Inventaire Forestier National

La forêt française

Les résultats issus des campagnes d'inventaire

2006 - 2010

Pour bien comprendre les résultats publiés

Pour bien comprendre les résultats publiés 4

Introduction 5

Le choix d'une restitution selon un découpage « écoforestier » 5

Comment est prise en compte la tempête Klaus ? 5

Précautions d'emploi des résultats 5

Résumé de la méthode d'inventaire 6

Principe de l'échantillonnage 6

Un plan d'échantillonnage à deux phases 7

Couverture et utilisation du sol 8

La couverture du sol 8

. Couverture boisée 8

. Bosquet 9

. Lande 9

. Autre végétation 9

. Autres couvertures 9

L'utilisation du sol 10

Qu'appelle-t-on forêt ? 11

Répartition des résultats 12

Territoire national et grandes régions écologiques (GRECO) 12

Catégories de propriété 13

Catégories de forêt 13

Caractéristiques de la forêt 14

Volume de bois vivant sur pied 14

. Comment est estimé le volume de bois sur pied ? 14

. Catégorie de dimension des arbres 14

. Qualité du bois 15

Surface terrière 15

Production 15

. La production biologique en volume des arbres vifs 15

. La production biologique en volume sur une période 16

Diversité de la forêt 16

. Composition du couvert 16

. Essence principale recensable 16

. Nombre d'essences dans la strate recensable 17

. Nombre d'essences au couvert non nul 17

. Taux de couvert des ligneux hauts, bas et des non ligneux 17

. Hauteur de Lorey 17

Caractéristiques écologiques 18

. Roche mère 18

. Texture du sol 18

. Type de sol 19

. Type d'humus 21

. Profondeur des sols et charge en cailloux 22

. Indice d'hydromorphie 22

. Niveaux trophique et hydrique 23

. Altitude 24

Bois mort 24

. Définition 24

. De plus en plus de données 24

. Arbre mort sur pied et chablis 25

. Bois mort au sol 25

. Bois mort et tempête Klaus 25

Produit par l'Inventaire forestier national

Les informations ci-après peuvent être reproduites ou diffusées à des fins non commerciales
sans autorisation préalable de l'IFN à condition que la mention
« © Inventaire forestier national, 2011 »
soit clairement indiquée.

www.ifn.fr

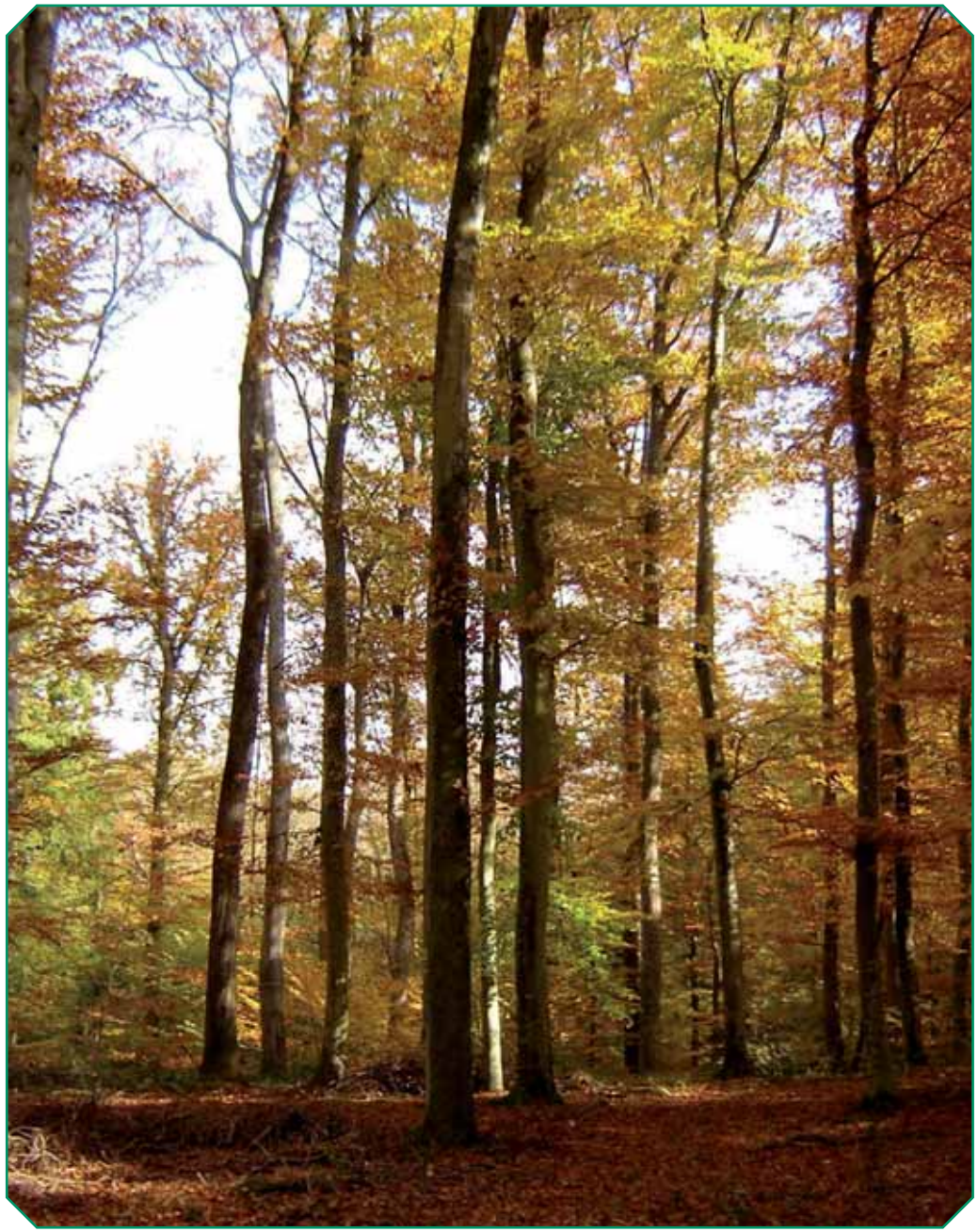
L'année 2010 correspond à la sixième campagne annuelle d'inventaire selon la méthode mise en place fin 2004 par un sondage systématique du territoire métropolitain avec fractions annuelles.
Appliquant le principe de publication de résultats basés sur cinq campagnes d'inventaire, les résultats présentés ici sont issus des observations et des mesures réalisées sur près de 33 500 points d'inventaire lors des cinq campagnes annuelles menées de novembre 2005 à novembre 2010, c'est-à-dire **des campagnes d'inventaire des années 2006 à 2010**.

Le contrat d'objectif de l'établissement précise que l'Inventaire forestier national doit produire et diffuser des résultats d'inventaire standard à deux échelles géographiques : la région pour la dimension administrative, la sylvoécorégion pour la dimension écoforestière. Ces deux dimensions sont abordées dans les résultats produits en 2011 même si seule la dimension écologique est mise en avant dans les publications illustrées.

En effet, la diffusion des résultats se veut la plus large possible et prend plusieurs formes :
- des ouvrages téléchargeables en ligne qui incluent des éléments de méthode, les principaux chiffres, des cartes et des graphiques commentés ;
- un accès à plusieurs milliers de tableaux standard via le site Internet pour les résultats les plus courants : www.ifn.fr/spip/?rubrique17 ;
- un accès à un module de calcul de résultats personnalisés toujours via le site Internet pour des résultats plus spécifiques : www.ifn.fr/spip/?rubrique18.

Le présent ouvrage rassemble la notice méthodologique intitulée « *Pour bien comprendre les résultats publiés* » et les résultats pour l'ensemble de la France.
Par rapport à l'édition 2010, il décrit plus précisément les données écologiques et floristiques qui sont collectées par l'IFN et présente dans un second temps la forêt sous diverses thématiques liées à l'écologie (pédologie, diversité des peuplements, forêt de montagne, bois mort, etc.).

Cette brochure s'accompagnera également de monographies pour chacune des grandes régions écologiques (GRECO) ; elles seront disponibles sur le site Internet de l'établissement début 2012. En effet, les onze grandes régions écologiques mais aussi la grande région écologique azonale rassemblant les sylvoécorégions des cinq vallées des bassins des grands fleuves français et de leurs affluents feront chacune l'objet d'une synthèse de quelques dizaines de pages sur leur forêt.



Une hêtraie dans le département de l'Ain

Pour bien comprendre les résultats publiés

Vallée du Lutour (Hautes-Pyrénées)

Introduction

Le choix d'une restitution selon un découpage « écoforestier »

En standard, l'IFN publie des résultats calculés à partir des données recueillies lors des cinq campagnes précédant l'année de publication. Sauf exception signalée, les statistiques publiées sont donc obtenues par combinaison des informations issues des campagnes annuelles 2006 à 2010. Ils sont alors à rapporter à une **année moyenne 2008**.
Après des résultats par région administrative l'an passé, le choix s'est porté pour l'année 2011 sur une restitution par grande région écologique (GRECO) avec, quand cela est possible, des données par sylvoécorégion. Ils sont présentés de la manière suivante :

- dans le premier tome, pour l'ensemble de la France, sous forme de tableaux ou graphiques permettant la comparaison entre les différentes GRECO ;
- dans les 12 tomes par GRECO, avec lorsque cela est possible, des résultats par sylvoécorégion, tenant compte des spécificités de la région en matière de conditions bioclimatiques, pédologiques et de végétation forestière.

Comment est prise en compte la tempête Klaus ?

La tempête Klaus a touché de manière brutale la région Aquitaine et particulièrement le massif landais le 24 janvier 2009. Les régions Midi-Pyrénées et Languedoc-Roussillon ont aussi été affectées mais dans une moindre mesure. L'IFN a estimé dans les premières semaines qui ont suivi :

- à 684 000 ha (± 37 000 ha) la surface sur laquelle les dégâts ont été constatés (dont 297 000 ha avec plus de 40 % de dégât) ;
- à 43 millions de mètres cubes (± 6 millions) le volume endommagé ou détruit dont 41 millions pour la seule région Aquitaine. Dans cette région, la part de volume touché atteint 24 % en moyenne et 43 % dans le massif landais.

La prise en compte de ces dégâts a fait l'objet d'une opération spécifique de mise à jour dans les bases de données pour les trois campagnes précédentes. L'utilisation de ces données sans mise à jour / actualisation aurait conduit à surestimer les volumes sur pied actuels.
L'estimation des dégâts a été conduite par des retours sur tous les points d'inventaire visités lors des campagnes qui avaient précédé la tempête. Ces observations ont permis de déterminer le sort de chaque arbre des échantillons correspondants et d'actualiser leur état immédiatement après la tempête. Ainsi, les arbres renversés lors de la tempête ne sont pas pris en compte dans les statistiques de volume sur pied, de surface terrière ou de production des arbres vivants.
Les données d'origine sont conservées dans les bases de l'IFN. Elles peuvent être utilisées pour des études qui le nécessiteraient.

Les estimations fournies prennent en compte les effets de la tempête, en appliquant aux campagnes antérieures à celle-ci les observations faites *a posteriori* (février 2009), ceci afin de ne pas surestimer le volume sur pied et la production annuelle.

