



## Critère 2

*Santé et vitalité des forêts*



Indicateur	2.1. Dépôts atmosphériques en forêt
Composantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emissions dans l'air en France métropolitaine contribuant à l'acidification des terres (2.1.a.)</li> <li>Qualité des pluies hors couvert et sous couvert forestier (2.1.b.)</li> <li>Qualité des pluies hors couvert forestier (2.1.c.)</li> <li>Répartition spatiale des dépôts atmosphériques hors couvert moyens pour trois périodes successives (2.1.d.)</li> <li>Synthèse des mesures de dépôts hors couvert et sous couvert dans le sous-réseau Cataenat (2.1.e.)</li> </ul>
Variable(s) et unité(s)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Composante 2.1.a : émissions en masse (Giga grammes ou kilotonnes)</li> <li>Composantes 2.1.b et 2.1.c : précipitations en mm, pH sans unité, concentrations en différents éléments en mg/L</li> <li>Composantes 2.1.d et 2.1.e : dépôts atmosphériques de différents éléments chimiques en kg/ha/an</li> </ul>
Auteur(s) / Organisme(s)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Etienne Mathias (Citepa) (2.1.a)</li> <li>Manuel Nicolas (ONF) (2.1.b à 2.1.e)</li> </ul>

## Éléments valables pour la composante 2.1.a.

### ■ Données et méthode de calcul

#### ◆ Données mises en œuvre

##### ► Sources (organisme(s) et nature du produit mis en œuvre)

##### **Organisme(s) producteur(s) de la donnée :**

Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique Citepa (<<http://www.citepa.org/fr/>>).

##### **Source de données :**

Inventaire CEE-NU (<<http://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/cee-nu>>).

Les résultats d'émissions de SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> et COVNM sont publiés dans l'inventaire CEE-NU. Ces résultats produits par le Citepa intègrent une multitude de sources telles le bilan de l'énergie de la France produit par le SOeS, les statistiques agricoles produites par le SSP, les registres d'émission compilés par le Medde, etc. Ils reflètent l'ensemble des activités économiques du pays et mobilisent par conséquent une grande diversité de sources.

##### ► Domaine concerné

Activités émettrices de polluants atmosphériques en France métropolitaine (toutes les activités anthropiques de France métropolitaine à l'exception du trafic maritime international et de la phase croisière du trafic aérien).

##### ► Années ou période concernées

Les émissions atmosphériques sont estimées et actualisées annuellement ; les résultats sont disponibles pour la période 1990-2014 dans l'édition de mars 2016. Les estimations pour les NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> sont également disponibles depuis 1980 et celle pour les COVNM depuis 1988.

##### ► Données utilisées

Les données utilisées sont détaillées dans le document OMINEA disponible sur le site du Citepa. Elles concernent principalement des indicateurs d'activité comme les niveaux de production ou de consommation.

Pour les SO<sub>x</sub>, les émissions proviennent essentiellement de la combustion. Les estimations pour cette substance sont en grande partie basées sur les consommations de combustibles et leur teneur en élément Soufre (à la baisse). Les émissions de SO<sub>x</sub> sont également impactées par des techniques de réduction dédiées implantées sur les sites importants pris en compte via les déclarations des industriels.

Pour le NO<sub>x</sub>, la consommation de combustibles est une des principales données utilisées mais ces informations sont combinées à de nombreuses données sectorielles sur les équipements de combustion notamment sur l'évolution des parcs de véhicules. À noter que les émissions de NO<sub>x</sub> de la végétation sont actuellement exclues du total national et de l'indicateur.

Pour le  $\text{NH}_3$ , émissions essentiellement agricoles, ce sont les statistiques de production (élevage, culture) élaborées par le SSP et les statistiques de consommation d'engrais produites par l'UNIFA qui sont les principaux indicateurs.

Pour les COVNM, les émissions proviennent en partie de la combustion (données de consommation de combustibles) et en partie de l'utilisation de solvants dont les émissions sont basées sur des statistiques de consommation de solvant et sur la connaissance des sites très consommateurs de ces produits. À noter que les émissions de COVNM de la végétation, très importantes, sont actuellement exclues du total national et de l'indicateur.

### ► Protocole de collecte des données

Peu de données sont collectées au niveau du Citepa, les résultats sont essentiellement basés sur des données collectées par des organismes statistiques. Certaines données peuvent néanmoins être compilées par le Citepa pour répondre à des problématiques précises directement auprès des professionnels.

L'ensemble des méthodologies utilisées pour la réalisation des inventaires nationaux est disponible dans le document OMINEA disponible sur le site du Citepa.

## ◆ Méthode de calcul de l'indicateur

Les protocoles sont détaillés dans le document OMINEA disponible sur le site du Citepa. Ils sont en grande majorité inspirés du guide EMEP EEA 2013 (<<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>>), guide méthodologique de référence pour les émissions de polluants.

## Éléments valables pour les composantes 2.1.b., 2.1.c. et 2.1.e.

## ■ Données et méthode de calcul

### ◆ Données mises en œuvre

#### ► Sources (organisme(s) et nature du produit mis en œuvre)

##### **Organisme(s) producteur(s) de la donnée :**

Office national des forêts (ONF).

##### **Source de données :**

Renecofor (Réseau national de suivi à long terme des écosystèmes forestiers), et plus particulièrement son sous-réseau Cataenat (Charge acide totale d'origine atmosphérique dans les écosystèmes naturels terrestres).

#### ► Domaine concerné

Les 27 placettes permanentes du sous-réseau Cataenat sont réparties en France métropolitaine. Elles sont localisées à l'écart de sources d'émissions directes de polluants, de sorte que les retombées mesurées reflètent la pollution atmosphérique de fond, celle concernant les forêts.

#### ► Années ou période concernées

Toutes les années de 1993 à 2013.

#### ► Données utilisées

Mesures de dépôts atmosphériques :

Volumétrie (précipitations) et analyses physico-chimiques des pluies (hors couvert forestier) et des pluviollessivats (pluies ayant traversé la canopée, collectées sous le couvert des arbres). À partir de l'année 2008, le suivi des pluviollessivats a été restreint à 14 des 27 sites du sous-réseau Cataenat.

Paramètres physico-chimiques mesurés :

pH, soufre sous forme de sulfates ( $\text{S-SO}_4$ ), azote sous forme de nitrates ( $\text{N-NO}_3$ ), azote sous forme d'ammonium ( $\text{N-NH}_4$ ), calcium (Ca), potassium (K), chlorure (Cl), magnésium (Mg). La concentration en azote minéral est une variable déduite par la somme des concentrations en azote sous les formes de nitrates et d'ammonium ( $\text{N-NO}_3 + \text{N-NH}_4$ ).

### ► Protocole de collecte des données

Les collecteurs sont de type « bulk », c'est-à-dire sous forme d'un réceptacle de surface définie intégrant sans distinction les dépôts humides et secs. Le suivi des pluiolessivats est réalisé au sein de placettes permanentes forestières, sous le couvert des arbres ; celui des pluies hors couvert s'appuie sur des placettes permanentes situées dans les clairières à proximité des placettes forestières (distance maximale de 6 km). Les échantillons sont collectés chaque semaine, conservés au réfrigérateur et envoyés pour analyse à un laboratoire unique au plan national. Les analyses sont effectuées sur des composites regroupant les échantillons hebdomadaires par période de quatre semaines au prorata des volumes de précipitation mesurés. Le laboratoire est sélectionné à l'issue d'une procédure d'appel d'offre public incluant des conditions strictes d'assurance qualité (ex : accréditation par le COFRAC pour l'ensemble des méthodes d'analyses employées) et de contrôle qualité (soumission systématique aux essais inter-laboratoires organisés régulièrement par le programme ICP Forests à l'échelle paneuropéenne sur la base d'échantillons de pluie).

Le protocole détaillé est décrit au plan national par Ulrich et Lanier (1993) et au plan du programme de monitoring paneuropéen ICP Forests, dont fait partie le réseau Renecofor, par Clarke et *al.* (2010).

## ◆ Méthode de calcul de l'indicateur

### Graphes (composantes 2.1.b et 2.1.c) :

Les concentrations chimiques mesurées sur les différentes placettes sont agrégées sous la forme de concentrations moyennes pondérées par la pluviométrie. L'expression des valeurs sous forme de concentrations plutôt que de dépôts par unité de surface permet d'apprécier l'évolution temporelle de la qualité des pluies indépendamment de celle de la pluviométrie, la pondération du calcul de moyenne par la pluviométrie donnant simplement un poids relatif plus important aux sites soumis aux plus fortes précipitations. Dans tous les cas, la significativité statistique des tendances temporelles n'est pas modifiée par la considération de données exprimées sous la forme de concentrations moyennes pondérées ou bien sous la forme de dépôts par unité de surface.

### Tableau (composante 2.1.e) :

Les valeurs de dépôts par unité de surface sont le produit des mesures de concentration chimique d'une part et de volumétrie des dépôts atmosphériques (précipitations) d'autre part. Pour les dépôts de protons (H<sup>+</sup>), les valeurs de concentration chimique employées dans le calcul sont dérivées des mesures de pH.

## Éléments valables pour la composante 2.1.d.

### ■ Données et méthode de calcul

#### ◆ Données mises en œuvre

##### ► Sources (organisme(s) et nature du produit mis en œuvre)

##### Organisme(s) producteur(s) de la donnée :

Office national des forêts (ONF).

##### Source de données :

Renecofor (Réseau national de suivi à long terme des écosystèmes forestiers), et plus particulièrement son sous-réseau Cataenat (Charge acide totale d'origine atmosphérique dans les écosystèmes naturels terrestres).

MétéoFrance.

##### ► Domaine concerné

Pollution atmosphérique de fond en France métropolitaine : les sites du sous-réseau Cataenat étant localisés à l'écart de sources d'émissions directes de polluants, l'indicateur ne vise que la pollution atmosphérique de fond, celle concernant les forêts. Les cartes de spatialisation qui en sont issues ne représentent donc pas l'évolution des pollutions atmosphériques à l'endroit des sources d'émission, notamment des agglomérations.

