, Suivi temporel des habitats forestiers, Déploiement sur les GRECO A, B, C, D et G en totalité, Résultats des campagnes 2011, 2012 et 2013, rapport 2014, 54 p.
4. **Bruno E.**, Bartoli M., 2001, Premiers enseignements de l'utilisation du logiciel Ecoflore pour traiter les relevés botaniques de l'IFN. Les 40 ans de l'IFN - Utilisation et valorisation des données collectées. *Revue forestière française*. LIII(3-4), 391-396.
5. **Cluzeau C.**, **Drapier J.**, 2001. La base de données écologiques de l'IFN. Une approche factorielle et synthétique des écosystèmes forestiers. Les 40 ans de l'IFN - Utilisation et valorisation des données collectées. *Revue forestière française*, LIII(3-4), 391-396.
6. Colinot A., 2002, L'adaptation des essences aux stations : un indicateur important de gestion forestière durable, *Forêt entreprise*, n°145, pp. 58-64.
7. **Drapier J.**, **Cluzeau C.**, 2001. La base de données écologiques de l'IFN. Une approche factorielle et synthétique des écosystèmes forestiers. Les 40 ans de l'IFN - Utilisation et valorisation des données collectées. *Revue forestière française*, LIII(3-4), 391-396.
8. Dreyfus P., **Bruno E.**, **Naudet J.-P.**, 2001. Indices de fertilité stationnelle alternatifs fondés sur des données écologiques : évolution de la hauteur dominante des peuplements réguliers du Pin d'Alep. Les 40 ans de l'IFN - Utilisation et valorisation des données collectées. *Revue forestière française*. LIII (3-4), 378-390.
9. Charnet F., 2001. Utilisation des données de l'IFN pour les études stationnelles et autoécologiques : expériences et perspectives. Les 40 ans de l'IFN - Utilisation et valorisation des données collectées. *Revue forestière française*, LIII (3-), 372-377.
10. **Drapier J.**, 1987— Étude de la potentialité forestière des stations par l'Inventaire forestier national. Les plateaux calcaires de Haute-Marne. — *Revue forestière française*, XXXIX(5), 425-435.
11. Escrihuela T., 2013, Projet ECOGEODYN : Mise en place d'une cartographie prédictive des stations forestières en Basse-Normandie : Stage de fin d'études 3ème année, Cycle : Ingénieur 3ème année de l'ENSG, Master Carthageo, 105 p.
12. Gachet S., Bergonzini J.-C. 2003. Bouquet de flore- Projet de synthèse sur les bases de données floristiques et leurs composantes forestières – ECOFOR, 128 p., http://www.gip-ecofor.org/doc/drupal/bouquet%20de%20flore_0.pdf
13. Gégout J.-C., 2001. Création d'une base de données phytoécologiques pour déterminer l'autécologie des espèces de la flore forestière de France. Les 40 ans de l'IFN - Utilisation et valorisation des données collectées. *Revue forestière française*, LIII(3-4),-397-403.
14. Gégout J.-C., Piedallu C., Cornu J.-F., **Cluzeau C.**, 2008. La cartographie prédictive des stations forestières : un nouvel outil au service du gestionnaire. *Revue forestière française*, LX(1), 37-60.
15. Piedallu C., Gégout J.-C., Perez V., Lebourgeois F., 2013. Soil water balance performs better than climatic water variables in tree species distribution modelling; *Global Ecology and Biogeography* 22, 470-482.
16. Rameau J.-C., 2001. Données de l'IFN et habitats forestiers. Les 40 ans de l'IFN - Utilisation et valorisation des données collectées. *Revue forestière française*., LIII(3-4), 359-364.
17. **Teissier du Cros R.**, **Lopez S.**, 2009. Preliminary study on the assessment of deadwood volume by the French national forest inventory. *Annals of Forest Science*, 66(302), 10 p.

Croissance, productivité, mortalité, en lien avec les conditions écologiques, le degré de mélange des peuplements, les traits de vie

18. Baetena L. Verheyen K., Wirth C., Bruelheide H., Bussotti F., Finér L., *et al.*, 2013. A novel comparative research platform designed to determine the functional significance of tree species diversity in European forests *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* <http://dx.doi.org/10.1016/j.ppees.2013.07.002> [étude internationale]
19. Bontemps J.D., Bouriaud O., 2013, Predictive approaches to forest site productivity: recent trends, challenges and future perspectives, *Forestry*, 1–20, [doi: 10.1093/forestry/cpt034](https://doi.org/10.1093/forestry/cpt034) – <*Dendrom-Spatial-Temp*>.
20. E Silva D., 2010, Ecologie du hêtre (*Fagus sylvatica* L) en marge sud-ouest de son aire de distribution,. Université Henri Poincaré, Nancy I, 193 p. + annexes.
21. Kunstler G., Albert C.H., Courbaud B., Lavergne S, Thuiller W., Vieilledent G., Zimmermann N.E., and Coomes D.A., 2011. Effects of competition on tree radial-growth vary in importance but not in intensity along climatic gradients, *Journal of Ecology*, **99**, 300-312.
22. Kunstler G., Lavergne S., Courbaud B., Thuiller W., Vieilledent G., Zimmermann N.E., Kattge J., Coomes D.A.. 2012. Competitive interactions between forest trees are driven by species trait hierarchy, not phylogenetic or functional similarity: implications for forest community assembly. *Ecology Letters*. 15(8): 831-40. doi: 10.1111/j.1461-0248.2012.01803.x.
23. Vilà M., Carrillo–Gavilán A., Vayreda J., Bugmann H., Fridman J., Grodzki W., Haase J., Kunstler G., Schelhaas M.J., Trasobares A., 2013 Disentangling Biodiversity and Climatic Determinants of Wood Production Published: Feb. 20, DOI: 10.1371/ journal.pone.0053530.
24. **Morneau F., Duprez C., Hervé J.-C.**, 2008, Les forêts mélangées en France métropolitaine. Caractérisation à partir des résultats de l'Inventaire forestier national, *Revue forestière française* **LX**(2), 107-120.
25. Piedallu C., Gégout J.-C., Bruand A. and Seynave I., 2011. Mapping soil water holding capacity over large areas to predict the potential production of forest stands. *Geoderma* **160**, 355-366.
26. Pinto P.E., Gégout J.-C., **Hervé J.-C.**, Dhôte J.F 2007. Changes in environmental controls on the growth of *Abies alba* Mill. in the Vosges Mountains, north-eastern France, during the 20th century. *Global Ecology and Biogeography*, **16**, 472–484.
27. Seynave, I., Gégout J.-C., **Hervé J.-C.** & Dhôte J.-F., 2008. Is the spatial distribution of European beech (*Fagus sylvatica* L.) limited by its potential height growth? *Journal of Biogeography*, 35(10), 1851–1862.
28. Seynave I., Gégout J-C, **Hervé JC**, Dhôte J-F., **Drapier J., Bruno E., Dumé G.**, 2004. Étude des potentialités forestières pour l'Épicéa commun dans l'Est de la France à partir des données de l'IFN, *Revue forestière française*, **LVI**(6), 537-550.
29. Toïgo M., Vallet P., Pérot T., Bontemps J.-D., Piedallu C. Courbaud B., 2015. Overyielding in mixed forests decreases with site productivity, *Journal of Ecology*, 3(2), 502-512.
30. G., Courbaud B., Kunstler G., Dhôte J.-F., Clark J. S., 2009. Biases in the estimation of size dependent mortality models: advantages of a semi-parametric approach. *Canadian Journal of Forest Research*. 39(8), 1430-1443.
31. Vieilledent G. 2009. Structuring uncertainty and variability of ecological processes in forest dynamics models — Application to silver Fir and Norway Spruce coexistence. PhD Thesis. Cemagref-AgroParisTech. 259 p. [oai: pastel.archives-ouvertes.fr:pastel-00005391]
32. Vieilledent G., Courbaud B, Kunstler G., Dhôte J-F., 2010. Mortality of silver fir and Norway Spruce in the Western Alps –a semi-parametric approach combining size-dependent and growth-dependent mortality. *Annals of Forest Science*. **67**(3) 305, 11 p.

33. Vilà V, Carrillo-Gavilán A., Vayreda J., Bugmann H., Fridman J., Charru M., Seynave, I.; **Morneau, F.**; Bontemps, J.-D., 2010. Recent changes in forest productivity: An analysis of national forest inventory data for common beech (*Fagus sylvatica* L.) in north-eastern France. *Forest Ecology and Management* 260(5), 864–874.

Relations entre strates de végétation, végétation et sol - évaluations spatiales, bioindication

34. Avon, C., 2010. Influences de la composition et de la structure actuelles de la mosaïque paysagère sur la diversité de la flore en forêt. Thèse de Doctorat, Université d'Orléans, 279 p. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00769927/>
35. Barbier, S., Gosselin, F. & Balandier, Ph, 2008, Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved - a critical review for temperate and boreal forests. *Forest Ecology and Management*, 254(1), 1-15.
36. Bergès L., Pellissier V., Avon C., Verheyen K., Dupouey J.L., 2013. Unexpected long-range edge-to-forest interior environmental gradients, *Landscape Ecology*, 28(3), 439-453 **<Flore-Pedo-Dendrol-Dendrom-Carto-Spatial>**.
37. Coudun, C., Gégout, J.-C., Piedallu, C. & Rameau, J.-C., 2006. Soil nutritional factors improve plant species distribution models: an illustration with *Acer campestre* L. in France. *Journal of Biogeography* **33**, 1750-1763.
38. Gégout J.-C., **Hervé J.-C.**, Houllier F., Pierrat J.-C., 2003. Prediction of forest soil nutrient status using vegetation, *Journal of Vegetation Science*, 14 (1), 55-62
39. Pellissier V., Bergès L., **Nedeltcheva T.**, Schmitt M.C., Avon C., **Cluzeau C.**, Dupouey J.-L., 2013. Understorey plant species show long-range spatial patterns in forest patches according to distance-to-edge, *Journal of Vegetation Science*, 24, 9-24 **<Flore-Pedo-Dendrol-Dendrom-Carto-Spatial-Temp>**.
40. Vila M., Carrillo-Gavila A., Vayreda J., Bugmann H., Fridman J., Grodzki W., Haase J., Kunstler G., Schelhaas M.J., Trasobares A., 2013. Disentangling Biodiversity and Climatic Determinants of Wood Production. February 20, PLoS ONE 8(2): e53530. doi:10.1371/journal.pone.0053530 **[étude internationale]**