Précautions d'emploi des résultats

Sauf exceptions dûment signalées, tous les résultats sont calculés à partir des données recueillies au cours des cinq campagnes annuelles sur le terrain, de novembre 2005 à novembre 2010.
La prise en compte des données apportées par une nouvelle campagne d'inventaire se traduit pour l'estimation d'une même grandeur (le volume total de bois sur pied en France, par exemple) par des résultats différents de ceux qui ont été publiés précédemment. Pour la première fois, il est possible de voir dans ces variations une évolution de la grandeur estimée entre les campagnes 2005 à 2009 d'une part et les campagnes 2006 à 2010 d'autre part. Cependant l'écart entre deux valeurs d'une même grandeur sur deux périodes consécutives de 5 ans étant en général inférieur à l'intervalle de confiance à 95 % publié dans la grande majorité des tableaux, il ne permet pas dans ces cas de considérer cette différence comme une évolution statistiquement significative.

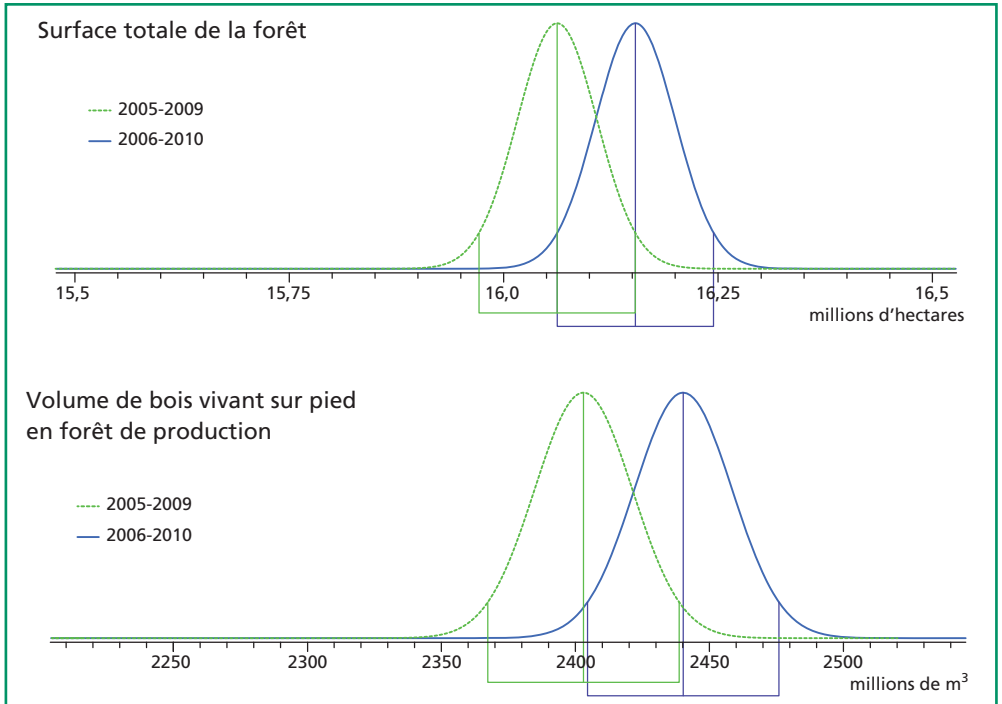


Fig. 1 : Évolution et intervalle de confiance

En règle générale les résultats en surface pour lesquels l'amplitude de l'intervalle de confiance est supérieure à 30 % de la valeur estimée et les autres résultats pour lesquels cette amplitude est supérieure à 80 % de la valeur estimée sont considérés comme non significatifs et ne sont pas publiés. Ils sont indiqués par l'expression « n.s. » dans les tableaux.

En raison de la variabilité de la surface des unités géographiques pour lesquelles des résultats sont donnés dans un même tableau, il arrive que pour certaines colonnes, ces résultats soient non significatifs alors qu'ils le sont pour d'autres, pour des regroupements ou pour l'ensemble de la France. Afin de préserver la cohérence des tableaux toutes les colonnes sont publiées.

Enfin, il est à préciser que les grandes régions écologiques GRECO et les sylvoécorégions (SER) ne font pas l'objet d'une post-stratification comme c'est le cas pour les départements et par conséquent pour les régions. Cette post-stratification pour les découpages administratifs assure l'additivité des valeurs. Ainsi, pour une grandeur donnée, la surface de forêt par exemple, la surface France entière est bien la somme des surfaces forestières départementales. Ce ne sera pas le cas pour la somme des surfaces forestières de chaque GRECO par exemple. Un travail complémentaire, avec une mise en place d'une post-stratification par sylvoécorégion ou au moins par grande région écologique, est donc nécessaire pour augmenter la précision des estimations pour ces entités écologiques et assurer cette additivité.

Résumé de la méthode d'inventaire

Principe de l'échantillonnage

La méthode de l'IFN repose sur un échantillonnage aréolaire systématique. Des observations et des mesures sont faites sur des placettes associées à des points d'inventaire. Tout point d'inventaire est rattaché à un nœud d'une grille à maille carrée de 1 km de côté (et donc d'un km^2 de surface), mise en place pour une période de dix ans sur l'ensemble du territoire métropolitain. Les coordonnées des points d'inventaire sont déterminées aléatoirement autour du nœud auquel ils se rattachent. Un point d'inventaire au moins est rattaché à chaque nœud. Dans certains cas deux ou quatre points d'inventaire peuvent être rattachés au même nœud, l'un d'eux étant dans ces cas dit point principal. Ainsi :

- le territoire a été partagé, en fonction des connaissances acquises, en deux zones ; une où la probabilité que se trouvent des peupleraies est forte et l'autre où elle est faible. Dans la zone de forte probabilité, quatre points d'inventaire, formant un carré de 450 m de côté dans un carré de tirage de 900 m de côté autour du noeud, sont attachés à ce même nœud ;
- en montagne (zone d'altitude supérieure à 1 200 m dans les Alpes, les Pyrénées et en Corse), deux points d'inventaire formant la diagonale d'un carré de 450 m de côté dans un carré de tirage de 900 m de côté autour du noeud, sont attachés à ce même nœud.

Chaque année on utilise un dixième du réseau des nœuds, choisis de manière à former une grille systématique à maille carrée de 10 km^2 de surface. Chaque fraction annuelle comporte environ 80 000 points d'inventaire (pour environ 55 000 nœuds). Pour l'échantillon complet, comme pour chaque fraction annuelle, on définit des sous-échantillons dits de niveau supérieur (niveau n). Ainsi l'échantillon complet est dit de niveau 1. Le sous-échantillon de niveau 2 est obtenu en prenant un nœud sur deux de la grille complète, en quinconce, de manière à conserver un motif à maille carrée. L'effectif des nœuds du sous-échantillon de niveau n est égal à celui des nœuds de l'échantillon complet divisé par 2^{n-1}. À chaque nœud du sous-échantillon sont attachés les mêmes points d'inventaire qu'à l'échantillon complet.

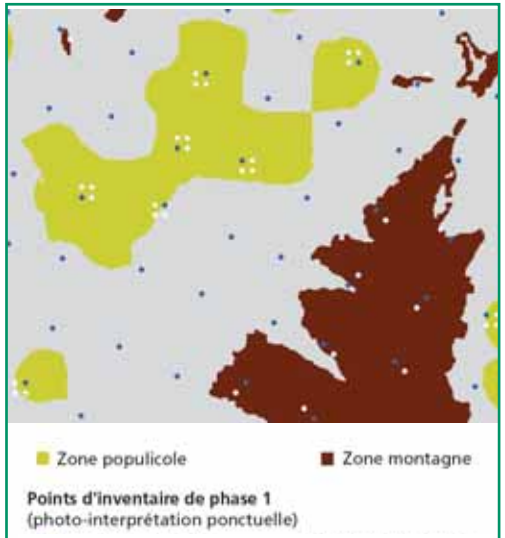


Fig. 2 : Exemple d'échantillonnage des points d'inventaire

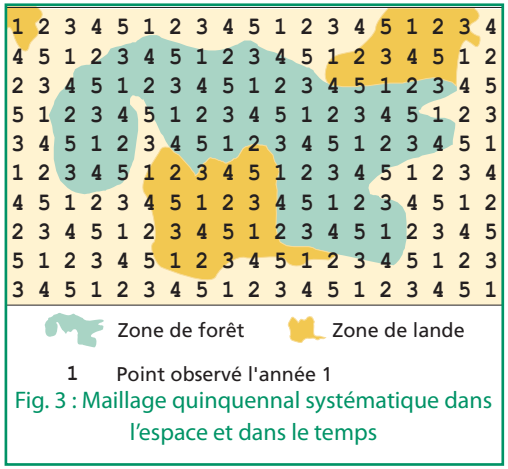


Fig. 3 : Maillage quinquennal systématique dans l'espace et dans le temps

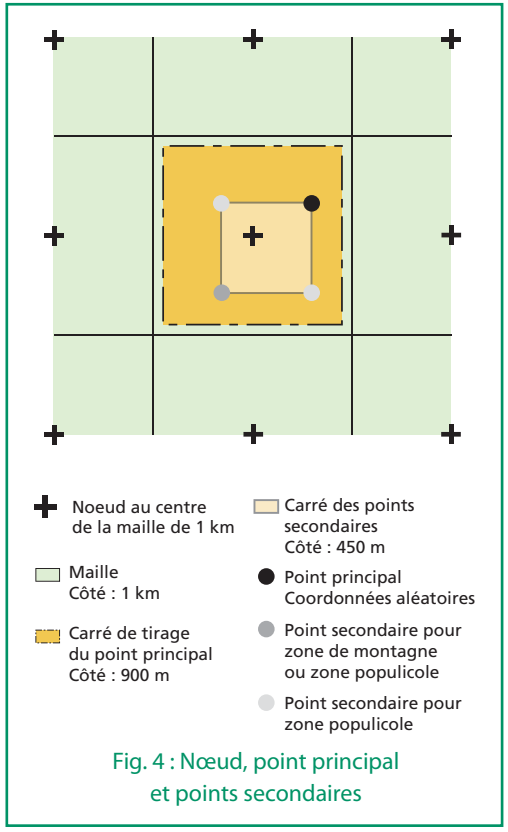


Fig. 4 : Nœud, point principal et points secondaires

Un plan d'échantillonnage à deux phases

Le premier travail d'inventaire effectué chaque année est la photo-interprétation ponctuelle. À partir de l'orthophotographie départementale de référence (BD Ortho®) de l'Institut géographique national (IGN) des informations relatives à la couverture du sol, à son utilisation et à la taille du massif sont notées sur des placettes de 25 mètres de rayon entourant les points d'inventaire.

L'interprétation porte sur l'échantillon annuel complet (niveau 1), soit 84 332 points pour la campagne 2010. Les photo-interprètes dénombrent également, sur le point principal rattaché au nœud, les intersections de formations linéaires arborées* sur un transect, de direction aléatoire, de 1 km de longueur.

* Une **formation linéaire arborée** comporte des arbres sur au moins 25 m de long, sans interruption de plus de 10 m, sur une largeur inférieure à 20 m, et d'une hauteur potentielle supérieure à 1,30 m.

Les résultats de ce travail initial contribuent à une première estimation de la surface du territoire selon la couverture et l'utilisation du sol. Cette valeur intervient comme post-stratification des résultats statistiques calculés à partir des variables collectées sur le terrain. Ensuite, les travaux de terrain s'exécutent en principe de novembre à octobre de l'année suivante. Ils se pratiquent sur un sous-échantillon de points :

- de niveau 2 – soit un point sur deux – pour la plupart des points en forêt et dans toutes les peupleraies ;
- de niveau 3 – un point sur quatre – pour les points en forêt dans les grands massifs homogènes comme le massif landais, en forêt de montagne ou dans les garrigues et maquis, et les points dont la couverture du sol est la lande, sauf exceptions explicitées ci-dessous ;
- de niveau 4 – un point sur huit – pour les points dont la couverture du sol est la lande dans les zones où la forêt est inventoriée au niveau 3, et les points pour lesquels un élément linéaire intercepte le transect dans le cercle de 25 m de rayon quelle que soit la couverture du sol.