##### ► Années ou période concernées

Trois périodes successives de 6 ans : 1993-1998, 1999-2004, 2005-2010.

## ► Données utilisées

Cataenat : données quantitatives mesurées de dépôts atmosphériques hors couvert forestier (cf. données utilisées pour les composantes 2.1.b, 2.1.c et 2.1.e).

MétéoFrance : données quantitatives mesurées de pluviométrie sur environ 1 800 stations météorologiques.

## ► Protocole de collecte des données

Collecte des dépôts atmosphériques hors couvert forestier (cf. protocole de collecte des données pour les composantes 2.1.b, 2.1.c et 2.1.e).

## ◆ Méthode de calcul de l'indicateur

Les cartes de spatialisation permettent d'illustrer les variations spatiotemporelles des dépôts atmosphériques, les différents éléments ne suivant pas le même modèle de distribution spatiale et leur évolution temporelle n'étant pas non plus homogène en France. Il s'agit d'estimations issues d'une approche de modélisation et d'extrapolation géostatistique des valeurs de dépôts atmosphériques hors couvert mesurées sur les 27 sites Cataenat, en intégrant les données de pluviométrie mesurées par MétéoFrance sur un maillage beaucoup plus dense (Croisé et *al.*, 2002 ; 2005). Dans la représentation cartographique, les valeurs des dépôts estimés sont exprimées en kg/ha/an suivant une même échelle de couleur pour les trois périodes de temps considérées ; les isolignes représentent quant à elles l'incertitude associée à la démarche de spatialisation géostatistique (écart-type de krigeage).

Par ailleurs, la vraisemblance des estimations obtenues a pu être vérifiée par comparaison aux variations mesurées indépendamment sur les réseaux MERA et BAPMON (Nicolas, 2015). Ces réseaux ont suivi également la pollution atmosphérique de fond à sur la base d'une dizaine de placettes permanentes réparties en France métropolitaine. Leur méthode de collecte (collecteurs wet-only n'intégrant que les dépôts humides) diffère de celle du sous-réseau Cataenat (collecteurs bulk) : les dépôts mesurés ne sont donc pas équivalents en valeur absolue. Cependant les tendances qu'ils mettent en évidence respectivement sont comparables (Pascaud et *al.*, 2014). Les variations relatives représentées par les séries de cartes ont ainsi été comparées aux variations spatiotemporelles mesurées sur les placettes des réseaux MERA et BAPMON. Cette comparaison par régression linéaire montre une bonne cohérence ( $R^2$  compris entre 0,47 et 0,72) pour les 4 espèces chimiques considérées : soufre sous forme de sulfates (S-SO<sub>4</sub>), azote sous forme de nitrates (N-NO<sub>3</sub>), azote sous forme d'ammonium (N-NH<sub>4</sub>), calcium (Ca).

## Éléments valables pour toutes les composantes

### ■ Limites et pistes d'amélioration

#### ◆ Limites

##### Pour la composante 2.1.a. :

Les résultats d'émissions annuelles du Citepa sont produits et réévalués tous les ans. Ils s'inscrivent dans un processus d'amélioration continue qui peut mener à des modifications méthodologiques. Ces modifications peuvent être guidées par les revues internationales menées par les Nations Unies.

##### Pour les autres composantes :

L'indicateur est assis sur des données de dépôts atmosphériques robustes : mesures répétées depuis plus de 20 ans sur des placettes permanentes suivant un protocole comparable au cours du temps et intégré à l'échelle continentale, avec une qualité d'analyse chimique contrôlée. De plus, la possibilité d'apprécier la dynamique temporelle des retombées collectées à la fois hors et sous couvert forestier permet de pallier en partie la difficulté d'évaluation des dépôts atmosphériques totaux subis au sens strict par les écosystèmes forestiers (en théorie : dépôt de pluie + particules captées par le houppier des arbres, en faisant abstraction des interactions chimiques avec le contenu du feuillage).

Les limites de l'indicateur sont essentiellement liées à un effectif de placettes réduit (n=27). Néanmoins, la pertinence d'un échantillon doit être évaluée au regard d'un questionnement. Concernant la question des tendances des dépôts atmosphériques d'espèces chimiques majeurs, la cohérence des variations observées

est ici étayée par d'autres mesures réalisées indépendamment :

- les tendances de dépôts atmosphériques hors couvert dans l'espace et dans le temps sont cohérentes avec les autres mesures de la pollution de fond relevées en France métropolitaine par les réseaux MERA et BAPMON (Pascaud et al., 2014) ;
- les tendances des principaux polluants visées (soufre et azote), hors et sous couvert forestier, sont cohérentes avec les observations menées plus largement en Europe (Waldner et al., 2014).

### ◆ Pistes d'amélioration

Rien de particulier à signaler.

## ■ Jugement sur la pertinence de l'indicateur au regard de la gestion durable des forêts

Même si la contrainte acidifiante a nettement diminué par rapport aux années 1980 (lorsque les pluies acides menaçaient directement et fortement les forêts), les pollutions atmosphériques ont toujours une influence notable sur les écosystèmes forestiers, par le biais de plusieurs phénomènes.

Dans les cas des sols les plus pauvres, l'acidification reste une menace (cf. Tome Résultats, Indicateur 2.2) à laquelle contribue la pollution au dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) (retombées d'acide sulfurique). Les polluants azotés – oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) et ammoniac (NH<sub>3</sub>) – ont aussi un effet acidifiant et en même temps un effet fertilisant. Cet effet fertilisant de l'azote peut bénéficier à la productivité forestière (Laubhann et al., 2009 ; Solberg et al., 2009 ; Bontemps et al., 2011 ; Ferretti et al., 2014). Toutefois il peut aussi provoquer des déséquilibres nutritifs (eutrophisation) susceptibles notamment d'affecter la nutrition minérale des arbres (Jonard et al., 2015 ; Talkner et al., 2015), la composition de certaines communautés biologiques (Giordani et al., 2014 ; Suz et al., 2014 ; Rizzetto et al., 2016) et de se répercuter par un drainage de nitrates (Dise et al., 2009). Enfin, la pollution aux oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) contribue aussi à la formation d'ozone dans la basse atmosphère, qui cause des dégâts observables sur la végétation (Ulrich et al., 2006).

La limitation des émissions atmosphériques polluantes fait l'objet de conventions internationales, au regard notamment de leur impact sur l'environnement et sur les écosystèmes forestiers en particulier. L'indicateur permet de suivre l'effet de ces politiques de réduction sur les retombées de polluants atmosphériques réellement subies par les forêts.

## ■ Références bibliographiques

Bontemps J.-D., Hervé J.-C., Leban J.-M., Dhôte J.-F., 2011. Nitrogen footprint in a long-term observation of forest growth over the twentieth century. *Trees*, [en ligne], 25, 237-251, DOI: 10.1007/s00468-010-0501-2 <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00468-010-0501-2>> (consulté le 4 août 2015).

Citepa, 2015. Rapport national d'inventaire. Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à eff et de serre en France - Séries sectorielles et analyses étendues, Format Secten, avril 2015, Paris, 317 p.

Clarke N., Zlindra D., Ulrich E., Mosello R., Derome J., Derome K., König N., Lövblad G., Draaijers G.P.J., Hansen K., Thimonier A., Waldner P., 2010. Sampling and Analysis of Deposition, 66 p. Part XIV. In: *Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forest*, Unece, ICP Forests, Hamburg. ISBN: 978-3-926301-03-1. <<http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>>.

Croisé L., Ulrich E., Duplat P., Jaquet O., 2002. Renecofor - *Deux approches indépendantes pour l'estimation et la cartographie des dépôts atmosphériques totaux hors couvert forestier sur le territoire français*, Office national des forêts, Fontainebleau, 102 p.

Croisé L., Ulrich E., Duplat P., Jacquet O., 2005. Two independent methods of mapping bulk deposition in France. *Atmospheric Environment*, 39, 3923-3941.

Dise N.B., Rothwell J.J., Gauci V., van der Salm C., de Vries W., 2009: Predicting dissolved inorganic nitrogen leaching in European forests using two independent databases. *Science of the Total Environment*, 407:1798-1808.

Ferretti M., Marchetto A., Arisci S., Bussotti F., Calderisi M., Carnicelli S., Cecchini G., Fabbio G., Bertini G., Matteucci G., De Cinti B., Salvati L., Pompei E., 2014. On the tracks of Nitrogen deposition effects on temperate forests at their southern European range – an observational study from Italy. *Global Change Biology*, 20(11):3423-3438, DOI: 10.1111/gcb.12552.

Giordani P., Calatayud V., Stofer S., Seidling W., Granke O., Fischer R., 2014. Detecting the nitrogen critical loads on European forests by means of epiphytic lichens. A signal-to-noise evaluation. *Forest Ecology and Management*, 311:29-40, DOI: 10.1016/j.foreco.2013.05.048.

Jonard M., Fürst A., Verstraeten A., Thimonier A., Timmermann V., Potočić N., Waldner P., Benham S., Hansen K., Merilä P., Ponette Q., de la Cruz A.C., Roskams P., Nicolas M., Croisé L., Ingerslev M., Matteucci G., Decinti B., Bascietto M., Rautio P., 2015. Tree mineral nutrition is deteriorating in Europe. *Global Change Biology*, 21(1):418-430.

Laubhann D., Sterba H., Reinds G.J., de Vries W., 2009. The impact of atmospheric deposition and climate on forest growth in European monitoring plots: An individual tree growth model. *Forest Ecology and Management*, 258:1751-1761.

Nicolas M., 2015. Renecofor – *Bilan technique de l'année 2014*. Office national des forêts, Fontainebleau, 35 p.

Pascaud A., Sauvage S., Wroblewski A., Coddeville P., Probst A., Mansat A., Roustant O., Croisé L., Nicolas M., Mezdour A., 2014 : *20 ans de mesureS des retombEes AtMosphériquEs en France (SESAME)*, Rapport de fin de contrat du programme PRIMEQUAL 2, Mines Douai, 117 p.