Evolution des forêts : occupation du sol, ancienneté, naturalité, empreinte de gestion

41. Avon C., Bergès L., Dupouey J.-L., 2015. Landscape effects on plants in forests: large-scale context determines local plant response. *Landscape and Urban Planning*, 144, 65-73.
42. Bergès L., Arnaudet L., Archaux F., Avon C., Chauchard S., Dupouey J.-L., 2015. Long-distance forest periphery-to-core patterns of understory plant communities are mainly explained by past land use and plant colonization capacity. *Diversity & Distribution*. (sous presse) **<Flore-Pedo-Dendrol-Dendrom-Carto-Spatial>**.
43. Bergès L., Avon C., Arnaudet L., Archaux F., Chauchard S., Dupouey J.-L., 2016. Past landscape explains forest periphery-to-core gradient of understory plant communities in a reforestation context. *Diversity and Distributions*. DOI: 10.1111/ddi.12384.
44. Bergès L., Avon C., Verheyen K., Dupouey J.-L., 2013, Landownership is an unexplored determinant of forest understory plant composition in Northern France, *Forest Ecology and Management*, 306, 281-291 **<Flore-Pedo-Dendrol-Dendrom-Carto-Spatial>**
45. Chauchard S., Granier E., Bèzes B., Dupouey J.-L., 2011. Combining National Forest Inventory databases and ancient land-use maps: a way to generalize case studies, *Frontiers in Historical Ecology*, Birmensdorf, Switzerland, 30/08/11-02/09/11 (poster - premier prix des posters).
46. **Cluzeau C.**, **Hamza N.**, Dupouey J.L., 2010. Les indicateurs de naturalité des forêts et d'empreinte de la gestion en France. Perspectives dans le contexte européen, Colloque « Biodiversité, Naturalité, Humanité », WWF, 27-31/10/08, Chambéry, Vallauri D., André J.,

Génot J.-C., de Palma J.-P., Eynard-Machet R. (coord.), Editions Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 263-270.

47. Curt T., Prévosto B., Marsteau C. 2001. Utilisation des bases de données écologiques et dendrométriques pour l'étude et la gestion des boisements naturels sur d'anciennes terres agricoles en déprise. Les 40 ans de l'IFN - Utilisation et valorisation des données collectées. *Revue forestière française* **LIII** (3-4), 442-448.
48. Dupouey J.L., Besoain R., Chauchard S., Feiss T., Laigle I., Montpied P., Rochel X., Cordonnier T., Bergès L., 2014, Identifier les facteurs historiques de vulnérabilité dans la relation sylviculture-biodiversité, projet FORGECO, programme ANR Systerra, Compte-rendu de fin de projet, Annexe Ia, 52 p.
49. E Silva D., Badeau V., Legay M., Corcket E., Dupouey J.-L., 2011. Tracking human impact on current tree species distribution using plant communities, *Journal of Vegetation Science*, **23**, 313-324 <*Flore-Pedo-Dendrol-Spatial*>
50. E Silva D., Legay M., Badeau V., Corcket E., Dupouey J.L., 2010. Plants communities help detect human impact on distribution range of tree species. The case of European beech at its range margin, International Scientific Symposium FAGUS 2010, "Is there future for beech - Changes, Impacts and Answers", CFI-ERTI, 27-29/10/10, Varaždin, Croatia, Zala County, Hungary. (oral)

[Biodiversité]

Indicateurs de biodiversité et trame forestière

51. Archaux F., Bergès L., Bouget C., Brin A., Chauchard S., Dauffy-Richard E., Dubs F., Dupouey J.-L., Sevrin E., 2014, Dispersion et persistance de la biodiversité dans la trame forestière (DISTRAFOR). Programme « Biodiversité, gestion forestière et politiques publiques », GIP-Ecofor, rapport final, 109 p. + ann.
52. Barbier S., Chevalier R., Loussot P., Berges L., Gosselin F., 2009. Improving biodiversity indicators of sustainable forest management: Tree genus abundance rather than tree genus richness and dominance for understory vegetation in French lowland oak hornbeam forests. *Forest Ecology and Management*, Elsevier, 258(Suppl.), S176-S186.
53. Cluzeau C., Hamza N., Dupouey J.L., 2010, Les indicateurs de naturalité des forêts et d'empreinte de la gestion en France. Perspectives dans le contexte européen, Colloque « Biodiversité, Naturalité, Humanité », WWF, 27-31/10/08, Chambéry, Vallauri D., André J., Génot J.C., de Palma J.P., Eynard-Machet R. (coord.), Editions Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 263-270
54. Paillet, Y., Coutadeur, P., Vuidot, A., Archaux, F. & Gosselin, F., 2015. Strong observer effect on tree microhabitats inventories: A case study in a French lowland forest. *Ecological Indicators*, 49, 14-23.
55. Zilliox C., Gosselin F., 2014. Tree species diversity and abundance as indicators of understory diversity in French mountain forests: variations of the relationship in geographical and ecological space. *Forest Ecology and Management* 321, 105-116. <*Flore-Pedo-Dendrol-Dendrom*>

[Gestion durable et services écosystémiques]

Risques liés aux sécheresses, au tassement des sols, au feu, aux ongulés,...

56. Chatry C., Le Quentrec M., Laurens D., Le Gallou J.-Y., Lafitte J.-J., Creuchet B., Grelu J., 2010. Rapport de la mission interministérielle « Changement climatique et extension des zones sensibles aux feux de forêts », ed MEDDEM, 190 p.
57. Piedallu C., Kochert T., Riofrio-Dillon G., Staub, Messant, Asael S., Serrate D., Perez V. Pierrat J.-C., Jabiol B., Lecocq M., Frémont J.-M., 2010, Assurer une récolte raisonnée des

rémanents en forêt, Rapport final, Projet 8 de la politique de qualité PEFC Lorraine 2007-2012 Rapport final, 46 p., HAL Id: hal-00835919 <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00835919>

58. Mârell, A., Pellerin, M. & Rocquencourt, A. 2012. Mesure et suivi de l’empreinte écologique des ongulés sauvages sur la végétation forestière. *Revue forestière française* 64 (5), 711-721
59. Staub J., 2009, Sensibilité des sols forestiers au tassement, Mémoire de fin d’études Agroparistech – ONF, 112 p.
60. Girard Q., Dupouey J.-L., Bréda N., Badeau V., **Lecocq M.** 2009. Impact de la sécheresse de 2003 sur la croissance des arbres au travers des données de l’Inventaire forestier national, Panorama de la dendrochronologie en France, Digne-les-Bains, 08-10/10/09. (oral).

Services écosystémiques

61. Courbaud B., Kunstler G., Morin X., Cordonnier T., 2010. Quel futur pour les services écosystémiques de la forêt alpine dans un contexte de changement dans un contexte de changement climatique ? *Journal of Alpine Research, Revue de géographie alpine*, 98(4), 12 p.

[Changement climatique et pollution atmosphérique]

Effets sur la distribution des espèces forestières (arbres, herbacés)

62. Badeau V., Dupouey J.-L., **Cluzeau C., Drapier J.**, 2005. Aires potentielles de répartition des essences forestières d’ici 2010, *Forêt entreprise*, 162, 25-29
63. Badeau V., Dupouey J.-L., **Cluzeau C., Drapier J.**, Le Bas C., 2010, Climate change and French tree species biogeography: first Results and Perspectives, In Loustau D. (ed.), « *Forests, carbon cycle and climate change* », Chapter 4, ed. Quae, 231-252 + fig. 13-21.
64. Bertrand R., Lenoir J., Piedallu C., Riofrio-Dillon G., de Ruffray P., **Vidal C.**, Pierrat J.-C. & Gégout J.-C. 2011, Changes in plant community composition lag behind climate warming in lowland forests, *Nature*, 479, 517–520 <**Flore-Spa-Temp**>
65. Bertrand R., Perez V. & Gégout J.-C. (2012) Disregarding the edaphic dimension in species distribution models leads to the omission of crucial spatial information under climate change: the case of *Quercus pubescens* in France. *Global Change Biology*, 18, 2648-2660
66. Bodin J., Badeau V., **Bruno E.**, Cluzeau C., Moisselin J.-M., Walther GR., Dupouey J.-L., 2013. Shifts of forest species along an elevational gradient in Southeast France: climate change or stand maturation? *Journal of Vegetation Science*, 24 (2) : 269–283 [prix du meilleur article 2013 de la revue] <**Flore-Pedo-Dendrol-Dendrom-Carto-Spatial**>
67. Bodin J., Dupouey J.-L., Walther G.R., 2010. Detection of vegetation shifts in forests of the Southern Alps based on French National Forest Inventory data, Vegetation Databases and Climate Change, 9th international Meeting on Vegetation Databases, Hamburg, 24-26/02/10. (oral).
68. Cheaib A., Badeau V., Boe J., Chuine I., Delire C., Dufrêne E., François C., Gritti E., Legay M., Pagé C., Thuiller W., Viovy N., Leadley P., 2012, Climate change impacts on tree ranges: model inter-comparison facilitates understanding and quantification of uncertainty. *Ecology Letters*, 15, pp. 533-544. <**Flore-Pedo-Dendrol-Dendrom-Carto-Spatial**>
69. **Cluzeau C.**, Dupouey J.-L., **Drapier J.**, Virion R, 2001, Etude des modifications à long terme de la végétation forestière à partir des données de l’IFN. Les 40 ans de l’IFN - Utilisation et valorisation des données collectées. *Revue forestière française*, LIII (3-4), 413-419.
70. Charru M., Seynave I., **Hervé J.-C.**, Bontemps J.-D., 2014. Spatial patterns of historical growth changes in Norway spruce across western European mountains and the key effect of climate warming, *Trees* 28, 205-221

71. Charru, M., Seynave, I., **Hervé, J.C.** & Bontemps, J.-D., 2013. Spatial patterns of historical growth changes in Norway spruce across western European mountains and the key effect of climate warming. *Trees Structure and Function*, DOI 10.1007/s00468-013-0943-4.
72. Lenoir, J., Gégout J.-C., Dupouey J.-L. . Bert D., Svenning J.C., 2010. Forest plant community changes during 1989-2007 in response to climate warming in the Jura Mountains (France and Switzerland). *Journal of Vegetation Science* 21(5), 949-964. [étude internationale]

Evolution de la productivité, relativement aux conditions écologiques.