Au cours des travaux de terrain, la couverture et de l'utilisation du sol sont à nouveau renseignées. Des observations et mesures portant sur le milieu, la végétation arborée ou non sont effectuées sur des placettes entourant les points pour estimer plusieurs dizaines de caractéristiques qualitatives et quantitatives. Des placettes linéaires sont également mises en place sur les formations linéaires arborées si celles-ci se situent dans la placette de 25 m de rayon et interceptent le transect.

Les travaux de terrain ont porté sur 8 416 points pendant la campagne 2010.

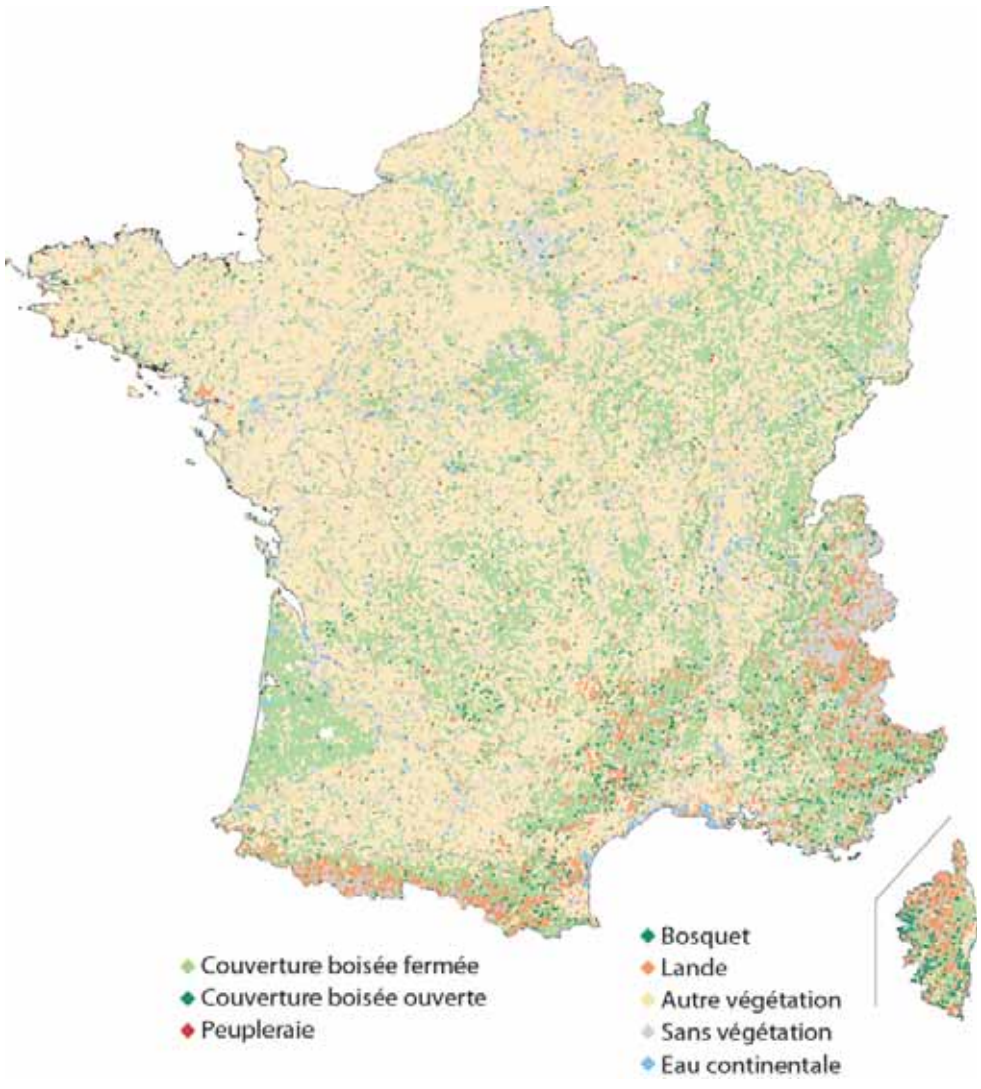


Fig. 5 : Photo-interprétation ponctuelle de la campagne 2010

Couverture et utilisation du sol

La couverture du sol

L'IFN détermine la couverture du sol* sur l'ensemble du territoire selon l'échantillonnage décrit précédemment. Les formations végétales constituant son principal champ d'activité, il définit la couverture du sol essentiellement en fonction de la présence ou de l'absence d'arbres*. Neuf types de couverture du sol sont distingués, dont trois modalités sont potentiellement forestières (cf. arbre de décision ci-dessous).

* La **couverture du sol** dépend :
- de la nature biophysique des principaux éléments végétaux et minéraux présents sur un site ;
- de leurs taux de couvert respectifs ;
- de la superficie sur laquelle ils s'étendent ;
- de la largeur de cette superficie.

* Un **arbre** est un végétal ligneux (sauf les lianes) dépassant 5 m de hauteur (mesurée verticalement au-dessus du sol) à maturité *in situ*.

En règle générale, tout type de couverture, pour être distinguée de ce qui l'entoure, doit avoir une superficie supérieure à 5 ares (500 m^2 ou 0,05 ha) et une largeur supérieure à 20 m.

La couverture du sol est déterminée pour chaque point de l'échantillon annuel complet par photo-interprétation d'une placette de 25 m de rayon sur la BD Ortho® de l'IGN. On peut ainsi calculer une estimation de la superficie par type de couverture du sol pour l'ensemble du territoire. Une seconde détermination de la couverture du sol est conduite de façon indépendante sur le sous-échantillon des points d'inventaire visités sur le terrain.

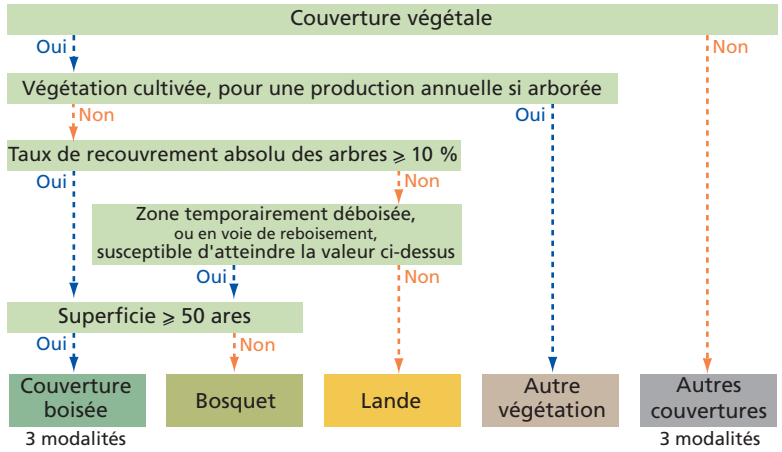


Fig. 6 : Arbre de décision pour la qualification de la couverture du sol

Couverture boisée

L'IFN distingue trois types de couverture boisée.

Couverture boisée fermée

Une **couverture boisée fermée** est un terrain de superficie au moins égale à 50 ares et de largeur supérieure ou égale à 20 m où croissent des arbres* et où leur taux de couvert absolu est au moins égal à **40 %**. Le taux de couvert relatif des peupliers cultivés doit être inférieur à 75 %.

Couverture boisée ouverte

Une **couverture boisée ouverte** est un terrain de superficie au moins égale à 50 ares et de largeur supérieure ou égale à 20 m où croissent des arbres* et où leur taux de couvert absolu est au moins égal à **10 %** et strictement inférieur à **40 %**. Le taux de couvert relatif des peupliers cultivés doit être inférieur à 75 %.

Peupleraie

Une **peupleraie** est un terrain de superficie au moins égale à 50 ares et de largeur supérieure ou égale à 20 m où croissent des peupliers cultivés au taux de couvert relatif d'au moins de 75 % et où le taux de couvert absolu des arbres* est supérieur à 10 %.

Bosquet

Bosquet

Un **bosquet** est un terrain de superficie comprise entre 5 ares et 50 ares et de largeur supérieure ou égale à 20 m où croissent au moins quatre arbres* non alignés et où leur taux de couvert absolu est au moins égal à **40 %**. Il peut s'agir de peupliers cultivés.

Lande

Lande

Une **lande** est un terrain de superficie au moins égale à 5 ares et de largeur supérieure ou égale à 20 m où croissent des végétaux non cultivés (ligneux ou non ligneux) et où le taux de couvert absolu des arbres est inférieur à 10 %, même si des arbres épars sont présents.

Autre végétation

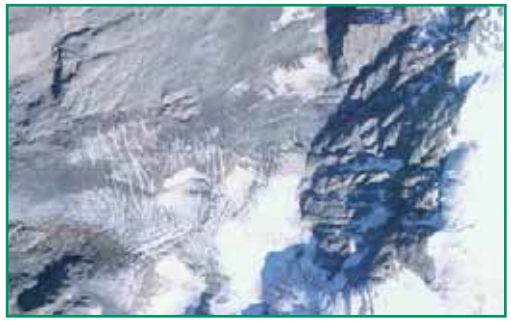
Autre végétation

Un terrain d'**autre végétation** porte des **végétaux cultivés**, ligneux ou non. On y classe les vergers et les pépinières. Sa superficie est au moins égale à 5 ares et sa largeur est supérieure ou égale à 20 m.

Autres couvertures

Terrain artificialisé sans végétation

Un **terrain artificialisé sans végétation** est un terrain bâti ou au sol revêtu (routes et chemins empierrés). Sa superficie est au moins égale à 5 ares et sa largeur est supérieure ou égale à 5 m et sa longueur à 25 m.



Terrain naturel sans végétation

Un **terrain naturel sans végétation** est formé de glace, de roche ou de sol nu. Sa superficie est au moins égale à 5 ares et sa largeur est supérieure ou égale à 20 m.

Eau continentale

Une surface d'**eau continentale** est constituée d'eau douce, saumâtre ou salée, courante ou stagnante. Sa superficie couverte d'eau de façon permanente est au moins égale à 5 ares et sa largeur est supérieure ou égale à 5 m et sa longueur à 25 m.

L'utilisation du sol

Pour toutes les couvertures végétales, l'utilisation du sol* est définie principalement par la destination de la végétation.
Une première détermination de l'utilisation du sol est faite par photo-interprétation d'une placette de 25 m de rayon sur la BD Ortho® de l'IGN pour les points de l'échantillon annuel dont la couverture est notée comme « couverture boisée » ou « lande ». L'utilisation des autres couvertures du sol n'est pas renseignée. La détermination de l'utilisation étant délicate par photo-interprétation, elle se limite à renseigner un rôle visible de loisirs ou d'accueil du public.
Une seconde détermination est ensuite faite sur le terrain pour le sous-échantillon des points d'inventaire terrain. Deux utilisations différentes peuvent être attribuées à un même point.

* L'**utilisation du sol** dépend de la destination donnée à un site, du point de vue économique ou social. Un terrain de couverture donnée peut avoir plusieurs utilisations différentes du sol, parfois simultanées.

Près d'une dizaine d'utilisations du sol sont distinguées sur le terrain sur les « couverture boisée » et « lande ». On peut les hiérarchiser prioritairement en cinq grands types :

Accueil, loisirs, parc public ou privé, habitat, enclos

Accès interdit
Le terrain est un terrain militaire en activité ou une réserve intégrale, d'accès interdit.