Rizzetto S., Belyazid S., Gégout J.C., Nicolas M., Alard D., Corcket E., Gaudio N., Sverdrup H., Probst A., 2016. Modelling the impact of climate change and atmospheric N deposition on French forests biodiversity. *Environmental Pollution*, 213:1016-1027, DOI: 10.1016/j.envpol.2015.12.048.

Solberg, S., Dobbertin, M., Reinds, G.J., Lange, H., Andreassen, K., Fernandez, P.G., Hildingsson, A., de Vries, W., 2009. Analyses of the impact of changes in atmospheric deposition and climate on forest growth in European monitoring plots: A stand growth approach. *Forest Ecology and Management*, 258:1735-1750.

Suz L.M., Barsoum N., Benham S., Dietrich H.P., Fetzer K.D., Fischer R., Garcia P., Gehrman J., Kristöfel F., Manninger M., Neagu S., Nicolas M., Oldenburg J., Raspe S., Sanchez G., Schröck H.W., Schubert A., Verheyen K., Verstraeten A., Bidartondo M.I., 2014. Environmental drivers of ectomycorrhizal communities in Europe's temperate oak forests. *Molecular Ecology*, 23(22): 5628-5644.

Talkner U., Meiwes K.J., Potočić N., Seletković I., Cools N., De Vos B., Rautio P., 2015. Phosphorus nutrition of beech (*Fagus sylvatica* L.) is decreasing in Europe. *Annals of Forest Science*, 72(7):919-928 DOI: 10.1007/s13595-015-0459-8 <<http://link.springer.com/article/10.1007/s13595-015-0459-8>>.

Ulrich E., Dalstein L., Günthardt-Goerg M. S., Vollenweider P., Cecchini S., Vas, Karin Sjöberg N., Skarman T., 2006. RENECOFOR – *Effets de l'ozone sur la végétation, concentrations d'ozone (2000-2002) et symptômes d'ozone sur la végétation forestière (2001-2003)*. Office National des Forêts, Direction Technique. ISBN : 2-84207-300-2, 126 p.

Ulrich E., Lanier M., 1993 (deuxième version). Renecofor - *Manuel de référence n°3 pour le fonctionnement du sous-réseau Cataenat (Charge Acide Totale d'origine Atmosphérique dans les Ecosystèmes Naturels Terrestres), placette de niveau 2 et 3*, Office national des forêts, Fontainebleau, 98 p.

Waldner P., Marchetto A., Thimonier A., Schmitt M., Rogora M., Granke O., Mues V., Hansen K., Pihl Karlsson G., Žlindra D., Clarke N., Verstraeten A., Lazdins A., Schimming C., Iacoban C., Lindroos A.J., Vanguelova E., Benham S., Meesenburg H., Nicolas M., Kowalska A., Apuhtin V., Napas U., Lachmanová Z., Kristoefel F., Bleeker A., Ingerslev M., Vesterdal L., Molina J., Fischer U., 2014 : Detection of temporal trends in atmospheric deposition of inorganic nitrogen and sulphate to forests in Europe. *Atmospheric Environment*, 95, 363-374.

Inventaire CEE-NU : <<http://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/cee-nu>>.

Site Citepa : <<http://www.citepa.org>>.

Site EMEP : <<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>>.

Indicateur	2.2. Propriétés chimiques des sols forestiers
Composantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stocks de carbone organique (C) et d'azote (N), et rapport C/N par couche et par campagne de prélèvement de sol du réseau Renecofor (2.2.a.)</li> <li>Évolution des propriétés chimiques des couches minérales des sols des sites du réseau Renecofor par couche systématique jusqu'à 40 cm de profondeur (2.2.b.)</li> <li>Distribution des sites des réseaux Renecofor et systématique (maillage 16 km x 16 km) par classe de pH H<sub>2</sub>O, taux de saturation en bases, rapport C/N et le long du gradient de texture (2.2.c.)</li> </ul>
Variable(s) et unité(s)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Composante 2.2.a : Stocks de carbone organique (C) et d'azote total (N) (en t/ha), rapport des deux valeurs (C/N) (sans unité)</li> <li>Composantes 2.2.b : évolution temporelle relative de variables de propriétés physico-chimiques du sol minéral (sans unité)</li> <li>Composantes 2.2.c : pH H<sub>2</sub>O (sans unité), rapport C/N (sans unité), taux de saturation en bases (%), texture de la terre fine (proportions en % des fractions granulométriques suivantes : argiles, limons, sables)</li> </ul>
Auteur(s) / Organisme(s)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manuel Nicolas (ONF)</li> </ul>

## Éléments valables pour les composantes 2.2.a. et 2.2.b.

### ■ Données et méthode de calcul

#### ◆ Données mises en œuvre

##### ► Sources (organisme(s) et nature du produit mis en œuvre)

##### **Organisme(s) producteur(s) de la donnée :**

Office national des forêts (ONF).

##### **Source de données :**

Renecofor (Réseau national de suivi à long terme des écosystèmes forestiers).

##### ► Domaine concerné

Les 102 placettes permanentes du réseau Renecofor sont réparties de manière à représenter les principaux contextes de forêt de production en France métropolitaine.

##### ► Années ou période concernées

Deux campagnes de prélèvement et d'analyse des sols menées entre 1993 et 1995 puis entre 2007 et 2012.

##### ► Données utilisées

Données quantitatives mesurées de propriétés du sol minéral et de la litière : masse de matière sèche rapportée à l'hectare, et analyses physico-chimiques.

Paramètres physico-chimiques analysés :

- Carbone organique ;
- Azote total ;
- pH : analyse après extraction à l'eau (pH H<sub>2</sub>O) ou au chlorure de calcium (pH CaCl<sub>2</sub>) ;
- Cations échangeables (extraction au chlorure de baryum) : aluminium, calcium, magnésium, potassium ;
- Phosphore extrait selon la méthode Dyer (si pH CaCl<sub>2</sub> ≤ 6,5) ou Joret-Hébert (si pH CaCl<sub>2</sub> > 6,5).

Le rapport C/N est calculé à partir des mesures de concentrations en carbone organique et en azote total. La capacité d'échange cationique et le taux de saturation en bases sont calculés à partir des mesures de concentrations en cations échangeables.

##### ► Protocole de collecte des données

La comparabilité temporelle des données de sol du réseau Renecofor repose sur la continuité des méthodes de prélèvement et d'analyse en laboratoire. Les prélèvements n'ont pas été réalisés à la tarière mais sur des



mini-fosses jusqu'à 40 cm de profondeur de manière à maximiser la représentativité des prélèvements jusque dans les contextes les plus caillouteux. La litière a été prélevé par horizon morphologique (OL, OF, OH) et le sol minéral sous-jacent par couche de profondeur systématique (0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm). La variabilité spatiale au sein de chaque placette a été quantifiée suivant le même plan d'échantillonnage à chaque campagne de terrain : 25 répétitions de prélèvement ont réparties entre cinq sous-placettes fixes (grappes), pour chacune desquelles un composite a été analysé. Le protocole détaillé est décrit au plan national par Ulrich et *al.*, (2009).

Toutes les analyses ont été réalisées par un laboratoire accrédité par le Cofrac pour les méthodes employées. Leur grande majorité aux deux campagnes a été confiée au Laboratoire d'analyse des sols (LAS) de l'Inra Arras, considéré comme laboratoire de référence au niveau européen suivant ses performances aux essais inter-laboratoires du programme ICP Forests. Dans le cadre du programme européen Biosoil, l'ensemble des pays participants devaient transmettre au LAS un doublon de 10 % de leurs échantillons de sol pour contrôler la qualité de leurs analyses chimiques.

La reproductibilité des mesures a été vérifiée pour l'essentiel des paramètres chimiques en ré-analysant en aveugle une centaine d'échantillons de sol minéral archivés depuis la première campagne. Seules les mesures de protons et de manganèse échangeables présentent une mauvaise reproductibilité et n'ont donc pas été incluses dans les analyses d'évolution temporelle (composante 2.2.b) : l'évolution de l'acidité d'échange est donc évaluée uniquement à partir de l'aluminium qui en constitue néanmoins une part nettement majoritaire.

### ◆ Méthode de calcul de l'indicateur

La comparaison des résultats des deux campagnes de mesure du réseau Renecofor a été menée en collaboration entre l'ONF et l'Université catholique de Louvain-la-Neuve.

Les stocks d'éléments dans chaque couche sont calculés comme le produit d'une concentration chimique et d'une masse sèche de matière rapportée à une unité de surface (ici l'hectare).

Pour les **couches de litière**, la **masse sèche** est évaluée à partir de leur prélèvement dans un cadre métallique de surface fixe : après pesée de l'ensemble à 40 °C, une aliquote est séchée jusqu'à 105 °C pour estimation de la masse sèche totale.

Pour le **sol minéral**, la **masse sèche de la terre fine** (< 2 mm) de chaque couche est évaluée à partir du prélèvement d'un volume fixe non remanié (cylindre de 250 cm<sup>3</sup>). Le prélèvement est tamisé à 2 mm, séché à 105 °C et pesé. La masse sèche de terre fine rapportée au volume total du prélèvement permet de calculer la densité apparente de la couche. Cette densité est ensuite rapportée au volume correspondant à l'unité de surface considérée multipliée par l'épaisseur de la couche. Enfin, une correction est apportée pour tenir compte de la proportion des éléments grossiers (cailloux, pierres, blocs) non échantillonnables dans un cylindre de 250 cm<sup>3</sup> : celle-ci est estimée à partir de la description détaillée de deux fosses pédologiques par placette (Brêthes et *al.*, 1997).

Pour le **sol minéral**, la **densité apparente** ne présentant pas d'évolution temporelle significative à l'échelle du réseau, elle est considérée comme invariante : l'évolution des stocks d'éléments est donc évaluée uniquement en fonction de l'évolution des concentrations. Pour la litière en revanche, l'évolution des stocks d'éléments intègre les variations de concentrations et de masse des couches prélevées.