73. Charru M., Seynave I., **Hervé, J.-C.**, Bontemps, J.-D. 2014. Spatial patterns of historical growth changes in Norway spruce across western European mountains and the key effect of climate warming. *Trees*. 28(1), 205-221.
74. Charru M., Seynave I., **Morneau F.**, Bontemps J.-D., 2010. Recent changes in forest productivity: An analysis of national forest inventory data for common beech (*Fagus sylvatica* L.) in north-eastern France *Forest Ecology and Management*, 260(5), 864–874.
75. Seynave I., Gégout J.-C., **Hervé JC**, Dhôte J.-F., **Drapier J.**, **Bruno E.**, **Dumé G.**, 2004. Étude des potentialités forestières pour l'Épicéa commun dans l'Est de la France à partir des données de l'IFN, *Revue forestière française*, LVI (6), 537-550.
76. Seynave I., Gégout J.-C., **Hervé J.-C.**, Dhôte J.-F., **Drapier J.**, **Bruno E.**, **Dumé G.**, 2005. *Picea abies* site index prediction by environmental factors and understorey vegetation: a two-scale approach based on survey databases. *Canadian Journal of Forest Research.*, 35, 1669-1678.

Stocks et flux de carbone

77. Ciais P., Schelhaas M. J., Zaehle S., Piao S.L., Cescatti A., Liski J., Luysaert S., Le-Maire G., Schulze E.-D., Bouriaud O., Freibauer A., Valentini R., Nabuurs G.J., 2008. Carbon accumulation in European forests *Nature Geoscience* 1, 425-429. [étude internationale]
78. Dupouey, J.-L.; **Pignard, G.**, 2001. Quelques problèmes posés par l'évaluation des stocks et flux de carbone forestiers au niveau national. Les 40 ans de l'IFN - Utilisation et valorisation des données collectées. *Revue forestière française*, LIII (3-4), 294-300.
79. Dupouey J.-L., **Pignard, G.**, Badeau, V., Thimonier, A., Dhôte, J.-F., Nepveu, G., Bergès, L., Augusto L., Belkacem S. & Nys C., 1999. Stocks et flux de carbone dans les forêts françaises. *Comptes-rendus de l'Académie d'Agriculture de France* 85, 293-309.
80. Dupouey J.-L., **Pignard G.**, **Hamza N.**, Dhôte J.-F., 2010. Estimating carbon stocks and fluxes in forest biomass: 2. Application to the French case based upon National Forest Inventory data, In Loustau D. (ed.), « Forests, carbon cycle and climate change », Chapter 4, ed. Quae, 101-129.
81. **Pignard G.**, Dupouey J.L., Granier A., Morel M., 2009, Impact des tempêtes de 1999 sur le bilan de carbone des forêts françaises, In : Birot Y., Landmann G., Bonhême I., (Coord.), « La forêt face aux tempêtes », ed. Quae, 143-151.
82. Saint-André L., Vallet P., **Pignard G.**, Dupouey J.L., **Colin A.**, Loustau D., Le Bas C., Meredieu C., Caraglio Y., Porté A., **Hamza N.**, Cazin A., Nouvellon Y., Dhôte J.-F., 2010, Estimating carbon stocks in forest stands: 1. Methodological developments, In: Loustau D. (ed.), *Forests, carbon cycle and climate change* , Chapter 4, ed. Quae, 79-100.
83. Houllier F., **Pignard G.**, **Schmitt F.**, **Bertrand Ph.**, 1995. Medium-Term Evolution of Forest Productivity in the French Mountains: The Use of National Forest Inventory Data. In: Landmann G. et Bonneau M. "Forest Decline and Atmospheric Deposition Effects in the French Mountains" ed Springer, 157-173.
84. Nabuurs G.J., Schelhaas M.J., 2003. Spatial distribution of whole-tree carbon stocks and fluxes across the forests of Europe: where are the options for bio-energy? **24**(4–5), 311–320 [étude internationale]

- 85. **Pignard G.**, Dupouey J.-L., Granier A., Morel M., 2009. Impact des tempêtes de 1999 sur le bilan de carbone des forêts françaises, *In* : Birot Y., Landmann G., Bonhême I. (Coord.), « *La forêt face aux tempêtes* », Ed. QUAE, 143-151.
- 86. Dupouey J.-L., **Pignard G.**, **Hamza N.**, Dhôte J.-F., 2010. Estimating carbon stocks and fluxes in forest biomass: 2. Application to the French case based upon National Forest Inventory Data. *In*: Denis Loustau (Editeur), *Forests, Carbon Cycle and Climate Change*, pp. 101-129. Update Sciences et Technologies. Versailles, France: Editions Quae.
- 87. **Pignard G.**, Dupouey J.-L., Arrouays D., Loustau D., 2000. Carbon stocks estimates for French forests. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*. 4 (4), 285–289.
- 88. Vallet P., Meredieu C., Seynave I., **Bélouard T.**, Dhôte J.-F., 2009. Species substitution for carbone storage: sessile oak versus Corsican pine in France as a case study. *Forest Ecology and Management*, 257(4), 1314-1323.

Effets de la pollution atmosphérique

- 89. Dupouey J.-L., 2010. Dynamic change over time in French forest vegetation: does eutrophication have a key role?, UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, Working Group on Effects, 20th CCE Workshop on the evaluation of air pollution impacts on ecosystems in a multiple issues-multiple effects context, 19-21/4/10, Paris. (oral invité).
- 90. Riofrío-Dillon G., Bertrand R., Gégout J.-C., 2012. Toward a recovery time: forest herbs insight related to anthropogenic acidification. *Global Change Biology* 18, 3383–3394, doi: 10.1111/gcb.12002.

Un niveau élevé de publications, y compris au niveau international

On note un niveau élevé de publications, dont une bonne proportion a été publiée dans des revues internationales de rangs élevés. Les données de l'IGN permettent ainsi à la recherche française – et parfois à des chercheurs hors de France – de faire progresser la connaissance et de contribuer à l'amélioration de la compréhension des écosystèmes forestiers.

La production d'une liste exhaustive des publications de tous types aurait nécessité beaucoup de temps. On peut estimer à une centaine le nombre de publications à comité de lecture (dont une grande partie figure dans la liste ci-dessus) et à 300 voire davantage l'ensemble des publications, comprenant les rapports techniques, rapports de stages, actes de colloques et séminaires, etc.

Les types de données principalement mobilisées

Sur la base d'une dizaine de publications pour lesquels on dispose du détail des données utilisées, un certain nombre d'enseignements peuvent être tirés. Les données les plus souvent mobilisées dans les études citées par les chercheurs concernent les informations dendrométriques, dendrologiques, et la flore. Les informations concernant les sols sont utilisées depuis moins longtemps que les informations floristiques, peut-être parce l'importance de leur intérêt a été identifiée plus récemment ou que leur utilisation est plus complexe. Parmi les types de données mobilisées, on peut citer la nature des couverts, les recouvrements, les volumes, les accroissements, la santé des forêts, les conditions stationnelles (pente, exposition, altitude), les essences et leur recouvrement, les relevés floristiques, les sols, les indices calculés.

La plupart des travaux scientifiques valorisant les données de l'inventaire utilisent le caractère spatialisé des informations, certains valorisent aussi la dimension temporelle des informations disponibles.

Il existe de larges possibilités d'utilisation de ces informations en particulier en lien avec la thématique des changements climatiques : les contraintes climatiques peuvent par exemple être fortement atténuées ou au contraire accentuées selon la profondeur des sols, l'existence de signes d'hydromorphie, la texture ou les humus par exemple.

En résumé, la combinaison de plusieurs types d'informations est presque générale. Un nombre croissant de publications utilisent les informations floristiques, pédologiques, dendrologiques, dendrométriques, spatiales et cartographiques. Les études à finalité environnementale et écologique n'utilisent donc pas seulement les données écologiques mais toute la palette des données d'inventaire. C'est ce qui confère aux données de l'inventaire forestier leur intérêt exceptionnel.

5.3 Approche des utilisateurs externes par analyse des téléchargements de données brutes

Les « autres utilisateurs » recouvrent les enseignants, les agents des administrations, le grand public, etc. L'analyse des données téléchargées permet en principe d'en éclairer en partie l'identité et les attentes, mais avec de nombreuses réserves liées aux performances insuffisantes de l'outil de suivi

Modalités pratiques et limites de l'analyse

Les limites concernant l'analyse des téléchargements sont nombreuses :

- il n'existe aucune trace ni décompte de connexions lorsque les données sont téléchargées *via* l'outil de requête et de visualisation. Comme ces requêtes permettent de représenter de manière cartographique les localisations spatiales des espèces forestières, des sols forestiers ou des humus observés dans le cadre de l'inventaire, **il est probable que les utilisateurs de données écologiques privilégient le téléchargement *via* cet outil de visualisation ;**
- l'analyse des téléchargements n'est possible que pour le téléchargement des fichiers intégraux de données brutes (cf. 1.4.) pour lesquels les utilisateurs déclarent une adresse mail et peuvent exprimer les objectifs de la mobilisation des données. Toutefois, une personne peut télécharger et partager les fichiers téléchargés avec d'autres utilisateurs sans repasser par le portail, cela contribue là encore à la sous-estimation et à la difficulté d'identifier certains utilisateurs ;
- certains acteurs professionnels disposent de portails d'accès personnalisés, ce qui diminue leur sollicitation des autres formes de téléchargement des données en ligne ;
- un nombre important d'utilisateurs créent une adresse temporaire, ce qui leur permet d'éviter une identification explicite, bon nombre d'utilisateurs professionnels consultent les bases de leur domicile et indiquent leur adresse personnelle. La proportion d'usagers non professionnels est donc probablement surestimée sans qu'il soit possible de savoir dans quelle proportion.

Des recherches par des mots-clés ont été effectuées pour identifier quelques thèmes visés par les utilisateurs. Du fait des limites évoquées ci-dessus, les **résultats présentés ici sont très partiels, sans**

doute biaisés, et sous-estiment fortement le nombre des utilisateurs, et doivent, au total, être considérés avec prudence et de façon tout à fait qualitative. Compte-tenu de ces difficultés, il paraît important d'améliorer cet outil pour mieux identifier les pratiques et les utilisateurs.