Accueil, loisirs, parc public ou privé, habitat, enclos
Le terrain est une zone d'accueil ou de loisirs destinée à la récréation ou partiellement à l'habitation humaine.

Production de bois

Production de bois
C'est une utilisation réservée aux trois types de couvertures boisées et aux bosquets. Le terrain doit permettre une production suffisante de bois sans qu'une autre utilisation ou les conditions physiques ne viennent en empêcher l'exploitation.

Agricole
Le terrain, boisé ou non, est utilisé pour le pâturage d'animaux domestiques (agroforesterie ou landes herbacées pâturées) ou fait l'objet de récoltes agricoles (sous couvert boisé le cas échéant).

Autre utilisation

Autres utilisations
Toute autre utilisation du sol, mais aussi l'absence d'utilisation, rentre dans cette catégorie. On y retrouve par exemple les terrains servant comme protection des sols et des eaux, les zones de passage d'un réseau ou d'emprise d'une grande infrastructure linéaire, ou les réserves où l'accès n'est pas interdit.

Qu'appelle-t-on forêt ?

Depuis 2005, l'IFN a adopté la définition de la forêt* donnée par l'Organisation des Nations-Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (OAA, *Food and Agriculture Organisation of the United Nations*, FAO).
Elle a été précisée[1] dans le cadre des travaux de l'action de recherche COST E43 à laquelle l'IFN a fortement contribué. La définition de la forêt pour l'IFN est désormais celle ci-dessous.

* La **forêt** est un territoire occupant une superficie d'au moins 50 ares avec des arbres pouvant atteindre une hauteur supérieure à 5 m à maturité *in situ*, un couvert boisé de plus de 10 % et une largeur moyenne d'au moins 20 mètres[2].
Elle n'inclut pas les terrains dont l'utilisation du sol prédominante est agricole ou urbaine.

On ne retient donc comme forêt que ce qui a une couverture du sol de type « couverture boisée » et une utilisation du sol de type « production de bois », « autre utilisation » ou « accès interdit ».
Les couvertures boisées avec une utilisation agricole ou urbaine exclusive ne sont pas considérées comme de la forêt.
La forêt peut ensuite être divisée en deux grands types : « forêt de production » et « autre forêt ».

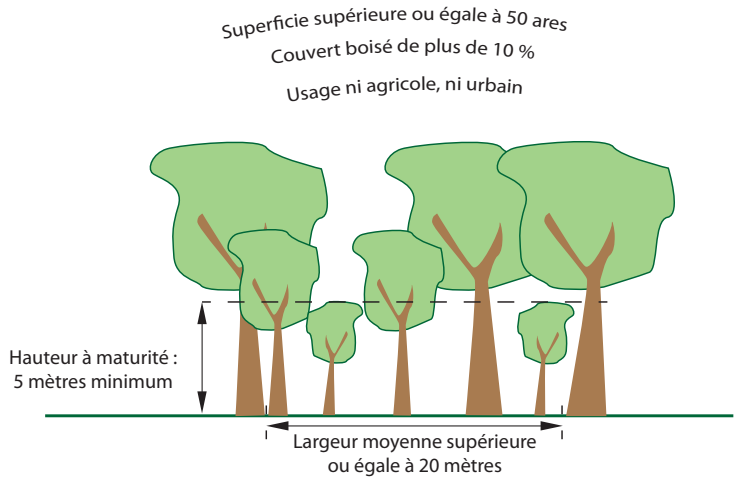


Fig. 7 : Les différentes caractéristiques d'une forêt

Forêt de production

La **forêt de production** est un terrain de ssuperficie au moins égale à 50 ares et de largeur supérieure ou égale à 20 m où croissent des arbres dont le taux de couvert absolu est au moins égal à 10 % et pouvant être utilisés pour produire du bois. Cela signifie que le terrain doit permettre une production suffisante de bois sans qu'une autre utilisation ou les conditions physiques ne viennent en empêcher l'exploitation (réserve intégrale, zone inaccessible, etc.).

Autre forêt

L'**autre forêt** est un terrain de superficie au moins égale à 50 ares et de largeur supérieure ou égale à 20 m où croissent des arbres dont le taux de couvert absolu est au moins égal à 10 % et ayant une utilisation qui n'est ni de production de bois, ni agricole, ni urbaine.

[1] Vidal C., Lanz A., Tomppo E., Schadauer K., Gschwantner T., Di Cosmo M., Robert N., *Establishing forest inventory reference definitions for forest and growing stock: a study towards common reporting*, Silva Fennica, 42 (2), 2008, pages 247-266
[2] Les alignements d'une largeur moyenne inférieure à 20 m ne sont donc pas inclus dans la superficie forestière.

Répartition des résultats

Territoire national et grandes régions écologiques (GRECO)

L'IFN travaille sur l'ensemble du territoire de la France métropolitaine, mais il ne dispose d'aucune information pour les points situés en zone occultée pour des raisons de défense nationale. Il se limite à en estimer la superficie.

La plupart des résultats d'inventaire donnés dans le tome national le sont pour l'ensemble de la France ainsi que pour les grandes régions écologiques (GRECO). Ceci permet la comparaison de chacune des GRECO avec les résultats nationaux et la comparaison des GRECO entre elles.

Des résultats plus détaillés par GRECO seront fournis dans les tomes qui leur seront consacrés. Ceux-ci constitueront une monographie en quelques dizaines de pages de la forêt de chaque GRECO (surface, volume sur pied, production, composition, conditions écologiques, biodiversité, etc.).

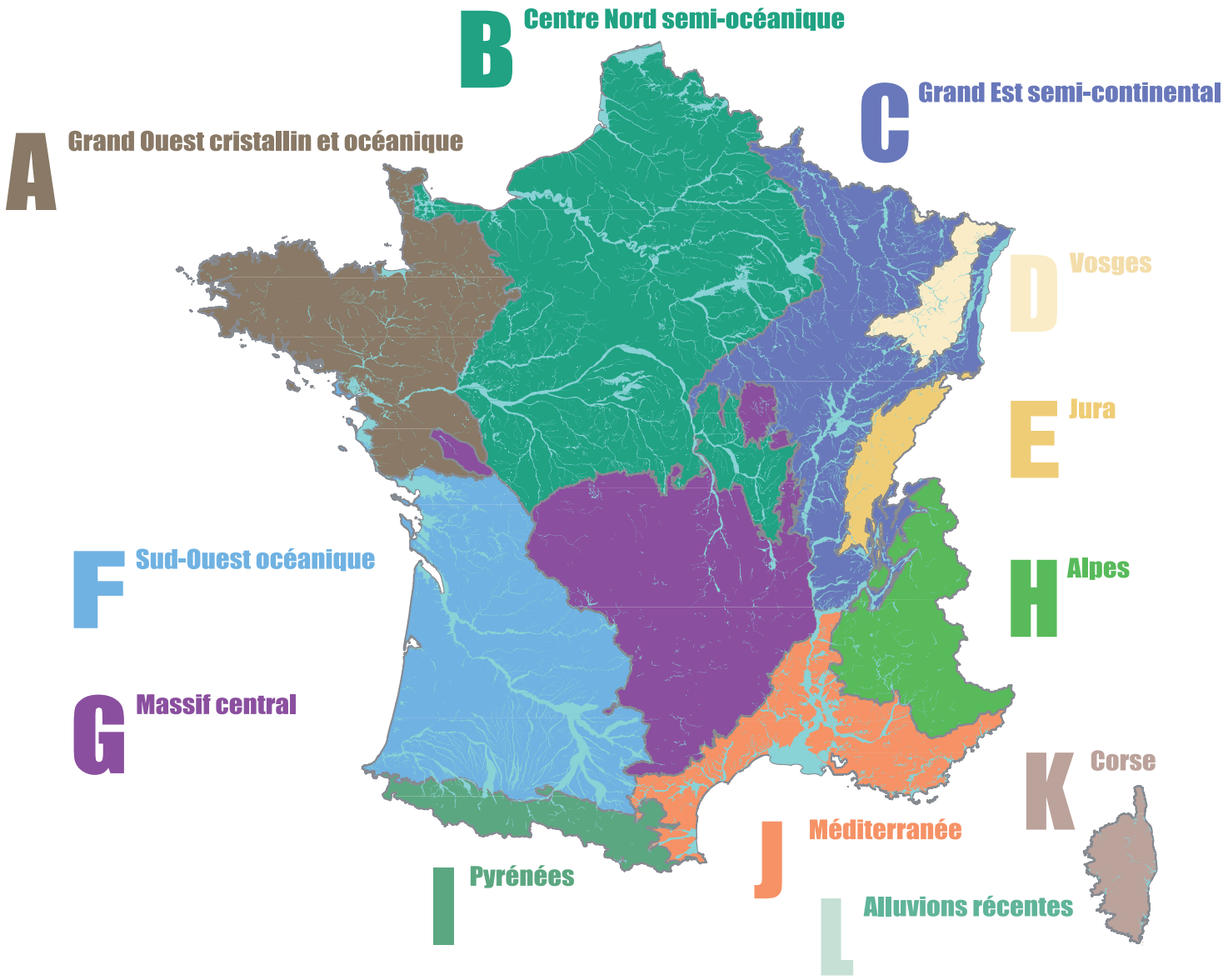


Fig. 8 : Le découpage de la France en grandes régions écologiques (GRECO)

Catégories de propriété

L'IFN attribue à chaque point d'inventaire une catégorie juridique de propriété parmi les trois suivantes :

- **Terrain domanial,** c'est-à-dire terrain appartenant à l'État et relevant du régime forestier, y compris les terrains pour lesquels l'État possède des droits de propriété indivis ;
- **Autre terrain public**, relevant du régime forestier sans appartenir à l'État (ces terrains appartiennent en général à des communes mais aussi à d'autres collectivités territoriales ainsi qu'à des sections de communes, établissements publics, établissements d'utilité publique, sociétés mutualistes, caisses d'épargne) ;
- **Terrain privé**, ne relevant pas du régime forestier.

Pour réaliser cette ventilation, l'IFN utilise une information exogène : les cartes des terrains relevant du régime forestier fournies par l'Office National des Forêts (ONF).

Fig. 9 : Année de référence de la couche départementale des classes de propriétés forestières

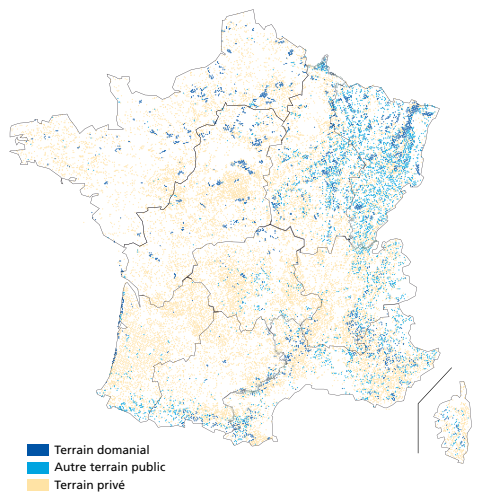


Fig. 10 : Répartition des catégories de propriétés forestières en France métropolitaine

Les deux catégories de terrain relevant du régime forestier sont parfois regroupées sous le nom de « terrain public » lorsque chacune des deux catégories a une précision insuffisante.