L'analyse statistique de l'évolution temporelle des propriétés des sols a été réalisée à l'échelle du réseau Renecofor (i.e. en incluant les résultats de toutes les grappes de toutes les placettes), paramètre par paramètre et couche par couche. Les variations spatiales intra-placette ayant été intégrées au moyen de 25 répétitions de prélèvement réparties entre cinq sous-placettes fixes (grappes), et quantifiées grâce à l'analyse d'un composite pour chacune des cinq grappes, elles ont pu être différenciées de l'évolution temporelle des sols. L'analyse a ainsi consisté en régressions linéaires mixtes intégrant l'effet de la campagne de mesure (facteur à effet fixe) et l'effet de la placette (facteur aléatoire). Une évolution temporelle significative correspond à un effet significatif de la campagne de mesure dans le modèle de régression (au seuil de  $p=0,05$ ). Les paramètres chimiques étudiés ne suivant généralement pas une distribution gaussienne (distributions log-normales), elles ont été normalisés grâce au logarithme décimal avant ajustement des modèles. Lors de comparaisons de grands ensembles d'échantillons, comme c'est le cas ici (102 sites x 5 grappes = 510 points par campagne et par couche), les tests sont surpuissants et des écarts infimes de moyenne suffisent à générer une différence statistiquement significative. Les résultats des régressions ont donc été complétés par le calcul de la « taille de l'effet » suivant trois indices ( $\eta^2$ ,  $d$  de Cohen, coefficient de corrélation de Bravais-Pearson). En fonction des valeurs de ces indices, la taille de l'effet a été rangée en trois catégories : faible, moyenne ou forte. Sont considérées plus particulièrement dans l'interprétation les évolutions significatives correspondant à un effet de taille moyenne ou forte.

La même approche d'analyse des évolutions a été répétée en subdivisant l'ensemble des placettes par catégories suivant le type d'essence (feuillu ou résineux) et le niveau trophique du sol ( $\text{pH H}_2\text{O} < 4,5$  ; compris entre 4,5 et 5,5 ; ou  $> 5,5$ ). Concernant l'évolution des stocks de carbone organique, elle a de plus été analysée à l'échelle de chaque placette et ses variations entre placettes ont été testées au regard de nombreux facteurs explicatifs (ex : propriétés morphologiques et physico-chimiques des sols, climat, essence principale, perturbations et intensité d'éclaircie du peuplement, ancienneté documentée de l'état boisé) (Jonard et al., 2013).

## Éléments valables pour la composante 2.2.c.

### ■ Données et méthode de calcul

#### ◆ Données mises en œuvre

##### ▶ Sources (organisme(s) et nature du produit mis en œuvre)

###### **Organisme(s) producteur(s) de la donnée :**

Office national des forêts (ONF).

Département santé des forêts (ministère de l'Agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt).

###### **Source de données :**

Renecofor (Réseau national de suivi à long terme des écosystèmes forestiers).

RSSDF (Réseau systématique de suivi des dommages forestiers).

##### ▶ Domaine concerné

Les 102 placettes permanentes du réseau Renecofor sont réparties de manière à représenter les principaux contextes de forêt de production en France métropolitaine.

Le RSSDF compte environ 550 placettes permanentes réparties suivant un maillage systématique de 16 km x 16 km des forêts en France métropolitaine. Il apporte une meilleure représentation statistique du territoire et sert ici de référence pour évaluer la distribution des contextes édaphiques couverts par le réseau Renecofor.

##### ▶ Années ou période concernées

Renecofor : 2<sup>ème</sup> campagne de mesure 2007-2012.

RSSDF : campagne de mesure financée par le programme européen Bio Soil en 2006-2007.

##### ▶ Données utilisées

Données quantitatives mesurées sur la couche 0-10 cm du sol minéral :

- pH après extraction à l'eau ( $\text{pH H}_2\text{O}$ ) ou au chlorure de calcium ( $\text{pH CaCl}_2$ ) ;
- Taux de saturation en bases échangeables (extraction au chlorure de baryum) ;
- Rapport C/N (teneur en carbone organique divisée par la teneur en azote total).

##### ▶ Protocole de collecte des données

###### Renecofor :

Cf. protocole de collecte de données utilisé pour les composantes 2.2.a et 2.2.b.

###### RSSDF:

Les données à la campagne de prélèvement de sol menée en 2006 et 2007 dans le cadre du programme Bio Soil financé par l'Union Européenne. À cette occasion, des prélèvements de sol et de litière ont été menés suivant un protocole harmonisé sur l'ensemble des sites forestiers du maillage systématique européen de 16 km x 16 km. En France, ces prélèvements ont été confiés à l'Inventaire forestier national. Pour chaque site, six répétitions spatiales de prélèvement ont été réalisées et regroupées en un échantillon composite par couche. Les couches minérales ont été prélevées à la tarière et par couche systématique suivant la même délimitation verticale que les prélèvements réalisés sur le réseau Renecofor. Les analyses chimiques également ont été réalisées suivant les mêmes méthodes et par le même laboratoire (LAS, Inra Arras) que pour le réseau Renecofor.

## ◆ Méthode de calcul de l'indicateur

La composante 2.2.c présente des résultats directs d'analyses physico-chimiques.

# Éléments valables pour toutes les composantes

## ■ Limites et pistes d'amélioration

### ◆ Limites

Au niveau national, les données disponibles concernant le sol en forêt sont principalement celles du réseau Renecofor de l'ONF, du réseau européen 16 km x 16 km du DSF-Maaf (RSSDF), du RMQS (sur le même maillage systématique de 16 km x 16 km étendu à tous les types d'usage des sols) et de l'inventaire forestier national de l'IGN, chacune ayant ses particularités. Les résultats discutés dans l'indicateur sont principalement ceux du réseau Renecofor, car ils constituent actuellement le seul jeu de données permettant d'évaluer la dynamique temporelle des propriétés des sols sur la base de mesures comparables à l'échelle nationale. Ce réseau de suivi intensif des écosystèmes forestiers, coordonné par l'ONF, n'est pas basé sur un maillage systématique du territoire mais sur une sélection de placettes permanentes réparties en France métropolitaine.

Pour des questions de moyens et de faisabilité pratique, cette sélection de placettes a été initialement orientée vers des peuplements adultes des dix principales essences de production, en forêt publique. Elle ne prétend donc pas représenter quantitativement les sols des forêts françaises dans un but d'extrapolation de valeurs à l'ensemble du territoire.

En revanche, les résultats obtenus permettent pour la première fois d'apprécier l'évolution temporelle des propriétés des sols forestiers suivant une large gamme de contextes écologiques (étendue similaire à celle couverte par le RSSDF au vu de la composante 2.2.c). En complément en encadré, plusieurs cartes basées sur des données qualitatives collectées par l'inventaire forestier de l'IGN illustrent la variabilité spatiale des conditions édaphiques à l'échelle nationale.

### ◆ Pistes d'amélioration

Les possibilités d'amélioration de l'indicateur dépendront essentiellement de la disponibilité de nouvelles mesures comparables des propriétés des sols d'ici les prochaines éditions quinquennales. Le réseau Renecofor prévoit une périodicité de prélèvement des sols d'une quinzaine d'années : aucun nouveau résultat n'est donc à attendre avant 2022. En revanche, il conviendra d'étudier la possibilité d'utiliser des premiers résultats de répétitions temporelles de mesures venant du réseau RMQS (première campagne réalisée entre 2000 et 2010, deuxième campagne prévue sur la période 2015-2027) : ces données permettraient d'exploiter de manière complémentaire les apports d'un réseau extensif (maillage systématique du territoire) à ceux du suivi intensif mené sur Renecofor (répétitions d'analyses intra-placette, suivi en parallèle de nombreux autres paramètres de fonctionnement des écosystèmes forestiers).

## ■ Jugement sur la pertinence de l'indicateur au regard de la gestion durable des forêts

Le sol constitue le réservoir dans lequel les arbres et la végétation puisent les éléments minéraux dont ils ont besoin : l'évolution du contenu de ce réservoir est donc un indicateur d'état attendu vis-à-vis des déséquilibres nutritifs (acidification, eutrophisation) que peuvent provoquer ou aggraver les pollutions atmosphériques (cf. Indicateur 2.1) et les exportations d'éléments nutritifs associées à l'exploitation forestière. Il constitue également le principal réservoir de carbone organique au sein des écosystèmes forestiers : son évolution, difficilement prévisible, conditionne fortement le bilan carbone de la forêt vis-à-vis des enjeux d'atténuation des changements climatiques (De Vos et al., 2015).

## ■ Références bibliographiques

Brêthes A., Ulrich E. (coordinateurs), 1997 : Renecofor - *Caractéristiques pédologiques des 102 peuplements du réseau, observations de 1994/95*. Editeur : Office National des Forêts, Département des Recherches Techniques, ISBN 2 - 84207 - 112 - 3, 573 p.

De Vos B., Cools N., Ilvesniemi H., Vesterdal L., Vanguelova E., Carnicelli S., 2015. Benchmark values for forest soil carbon stocks in Europe: Results from a large scale forest soil survey. *Geoderma*, [en ligne], 251-252,33-46., doi : 10.1016/j.geoderma.2015.03.008, <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706115000798>> (consulté le 5 août 2015).

Jonard M., Caignet I., Ponette Q., Nicolas M., 2013. *Évolution du carbone des sols forestiers de France métropolitaine – Détection et quantification à partir des données mesurées sur le réseau Renecofor, Rapport final d'étude*, Maaf-ONF-UCL-, Louvain-la-neuve. 55 p + annexes de 304 p.