Origines institutionnelles des demandes

Parmi les 4 453 adresses obtenues, beaucoup sont personnelles, hébergées sur des messageries très diverses ; par exemple 1 804 correspondent à l'ensemble des grands fournisseurs de messagerie (Hotmail, Gmail, Yahoo, Wanadoo, Orange, La Poste, Free, Caramail). Lorsqu'on examine les motifs de demande, on peut constater que des professionnels utilisent leur adresse personnelle pour effectuer les téléchargements.

Pour 1 251 adresses à occurrences multiples, on relève :

- 325 adresses en gov.fr (dont 130 agriculture.gov.fr, 61 developpement-durable.gov.fr, 12 equipement-agriculture.fr, 4 equipement.fr, 5 Oncfs, 3 intérieur, 1 finances, etc. On peut ajouter à ce groupe les adresses comprenant Sdis (Service départemental d'incendie et de secours) : 33),
- 100 adresses pour les DDT, CETE, préfectures, Datar, Inao,
- 136 adresses en .org,
- des adresses académiques nombreuses et diversifiées : Univ : 72 ; polytech : 5; écoles archi : 3. Parmi les adresses en « univ » figurent plusieurs adresses d'universités étrangères, sur tous les continents. L'enseignement agricole, qui dispense des formations techniques dans le domaine forestier et des espaces naturels, représente aussi un nombre important d'adresses : educagri (enseignement agricole public) : 41, maisons familiales et rurales (une partie de l'enseignement agricole privé) : 5,
- des adresses des organismes de recherche bien représentés (mais largement moins que les adresses correspondant à des administrations) : INRA : 76, CEMAGREF + IRSTEA : 25 + 13 = 38 ; CNRS : 21 ; ENGREF : 17,
- les utilisateurs de la filière bois-forêt sont bien représentés, plus à l'amont qu'à l'aval, mais plusieurs d'entre eux disposent d'accès aux données par des conventions particulières avec l'IGN : ONF : 126 ; FCBA : 9 ; CRPF : 79, Chambres d'agriculture : 54,
- les organismes du secteur environnemental ou naturaliste sont représentés de manière plus modeste, elles peuvent à la fois se trouver sous la rubrique des adresses en .org mais peuvent y être ajoutées des adresses telles que PNR : 34, PNN : 2, CREN : 5, CBN : 16, MNHN ; 10, LPO : 9,
- 49 adresses pour les Conseils généraux, également fréquentes.

Thèmes les plus recherchés

La plupart des demandes sont relatives à **la forêt en général et à la ressource bois**, ce qui est normal pour un inventaire forestier. L'ensemble des informations, qu'elles soient dendrométriques ou écologiques, est en effet téléchargé en un seul bloc. Exemples d'occurrences de mots-clés : forêt : 256 ; bois : 279 ; ressource : 92 ; surface : 87 ; production : 44 ; biomasse : 31 ; volume : 24.

La recherche d'information en vue de la production de documents de planification divers est importante aussi : commune : 157 ; plan : 109 ; SCOT : 37 ; charte : 26.

La recherche d'informations explicitement environnementales est tout de même détectable à travers l'occurrence des mots-clés suivants : environnement : 119 ; impact : 57 ; sols : 34 ; flore (pour flor-e et flor-istique) : 27 ; végétal : 20 ; végétation : 14 ; botanique : 12 ; pédo : 8 ; il est possible de rattacher à ce même champ des demandes relatives aux diagnostics, à l'écologie, la composition des forêts : diagnostic : 82 ; essence : 64 ; paysage : 35 ; habitat : 32 ; observatoire : 20 ; écologie : 16 ; champignons : 5 ; écosystèmes : 4 ; niche : 5.

En conclusion, on peut souligner que les **utilisations** sont **d'une extrême diversité**, certains mobilisant ces données pour des finalités paysagères, artistiques, d'autres les mobilisent comme jeux de données pour animer des enseignements de statistiques, et rappeler la sous-estimation probable des utilisations dans le domaine environnemental du fait que **les consultations à finalité écologique passent très probablement surtout par l'outil de visualisation qu'il n'est pas possible de tracer.**

6. Pistes de progrès dans la valorisation des données de l'inventaire par différents publics

Les pistes présentées ci-après concernent :

- l'élargissement des utilisateurs au-delà des publics professionnels déjà identifiés, l'amélioration de la visibilité des données écologiques de l'IGN,
- l'amélioration des retours d'information vers les producteurs de données.

6.1. Elargir le cercle des utilisateurs par une information et une formation ciblées

L'analyse des adresses de téléchargements de données brutes et de données relatives aux zonages Sylvoécocorégions (SER) a montré que le cercle des utilisateurs est déjà très large. Les téléchargements identifiables indiquent qu'entre 2008 et l'automne 2014 plus de 6000 demandes de téléchargements de données brutes ont été enregistrées, de natures très diverses : scientifiques (français et autres, professionnels du secteur), enseignants universitaires et du secondaire, et administrations nationales et régionales (DREAL en particulier).

Parmi les pistes de progrès identifiées, on peut citer :

- l'amélioration de la connaissance et la maîtrise des informations écologiques de l'inventaire forestier chez les **acteurs de l'environnement**, qui mobilisent peu les données de l'inventaire, soit qu'ils les ignorent ou ne connaissent pas leur qualité, soit du fait de la difficulté d'appropriation d'informations très techniques. Des actions de **communication et de formation à l'obtention des données** pourraient faire évoluer la situation, surtout si elles recevaient le soutien des tutelles de l'IGN ;
- **élargir l'action d'information et de formation aux formateurs de niveau lycée.** Le fait que l'enseignement technique agricole maîtrise et mobilise ces informations, en particulier dans le cadre des formations techniques forestières, contribue probablement à leur bonne appropriation par les professionnels du secteur. Une plus ample communication sur l'existence des informations forestières et environnementales de l'IGN auprès d'enseignants de diverses disciplines pourrait élargir la diversité de leurs utilisations, en particulier en histoire-géographie, biologie-écologie et sciences de la vie et de la terre pour aborder les thèmes de la biodiversité et des sols. Quelques tutoriels simples et liens vers les

définitions et méthodologie de recueil d'information de l'inventaire pourraient compléter les manuels d'utilisation de l'outil de visualisation ;

- **l'amélioration du référencement des documents disponibles** sur le site de l'IGN, qui améliorerait leur identification. L'amélioration de la recherche par mots-clés sur le portail de l'inventaire pourrait aider l'utilisateur à identifier les documents relatifs aux données écologiques.

6.2 Accompagner la diffusion des données par une meilleure aide aux utilisateurs extérieurs

Si l'intérêt d'assurer une formation minimale aux utilisateurs d'horizons nouveaux (cf. 6.1) se comprend aisément, quel peut être l'intérêt de mieux accompagner les utilisateurs *a priori* mieux aguerris que sont les scientifiques et experts de divers ordres ? Les données de l'inventaire sont nombreuses et d'utilisation souvent complexe et, hormis quelques utilisateurs aguerris, la plupart ont besoin **d'une aide sur le contenu des données, faute de quoi des utilisations inappropriées des données IGN** peuvent intervenir, avec des conséquences pour leurs auteurs mais aussi, et de façon non justifiée, pour le fournisseur de ces données.

L'aide peut prendre des formes génériques, par exemple par le biais d'une **FAQ** (questions les plus fréquemment posées), un effort de **description des problèmes de méthode posés** par les différents jeux de données, une sélection d'**exemples de questions** auxquelles les informations permettent de répondre ou non, un appui par le biais de liens vers des articles, etc. Un **appui personnalisé** peut se faire par le biais d'un échange téléphonique personnalisé.

Toute initiative nouvelle, comme par exemple un numéro de téléphone mieux mis en valeur sur le site du SIFE, doit trouver une capacité de réponse, sauf à décourager les utilisateurs externes. La question doit être évaluée et discutée avec les tutelles. La demande est très forte sur ce point, et les retombées attendues sont importantes.

6.3 Rendre plus visible l'accès au site IGN dans les sites professionnels et universitaires

Actuellement, les données écologiques sont accessibles de manière assez rapide depuis le site de l'inventaire forestier (rubrique données et résultats, sous-rubrique données brutes, cf. 1.4). Toutefois, une partie des utilisateurs d'informations floristiques et pédologiques ignorent l'existence de ces données et leur disponibilité sur ce site.

Il apparaît dès lors intéressant **d'intégrer, dans des sites professionnels et universitaires, des liens vers les sites de téléchargement des données de l'IGN**, en ciblant des sites fréquentés par les utilisateurs potentiels des informations écologiques forestières disponibles à l'IGN, par exemple les sites du **portail NatureFrance**⁵², du **MNHN**, de **Tela Botanica**, de **la Société française de la phytosociologie**, ou encore des **Conservatoires botaniques nationaux**.

On peut citer un exemple déjà effectif d'intégration de lien vers les outils de téléchargement sur un site à large diffusion pour le secteur des sols. Ouvert en 2015, à l'occasion de l'année mondiale des sols, le site du GIS Sol⁵³ rassemble des informations sur les sols à destination de tous publics. Des

⁵² <http://www.naturefrance.fr/portails/perimetre/national-1542>

⁵³ <http://www.gissol.fr/>

liens vers la visualisation et le téléchargement des données brutes de l'inventaire⁵⁴ figurent sur les pages qui présentent des résultats écologiques concernant les sols forestiers.

Parmi les autres pistes envisageables, on peut aussi proposer de favoriser l'intégration d'informations et de liens dans des **documents pédagogiques d'accompagnement de référentiels de formation**, de liens vers des définitions, méthodologies, résultats et outils de téléchargement des données de l'inventaire. Le SIFE pourrait être associé à la formation d'enseignants formant les futurs naturalistes (formations BTS spécialisées dans la gestion des espaces naturels).

6.4 Intégrer les données floristiques et pédologiques dans les systèmes d'information dédiés

Les données floristiques, relevées de manière systématique et uniforme sur le territoire depuis plus de vingt ans ont vocation à entrer dans le **système d'informations nature et paysage (SINP)**, qui vise à un partage des informations naturalistes de diverses sources. La procédure de versement des données floristiques de l'IGN au SINP est en cours (2015) ; les données portant sur les campagnes de 2005 à 2015 ont été transférées mi-juin 2015 avec les coordonnées dégradées et les métadonnées ont été également transmises.