N.B. : En Corse, les forêts domaniales ont été transférées en décembre 2003 à la Collectivité Territoriale de Corse en application de la loi du 22 janvier 2002 (article 21). Cependant, la couche cartographique des propriétés utilisée par l'IFN est antérieure à cette date. C'est pourquoi les forêts de la Collectivité Territoriale de Corse sont encore affectées à la forêt domaniale dans les tableaux de résultats.

Catégories de forêt

Les catégories de forêt suivantes sont distinguées en fonction des données relevées :

- **Toute la forêt** : forêt définie grâce à la couverture et à l'utilisation du sol, formant la totalité de la forêt sur le territoire, hors zones occultées. L'estimation de sa surface repose sur les classements confirmés sur le terrain de la couverture et de l'utilisation du sol, hors quelques cas d'inaccessibilité (entre 10 et 20 points par an sur plus de 8 000) pour lesquels les informations de photo-interprétation sont utilisées ;
- **Forêt de production** : partie de la catégorie précédente qui est utilisée pour la production de bois. Le classement des points dans cette catégorie est toujours contrôlé sur le terrain. C'est aussi la forêt pour laquelle les mesures et observations spécifiques au terrain ont pu être réalisées à quelques très rares exceptions ;
- **Forêt de production hors peupleraie** : partie de la catégorie précédente excluant les peupleraies pour lesquelles on ne dispose ni d'informations écofloristiques ni de mesures de l'accroissement radial des arbres.

À l'intérieur de la forêt de production plusieurs sous-catégories seront distinguées par la suite. Elles seront indiquées dans l'étude de la composition du couvert.
Dans la présentation des résultats, la légende de chaque tableau ou graphique indique la catégorie de forêt à laquelle les résultats s'appliquent.

Fig. 11 : Les différentes catégories de forêts

Caractéristiques de la forêt

Volume de bois vivant sur pied

Comment est estimé le volume de bois sur pied ?

Le volume des arbres est estimé à partir de mesures faites au cours des opérations de terrain. Il se rapporte donc à la forêt de production dont la surface est prise en compte pour les calculs de valeurs à l'hectare.
D'une façon générale, seuls sont pris en compte dans l'inventaire les arbres dits « recensables » dont la circonférence à 1,30 m est supérieure ou égale à 23,5 cm (7,5 cm de diamètre).
Le volume que cherche à estimer l'IFN est le volume « bois fort tige sur écorce ». Il englobe la tige principale depuis le niveau du sol (à l'amont lorsque le terrain est en pente) jusqu'à une découpe de 7 cm de diamètre.
On peut distinguer deux séries de mesures pratiquées sur les arbres d'un point d'inventaire, en fonction de la situation du point ou de l'année de campagne :

- des mesures permettant de cuber la tige par billons, portant sur divers diamètres et hauteurs, dont la hauteur totale ;
- des mesures permettant de cuber la tige par tarif[1], comportant la circonférence à 1,3 m, la hauteur totale et la hauteur à la découpe (7 cm).

Le calcul de volume « bois fort tige sur écorce » est ensuite réalisé par tarif, établi à partir des résultats des cubages par billons.

Pour chaque arbre, une part du bois en rebut (bois pourri, déchiqueté, piqué, inutilisable même pour du chauffage voire absent : arbre creux, tige non convexe) est estimée. Cette part est systématiquement déduite dans les résultats publiés sauf mention contraire.

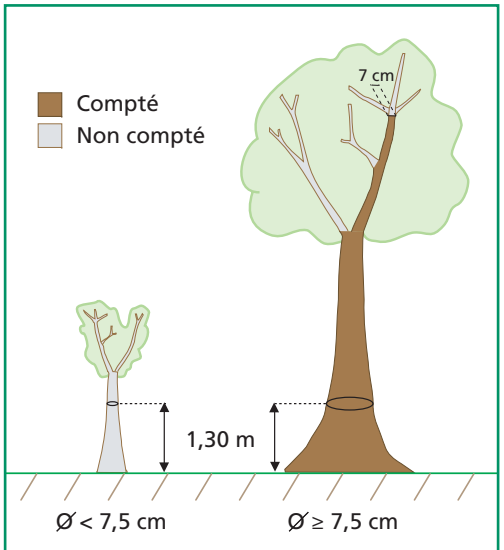


Fig. 12 : Volume de bois IFN

[1] : Un tarif de cubage donne une estimation d'un volume moyen par tige d'un ensemble d'arbres en fonction d'une ou plusieurs données comme la circonférence à 1,3 m et la hauteur. Il est établi à partir de mesures comprenant à la fois la variable à prédire (le volume) et les prédicteurs (par exemple la circonférence à 1,30 m et la hauteur). Un tarif a un domaine de validité défini par l'échantillon qui a permis de le calculer (essence, zone géographique, type de peuplement, etc.).

Catégorie de dimension des arbres

En fonction du diamètre ou de la circonférence à 1,3 m du sol, les arbres peuvent être répartis en quatre catégories de dimension :

- **Petit bois** : Circonférence au moins égale à 23,5 cm et strictement inférieure à 70,5 cm (Diamètre au moins égal à 7,5 cm et strictement inférieur à 22,5 cm) ;
- **Moyen bois** : Circonférence au moins égale à 70,5 cm et strictement inférieure à 149,5 cm (Diamètre au moins égal à 22,5 cm et strictement inférieur à 47,5 cm) ;
- **Gros bois** : Circonférence au moins égale à 149,5 cm et strictement inférieure à 212,5 cm (Diamètre au moins égal à 47,5 cm et strictement inférieur à 67,5 cm) ;
- **Très gros bois** : Circonférence au moins égale à 212,5 cm (Diamètre au moins égal à 67,5 cm).

Le volume de bois peut être réparti entre ces différentes catégories, ce qui est un élément d'appréciation de la dimension et de la maturité des produits potentiels présents en forêt.

Fig. 13 : Les quatres catégories de dimension des arbres

Qualité du bois

L'IFN estime la répartition du volume de bois selon trois catégories de qualité. La notation est faite sur l'arbre lors des opérations de terrain. Elle est ensuite appliquée au volume calculé pour cet arbre. Une part de volume en rebut est indiquée s'il y a lieu, et la somme des fractions (estimées en dixièmes entiers) du volume en rebut et du volume dans chaque catégorie de qualité est égale à 1 pour chaque arbre. Les critères de classement s'appliquent aux billons que l'on peut trouver dans la tige. Ils sont les suivants :

- **Qualité 1** : Tranchage, déroulage, ébénisterie, menuiserie fine – Diamètre minimal au fin bout de 20 cm – Longueur minimale de 2 m – Bille de pied ou très belle surbille de tige, droite et sans défaut apparent, bois sain, nombre limité de nœuds ;
- **Qualité 2** : Menuiserie courante, charpente, coffrage, traverses – Diamètre minimal au fin bout de 20 cm – Longueur minimale de 2 m – Parties de bille et surbille de tige suffisamment rectilignes non classées en qualité 1 ;
- **Qualité 3** : Industrie, chauffage – Tout ou partie de la tige non classée en qualité 1, en qualité 2 ou en rebut.

L'IFN appelle « bois d'œuvre » la somme des qualités 1 et 2.
Le volume hors rebut des arbres dont la catégorie de dimension est « petit bois » est toujours considéré de qualité 3.
Les résultats par qualité de bois sont disponibles pour la forêt de production hors peupleraie[1].

Surface terrière

La surface terrière d'un arbre est l'aire de sa section à 1,3 m au-dessus du sol, écorce comprise. Elle est calculée à partir des circonférences notées sur les arbres mesurés. Aux incertitudes de mesure près et à l'approximation entraînée par l'assimilation de la section de l'arbre à un cercle, le résultat est exact, il ne provient pas d'une estimation.
Les valeurs calculées sont ensuite utilisées, en fonction des dimensions des placettes sur lesquelles les arbres sont mesurés et du poids des points déterminé par la stratification, pour estimer des valeurs à l'unité de surface et sur des domaines divers.

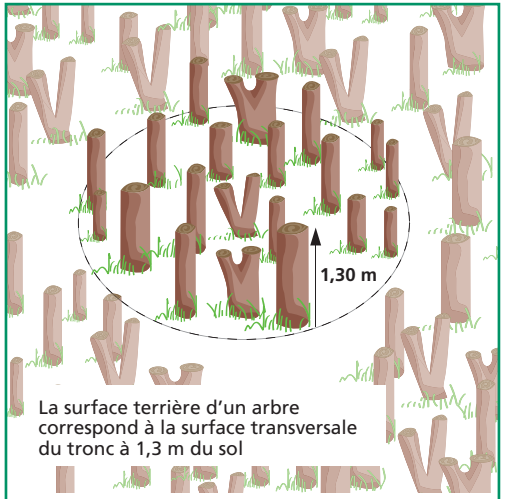


Fig. 14 : La surface terrière

L'unité généralement utilisée est le mètre carré par hectare. Les mesures sont faites sur la forêt de production.

Au niveau du peuplement la surface terrière est une grandeur liée à la densité de l'occupation de l'espace horizontal par les arbres. On l'utilise souvent comme critère pour déterminer l'intensité d'une éclaircie. Dans des conditions données d'âge, de station et de traitement sylvicole, il existe pour les différentes essences des fourchettes optimales de surface terrière à l'hectare pour des peuplements adultes, ayant atteint au moins la moitié de leur âge d'exploitabilité : 40 à 55 m^2/ha pour l'épicéa, 25 à 40 m^2/ha pour le pin sylvestre, 23 à 40 m^2/ha pour le chêne, 20 à 40 m^2/ha pour le hêtre.

Production

La production biologique en volume des arbres vifs

Un arbre est un être vivant pérenne. En général, chaque année, il croit en diamètre et en hauteur et son volume de bois tend ainsi à s'accroître au cours du temps.
Chaque essence a une forme spécifique, chaque individu aussi, en relation avec les conditions édaphiques et climatiques qui président à sa croissance et la structure du peuplement (accès à la lumière) auquel il appartient. Enfin selon son âge, la croissance en volume d'un arbre se porte plus ou moins sur sa hauteur ou sur son diamètre (croissance en hauteur forte dans sa jeunesse, plus faible quand il est adulte).

Un des objectifs de l'IFN est de calculer l'accroissement annuel en volume de bois d'un domaine qui peut être géographique ou thématique (forêt de production, forêt privée, forêt sur sol brun, forêt de feuillus, etc.). La croissance annuelle des arbres variant beaucoup avec les conditions climatiques (pluviométrie notamment), l'IFN collecte les informations nécessaires au calcul sur une période de cinq ans pour lisser ces phénomènes.

La production biologique annuelle de l'ensemble des arbres vifs est obtenue en ajoutant à l'accroissement biologique annuel des arbres vifs recensables (diamètre ≥ 7,5 cm à 1,3 m) de ce domaine, le « recrutement » à savoir le volume des arbres de ce domaine ayant atteint le diamètre de 7,5 cm durant ces cinq dernières années. Ce dernier terme ne pose pas de difficulté particulière de calcul. Il correspond au volume IFN des arbres devenus recensables pendant les cinq dernières années.

1 - Ils sont également calculés dans les peupleraies mais uniquement pour les peupliers cultivés.