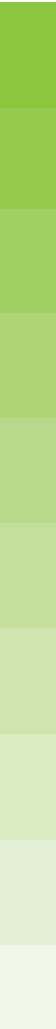
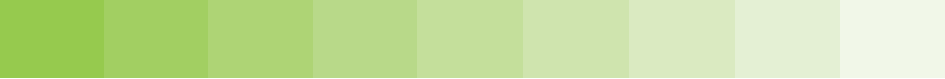
Jonard M., André F., Dambrine E., Ponette Q., Ulrich E., 2009. Temporal trends in the foliar nutritional status of the French, Walloon and Luxembourg broad-leaved plots of forest monitoring. *Annals of Forest Science*, [en ligne], 66, 412p1-412p10, doi : 10.1051/forest/2009014, <<http://link.springer.com/article/10.1051%2Fforest%2F2009014>> (consulté le 5 août 2015).

Jonard M., Fürst A., Verstraeten A., Thimonier A., Timmermann V., Potočić N., Waldner P., Benham S., Hansen K., Merilä P., Ponette Q., de la Cruz A.C., Roskams P., Nicolas M., Croisé L., Ingerslev M., Matteucci G., Decinti B., Bascietto M., Rautio P., 2015. Tree mineral nutrition is deteriorating in Europe, *Global Change Biology*, [en ligne], 21(1), 418-430, doi : 10.1111/gcb.12657, <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24920268>> (consulté le 5 août 2015).

Jonard M., Legout A., Nicolas M., Dambrine E., Nys C., Ulrich E., van der Perre R., Ponette Q., 2012. Deterioration of Norway spruce vitality despite a sharp decline in acid deposition: a long-term integrated perspective. *Global Change Biology*, [en ligne], 18 (2), 711-725, doi : 10.1111/j.1365-2486.2011.02550.x, <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2486.2011.02550.x/abstract>> (consulté le 5 août 2015).

Talkner U., Meiwes K.J., Potočić N., Seletković I., Cools N., De Vos B., Rautio P., 2015. Phosphorus nutrition of beech (*Fagus sylvatica* L.) is decreasing in Europe. *Annals of Forest Science*, [en ligne], doi : 10.1007/s13595-015-0459-8, <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs13595-015-0459-8>> (consulté le 5 août 2015).

Ulrich E., Croisé L, Lanier A., Brêthes A., Cecchini S., 2009. Renecofor - *Manuel de référence n°4 pour l'échantillonnage des sols et des litières en grappes et la préparation des échantillons*, 3<sup>ème</sup> version. Editeur : Office National des Forêts, Direction Technique et Commerciale Bois, Département Recherche, Fontainebleau, 41 p.



Indicateur	2.3. Déficit foliaire des principales essences forestières
Composantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Répartition des arbres en classes de déficit foliaire « modéré », « sévère » et « mort » sur le réseau systématique de suivi des dommages forestiers depuis 1997 (2.3.a.)</li> <li>Déficit foliaire par essence sur le réseau systématique de suivi des dommages forestiers depuis 1997 (2.3.b.)</li> <li>Répartition par GRECO de la médiane du déficit foliaire pour les essences feuillues et résineuses, période 2010-2015 (2.3.c.)</li> </ul>
Variable(s) et unité(s)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Déficit foliaire d'un arbre par rapport à un arbre de référence</li> <li>Pourcentage de population d'arbres, et de placettes (note de 5 en 5 de 0 à 100)</li> </ul>
Auteur(s) / Organisme(s)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fabien Carouille (Maaf)</li> </ul>

## ■ Données et méthode de calcul

### ◆ Données mises en œuvre

#### ► Sources (organisme(s) et nature du produit mis en œuvre)

##### **Organisme(s) producteur(s) de la donnée :**

Département santé des forêts (DSF) (ministère de l'Agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt) et ses correspondants-observateurs.

##### **Source de données :**

Cet indicateur est présent dans les documents IGD depuis 1995.

Le Département de la santé des forêts (Ministère de l'Agriculture) en est le fournisseur depuis cette date.

Il est basé sur les observations des notateurs du Réseau systématique de suivi des Dommages forestiers, pour la plupart correspondant-observateurs du DSF (des forestiers de terrain de l'ONF, des CRPF et des services de l'État).

La notation s'appuie sur un manuel rédigé au niveau national, et dont la dernière grande révision date de 2011.

Lors de cette réédition, une légère correction de la façon de noter le déficit foliaire a été décidée. Comme elle ne concerne qu'un nombre limité d'arbres, on peut considérer qu'elle n'impacte pas ou très peu les résultats de cet indicateur. En revanche, le fait que le réseau 16 km x 16 km ait été étoffé de 2011 à 2013 en particulier dans la zone méditerranéenne, contribue à un relèvement artificiel du déficit foliaire de l'ordre de 5 %.

#### ► Domaine concerné

Tout peuplement forestier métropolitain accessible situé sur la maille de 16 km sur 16 km est concerné par l'enquête.

#### ► Années ou période concernées

Les données sont collectées depuis 1989, pendant la période estivale. Cependant, une calibration de la notation étant intervenue au milieu des années 90, il est communément admis qu'il faille commencer la prise en compte de la série longue à partir de 1997.

#### ► Données utilisées

La donnée utilisée est le déficit foliaire d'un houppier notable estimé à partir d'un arbre de référence, comptabilisé en classe de 5 % de houppier manquant.

Le résultat est généralement ventilé par essence et par zone géographiques étendues (GRECO en particulier).

#### ► Protocole de collecte des données

Le déficit foliaire est relevé sur les arbres dominants des placettes du réseau systématique de suivi des dommages forestiers, au moment de la notation estivale de ces placettes, sur les placettes adultes. Seules les placettes dont le peuplement a atteint une hauteur et un diamètre minimaux sont prises en compte (les placettes juvéniles sont exclues). Ces placettes sont situées sur les nœuds forestiers d'un maillage de 16 km de côté couvrant l'ensemble du territoire national métropolitain.

Ce critère est relevé au cours de chaque été depuis 1989, néanmoins, suite à des réajustements de méthodologie de notation, il est préférable de le suivre depuis 1997. La notation se fait par des techniciens forestiers spécialisés dans le diagnostic sylvosanitaire.

### ◆ **Méthode de calcul de l'indicateur**

Les données présentées et l'agrégation de celles saisies par les correspondants-observateurs du DSF après validation de la part des permanents du DSF.

## ■ **Limites et pistes d'amélioration**

### ◆ **Limites**

Le fait que le réseau 16 km x 16 km ait été étoffé de 2011 à 2013 en particulier dans la zone méditerranéenne, contribue à un relèvement artificiel du déficit foliaire de l'ordre de 5 %.

Une hausse sensible du déficit foliaire est observable chez les essences spécifiques ou présentes dans la zone méditerranéenne : chênes vert, pubescent et liège, châtaignier, pin sylvestre, pin d'Alep.

### ◆ **Pistes d'amélioration**

Rien de particulier à signaler.

## ■ **Jugement sur la pertinence de l'indicateur au regard de la gestion durable des forêts**

Ce critère est un critère intérateur de l'état de santé des forêts.

Il est valable sur les forêts adultes du territoire métropolitain, dans la mesure où le déficit foliaire est relevé sur les arbres dominants d'un peuplement en comparaison d'un arbre de référence idéal placé dans les mêmes conditions environnementales. Ces références ne s'appliquent donc pas pour les stades juvéniles de la forêt pour lesquels l'établissement d'un déficit foliaire n'aurait pas de sens.

L'indicateur peut être utilisé au niveau du territoire national ou de la GRECO, pas en dessous en raison du taux de sondage du réseau 16 km x 16 km.

Il peut être difficile d'interpréter les variations du déficit foliaire, cependant, les données utilisées sont basées sur un réseau systématique couvrant le territoire national et il s'agit d'un indicateur robuste de l'état de santé des arbres. Contrôle qualité poussé par vérification de terrain, et contrôle documentaire exhaustif à deux niveaux.

De façon générale, la validité scientifique globale de l'indicateur est élevée.

## ■ **Références bibliographiques**

Département de la santé des forêts, 1994. *Protocole pour les observations (réseau européen)*, Département de la santé des forêts, Maaf, Paris, 48 p.

Ferretti M., Nicolas M., Bacaro G., Brunialti G., Calderisi M., Croisé L., Frati L., Lanier M., Maccherini S., Santi E., Ulrich E., 2014. Plot-scale modelling to detect size, extent, and correlates of changes in tree defoliation in French high forests. *Forest Ecology and management*, 311: 56-69.

Nageleisen L.-M. et Goudet M., 2011. *Manuel de notation des dommages forestiers (symptômes, causes, état des cimes)*, Département de la santé des forêts, Maaf, Paris, 49 p.

Nageleisen L.-M., 2005. *Manuel de notation des dommages forestiers (symptômes, causes, état des cimes)*, Département de la santé des forêts, Maaf, Paris, 87 p.

Indicateur	2.4. Dommages aux peuplements forestiers
Composantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensité relative de dix grands problèmes phytosanitaires de la forêt française de 1989 à 2013, par grande zone géographique (2.4.a.)</li> <li>• Causes primaires des dommages sylvosanitaires, par type de peuplement (2.4.b.)</li> <li>• Causes primaires des dommages sylvosanitaires, par essence (2.4.c.)</li> <li>• Causes primaires des dommages sylvosanitaires, par essence (2.4.d.)</li> <li>• Incendies dans les forêts et autres terres boisées (2.4.e.)</li> <li>• Tempêtes dans les forêts françaises (2.4.f.)</li> </ul>
Variable(s) et unité(s)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problèmes sylvosanitaires et Intensité de ces problèmes (part d'arbres et de placettes par essence)</li> <li>• En pourcentage de population d'arbres et de placettes</li> <li>• Composante 2.4.e. : Surface totale (ha/an) concernée par les feux et pourcentage de surface forestière</li> <li>• Composante 2.4.f. : Volume de dégâts (en millions de m<sup>3</sup>), Surfaces détruites (en milliers d'hectares), Volume sur pied (en millions de m<sup>3</sup>), Production biologique nationale (en millions de m<sup>3</sup>/an)</li> </ul>
Auteur(s) / Organisme(s)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fabien Caroulle (Maaf) (2.4.a, b, c, d)</li> <li>• Cécile Haëck (IGN) (2.4.e)</li> <li>• Marine Dalmasso (IGN) (+Antoine Colin, Nathalie Derrière, Marion Pilate et Stéphanie Wurpillot (IGN)) (2.4.f)</li> </ul>

## Éléments valables pour les composantes 2.4.a., 2.4.b., 2.4.c. et 2.4.d.

### ■ Données et méthode de calcul

#### ◆ Données mises en œuvre

##### ► Sources (organisme(s) et nature du produit mis en œuvre)

##### **Organisme(s) producteur(s) de la donnée :**

DSF et ses correspondants-observateurs.