Dans le domaine pédologique, la **base de données sols DONESOL** de l'INRA constitue la base française majeure. Les données pédologiques de l'inventaire ont donc vocation à rejoindre DONESOL. Cette démarche importante permettrait de renforcer la globalité de la base DONESOL, qui comporte des données pédologiques pour l'ensemble des milieux, agricoles, semi-naturels, naturels, avec une relative sous-représentation des données des espaces forestiers. A noter toutefois que le portage au format DONESOL nécessiterait la mobilisation de ressources en personnel (estimé à 6 mois-homme) actuellement difficilement envisageable à l'IGN.

Ce mode de diffusion par le biais de systèmes d'information dédiés permet d'augmenter sensiblement la diffusion des données de l'inventaire. Une contrepartie de cette façon de faire est que la qualité particulière de ces données, en termes de protocole, relativement à d'autres sources de données floristiques, ne sera pas toujours bien identifiée par les utilisateurs.

Les modalités de diffusion des données d'inventaire semblent moins contraignantes que celles en vigueur dans la plupart des autres pays comme le montre une consultation réalisée par l'IGN de divers sites d'inventaires européens. La France apparaît comme un des seuls pays à diffuser ses données brutes via Internet, diffusion toutefois associée à une dégradation des coordonnées des placettes

6.5 Améliorer les retours d'information vers les producteurs de données

Les limites d'interprétation des usages de données ont été déjà mentionnées. Pour améliorer la situation, un **dispositif de comptabilisation des connexions à la page de visualisation des données vient d'être mis en place**. Jusque là, les adresses n'étaient pas sollicitées auprès des utilisateurs mais le décompte des connexions sera désormais possible. Une meilleure identification des utilisateurs, qui téléchargent les données à partir du site, sera mise en oeuvre.

Par ailleurs, bien que figurant sur le site de téléchargement des données, les mentions relatives à l'utilisation des données semblent rarement suivies par les utilisateurs. Il s'agit des textes suivants :

⁵⁴ <http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/spip.php?rubrique159>

- arrêté du 17 février 1995 (en vigueur) Article 10 : « *La fourniture de documents, de données et de résultats de l'établissement à des utilisateurs leur confère un droit d'usage, à l'exclusion de tout droit de reproduction. Tout utilisateur de documents, de données et de résultats de l'établissement doit y **faire référence explicite dans toute étude ou rapport** auxquels ils auront servi.* » Cette mention n'est pas toujours prise en compte par les utilisateurs ;
- mentions légales du site de l'inventaire : « *Droit de propriété intellectuelle : Les illustrations, les animations, le contenu éditorial, les divers éléments de la charte graphique ainsi que les données cartographiques issues de la consultation en ligne figurant sur le site inventaire-forestier.ign.fr sont la propriété de l'IGN. **L'utilisation des documents ou éléments du site est soumise à l'accord préalable de notre établissement*** ». Cette mention est largement méconnue des utilisateurs ;
- conditions d'utilisation du site inventaire-forestier.ign.fr : « *Toute rediffusion, totale ou partielle, du contenu du site inventaire-forestier.ign.fr à des fins commerciales est interdite. Toute reproduction, sur un quelconque support, des contenus éditoriaux ou graphiques du site inventaire-forestier.ign.fr, à d'autres fins qu'une utilisation privative, est également interdite*».

A minima, un meilleur **affichage de ces règles** dans les manuels d'utilisation des outils de consultation est de nature à améliorer la visibilité des données de l'inventaire et le retour vers le producteur de données, d'information sur les usages des informations et sur les publications.

6.6 Faire un suivi des publications basées sur les données de l'inventaire

Il serait intéressant que l'IGN dispose d'une **base de données complète des publications faites avec les données de l'inventaire forestier**. Cette « carte de visite » illustrerait utilement l'utilisation des informations de l'inventaire et permettrait diverses analyses (à l'image de celle ébauchée ici sur les domaines concernées (cf. 5.2), mais aussi les méthodes mises en œuvre, etc.).

Ce travail gagnerait à être étendu à l'ensemble de domaines, écologiques, dendrologiques, mais aussi dendrométriques, ce qui permettrait de mettre en évidence l'importance relative des travaux « écologiques » (dans un sens large, tel que défini dans ce rapport) et des autres approches (ressources en bois, économie,...).

Le travail de collecte des articles parus, débuté dans ce rapport (cf. 5.2) devrait se prolonger au fil du temps par une veille des publications. Ce travail peut se révéler plus lourd que le modeste volume de publications (quelques centaines, toutes formes confondues), notamment du fait que les données de l'inventaire ne donnent pas toutes lieu à publications scientifiques, par exemple dans le domaine des stations forestières, et ne sont pas aisément repérables.

Le service de l'inventaire forestier perçoit clairement l'intérêt d'un tel travail, mais ne peut probablement pas l'assurer sans des collaborations, en interne (ENSG, laboratoire forestier de l'IGN, à Nancy) et/ou en externe. Une participation des utilisateurs faciliterait le travail, mais n'est pas aisée à obtenir (le réflexe de fournir une copie des articles aux bailleurs de fonds et fournisseurs de données n'est pas, loin s'en faut, généralisé). Une sollicitation périodique (annuelle ou à l'occasion de rencontres entre producteurs et utilisateurs de données, cf. 6.7) bien diffusée pourrait y contribuer. Un travail de stagiaire permettrait de faire une évaluation périodique des évolutions constatées : types d'informations utilisées, profils des utilisateurs, progrès scientifiques attribuables en partie ou exclusivement aux données d'inventaire.

6.7 Renforcer les interactions entre l'IGN et les utilisateurs scientifiques et techniques

Les occasions d'échange entre l'IGN, producteur de données d'inventaire et de données cartographiques, et les utilisateurs scientifiques et techniques sont peu fréquentes⁵⁵. L'IGN et en particulier le service de l'inventaire forestier est conscient de ce déficit, et voit avec intérêt la suggestion formulée par les scientifiques de la tenue d'un séminaire périodique, par exemple tous les 2 ou 3 ans, entre producteurs et utilisateurs des informations de l'inventaire. Cette proposition fait d'autant plus sens que la taille de la communauté concernée est bien plus importante qu'il y a une vingtaine d'années et que les enjeux, notamment environnementaux, sont plus importants. L'IGN pourrait organiser des rencontres avec des partenaires motivés (ONF, INRA, GIP Ecofor,...).

7. Obstacles à certaines utilisations potentielles des données d'inventaire par les chercheurs et pistes pour les surmonter

Ce chapitre regroupe un certain nombre de questions qui ont émergé au cours des réunions entre experts de l'inventaire forestier, chercheurs et représentants de la gestion forestière. Certaines questions sont complexes et n'ont pu être discutées de façon précise.

7.1 Accès aux données et résultats d'inventaire « anciens » (avant 2005)

Les données et résultats qualifiés ici d'« anciens » datent d'avant le changement majeur de méthode de l'inventaire en 2005. Ils concernent toutes les données (écologiques, dendrométriques et cartographiques antérieures à 2005), et non les seules données écologiques. Ces données et résultats anciens accroissent leur potentiel d'utilisation, avec la diversification des problématiques environnementales et l'augmentation des communautés concernées.

Données

Ces données anciennes ne sont pas aussi homogènes que celles de la nouvelle méthode : les protocoles ont assez fortement évolué, surtout entre les cycles 1 et 2, et de manière hétérogène selon les départements et les Échelons. Il faut donc fournir de nombreuses métadonnées, parfois délicate à décrire. La recherche et la R&D pourraient cependant en faire bon usage.

Au-delà de la mise à disposition technique de ces données, la communauté scientifique, principale utilisatrice de ces données, interroge régulièrement l'IGN sur les conditions financières de mise à disposition. Les données récentes (depuis 2004) sont mises à disposition par téléchargement libre et gratuit sur le site de l'inventaire forestier. Les données plus anciennes (derniers cycles d'inventaire départementaux) peuvent être obtenues sur simple demande et paiement des frais de mise à disposition (requêtes, temps d'extraction).

Le service de l'inventaire, conscient de la demande, a engagé un travail. Il ne sera toutefois pas possible de mener ce travail à terme sans mobiliser des ressources humaines supplémentaire..

Résultats

Si les résultats des deux derniers cycles d'inventaires sont d'ores et déjà disponibles sous la forme de tableaux standards ou personnalisés sur Internet, un travail important reste à faire sur une partie des résultats des cycles précédents. Pour les plus anciens, seules les données disponibles dans les publications papier ont fait l'objet d'une mise en base de données.

⁵⁵

Les 40 ans de l'IFN, en avril 2000, ont constitué un exemple remarquable et sans équivalent depuis.

7.2 Accès à la localisation précise des placettes de relevés

Si les approches statistiques classiques ne nécessitent pas la connaissance de la localisation précise des placettes d'inventaire, il en va différemment pour de nombreuses applications, notamment celles combinant données statistiques et données cartographiques. Cette combinaison permet de conduire des études d'écologie du paysage, faisant le lien entre les structures forestières à large échelle (caractérisées par des paramètres calculés à partir de la carte) et la composition floristique, l'état de santé des forêts, les types de sol, voire la croissance des peuplements. La complémentarité des informations disponibles leur confère un intérêt exceptionnel.

Si les combinaisons entre données écologiques et de peuplement sont devenues assez banales, les combinaisons entre données (placettes) écologiques et cartographiques sont encore relativement rares pour plusieurs raisons :

- ces croisements n'ont relevé jusqu'ici que de la communauté de l'écologie du paysage, encore relativement réduite ;
- la difficulté d'accès aux coordonnées exactes explique que seuls quelques acteurs ont pu avoir accès aux coordonnées précises et faire ce type de combinaisons (il est nécessaire de disposer de ces coordonnées pour savoir dans quel polygone tombe un point d'inventaire, ou à quelle distance de la lisière du polygone il se trouve) ;
- la difficulté d'acquisition de l'expérience de traitements des données IGN ; il faut un certain temps à tout utilisateur pour connaître ces données, en comprendre les limites, imaginer ce qu'on peut en faire. Il faut du temps pour arriver à maîtriser des types de données aussi différents que les cartes et les données d'inventaire. D'où l'importance d'améliorer la vitesse d'appropriation des données IGN par les utilisateurs ;
- il y avait jusque là assez peu de jeux de données permettant de tester, d'améliorer, de critiquer les bases théoriques encore lacunaires de l'écologie du paysage. Au-delà des études de cas, souvent sans répétition de l'unité statistique qu'est le paysage, les données cartes x points d'inventaires de l'IGN font partie des rares données qui permettent de travailler « concrètement » l'écologie du paysage. L'arrivée à maturité de ces nouvelles données (un grand nombre de données sur la France entière) crée l'opportunité de ces nouvelles analyses.