La production biologique en volume sur une période

La production biologique en volume sur une période comprend la production biologique des arbres vifs sur cette période (environ 95 % de la production totale) mais également la production de tous les arbres qui ne sont plus vivants en fin de période mais qui l'étaient en début de période, et qui ont produit du bois pendant une partie de la période considérée.
Il convient donc d'ajouter à la production des arbres vifs :

- la **production des arbres coupés**, c'est-a-dire des arbres vifs en début de période et qui ont été coupés au cours de celle-ci ;
- la **production des arbres morts**, c'est-à-dire des arbres vifs en début de période et qui sont morts pendant celle-ci. Étant donné que ces arbres sont souvent mourants en début de période, ils contribuent très peu à la production. C'est pourquoi leur accroissement est supposé nul et ils ne sont pas pris en compte dans les calculs IFN ;
- la **production des arbres chablis** (ordinaires), c'est-à-dire des arbres vifs en début de période et qui ont été renversés (chablis) ou cassés (volis) au cours de celle-ci. Ce terme peut exclure les chablis consécutifs à des événements particuliers bien datés, s'ils sont comptabilisés à part. C'est le cas en l'occurrence pour les chablis Klaus (cf. § 1.2).

Les résultats publiés ici concernent les campagnes d'inventaire 2006 à 2010. En ce qui concerne la production biologique, cela correspond à la croissance moyenne des arbres sur neuf saisons de végétation. En effet, l'accroissement des années 2001 à 2005 a été mesuré lors de la campagne 2006, jusqu'à celui des années 2005 à 2009 lors de la campagne 2010. Le résultat publié correspond donc à une moyenne pondérée sur neuf années, avec un poids plus élevé pour les années centrales ; ce qui permet d'atténuer partiellement les fluctuations annuelles de la production des arbres vifs.

Diversité de la forêt

Composition du couvert

L'IFN exécute sur tous les points d'inventaire en forêt des observations relatives à la composition du couvert. Les équipes apprécient à l'œil le taux de couvert libre de chaque espèce. Celui-ci est défini comme le rapport de la surface projetée de la partie des houppiers accédant à la lumière à la surface totale du site. Cette estimation est réalisée à la fois pour le couvert recensable et pour le couvert non recensable.
Pour le couvert recensable, la surface d'observation est de 20 ares environ (placette de 25 m de rayon). Elle est de 7 ares environ pour le couvert non recensable (placette de 15 m de rayon).
À partir des taux de couvert libre, il est possible pour chaque strate (recensable et non recensable) et pour chaque espèce de déterminer un taux de couvert libre relatif.

Dans cette publication, les résultats fournis ne concernent que la forêt de production où le taux de couvert absolu des arbres recensables est non nul.
Déduction est donc faite :

- des parties temporairement non boisées (suite à une coupe rase par exemple), c'est-à-dire sans couvert, mais dont on considère qu'elles porteront à nouveau prochainement un peuplement forestier ;
- des parties où le taux de couvert absolu des arbres recensables est nul et où le couvert est composé uniquement d'arbres non recensables.

Ces données de composition permettent de répartir la surface en fonction :

- de l'essence principale ;
- du nombre d'essences présentes dans la strate recensable et ainsi de caractériser la diversité des peuplements ;
- de l'importance relative des essences présentes dans la strate recensable les unes par rapport aux autres, ce qui permet de préciser les notions de peuplements monospécifiques et de peuplements mélangés.

Essence principale recensable

Une essence principale recensable est déterminée sur chaque point d'inventaire lorsqu'il y a des arbres recensables sur la placette de 25 m de rayon et donc un couvert recensable sur la placette d'inventaire. L'essence principale recensable est celle des arbres recensables dont les individus réunis ont le plus fort taux de couvert libre relatif.
Dans les peupleraies l'essence principale recensable est toujours le peuplier cultivé.

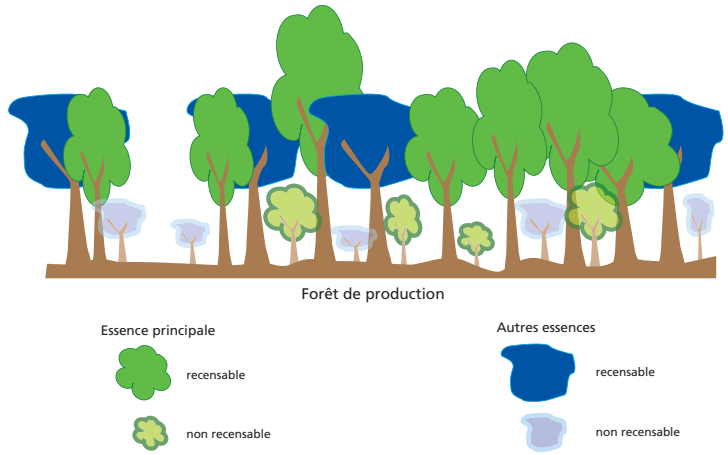


Fig. 15 : Déterminer l'essence principale

Nombre d'essences dans la strate recensable

Sont considérés ici les points où le taux de couvert absolu des arbres recensables est au moins égal à 15 %. Toutes les essences qui entrent dans la composition de la strate recensable, à condition que leur part dans le couvert libre relatif soit au moins égale à 15 %, sont prises en compte.

La diversité en essences du peuplement est déterminée ainsi :

- Un peuplement est pur si :
  - une seule essence est relevée sur la placette,
  - le taux de couvert libre relatif de l'essence la plus représentée est supérieur à 75 % ;
- Un peuplement est dit « à une essence prépondérante » si le taux de couvert libre relatif de l'essence la plus représentée est supérieur à 50 % et que le taux de couvert libre relatif de la seconde essence la plus représentée ne dépasse pas 15 % ;
- Un peuplement est un mélange à deux essences si :
  - deux essences seulement ont été relevées sur la placette,
  - la somme des taux de couvert libre relatif des deux essences les plus représentées dépasse 75 % et celui de la troisième essence la plus présente ne dépasse pas 15 %,
  - la somme des taux de couvert libre relatif des trois essences les plus représentées dépasse 75 % et celui de la troisième essence la plus présente ne dépasse pas 15 % ;
- Un peuplement est un mélange à trois essences si :
  - trois essences seulement ont été relevées sur la placette,
  - la somme des taux de couvert libre relatif des trois essences les plus représentées dépasse 75 %, celui de la troisième essence la plus présente dépassant 15 % et celui de la quatrième essence la plus présente ne dépassant pas 15 %,
  - la somme des taux de couvert libre relatif des quatre essences les plus représentées dépasse 75 %, celui de la quatrième essence la plus présente ne dépassant pas 15 %, contrairement à celui de la troisième essence la plus représentée ;
- Un peuplement est un mélange à quatre essences si :
  - quatre essences seulement ont été relevées sur la placette,
  - la somme des taux de couvert libre relatif des quatre essences les plus représentées dépasse 75 %, celui de la quatrième essence la plus présente dépassant 15 % et celui de la cinquième essence la plus présente ne dépassant pas 15 % ;
- Dans les autres cas, le peuplement est un mélange varié.

Ces quatre dernières catégories correspondent à des peuplements mélangés, la première à des peuplements purs ou assimilés comme tels.

Nombre d'essences au couvert non nul

Un autre indicateur relatif au nombre d'essences a été mis au point. Il est calculé pour l'ensemble de la forêt de production hors peupleraie. Il est défini en comptabilisant toutes les essences ayant un taux de couvert non nul dans la **strate recensable** sur la placette de 25 m de rayon (soit 20 ares environ). Ce nombre est généralement compris entre 0 et 10, parfois plus.
Cet indicateur, moins discréminant que le précédent, en diffère par :

- la catégorie de forêt à laquelle il réfère : la forêt de production hors peupleraie et non pas la forêt de production où le taux de couvert absolu de la strate recensable est supérieur à 15 %.
- le taux de couvert de l'essence : il doit uniquement être supérieur à 0 et non pas à 15 %.

Taux de couvert des ligneux hauts, bas et des non ligneux

Les différents taux sont exprimés en dixièmes.

Le **couvert des ligneux hauts** indique le recouvrement absolu des végétaux ligneux de plus de deux mètres de hauteur sur la placette de 7 ares.

Le **couvert des ligneux bas** indique le recouvrement absolu des végétaux ligneux de moins de deux mètres de hauteur sur la placette de 7 ares.

Le **couvert des non ligneux** indique le recouvrement absolu sur la placette de 7 ares, des espèces herbacées, mousses et fougères, absentes de la liste des espèces ligneuses.
Remarque : Seules les mousses poussant sur la terre sont prises en compte, celles poussant sur les rochers et sur le bois ne sont pas comptabilisées.

Hauteur de Lorey

La hauteur de Lorey est obtenue pour chaque placette en forêt de production hors peupleraie en réalisant une moyenne pondérée de la hauteur des arbres selon leur surface terrière. L'IFN discrétise ensuite cette donnée.

Caractéristiques écologiques

Les caractéristiques écologiques sont disponibles pour la forêt de production hors peupleraie.

Roche mère

Sur chaque point d'inventaire, une roche mère est identifiée. La détermination est assez précise et un type parmi plusieurs dizaines est attribué au point d'inventaire. Dans cette publication, seule une ventilation des résultats par grande famille de roches mères est fournie :

Plutonique : roche magmatique grenue (dont la cristallisation s'est faite lentement en profondeur), composée de minéraux variés
Volcanique : roche magmatique composée de quelques minéraux insérés dans une pâte vitreuse (en liaison avec des éruptions volcaniques)
Siliceux consolidé : roche sédimentaire formée par la consolidation de particules siliceuses déposées en strates successives en milieu aquatique
Siliceux meuble : formation superficielle siliceuse non consolidée
Calcaire consolidé : roche sédimentaire carbonatée formée par la consolidation de particules principalement constituées de carbonate de calcium ($CaCO_3$) déposées en strates successives en milieu aquatique
Calcaire meuble : formation superficielle carbonatée non consolidée
Dolomie : roche sédimentaire calcaire, impure, constituée essentiellement de carbonate double de calcium et de magnésium
Marne : roche sédimentaire calcaire, impure, riche en argiles (jusqu'à 80 %)
Argile : roche sédimentaire meuble, avide d'eau et imperméable
Métamorphique : roche ayant acquis une structure litée (schistosité) sous l'influence de la pression ou/et de la température
Particulière : roche de nature diverse formée dans des conditions particulières : minerai, roche saline, roche carbonée, etc.

Fig. 16 : Banc de calcaires marneux dans la vallée de l'Ubaye

Texture du sol

La classe texturale est déterminée en fonction de la présence/absence et de l'importance relative des différentes fractions : Argile (A), Sable (S), Limon (L). La texture est appréciée de façon empirique au toucher, en pétrissant entre les doigts un échantillon de l'horizon à tester, légèrement humidifié, et purgé des éléments grossiers.

La texture du sol peut être homogène sur l'ensemble du profil ou nettement hétérogène : c'est le cas des sols complexes (horizon limoneux sur horizon argileux par exemple) développés à partir de deux formations géologiques différentes ou des sols ayant subi un lessivage. Dans le cas d'un sol à texture hétérogène, l'IFN distingue deux horizons texturaux qui différencient au mieux le profil avec attribution d'une texture à chaque horizon. Cependant dans cette publication, la texture indiquée est obtenue par combinaison des deux textures observées :

Sableuse
Limono-sableuse
Limoneuse
Limon sur argile : profil complexe à deux couches superposées
Argilo-sableuse
Argilo-limoneuse
Argileuse
Autre ou non déterminée : autre, non déterminée ou absence de terre fine

Fig. 17 : Texture du sol

Type de sol

Comme pour la roche mère, sur chaque point d'inventaire, un type de sol est identifié. La détermination, à l'aide d'une clé, est assez précise et un type parmi quarante-neuf est attribué au point d'inventaire. Le type de sol est défini en référence à la classification française des sols (P. Duchaufour 1991) et au référentiel pédologique (AFES 2008). Dans cette publication, seule une ventilation des résultats par grande famille de sols est proposée.