##### **Source de données :**

Inventaire statistique.

Cet indicateur est présent dans les documents IGD depuis 1995.

Le Département de la santé des forêts (Ministère de l'Agriculture) en est le fournisseur depuis cette date.

Il est désormais basé sur les observations des notateurs du Réseau systématique de suivi des Dommages forestiers, pour la plupart correspondant-observateurs du DSF (des forestiers de terrain de l'ONF, des CRPF et des services de l'État).

La notation s'appuie sur un manuel rédigé au niveau national, et dont la dernière grande révision date de 2011.

Lors de cette réédition, une légère correction dans la façon de noter les problèmes sylvosanitaires a amené les notateurs à préciser leurs signalements. Cette nouvelle méthode a rendu impossible la comparaison avec le calcul de l'ancienne méthode.

En revanche, la prise en compte de l'intensité des problèmes sylvosanitaires signalés a permis tout à la fois de gommer cette légère incohérence (puisque la proportion de signalements significatifs a peu évolué) et de fournir des résultats plus intéressants quant à l'évaluation de ceux-ci.

##### ► Domaine concerné

Tout peuplement forestier métropolitain accessible situé sur la maille de 16 km sur 16 km est concerné par l'enquête.

##### ► Années ou période concernées

Les données sont collectées depuis 1989, pendant la période estivale. Cependant, une calibration de la notation étant intervenue au milieu des années 90, il est communément admis qu'il faille commencer la prise en compte de la série longue à partir de 1997 en ce qui concerne le déficit foliaire. Le signalement des causes de dommages est effectué de façon standardisé sur ce réseau à partir de 2005.



## ► Données utilisées

Problèmes phytosanitaires (dommages)  
Type de peuplement  
Essences  
Grandes Régions Ecologique (GRECO)

## ► Protocole de collecte des données

Le déficit foliaire est relevé sur les arbres dominants des placettes du réseau systématique de suivi des dommages forestiers, au moment de la notation estivale de ces placettes, sur les placettes adultes. Seules les placettes dont le peuplement a atteint une hauteur et un diamètre minimaux sont prises en compte (les placettes juvéniles sont exclues). Ces placettes sont situées sur les nœuds forestiers d'un maillage de 16 km de côté couvrant l'ensemble du territoire national métropolitain.

Ce critère est relevé au cours de chaque été depuis 2005. La notation se fait par des techniciens forestiers spécialisés dans le diagnostic sylvosanitaire.

## ◆ Méthode de calcul de l'indicateur

Les problèmes sylvosanitaires sont récupérés sur les placettes du réseau systématique de suivi des dommages forestiers (16 km x 16 km), au moment de la notation estivale de ces placettes. Depuis 2005, une note d'intensité leur est attribuée : on a sélectionné pour le calcul de cet indicateur les problèmes « les plus significatifs » et les plus dommageables pour la forêt. Pour cela, on a retenu les problèmes sylvosanitaires dont l'intensité est la plus importante : concrètement, cela représente les problèmes d'intensité supérieure à 3 sur une échelle croissante allant de 1 à 10.

Ensuite, il est facile de regrouper et ventiler les ravageurs par essence, type de ravageurs.

## ■ Limites et pistes d'amélioration

### ◆ Limites

Sur l'indicateur :

- L'indicateur tel que présenté ne propose que des pourcentages de placettes ou d'arbres du réseau systématique, mais pas de surface atteinte. La faiblesse de l'échantillon ne permet pas en effet de réaliser des calculs statistiques en surface suffisamment robustes ;
- Des phénomènes sylvosanitaires agrégatifs sont peu ou pas détectés par un réseau de placettes, alors que leur influence peut être localement importante au niveau de la santé des forêts ;
- Des phénomènes complexes, faisant intervenir à des degrés divers différents ravageurs forestiers, selon un cheminement temporel long ne sont pas pris en compte par cet indicateur, de par sa présentation ;
- En revanche, l'aspect systématique du réseau, tant au niveau temporel que spatial, permet un suivi non biaisé de l'ensemble de la forêt française, sans approche préconçue. Cela offre des séries temporelles longues, et fiables.

Sur les données :

- Les données récoltées s'appuient sur un manuel bien approprié par les notateurs du réseau systématique, qui sont (ou ont été) par ailleurs presque tous correspondant-observateurs du DSF, donc spécialiste du diagnostic sylvosanitaire ;
- Les données subissent un contrôle qualité permettant de s'assurer de leur pertinence, par l'intermédiaire d'un contrôle qualité poussé par vérification de terrain, et d'un contrôle documentaire exhaustif à deux niveaux.

NB : L'évolution de protocole en 2011 n'a pas eu d'impact sur l'indicateur tel qu'il est calculé.

### ◆ Pistes d'amélioration

Rien de particulier à signaler.

## ■ Jugement sur la pertinence de l'indicateur au regard de la gestion durable des forêts

L'indicateur peut être utilisé au niveau du territoire national ou de la GRECO, pas en dessous en raison du taux de sondage du réseau 16 km x 16 km.

De façon générale, la validité scientifique globale de l'indicateur est moyenne.

## ■ Références bibliographiques

Nageleisen L.M. et Goudet M., *Manuel de notation des dommages forestiers (symptômes, causes, état des cimes)*, 2011.

Nageleisen L.M., *Manuel de notation des dommages forestiers (symptômes, causes, état des cimes)*, 2005.

Département de la santé des forêts, *Protocole pour les observations (réseau européen)*, 1994.

## Éléments valables pour la composante 2.4.e.

## ■ Données et méthode de calcul

### ◆ Données mises en œuvre

#### ► Sources (organisme(s) et nature du produit mis en œuvre)

##### **Organisme(s) producteur(s) de la donnée :**

Les utilisateurs (pompiers, forestiers et coordinateurs) avec une administration IGN de la donnée.

##### **Source de données :**

Données brutes.

#### ► Domaine concerné

Zones en forêt et autres terres boisées, en et hors zone méditerranéenne.

#### ► Années ou période concernées

Données consolidées par année depuis 2006. Les années antérieures à partir de 1999 sont disponibles mais de qualité non homogène. Les données d'une année civile ne sont disponibles qu'en mars (environ) de l'année suivante.

#### ► Données utilisées

Données de terrain uniquement.

Principalement des m<sup>2</sup> de forêts brûlées et des dates et heures relatives à l'intervention des pompiers.

Mais aussi éventuellement des catégories de couverture du sol : autres terres boisées, surfaces non boisées, surfaces non boisées artificialisées.

Les surfaces peuvent avoir été mesurées ou estimées, l'information est disponible dans la base de données BDIFF.

Plus précisément, la BDIFF contient les informations suivantes (l'utilisateur en charge de la saisie est noté entre parenthèse et en italique) :

- Information géographique (*pompier*) :
  - ◆ Code Insee de la commune sur laquelle l'incendie a éclaté
  - ◆ Lieu-dit éventuellement : texte libre
- Coordonnées géographiques (facultatif) (*pompier*) :
  - ◆ Lambert 93 (km)
  - ◆ Lambert II étendues (km)
  - ◆ WGS 84 (degrés décimaux)
- Informations temporelles (*pompier*) :
  - ◆ Première alerte : date et heure de l'alerte (généralement quand l'appel téléphonique a été reçu)
  - ◆ Première intervention : date et heure du début de l'action sur le terrain pour éteindre l'incendie

- ♦ Fin de l'intervention : date et heure du fin de l'action sur le terrain pour éteindre l'incendie
- Données spatiales :
  - ♦ Surface parcourue par le feu (*pompier*) : première valeur gros grain saisie
  - ♦ Surface parcourue par le feu (*forestier*) : confirmation de la saisie gros grain et détail
- Couverture du sol :
  - ♦ Forêt (*forestier*)
  - ♦ Autres terres boisées (*forestier*)
  - ♦ Surfaces non boisées naturelles (*forestier*)
  - ♦ Surfaces non boisées artificialisées (*forestier*)
- Précision des surfaces (*forestier*) : deux valeurs possibles « estimées » ou « mesurées »
- Cause (*pompier, forestier ou enquêteur*) :
  - ♦ Nature (liste de valeurs) :
    - inconnue
    - naturelle
    - accidentelle
    - volontaire
  - ♦ Origine (liste de valeurs) :
    - Autre
    - Véhicules (échappement, freins, incendie)
    - Chemin de fer
    - Conflit (occupation du sol, chasse)
    - Dépôt d'ordure (officiel, clandestin)
    - Foudre
    - Intérêt (occupation du sol, chasse, pastoralisme)
    - Jet d'objets incandescents (mégot, déversement de cendres chaudes, fusée de détresse)
    - Loisirs (jeu d'enfants, pétards, feu d'artifice, barbecue, réchaud, etc.)
    - Ligne électrique (rupture, amorçage)
    - Pyromanie
    - Reprise de feu
    - Travaux agricoles (machine-outil, feu de végétaux sur pied ou coupés, feu pastoral)
    - Travaux forestiers (machine-outil, feu de végétaux sur pied ou coupés)
    - Travaux industriels ou artisanaux (machine-outil, feu de végétaux sur pied ou coupés)
    - Travaux des particuliers (machine-outil, feu de végétaux sur pied ou coupés)

## ► Protocole de collecte des données

Les données sont des constats d'acteurs sur le terrain.