La demande de croisement entre placettes et cartographies dépasse les seules cartes forestières de l'IGN : on voit ainsi un intérêt pour le croisement entre les points (placettes) et diverses autres informations cartographiques : couches d'indices topographiques intéressants, caractéristiques de sol, informations géologiques, indices climatiques (indices thermiques ou pluviométriques) à des fins d'étude du climat futur, etc.

Ces éléments mériteraient d'être discutés de façon approfondie entre chercheurs et experts de l'inventaire, afin d'arriver à une vue partagée sur ce qu'il est possible et pertinent de faire avec les coordonnées précises, et donc, à l'inverse, de préciser la perte d'information liée à un floutage des coordonnées des placettes d'inventaire.

Selon les acteurs de la recherche aussi bien que ceux de la gestion (ONF, CNPF), la difficulté d'accéder aux coordonnées exactes des placettes constitue actuellement un obstacle à la progression de leurs domaines d'investigation respectif

La principale raison, qui s'oppose à la communication de cette information, tient au **secret relatif aux propriétés privées (CNIL)**. Mettre entre les mains de divers opérateurs des données confidentielles pourrait, si elles ne sont pas traitées dans le respect de la confidentialité, rompre le secret, et, en retour, rendre les propriétaires réticents voire hostiles à l'intervention de l'inventaire forestier. La deuxième raison est la volonté de préserver le dispositif de placettes semi-permanentes (avec retour à 5 ans) et d'éviter des biais résultant d'un **changement de gestion** ou de visites trop fréquentes, qui seraient dus à la connaissance de la localisation exacte des placettes de mesure.

Les démarches qui permettraient, en principe, de surmonter cette difficulté sont de différentes natures :

- la conduite de **travaux de recherche sous forme de partenariat avec l'IGN** en confiant à l'IGN les phases qui nécessiteraient la connaissance des coordonnées exactes des placettes ;
- la possibilité de **faire exécuter des requêtes par les agents du service de l'inventaire forestier**, par croisement avec des couches SIG fournies par les utilisateurs pour fournir un attribut à la placette d'inventaire (température moyenne, distance à la lisière...) ;
- le **recours au comité du secret statistique** du Sénat, qui permet, quand le demandeur fait partie de la communauté scientifique, de bénéficier de la mise en œuvre d'une procédure codifiée de **lever du secret statistique**, assortie de conditions strictes de confidentialité et un recours juridique possible en cas de manquement. Cette voie, utilisée par exemple pour des travaux de recherche dans le domaine agricole impliquant des données confidentielles sur les exploitations agricoles, ne peut être mise en œuvre à ce jour dans le domaine forestier, car l'inventaire forestier n'est pas inscrit sur la **liste des sources nécessitant le secret statistique**. A noter que cette démarche est sans rapport direct avec celle, en cours de préparation, visant à déposer un dossier au Centre National de l'Information Statistique (CNIS), qui permettra de faire de l'inventaire forestier une « enquête certifiée ».

7.3 Possibilité de lier les informations des points d'inventaire à des données sur les propriétés concernées

A l'heure actuelle, il n'existe pas d'information relative au mode de gestion ni même à la taille de la propriété sur laquelle est fait un relevé de l'inventaire forestier. Cet état de fait pourrait cependant évoluer à l'avenir. Dans une optique de connaissance de la ressource forestière, l'existence d'un plan simple de gestion est pris en compte depuis peu par l'IGN sur la base d'une collaboration avec le CNPF. Par ailleurs, le croisement de la position des relevés avec la base de données cadastrales semble d'ores et déjà possible grâce au service du Cadastre, qui dispose d'une base de données opérationnelle. Cependant, si les données du Cadastre permettent de connaître les parcelles disposées autour d'un point donné, elle ne donne pas les « contours » d'une même propriété.

L'IGN a réalisé de tests de croisement des données MAJIC du cadastre avec ses propres données sur le département de l'Oise. Ce travail est assez complexe, et l'on ne peut le réaliser partout à l'heure actuelle, mais cela permet de mieux renseigner la taille des propriétés forestières. Ce type d'information intéresse potentiellement divers acteurs de la gestion et la communauté scientifique, qui aurait là un accès à une information inédite, potentiellement très intéressante, au croisement du paysage, de la sylviculture et de l'écologie.

7.4 Conditions d'accès à certains produits cartographiques

Ce rapport est essentiellement consacré à l'utilisation des données statistiques fournis par l'inventaire forestier en conformité avec la commande (annexe 1). Cependant, au cours des échanges avec les experts, ces derniers ont beaucoup insisté sur le grand **intérêt des données cartographiques à différentes échelles** pour la recherche et les diverses questions posées, seulement abordées superficiellement ici. C'est pourquoi un complément au présent travail sur le potentiel et les limites actuelles en matière cartographique serait utile.

Certains chercheurs considèrent que les conditions d'accès aux cartes de l'IGN sont encore peu satisfaisantes en raison d'un coût jugé trop élevé, ce qui les conduit à privilégier des données gratuites mais moins précises (par ex. données CORINE Land Cover). Cette observation ne s'applique cependant plus aux conditions actuelles de mise à disposition des données, qui est gratuite (hors frais de mise à disposition) pour les institutions de recherche présentant une demande dans le cadre d'un projet de recherche.

8. Evolutions envisageables de la prise de données de l'inventaire forestier dans le domaine écologique

Ce rapport s'est largement focalisé sur les améliorations nécessaires pour mieux valoriser les données écologiques acquises par l'inventaire (cf. 6 et 7). La réflexion sur les **nouvelles données**, qui permettraient de rendre l'inventaire plus performant sur un plan scientifique et plus apte à répondre aux politiques publiques, n'a pas pu faire l'objet d'un travail approfondi, et ce sont principalement les chercheurs qui ont formulé les suggestions rapportées ci-après.

Avant d'analyser les propositions d'évolution de la prise de données dans le domaine écologique, il a paru intéressant de récapituler les données écologiques intégrées à l'inventaire au cours des 10-15 dernières années (tableau 2). Ce sont principalement 6 nouveaux paramètres statistiques et 2 paramètres cartographiques, qui ont été intégrés (de manière systématique ou exploratoire). Les temps de relevé correspondants sont (hors suivi des habitats) relativement modestes, s'agissant de relevés pour partie rapides à faire, ou ne concernant qu'une partie des arbres ou des peuplements.

Tableau 2. Données écologiques prises en compte par l'inventaire statistique au cours de la dernière décennie

Début	Paramètres	Modalités	Origine de la demande
2006	Dégâts phytosanitaires	Quelques symptômes permanents et mortalité de branches dans la partie supérieure du houppier	Département de la santé des forêts
2008	Bois mort au sol	Mesures des pièces de bois mort interceptant un transect d'azimut aléatoire sur la placette	Complément bois mort debout, Forest Europe
2012-	Suivi temporel des habitats	Caractérisation du type d'habitat (association végétale) sur les points d'inventaire visités au sol, progressivement sur le territoire depuis 2011	ministère en charge de l'environnement, Union européenne
2014	Distance à l'unité hydrographique la plus proche	Moins de 15 m ou entre 15 et 25 m ou entre 25 et 50 m depuis le centre de la placette	Besoins internes, projet Habitat
2014	Dégradation des arbres par les grands ongulés	Sur petit bois et moyen bois, notation de la présence d'écorticage et de frottis	Gestionnaires forestiers

A l'étude	Pression d'herbivorie grands ongulés	Sur la base d'indices floristiques	Gestionnaires forestiers
------------------	---	------------------------------------	--------------------------

Tableau 3. Principales données liées à des données cartographiques

Début	Paramètres	Modalités	Origine de la demande	Remarques
Quand la V2 de la BD forêt sera disponible	Longueur et nature des lisières	à partir de la BD Forêt V2 dès qu'elle sera disponible	IGD-Forêt national : pour l'indicateur 4.7	déjà possible avec une autre couche d'information pour limite forêt non forêt
2015 (mise au point de la méthodologie)	Forêts anciennes : cartographie au niveau national	Numérisation / vectorisation à partir de la carte d'Etat Major (1820-1866)	MEDDE	Environ 20 % de la forêt française a été vectorisée par l'INRA, le WWF, des Parcs,

Tableau 4. Quelques suggestions d'évolution des prises de données écologiques de l'inventaire forestier formulées par le groupe de travail du projet

Paramètre considéré et nature de l'évolution	Motivations - Objectifs - Modalités possibles	Point de vue (non consolidé) des responsables de l'inventaire
Flore : qualifier, améliorer et faire connaître la qualité des observations	Les échanges entre experts de l'inventaire et chercheurs ont confirmé l'intérêt de faire connaître les efforts réalisés pour garantir la qualité des résultats. Des exercices d'intercalibration (comparaisons en aveugle, sur de mêmes sites) pourraient associer des équipes de l'inventaire mais aussi des scientifiques aguerris dans ce domaine. La publication de la précision des relevés permettrait d'améliorer la visibilité des données écologiques de l'inventaire au sein de la large communauté d'acteurs utilisant des données floristiques. Cela permettra de mieux connaître les qualités ⁵⁶ (et limites) des données de l'inventaire et de les comparer à celles d'autres sources. Le taux d'exhaustivité des relevés (qui augmente avec l'entraînement des agents) pourrait être cerné avec un questionnaire d'évaluation périodique (tous les 5 ans ?) de leurs connaissances botaniques.	Objectif identifié. Les modalités sont à préciser.
Flore : diminuer la surface d'inventaire floristique (pour améliorer la qualité)	On vise des résultats de meilleure qualité (cf. taux d'exhaustivité des relevés). Surface actuelle (700m ²) élevée selon les standards classiques. Pas de consensus sur une surface idéale. A approfondir. La réduction du temps passé aux relevés serait moindre en proportion, car il est attendu que l'inventaire de la flore soit plus intense.	Une telle évolution semble envisageable du point de vue des responsables de l'inventaire mais pas forcément partout.
Flore : faire en routine un retour	Pour mieux appréhender les évolutions de la flore (pour compenser l'absence de placettes permanentes).	Il pourrait s'agir d'un effort assez