La détermination du type de sol s'appuie sur l'observation des horizons :
- A : horizon de surface mélangeant des matières organiques et minérales ;
- E : horizon éluvial, appauvri en fer, en aluminium et/ou en argile
- BP : horizon podzolique d'accumulation d'aluminium, de fer et/ou de matière organique ;
- Bt : horizon d'accumulation d'argile lessivée ;
- S : horizon d'altération brunifié
- ca : horizon carbonaté présentant une effervescence à HCl ;
- ci : horizon calcique saturé en calcium ;
- C : matériau parental altéré ; - R : roche mère non altérée
- G : horizon réductique (fer réduit) de couleur bleu, vert ou blanc-gris avec parfois des tâches rouilles fugaces ;
- g : horizon rédoxique caractérisé par des taches grises (fer réduit) et rouilles (fer oxydé) ;
- H : horizon tourbeux formé en milieu saturé par l'eau par accumulation de matière organique.

Sols jeunes : sols peu évolués, contenant un unique horizon organo-minéral (A) situé sur la roche altérée (C) ou non altérée (R). Profils A/R à A/C. (arénosol, rankosol, lithosol, colluviosol, andosol, fluviosol)

Sols carbonatés : sols plus ou moins évolués, situés sur une roche calcaire, caractérisés par une carbonatation de la terre fine sur au moins la moitié du profil (avec souvent des éléments grossiers calcaires). Profils Aca/R à A/Sca/C. (organosol calcaire, rendosol, calcosol-calcarisol)

Sols calciques : sols situés sur une roche calcaire, caractérisés par une carbonatation de la terre fine en bas du profil ou par une saturation en calcium. Profils Aci/R à A/Sci/C. (organosol calcique, rendisol, calcisol, dolomitosol)

Sols brunifiés : sols évolués caractérisés par un horizon structural formé par l'altération des minéraux primaires (S). Profil A/S/C. (brunisol, alocrisol)

Sols lessivés : sols évolués caractérisés par un horizon lessivé, appauvri en argile et en fer (E), sous lequel se situe un horizon d'accumulation des argiles et du fer (BT), profil A/E/BT/C (luvisol, néoluvisol) ou sols complexes avec un horizon de texture limoneuse surmontant un horizon argileux. (pseudo-luvisol)

Sols podzolisés : sols acides caractérisés par un horizon cendreux appauvri en aluminium et/ou fer (E), sous lequel se situe un horizon podzolique d'accumulation de matière organique (BPh), d'aluminium, d'argile et de sesquioxydes de fer de couleur ocre (BPs), entrainés sous forme de complexes mobiles. Profil A/E/BP/C. (podzosol)

Sols fersiallitiques : sols brun rouge à rouge où le fer est abondant, résultant de l'altération des minéraux sous un climat chaud et contrasté (rubéfaction) et caractéristiques de la zone méditerranéenne. (fersialsol)

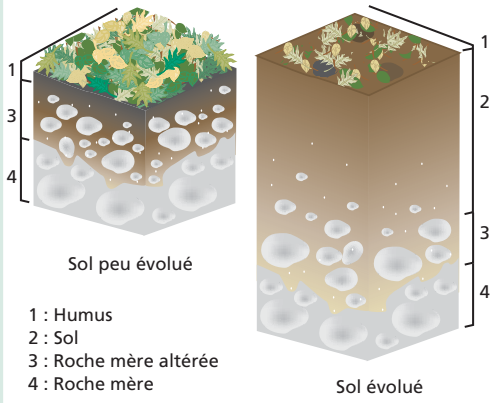
Sols hydromorphes : sols dans lesquels les processus liés à un engorgement temporaire ou permanent sont prédominants : réduction (mobilisation du fer), oxydation (immobilisation du fer), blocage de la décomposition de la matière organique. Horizons caractéristiques : H, Gr, Go ou g. (histosol, réductisol, rédoxisol, pélosol)

Autre ou non déterminé : sol absent ou indéterminé

Encadré 1

Le sol : milieu de fixation et de nutrition de l'arbre

Le sol se forme à partir de l'altération de la roche mère ainsi que par la minéralisation de l'humus, sous l'action combinée de facteurs climatiques et de l'activité biologique.
Sous l'humus se trouvent des couches généralement parallèles à la surface du terrain, appelées horizons, qui reposent sur la roche mère. L'ensemble de ces horizons forme le sol dont l'épaisseur est variable (de nulle à plusieurs mètres) et influe sur la fixation des arbres et la disponibilité en eau et en éléments minéraux.
Un horizon se différencie d'un autre par sa couleur, sa teneur en matière organique et en éléments minéraux (calcaire par exemple), la présence de tâches colorées, par sa texture (proportion d'argiles, limons, sables et cailloux) ou par sa structure (compacte, particulaire, grenue, grumeleuse, polyédrique ou fibreuse).



Le sol en forêt

La succession des horizons constitue un profil de sol, caractéristique du type de sol du site. Selon les types de sol, les propriétés physiques et chimiques sont fort différentes et plus ou moins propices à l'installation et au développement des arbres.
Le profil du sol est décrit par l'IFN sur une fosse de 40 cm de profondeur et par sondage à la tarière.

Fig. 18 : Sol brunifié (brunisol)

Fig. 19 : Sol podzolizé (podzosol)

Fig. 20 : Sol carbonaté (rendosol)

Fig. 21 : Sol hydromorphe (redoxisol)

Fig. 22 : Sol hydromorphe (reductisol stagnique)

Type d'humus

La détermination du type d'humus (*L'humus sous toutes ses formes*, Jabiol & *al*, 1995) s'appuie sur l'observation des couches :

- OLn : litière neuve de l'année, composée de feuilles entières, libres entre elles, « craquantes » ;
- OLv : litière vieillie, composée de feuilles plus ou moins transformées, décolorées, collées entre elles ;
- OF : résidus végétaux plus ou moins fragmentés, en mélange avec de la matière organique fine de taille millimétrique ;
- OH : horizon contenant plus de 70 % de matière organique fine (aspect de marc de café ou de terreau) ;
- A : horizon organo-minéral. Le degré de liaison de la matière organique et minérale est variable et est responsable de la structure de l'horizon.

La description de l'humus est effectuée en plusieurs points de la placette, sans tenir compte de zones décapées ou perturbées.

Dans cette publication, les 19 types élémentaires sont réunis en 7 groupes :
Mor ou dysmoder : humus à horizon OH supérieur ou égal à 1 cm et avec un horizon A à structure particulaire

Moder : humus à horizon OH net mais inférieur à 1 cm et avec un horizon A à structure particulaire

Dysmull : humus à horizons OLn et OLv continus assez épais, un horizon OF et un horizon A à structure finement grumeleuse

Mull : ensemble d'humus à horizon OL plus ou moins présent et avec un horizon A à structure nettement grumeleuse

Carbonaté : humus à horizon A carbonaté (faisant effervescence à l'acide chlorhydrique)

Hydromorphe : humus à horizon A marqué par l'hydromorphie, souvent épais et très humifère

Absent ou autre : humus absent ou autre type d'humus

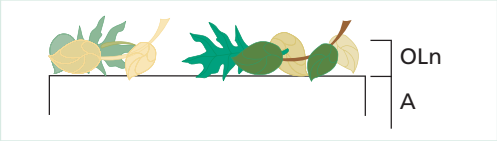
Fig. 23 : Humus mésomull (carbonaté) sur sol brun

Encadré 2

L'humus : révélateur de l'activité biologique du sol

Contrairement aux sols agricoles, les sols forestiers ont la particularité d'avoir une couche d'humus différenciée et d'être peu perturbés par l'activité humaine. La couche superficielle du sol, appelée humus, est composée de matière organique plus ou moins reconnaissable. Elle provient de la décomposition de végétaux et d'animaux par les micro-organismes du sol et fournit des éléments minéraux au sol.

Les **mull** (et **dysmull**) sont des formes d'humus qui sont liées à une forte activité de la faune et des micro-organismes du sol. Leurs principales caractéristiques se définissent ainsi : décomposition rapide des litières, incorporation partielle des débris végétaux au sein d'un horizon mixte organo-minéral où se forment également des agrégats « argilo-humiques ». La structure de l'horizon A est grumeleuse à microgrumeleuse.



Les humus de types **moder** se caractérisent par un processus de décomposition-humification nettement ralenti, la formation d'une couche brun-noir de matière organique fine (OH) et une accumulation des couches de litière des années précédentes (OLv et OF). L'horizon A, dit de juxtaposition, est souvent massif ou particulaire.

Les **dysmoder** suivent le même modèle mais les couches sont plus épaisses (couche OH > 1 cm). Ils se rapprochent des humus de type **mor**, caractérisés par un passage brutal entre l'horizon OH et l'horizon minéral.

Dans deux cas particuliers, ces humus prennent les modalités suivantes :

- les humus **carbonatés** : mull, moder ou mor carbonatés avec présence de calcaire dès la surface du sol (horizon A réagissant à l'acide) ;
- les humus **hydromorphes** : hydromull, hydromoder ou hydromor lorsqu'il existe en surface une nappe d'eau temporaire ou tourbe, anmoor lorsque l'engorgement est permanent. La décomposition de la matière organique est ralentie ou stoppée et l'horizon A est fortement humifère et épais.

Profondeur des sols et charge en cailloux

Cet indice apporte une indication sur les possibilités de prospection racinaire des arbres dans le sol.
La profondeur de sondage est limitée en cas de forte charge en cailloux. L'indicateur de charge en cailloux permet de combiner ces deux types de données : pierrosité et profondeur.
L'indice est ainsi calculé à partir de :

- la charge en éléments grossiers, qui est la proportion des éléments grossiers (cailloux, blocs, gravillons : taille > 2 mm) exprimée en dixièmes du volume total du sol.
- l'affleurement rocheux, qui est la proportion de blocs affleurants (blocs > 20 cm), exprimée en dixièmes de la surface de la placette de description de 7 ares (15 mètres de rayon).
- la profondeur de sol observée sur une fosse de 40 cm de profondeur et par sondage à la tarière pédologique.

L'indice prend les modalités suivantes :

Sol très caillouteux : plus de 75 % d'éléments grossiers
Sol caillouteux : entre 55 et 75 % d'éléments grossiers
Sol superficiel : profondeur inférieure à 15 cm
Sol peu profond : profondeur entre 15 et 34 cm
Sol moyennement profond : profondeur entre 35 et 64 cm
Sol profond : profondeur supérieure à 65 cm

Fig. 24 : Sol caillouteux

Indice d'hydromorphie

Cet indice apporte une vue synthétique sur les conditions d'engorgement de la placette, facteur qui limite la croissance de certaines essences forestières.

L'indice d'hydromorphie du sol est calculé à partir du type de sol, du type regroupé d'humus et de la profondeur d'apparition des horizons hydromorphes (taches d'oxydation, pseudogley, gley).

Il prend les modalités suivantes :

Hydromorphie forte en surface
Hydromorphie forte à moins de 35 cm
Hydromorphie forte entre 35 et 64 cm
Hydromorphie faible ou à partir de 65 cm : Hydromorphie faible ou hydromorphie forte à partir de 65 cm
Non hydromorphe
Non déterminé

Fig. 25 : Trace d'hydromorphie

Niveaux trophique et hydrique

L'indicateur du niveau trophique, calculé à partir du relevé floristique, révèle la richesse minérale du sol, dépendant elle-même de différents facteurs, en particulier de l'humus.
L'indicateur du niveau hydrique, calculé également à partir du relevé floristique, intègre les conditions macro- et micro-climatiques de l'écosystème y compris pédoclimatique.
Leur fiabilité dépend du nombre d'espèces indicatrices présentes sur la placette et des conditions de perturbations de la flore.