Les données contenues dans la BDIFF, sont issues de trois méthodes de mise en base différentes :

- Pour la zone correspondant à l'ancienne région Aquitaine (départements 24, 33, 40, 47 et 64), la collecte se fait par le biais du GIP Atgeri (Groupement d'Intérêt Public Aménagement du Territoire et Gestion des Risques) à Bordeaux qui organise lui-même la donnée. Leurs données sont importées dans la BDIFF à la fin de chaque année civile.
- Pour la zone de défense Sud Est (départements 2A, 2B, 04, 05, 06, 07, 11, 13, 26, 30, 34, 48, 66, 83, et 84), la collecte se fait par le biais de la DPFM (délégation de la protection de la forêt méditerranéenne), qui dispose d'une interface assez similaire à celle de la BDIFF aujourd'hui ouverte au public en ligne : <<http://www.promethee.com>>. Leurs données sont importées dans la BDIFF à la fin de chaque année civile.
- Le reste du territoire Français : métropole et DOM est saisi en base par l'intermédiaire de l'interface BDIFF, par un réseau d'utilisateur par département, constitué de :
  - ♦ Un pompier : en charge de la saisie des données opérationnelles ;
  - ♦ Un forestier : en charge de la confirmation ou de la saisie des données forestières ;
  - ♦ Un coordinateur : en charge de la confirmation et de la validation des informations d'incendie ainsi que la clôture des campagnes, assurant que la donnée est consolidée ;
  - ♦ Un enquêteur : la base a été conçue pour que les services de police et gendarmerie puissent participer à la saisie de la fiche lorsque l'origine est criminelle ou donne lieu à enquête. Ce rôle est très peu représenté et bien souvent les autres utilisateurs peuvent saisir la nature et l'origine de l'incendie.

À chaque incendie correspond une fiche. Une campagne par année civile correspond à un lot de fiche par département. Une fiche peut avoir deux statuts :

- Validée : toutes les informations ont été consolidées ;
- Validée en force : les informations sont partielles mais méritent de figurer en base.

## ◆ Méthode de calcul de l'indicateur

Il n'y a pas de calcul particulier (données brutes).

## ■ Limites et pistes d'amélioration

### ◆ Limites

Rien de particulier à signaler.

### ◆ Pistes d'amélioration

Les trois années à venir (2016 à 2019) vont être consacrées aux améliorations suivantes :

- L'évolution de l'interface de saisie pour :
  - ◆ Plus d'interactions et d'ergonomie ;
  - ◆ Privilégier voire fortement orienter l'utilisateur à faire une saisie au point d'éclosion de l'incendie et en finir avec les habitudes de saisie au nom de la commune ramenant le point d'éclosion au centroïde de la commune ;
  - ◆ Disposer de données d'emprise des massifs forestiers pour que le pompier soit assuré que l'incendie concerne bien une forêt.
- Diffusion des données en Open Data :
  - ◆ Un modèle spécifique sera proposé, ne diffusant pas certaines informations sensibles telles la nature et l'origine de l'incendie ;
  - ◆ L'intégralité des données ne sera accessible qu'aux utilisateurs identifiés.
- Prise en compte de la directive Inspire (données de risques concernées, date butoir : 2020).

Il serait intéressant d'étudier la possibilité d'établir une carte des zones incendiées, afin de compléter la composante 2.4.e.

## ■ Jugement sur la pertinence de l'indicateur au regard de la gestion durable des forêts

La saisie est soumise à la bonne volonté des utilisateurs. Des séminaires de sensibilisation sont organisés, le réseau est animé par l'équipe AMO IGN Conseil en s'appuyant sur le réseau local, mais le turnover des utilisateurs, les charges de travail des utilisateurs ne nous permettent pas de garantir une exhaustivité totale sur les départements hors zone de défense Sud-Est et région Aquitaine.

## ■ Références bibliographiques

Base de données « métier » : BDIFF : <<http://bdiff.ifn.fr>>.

## Éléments valables pour la composante 2.4.f.

## ■ Données et méthode de calcul

### ◆ Données mises en œuvre

► Sources (organisme(s) et nature du produit mis en œuvre)

**Organisme(s) producteur(s) de la donnée :**

IGN

**Source de données :**

Données de l'inventaire forestier national.

► Domaine concerné

Forêt de production.

► Années ou période concernées

Année 2009.

## Données utilisées

Surface détruite  
Volume de dégâts  
Volume national de bois sur pied  
Production biologique  
Propriété

## Protocole de collecte des données

Pour les années 1965 à 1994, les **dégâts** sont estimés à partir des chiffres de l'ONF et du ministère de l'agriculture et de la Pêche (2009), pour les seuls chablis exceptionnels, en ne prenant donc pas en compte les volumes de chablis récoltés régulièrement en montagne à la sortie de l'hiver. Pour la forêt privée, la plupart des chiffres sont issus de Doll, 1988 ; l'équivalent-surface des volumes détruits par an est calculé à partir du volume moyen par hectare des futaies régulières, type de peuplement le plus souvent affecté par les chablis.

Pour la période 1995-2004, les dégâts renseignés par l'IFN correspondent aux dégâts des tempêtes Lothar et Martin de 1999. Ces dégâts sont renseignés à partir de photo-interprétation de prises de vue aériennes. Les peuplements où plus de 10 % du couvert a été touché sont définis comme détruits (IFN, 2003).

Les résultats pour la période 2005-2014, correspondent à l'évaluation des dégâts de la tempête Klaus en 2009.

Le **volume** des arbres est estimé à partir de mesures faites au cours des opérations de terrain dans les forêts de production.

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 rayon de la placette de mesure diffère selon le diamètre des arbres à mesurer (cf. figure 1). Le volume estimé par l'IGN est le volume « bois fort tige sur écorce ». Il englobe la tige principale depuis le niveau du sol jusqu'à une découpe fin bout de 7 cm de diamètre.

Le calcul du volume « bois fort tige sur écorce » est ensuite réalisé par tarif de cubage<sup>1</sup>, établi à partir des résultats des cubages par billons<sup>2</sup>. Les tarifs de cubage prennent en compte la circonférence à 1,30 m et la hauteur de l'arbre.

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.

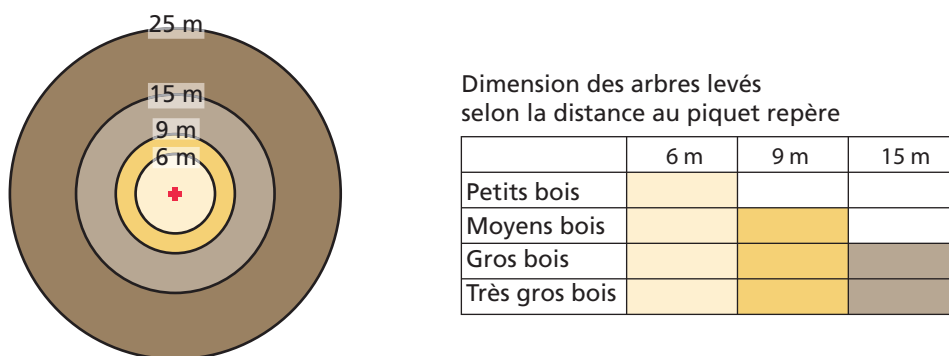


Figure 1 : Dimension des arbres levés selon leur éloignement au piquet repère matérialisé par une croix rouge

Les dégâts de la tempête Klaus ont été renseignés en retournant, après la tempête, sur tous les points d'inventaire de la zone concernée qui avaient été inventoriés de 2005 à 2008. Pour chaque arbre précédemment inventorié, les agents ont noté s'il avait été touché et de quelle manière (chablis pour les arbres renversés, volis pour les arbres cassés, etc. (IFN, 2009b)). Il est ainsi possible d'estimer le **volume de dégâts**.

<sup>1</sup>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 1,30 m et la hauteur. Il est établi à partir de mesures comprenant à la fois la variable à prédire (le volume) et les prédictors (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.).

<sup>2</sup>Les mesures « complètes » réalisées sur les arbres ont cessé à partir de la campagne 2008.

Cette information des dégâts par arbre donne accès au pourcentage de dégâts par placette qui se décline selon les modalités suivantes :

0	Aucun dégât
1	Moins de 20 % des arbres recensables ou non recensables ont été affectés *
2	De 20 à 40 % des arbres recensables ou non recensables ont été affectés *
3	De 40 à 60 % des arbres recensables ou non recensables ont été affectés *
4	De 60 à 100 % des arbres recensables ou non recensables ont été affectés *

\*Affecté : chablis, encroué, volis, bris de houppier, courbé ou indéterminé (exploité).

La **surface de dégâts** concerne les placettes qui présentent plus de 60 % de dégâts.

La **production biologique** en volume sur une période regroupe 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.

La **production biologique** est donc composée de :

- la production biologique annuelle de l'ensemble des arbres vifs, obtenue en ajoutant à l'accroissement biologique annuel des arbres vifs recensables (diamètre  $\geq 7,5$  cm à 1,30 m), le « recrutement » à savoir le volume des arbres ayant dépassé le diamètre de 7,5 cm à 1,30 m de hauteur durant les cinq dernières années, c'est-à-dire les arbres devenus recensables.
- la production des arbres coupés, reconstituée grâce à un retour sur les points d'inventaire cinq ans après le premier passage, en repérant les arbres qui ont été prélevés. Les arbres ont crû avant d'être coupé. On considère, par défaut, que la coupe est intervenue au milieu de la période d'observation de cinq ans. La production de chaque arbre coupé est calculée de la même façon que pour les arbres vifs, avec une largeur de cernes attribuée correspondant à la moitié de l'accroissement radial relevé lors du premier passage.
- 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. L'accroissement radial n'est pas mesuré sur les chablis. Pour obtenir leur production, la circonférence à 1,30 m de l'arbre tombé est mesurée et on lui attribue la moitié de la production d'un arbre vivant lui ressemblant (même campagne, même zone écologique, même essence, circonférence proche, etc.).
- 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 moribonds en début de période, leur production est certainement nulle. C'est pourquoi leur accroissement est supposé nul et ils ne sont pas pris en compte dans les calculs de l'IGN.