⁵⁶ Cet effort devrait notamment confirmer la grande cohérence des données de l'inventaire, qui constitue une de leurs qualités principales.

sur un sous-échantillon des relevés floristiques	Après un délai à définir (5, 10 ans ou plus),	modeste, qui pourrait être intégré en routine dans l'inventaire
Sol :	Chercheurs et responsables de l'inventaire expliquent la moindre utilisation des données sols par rapport aux autres données écologiques mentionnées plus haut par la complexité de la variable SOL (type de sol), qui contient un grand nombre de classes, difficilement maniables pour l'analyse de données. Sans dégrader le niveau de précision de la prise d'information, il paraît possible de fournir dans les fichiers la variable au grain le plus fin et une variable à un niveau un peu plus agrégé, avec un nombre de classes de grands types de sol plus réduit.	Ce constat a conduit l'inventaire à envisager une simplification qui pourrait également permettre de gagner un peu de temps sur le terrain. Travail programmé
Sol : prélèvements en routine à des fins d'analyse	Les analyses de sols sont peu nombreuses en forêt. A envisager sur un petit sous-échantillon de l'inventaire fait régulièrement..	A évaluer : temps de prélèvement, coûts d'analyse,...
Régénération des peuplements : améliorer la description	Mieux comprendre ce stade particulier (sensible aux ongulés, au climat,...). Précision incertaine (faible proportion à un moment donné)	A discuter

Ces propositions n'ont pas été finalisées sur un plan technique, ni, par conséquent, chiffrées.

9. Conclusions

La première conclusion porte sur **ce qu'on entend par « données écologiques » dans le contexte de l'inventaire forestier** et sur **ce qui motive leur utilisation**. Si les informations écologiques au sens strict (flore et sol) étaient, dans un premier temps, surtout utilisées pour interpréter les résultats dendrométriques et mieux appréhender la ressource forestière, il s'est assez vite avéré que :

- **les données écologiques ont un intérêt pour elles-mêmes** (connaissance des sols forestiers, de la flore forestière, etc.), indépendamment des données dendrométriques ;
- **les données dendrométriques et dendrologiques ont également une valeur écologiques**, aussi bien dans le domaine de la biodiversité que dans celui de la réponse des forêts au changement climatique.

Ainsi, les travaux scientifiques et en appui aux politiques publiques décrits dans ce rapport relèvent plus de la « **valorisation des données de l'inventaire forestier à des fins écologiques** » que de la « valorisation des données écologiques de l'inventaire forestier », point de départ de cette étude.

La commande de l'étude ayant porté sur les données statistiques, les usages de la **cartographie forestière** n'ont pas été approfondis, mais l'intérêt d'une **combinaison des données statistiques et cartographiques** a été souligné. ; ce domaine mériterait une réflexion approfondie en complément de ce travail.

La deuxième conclusion concerne le degré de valorisation des données écologiques (au sens large) et les marges de progrès possibles. Ce rapport montre l'importance et la diversité des usages des informations écologiques de l'inventaire dans les domaines des politiques publiques (notamment pour renseigner des indicateurs) et la recherche scientifique (cf. 3 à 5). De façon générale, ces données sont appréciées pour leur richesse, leur diversité, leur cohérence et la possibilité d'effectuer des analyses à la fois spatiales et temporelles. Il n'est pas apparu de données qui ne soient déjà

valorisées, mais ces données pourraient être plus largement utilisées encore ; diverses pistes ont été identifiées pour valoriser mieux encore et vers différents publics les données écologiques (cf. 6). La concrétisation de ces travaux est notamment liée au maintien d'un effectif suffisant d'experts forestiers à l'IGN, et de la mobilisation de moyens sur quelques tâches identifiées. Enfin, certaines utilisations scientifiques potentiellement prometteuses se heurtent à des difficultés d'accès à l'information (ex. coordonnées précises des placettes). Des pistes potentielles existent parfois, mais les possibilités concrètes ne sont pas toujours claires ou partagées.

La troisième conclusion porte sur les **évolutions concrètes envisageables dans la récolte de données**. Celles-ci n'ont pas pu être discutées de façon approfondie. Elles concernent les données écologiques (ici au sens strict), la flore principalement et les sols, et portent surtout des améliorations méthodologiques et de la qualité. Des options de prises de données complémentaires (retours sur le terrain, prélèvement d'échantillons) sont présentées, qui ouvrent la voie à des approfondissements. **Ce travail doit être organisé et faire l'objet de rendus périodiques, afin de faciliter les arbitrages.**

Enfin, ce travail a confirmé l'intérêt des **échanges entre l'inventaire forestier et les utilisateurs de données de l'inventaire**. Ces échanges, qu'il serait intéressant d'organiser pour l'ensemble des utilisations (écologiques, ressources,...), gagneraient à d'être plus organisés; ils contribueraient à la valorisation des données acquises et à l'analyse des évolutions souhaitées et possibles.

Bibliographie

Benest F., 2013, Les critères de la qualité biologique des forêts vus par les données de l'IGN, Rapport étude Biomadi, IGN MEDDE Ecofor, 69 p.

Benest F., 2014, Suivi temporel des habitats forestiers, Déploiement sur les GRECO A, B, C, D et G en totalité, Résultats des campagnes 2011, 2012 et 2013, rapport 2014, 54 p.

Forêt M. et Dumé G., 2006. « Les outils d'aide à la reconnaissance des stations forestières et au choix des essences. Méthodes et recommandations pratiques ou Guide-âne », Ed. IFN, 220 p.

IGN 2014, Instruction pour les mesures et observations de terrain (IMOT), Campagne d'inventaire 2015, document interne IGN, 297 p. (version du 6 septembre 2014)

IGN, 2015a, Visualisation des données brutes de l'inventaire forestier et environnemental Documentation d'aide, 20 p.

IGN, 2015b, Résultats d'inventaire forestier – Résultats standards (campagnes 2009 à 2013) – Tome national version grandes régions écologiques, 181 p.

MAAF, IGN, 2016. Indicateurs de gestion durable des forêts françaises métropolitaines, édition 2015. MAAF-IGN, Paris, 343 p.

Paillet, Y., Coutadeur, P., Vuidot, A., Archaux, F. & Gosselin, F. , 2015. Strong observer effect on tree microhabitats inventories: A case study in a French lowland forest. Ecological Indicators, 49, 14-23.

SOeS, 2015. Repères. Sol et environnement. Chiffres clés. Edition 2015. Commissariat général au développement durable, Service de l'Observation et des Statistiques, 104 p.

Staub J., 2009, Sensibilité des sols forestiers au tassement, Mémoire de fin d'études Agroparistech – ONF, 112p

Acronymes

CBN : Conservatoire Botanique National
CGAAER : Conseil général de l'alimentation de l'agriculture et des espaces ruraux.
CGDD : Commissariat général au développement durable
CNIS : Centre National de l'Information Statistique
CNPf : Centre national de la propriété forestière
CNRS : Centre national de la recherche scientifique
COPIL : Comité de pilotage
CREN : Conservatoire régional des espaces naturels
D2SI : Direction des services et du système d'information (IGN)
DEB : Direction de l'eau et de la biodiversité (ministère en charge de l'environnement)
DEP : Département d'expertise (IGN)
DG IGN : Direction générale IGN
DIRNE : Direction régionale nord-est (IGN)
DIRSO : Direction régionale sud-ouest (IGN)
DPR : Direction de la production des référentiels (IGN)
Ecofor : Groupement d'Intérêt Public " Ecosystèmes Forestiers "
ENSG : Ecole nationale supérieure de géographie
EFESE : Evaluation française des écosystèmes et services écosystémiques
ENGREF : Ecole nationale du génie rural des eaux et forêts (devenue Agroparistech)
FCBA : Institut technologique Forêt Cellulose Bois Construction Ameublement
GIS Sol : Groupement d'intérêt scientifique sol
GRECO : Grande région écologique (inventaire forestier)
GSM : Global Soil Map
IGN : Institut national de l'information géographique et forestière
INPN : Inventaire national du patrimoine naturel, géré par le MNHN
INRA : Institut national de la recherche agronomique
IRSTEA : Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture
LIF : Laboratoire d'inventaire forestier (IGN)
LPO : Ligue de protection des oiseaux
MAAF : Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et de la forêt
MEDDE : Ministère de l'écologie du développement durable et de l'énergie
MFR : Maisons familiales et rurales
MNHN : Muséum national d'histoire naturelle
ONB : Observatoire national de la biodiversité
ONF : Office national des forêts
RMT AFORCE : réseau mixte technologique Adaptation des FORêts au changement climatique
PNF : Parcs nationaux de France
PNFB : Plan national forêt bois
PNR : Parcs naturels régionaux
PRFB : Plans régionaux forêt bois
SAI : Service des services et applications innovantes (IGN)
SER : Sylvoécotémoins (inventaire forestier)
SIFE : Service de l'inventaire forestier et environnemental (IGN)
SOeS : Service de l'observation et des statistiques (CGDD)

Annexe 1 : commande de l'étude

2.3. Décomposition des actions réalisées par l'IGN

Sous réserve de la disponibilité des informations nécessaires, la production est décomposée en actions de la façon suivante :

1. un bilan succinct des études déjà réalisées par l'IGN (IFN) sur les données écologiques,
2. un bilan de l'utilisation et de la valorisation actuelle des données de l'inventaire par les divers utilisateurs, en particulier la communauté scientifique (exemples d'études significatives, identification des données principalement mobilisées...). A partir de ce bilan, le groupe de travail, mis en place dans le cadre de ce projet et défini ci-après, proposera des pistes de progrès pour élargir le cercle des utilisateurs telles que la définition des données valorisables/exploitable, le format optimal de diffusion de ces données en lien avec le SINP, la qualité des données transférables, l'identification des modalités de communication auprès des utilisateurs potentiels...
3. l'analyse des données dendrologiques et écologiques, organisée selon les champs suivants :
 - diversité biologique ou structurale (y compris les données sur les micro-habitats),
 - altérations possibles de la qualité biologique des milieux forestiers,
 - indicateurs de structure et de fonction de l'état de conservation des habitats,
 - faisabilité du calcul de l'indice de biodiversité potentielle à l'aide des données IGN,
4. l'articulation de ces réflexions avec différents projets listés ci-dessous :
 - le programme de suivi temporels des habitats,
 - les travaux conduits lors du dernier rapportage sur la directive « Habitats-faune-flore »,
 - le projet Questind (indicateurs biodiversité & forêt) conduit dans le cadre de l'ONB,
 - le processus de révision des indicateurs de gestion durable forestiers (intersessions, Forest Europe),
 - le travail qui va être lancé dans le cadre de la mise en place d'indicateurs de gestion durable dans le Plan National Forêt Bois et les Plans Régionaux Forêt Bois, en application de la loi d'avenir sur l'agriculture et la forêt qui doit être adoptée en 2014,
 - le travail conduit dans le cadre du projet « Passifor »,
 - tous travaux jugés nécessaires à la réflexion,
5. des propositions sur la faisabilité d'un suivi en continu et adapté pour répondre au besoin d'évaluation ou de connaissance des politiques publiques :
 - descripteurs à maintenir ou à développer, nouveaux descripteurs à mettre en place,
 - modalités d'organisation de la valorisation des données non seulement auprès de la communauté scientifique mais aussi des porteurs des politiques publiques,
 - chiffrage du dispositif, notamment en cas de prise de données supplémentaires.