Leur calcul part du principe exposé dans la *Flore Forestière Française*, selon lequel les plantes observées en un point donné renseignent sur la richesse du sol, l'économie d'eau, etc. Ainsi, il est possible d'établir un diagnostic rapide en un point à partir des espèces qu'on y observe et du contexte dans lequel elles sont observées.
Les valeurs indicatrices, différentes pour une même espèce en fonction du contexte dans lequel celle-ci est observée, sont définies à partir des indications de la *Flore Forestière Française*. Pour la définition du contexte, l'IFN utilise quatre critères (domaine biogéographique, étage de végétation, type de substrat et régime d'hydromorphie) calculés à partir du relevé écologique.

Ce calcul s'appuie ainsi sur les relevés écologiques et floristiques réalisés sur les points d'inventaire, aboutissant à un résultat objectif, homogène et reproductible.

Les modalités pour le niveau trophique sont les suivantes :

Acidiphile ou hyperacidiphile
Mésoacidiphile : regroupe faiblement acidiphile et mésoacidiphile
Acidicline : regroupe acidicline et neutroacidicline
Neutrophile : regroupe mésoneutrophile et neutrophile
Neutrocalcicole
Calcicole ou calcaricole
Non déterminé

Les modalités pour le niveau hydrique sont les suivantes :

Xérophile : regroupe xérophile et hyperxérophile
Mésoxérophile : regroupe xérocline et mésoxérophile
Mésophile : regroupe mésophile frais et mésophile sec
Hygrocline : regroupe hygrocline et mésohygrocline
Hygrophile : regroupe hygrophile et mésohygrophile
Non déterminé

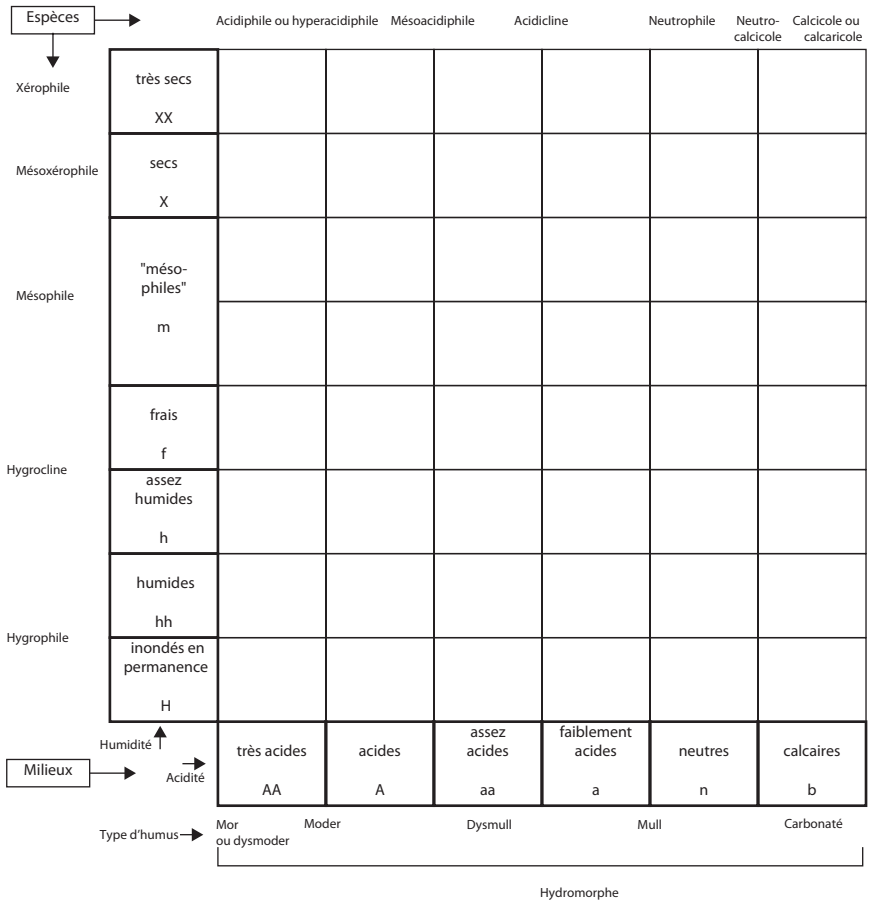


Fig. 26 : Diagramme combinant les gradients trophiques et hydriques de répartition des espèces

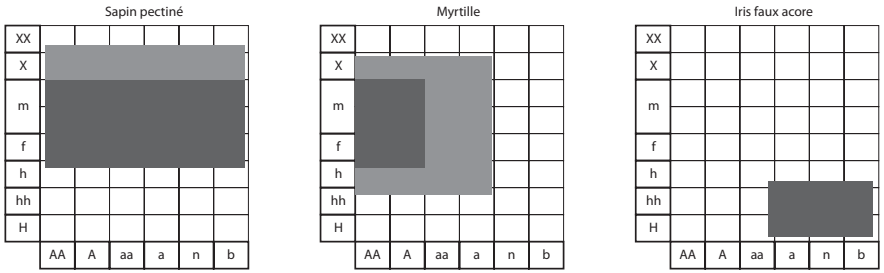


Fig. 27 : Exemple de position d'espèces par rapport à l'acidité et à l'humidité

Altitude

L'altitude du point d'inventaire est renseignée de manière indirecte par l'utilisation d'un modèle numérique de terrain avec un pas de 50 m.

Les modalités retenues dans cette publication sont :

Moins de 600 m
600 à 1200 m
Plus de 1200 m

Fig. 28 : Vallée d'Ossau (Pyrénées-Atlantiques)

Bois mort

Définition

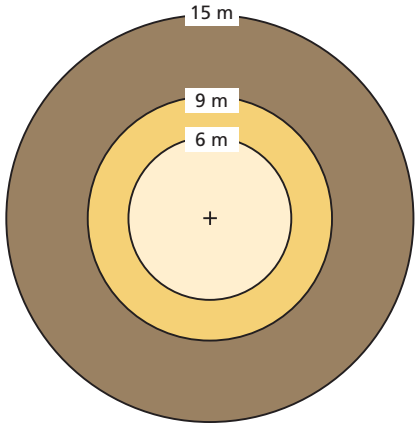
Bois mort sur pied : Arbre ne présentant aucun signe de vie au-dessus de 1,30 m, et toujours sur pied, cassé ou non au niveau de sa tige ou de son houppier. Par convention, on considère que tout arbre mort (sans signe de vie au-dessus de 1,30 m) avec un angle d'inclinaison supérieur à 30 grades par rapport à la surface du sol appartient à cette catégorie.

Chablis : Arbre vivant ou mort qui n'est plus sur pied suite à un accident de moins de 5 ans. Par convention, on considère que tout arbre vivant ou mort, avec un angle d'inclinaison inférieur à 30 grades par rapport à la surface du sol (en raison d'un accident) appartient à cette catégorie.

Bois mort au sol : pièce de bois (branche ou tronc) détachée de sa souche naturellement ou artificiellement, ou arbre chablis mort, en contact ou non avec le sol, avec toutes les branches qui lui sont restées attachées.

De plus en plus de données

L'inventaire du bois mort sur pied et des chablis ordinaires de moins de 5 ans est réalisé pour l'ensemble de la forêt de production hors peupleraie depuis la campagne 2005.
Depuis la campagne 2008, l'inventaire du bois mort sur pied a été élargi aux peupleraies. Il concerne de plus depuis 2008 l'ensemble du bois mort sur pied et pas seulement celui du bois mort de moins de 5 ans. Enfin, depuis 2008, un protocole spécifique a été mis en place pour le bois mort au sol. Il est également appliqué dans les peupleraies.



Mesures réalisées sur les arbres vivants, morts sur pied et chablis :
- Gros bois (diamètre ⩾ 37,5 cm)
- Moyens et gros bois (diamètre ⩾ 22,5 cm)
- Petits, moyens et gros bois (diamètre ⩾ 7,5 cm)

Fig. 29 : Dispositif d'échantillonnage des arbres

Arbre mort sur pied et chablis

Concrètement, lors de la saisie des arbres levés, l'état de végétation de l'arbre (vivant, mort sur pied, mort sur pied cassé ou chablis) est noté et en découlent différentes informations à renseigner, propres à cet état.

Les arbres morts sur pied (cassés ou non) font l'objet d'une identification de l'espèce, de l'origine de l'arbre (rejet ou semence), de la date présumée de mort (moins de 5 ans ou plus de 5 ans) et de la mesure de la circonférence à 1m30. La hauteur de casse est également notée pour les arbres cassés sur pied.
Le volume des arbres morts est ensuite calculé grâce à un tarif à une entrée (la circonférence).

Les mêmes informations sont saisies pour les arbres chablis.

Bois mort au sol

L'inventaire du bois mort au sol est réalisé sur un transect de 12 mètres de long, centré sur le point d'inventaire. L'azimut du transect est fourni aux opérateurs de terrain.

Le seuil de diamètre pour prendre en compte le bois mort au sol est fixé à la classe de 3 centimètres ; les classes sont centrées et la première correspond donc à des diamètres allant de 2,5 à 3,4 cm. En revanche, il n'y a pas de seuil de longueur pour la prise en compte du bois mort au sol. L'essence, le diamètre et l'état de décomposition sont notés pour :

- les arbres chablis ne présentant aucun signe de vie ;
- les résidus de branches ou de bois façonnés épars sur un parterre de coupe datant de plus d'un an ;
- les résidus d'élagage ou de travaux forestiers (dépressages), non considérés comme des résidus de coupe, quelle que soit la date des travaux :
- les branches d'un houppier au sol, suite à une exploitation de plus d'un an, ou suite à un accident.

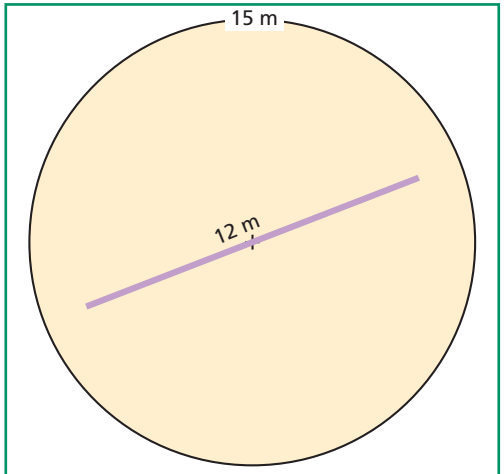


Fig. 30 : Dispositif d'échantillonnage du bois mort au sol

Il est donc possible pour le bois mort au sol de fournir des résultats par essence, par classe de diamètre (diamètre au niveau de l'intersection avec le transect) et par état de décomposition. Le volume obtenu n'est pas directement comparable avec le volume de bois sur pied (vif ou mort) car pour le bois mort au sol le seuil de recensabilité de l'arbre n'intervient pas et les éléments pris en compte peuvent venir de la tige (volume bois fort) tout comme des branches.

Bois mort et tempête Klaus

Pour les arbres morts sur pied ou chablis ou le bois mort au sol, il est très difficile pour les équipes de déterminer sur les campagnes 2009 (après février 2009) et 2010, si ceux-ci sont issus de chablis ordinaires ou de la tempête Klaus. C'est pourquoi pour ces deux campagnes, dans cette publication, le bois mort ou chablis a été considéré comme issu de chablis ordinaire quelle que soit la zone.