Annexe 2 : données de l'inventaire, identifiées par champ

D'après l'IF n°34

- En caractères blancs sur fond gris foncé : les données écologiques
- en caractères blancs sur fond gris moyen: les données dendrologiques
- En caractères noirs sur fond gris clair : données dendrométriques fréquemment mobilisées pour des études environnementales et sur les changements climatiques

En caractères noirs sur fond blanc : autres.

Le tableau suivant liste les informations collectées en forêt de production pour la campagne 2014 (données brutes) et décrit quelques-unes des utilisations standard dans les publications IGN. Il indique également quelques personnalisations possibles des calculs pour des zones ou des études spécifiques.

Description générale du peuplement (issue de photo-interprétation)	
<i>Caractérisation de la formation surfacique</i>	
- Couverture du sol	Leur combinaison peut aboutir à une définition différente de la forêt ou de la forêt de production (autre que la définition internationale utilisée par l'IGN)
- Taille du massif	
- Utilisation du sol	
Description du peuplement in situ	
<i>Caractérisation du peuplement</i>	
- Structuration verticale du peuplement	
- Traces de gestion en vue d'exploiter	
- Indicateur d'incident de moins de 5 ans	
- Type de coupe	
- Espèce coupée majoritaire	
- Présence ou non d'un boisement spontané	
- Classe d'âge des peuplements non recensables	
<i>Caractérisation de la plantation</i>	
- Type de plantation	
- Espèce arborée plantée majoritaire	
- Espèce arborée plantée secondaire	
- Peupleraies : écartement des lignes et des peupliers sur la ligne	
- Nombre de peupliers manquants	
- Niveau d'entretien de peupleraie	
- Présence d'élagage artificiel des arbres de la plantation	

<i>Caractérisation des lisières</i>	
- Présence ou non de lisière	
- Couverture du sol au-delà de la lisière	
<i>Caractérisation de l'exploitabilité</i>	
- Distance de débardage	L'exploitabilité est ventilée en 5 classes : très facile, facile, moyenne, difficile, très difficile en fonction des cinq variables relevées. Elle peut toutefois être définie sur demande selon des seuils différents pour être adaptée aux conditions et aux équipements de chaque territoire
- Présence d'itinéraires de débardage	
- Indicateur de pente maximale de débusquage	
- Indicateur de portance du sol	
- Indicateur d'aspérité	
<i>Taux de couvert de la végétation (issue de mesures sur les placettes)</i>	
- Taux de couvert des ligneux bas, hauts, herbacés et mousses	-
- Arbres recensables : - Espèce arborée - Taux de couvert absolu - Taux de couvert libre - Taux de couvert libre relatif - Taux de couvert relatif	À partir de ces données de couvert, les données suivantes sont calculées : présence ou non d'une strate recensable, espèce arborée principale et essence principale . Pour la strate recensable sont aussi calculées la diversité et la composition (nomenclature emboîtée allant de 117 à 2 modalités). D'autres calculs ou un calcul différent pour ces variables peuvent être effectués sur demande.
- Ligneux non recensables - Espèce arborée - Taux de couvert absolu - Taux de couvert libre	
<u>Description générale de l'arbre</u>	
<i>Description de l'arbre</i>	
- Etat de végétation	-
- Espèce arborée	
- Si arbre mort, date présumée de la mort	Mortalité
- Accident récent de l'arbre	-
- Origine de l'arbre (rejet ou graine)	-
- Taux de couvert libre de l'arbre	-
- Indicateur d'arbre têtard	-
<i>Mesures élémentaires</i>	
- Circonférence à 1,3 m	Ces mesures donnent accès aux données calculées suivantes : accroissement en diamètre, recrutement en nombre de tiges, surface terrière et accroissement brut, recrutement et production de surface terrière, volume total, production, recrutement et accroissement en volume. L'IGN applique pour cela ses propres tarifs de cubage. Il est possible de calculer des résultats à partir de ces variables en appliquant des tarifs de cubage spécifiques.
- Accroissement radial sur 5 ans	
- Hauteur totale	
- Type de découpe	
- Hauteur de découpe	
<i>Arbres sondés à cœur (2 par placettes choisis dans le peuplement dominant)</i>	
- Type de dominance	

- Age à 1,3 m	
- Pourriture au cœur	
- Accroissements radiaux sur 5 ans	
<i>Estimation de la qualité des bois</i>	
- Qualité de l'arbre	-
- Longueur de fut sans défaut	-
<i>Caractéristiques phytosanitaires</i>	
- Mortalité des branches dans le houppier	-
- Présence de gui	-
- Présence de gélivure	-
- Dorge et balais de sorcière sur les sapins	-
-	-
<i>Bois mort au sol</i>	
- Espèce arborée	Ces données donnent accès au volume de bois mort au sol en forêt et en peupleraie.
- Diamètre du bois mort	
- Etat de décomposition	
<u>Description écologique de la placette</u>	
<i>Situation topographique</i>	
- Position topographique	-
- Observations sur le relevé topographique	-
- Présence de chemin ou ruisseau	-
- Distance entre la placette et l'unité hydrographique	-
- Plus grande pente de la placette	-
- Exposition de la placette	-
<i>Description de l'humus</i>	
- Epaisseur et niveau de décomposition de la couche de litière	-
- Structure de l'horizon A1	-
- Type d'humus	
<i>Description géologique</i>	
- Type de roche mère	-
- Observation sur la roche	
<i>Description pédologique</i>	
- Observation sur le relevé pédologique	Les différentes données levées sur les sols forestiers sont ensuite combinées pour obtenir d'autres données pédologiques calculées : La texture et l'indice de texture du sol à partir de la texture du sol, de la profondeur des deux horizons de l'indice d'affleurement rocheux et de la charge en éléments grossiers ;
- Indice d'affleurement rocheux	
- Indice d'affleurement rocheux en place	
- Charge en éléments grossiers	
- Charge en éléments grossiers dans les 40	

premiers cm	<p>L'indice d'acidité du sol à partir de la profondeur de carbonatation, de la roche mère, des affleurements rocheux, de la charge en éléments grossiers et de la texture du sol ;</p> <p>L'indice d'hydromorphie du sol, à partir du type de sol, du type d'humus, et de la profondeur d'apparition des horizons hydromorphes ;</p> <p>La réserve utile calculée à partir de la charge en éléments grossiers, la profondeur et la texture de chaque horizon ;</p> <p>L'indice de charge en cailloux et profondeur du sol : à partir de la charge en éléments grossiers, l'affleurement rocheux et la profondeur du sol.</p> <p>D'autres indicateurs mobilisant ces données seules ou avec d'autres données externes (données météorologiques par exemple) peuvent être produits sur demande.</p>
- Texture de l'horizon supérieur	
- Texture de l'horizon inférieur	
- Profondeur de sondage	
- Observations sur la profondeur du sondage	
- Profondeur d'apparition des éléments limitants (carbonatation, gley, etc.)	
- Observation sur l'hydromorphie	
- Type de sol	
Relevés floristiques	
- Date du levé	-
- Observation d'aléas climatiques	-
- Observation sur les levés de végétation	-
- Espèces	Les espèces présentes sur la placette ainsi que leur abondance permettent de calculer les niveaux hydrique et trophique de la placette.
- Abondance	
Points retour	
- Date du levé	
- Couverture du sol 5 ans après	La comparaison de cette donnée avec celle renseignée sur le point « aller » donne accès à l'évolution d'une partie des surfaces forestières
- Indicateur d'incident de moins de 5 ans	
- Indicateur de prélèvement de moins de 5 ans	Cette donnée renseigne sur la présence ou non d'une coupe, partielle, ou totale. Elle est ensuite utilisée pour accéder à la fréquence de coupe
- Etat de végétation des arbres 5 ans après	Le levé de l'état de végétation des arbres cinq ans plus tard permet de calculer les prélèvements entre les deux passages

Annexe 3 : questionnaire adressé aux chercheurs

Valorisation des informations écologiques de l'IGN

Informations générales :

Nom :

Etablissement :

Fonction :

1 - Identification des publications

Notez ici tous les ouvrages, articles, rapports (contribuant aux besoins de connaissance et d'évaluation des politiques publiques environnementales), dont la rédaction a été permise par l'utilisation de données de l'inventaire :

Identification des publications							
Liste des références bibliographiques	Nature des informations mobilisées :					Ventilation des résultats	
	Floristiques	Pédologiques	Dendrologiques	Dendrométriques	Cartographiques	Spatiales	Temporelles
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Autres, précisez :

2 - Voies de mobilisation des données d'inventaire

En ligne sur le site de l'inventaire

Téléchargement de données brutes

Consultation de données brutes

Tableaux personnalisés

Par convention particulière avec l'IFN ou l'IGN (nature du/des partenaires)

Par convention avec une université ou école

Autres voies, précisez :

3 - Avis concernant l'accessibilité des informations de l'inventaire et perspectives

Données qu'il serait important d'acquérir pour compléter les informations de l'inventaire

Descripteurs de l'environnement forestier qu'il serait souhaitable d'élaborer

Avis sur les améliorations possibles des informations diffusées

Avis sur les améliorations possibles du portail de diffusion des informations

Données de l'inventaire les plus intéressantes au titre de vos besoins et attentes