L'accroissement radial des cinq dernières années est mesuré sur tous les arbres vifs inventoriés de la placette. Pour ce faire, les agents de terrain utilisent une tarière de Pressler qui permet d'obtenir une carotte de bois prise à une hauteur de 1,30 m. Cette carotte est ensuite examinée et mesurée à la loupe pour disposer d'un accroissement radial en dixièmes de millimètres sur les cinq dernières années. À partir d'un diamètre et d'une largeur de cernes, un volume peut être calculé.

Le cerne de l'année t n'est marqué qu'à la fin de la saison de végétation, c'est-à-dire vers la fin de l'été ou le début de l'automne. La campagne d'inventaire de l'année t débute en novembre de l'année t-1 à un moment où le cerne t-1 est pleinement constitué. C'est celui-ci qui est mesuré, ainsi que les quatre précédents, tout au long de la campagne de l'année t. Le cerne mis en place l'année t n'est pas mesuré. Les mesures de l'année t concernent donc bien les années de croissance t-5 à t-1 exactement.

La **classe de propriété** caractérise le statut juridique du site.

Un terrain est dit public lorsqu'il relève du régime forestier. Parmi les terrains publics, les terrains domaniaux (forêts domaniales, y compris les terrains pour lesquels l'État possède des droits de propriété indivis) appartiennent à l'État.

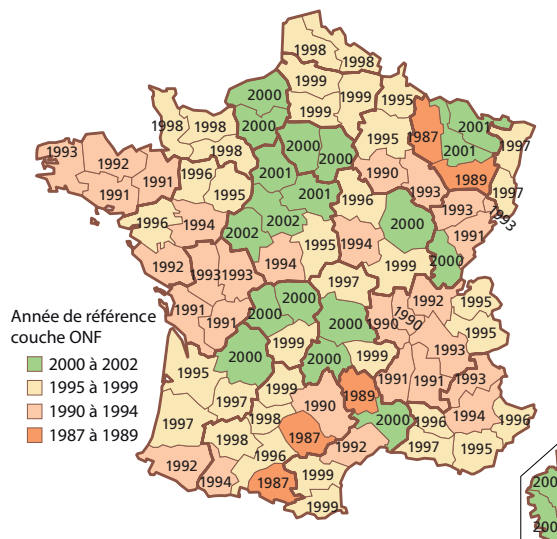


Figure 2 : Année de référence de la couche ONF

Les autres terrains publics relèvent également du régime forestier et appartiennent généralement à des communes (forêts communales) mais aussi à d'autres collectivités locales ou à des établissements publics.

Tous les terrains ne relevant pas du régime forestier sont dits privés.

La propriété est attribuée à chaque point d'inventaire à partir d'une couche d'information fournie par l'ONF dont l'année de référence varie selon les départements (cf. figure 2).

### ◆ Méthode de calcul de l'indicateur

Le **pourcentage de dégâts par rapport au volume sur pied national** est le rapport du volume total de dégâts sur le volume national de bois sur pied.

Le **pourcentage de dégâts par rapport à la production nationale** est le rapport du volume total de dégâts sur la production biologique nationale.

Le **volume de dégâts moyens par hectare de forêts métropolitaines par an** est le rapport du volume de dégâts sur la surface forestière française totale divisé par les 10 années de la période.

La **moyenne des surfaces détruites** correspond à la surface de forêts détruites divisée par les dix années de la période.

## ■ Limites et pistes d'amélioration

### ◆ Limites

La méthode d'estimation des dégâts change pour chaque période et des ruptures de continuité des résultats peuvent exister. Les résultats sont donc à prendre avec précaution, en considérant les valeurs comme des ordres de grandeur, plutôt que des valeurs strictement comparables.

Il est cependant utile de souligner que l'estimation des dégâts de la tempête Klaus a permis de révéler l'efficacité de la méthode d'inventaire forestier national mise en place en 2005 pour évaluer l'impact des tempêtes exceptionnelles. En effet, l'inventaire continu et national permet de connaître précisément les volumes de dégâts et l'état de la ressource sur pied après la tempête, en remesurant les points d'inventaire situés dans la zone de la tempête Klaus avant le passage de celle-ci.

### ◆ Pistes d'amélioration

Si les volumes de dégâts sont relativement bien définis, il est possible de mieux préciser à l'avenir ce que l'on entend par surface touchée, par exemple pour mieux correspondre aux seuils retenus par les administrations. Ceci peut être défini en fonction d'un pourcentage de volume atteint, d'un pourcentage de taux de couvert, etc. dont les seuils sont à fixer.

Le protocole de l'inventaire forestier national est en cours d'évolution, et vise à mieux suivre les flux (surface, volume, etc.) ce qui ouvrira de nouvelles perspectives pour suivre périodiquement les impacts des différents aléas (notamment les tempêtes exceptionnelles) sur les forêts.

## ■ Références bibliographiques

IFN, 2003. *Les tempêtes de décembre 1999, Bilan nationale et enseignements*, L'IF n°2, 8p. Nogent-sur-Vernisson. <[http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/IMG/pdf/L\\_IF\\_no02\\_tempetes.pdf](http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/IMG/pdf/L_IF_no02_tempetes.pdf)> (consulté le 21 mars 2016).

IFN, 2009. *Tempête Klaus du 24 janvier 2009 : 234 000 hectares de forêt affectés à plus de 40 % - 42,5 millions de mètres cubes de dégât*. L'IF n°21, 12 p. Nogent-sur-Vernisson. <[http://www.ign.fr/publications-de-l-ign/Institut/Publications/IF/21/IF\\_21.html](http://www.ign.fr/publications-de-l-ign/Institut/Publications/IF/21/IF_21.html)> (consulté le 21 mars 2016).

Doll D., 1988. *Les cataclysmes météorologiques en forêt*, Université de Lyon II, (Thèse de doctorat).

IFN, 2003. *Les tempêtes de Décembre 1999, Bilan national et enseignements*, L'IF n°2, 8p.

IGN. *Evaluation des dégâts de la tempête Klaus*, <<http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/spip.php?rubrique23>> (consulté le 1<sup>er</sup> avril 2015)

IGN, Portail cartographique de l'IGN, présentant la cartographie des dégâts de tempête, <<http://inventaire-forestier.ign.fr/cartoklaus/carto/afficherCarto>> (consulté le 8 avril 2016)

IGN, Tempêtes de décembre 1999. Site Internet concernant les tempêtes de 1999. <<http://www.tempetes.ign.fr/pages/fr/tempetes/index.html>> (consulté le 8 avril 2016)

Indicateur	2.4.1. Populations d'ongulés sauvages dans les forêts métropolitaines
Composantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Répartition de la superficie forestière selon le nombre d'espèces d'ongulés (2.4.1.a.)</li> <li>• Tableaux de chasse ongulés (2.4.1.b.)</li> <li>• Prélèvements annuels de cerfs de 1973 à 2013 (2.4.1.c.)</li> <li>• Prélèvements annuels de chevreuils de 1973 à 2013 (2.4.1.d.)</li> <li>• Prélèvements annuels de sangliers de 1973 à 2013 (2.4.1.e.)</li> <li>• Répartition de la superficie forestière selon les densités de prélèvement de cerf élaphe aux 100 ha boisés (2.4.1.f.)</li> <li>• Répartition de la superficie forestière selon les densités de prélèvement de chevreuil aux 100 ha boisés (2.4.1.g.)</li> </ul>
Variable(s) et unité(s)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Surface en ha et en % de superficie forestière totale</li> <li>• Prélèvement, en nombre d'animaux</li> <li>• Taux de progression des réalisations</li> </ul>
Auteur(s) / Organisme(s)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Christine Saint-Andrieux et Aurélie Barboiron (ONCFS)</li> </ul>

## Éléments valables pour la composante 2.4.1.a.

### ■ Données et méthode de calcul

#### ◆ Données mises en œuvre

##### ► Sources (organisme(s) et nature du produit mis en œuvre)

##### **Organisme(s) producteur(s) de la donnée :**

ONCFS-FNC-FDC (Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage, Fédérations Nationale et Départementales des Chasseurs).

IGN (Institut national de l'information géographique et forestière).

##### **Source de données :**

Réseau « ongulés sauvages ONCFS-FNC-FDC », croisement des données espèces (présence et aires de répartition) avec la carte forestière (IFN, 1996), Corse incluse.

Présence du chevreuil établie selon les enquêtes quinquennales sur les tableaux de chasse par commune de 2002 et 2007.

Présence du sanglier établie selon les enquêtes annuelles sur les tableaux de chasse par commune de 2005 et 2010.

Présence du cerf élaphe établie selon les enquêtes quinquennales sur la répartition du cerf élaphe en France 2005 et 2010. Les aires de répartition du cerf sont cartographiées au 25 000<sup>ème</sup>.

Présence du daim et du cerf sika établies selon les enquêtes quinquennales sur la répartition communale des espèces marginales de 2006 et 2013.

Présence du chamois, isard, mouflon et bouquetin établies selon les enquêtes quinquennales de répartition des ongulés de montagne 2006 et 2011. Les aires de répartition de chaque espèce sont cartographiées au 25 000<sup>ème</sup>.

Cartographie des types de peuplements forestiers : BD Forêt® V1 de l'IGN disponible en 1996.

##### ► Domaine concerné

Toutes forêts hors peupleraies, France métropolitaine.

##### ► Années ou période concernées

2005 et 2010.

##### ► Données utilisées

Données qualitatives (présence/absence de l'espèce considérée à l'échelle du territoire communal ou de l'aire de répartition) :

- Pour le chevreuil et le sanglier : présence ou absence d'animaux tués à la chasse ;



- Pour le cerf et les ongulés de montagne : aire de présence ;
- Pour le daim et le cerf sika : présence ou absence de l'espèce sur la commune.

#### ► Protocole de collecte des données

Les enquêtes du réseau sont validées par un comité technique composé de représentants de l'ONCFS, de la FNC et de FDC.

Elles sont réalisées en concertation avec les interlocuteurs techniques du réseau, soit deux personnes par département, un technicien de l'ONCFS et un technicien de FDC.

#### ◆ Méthode de calcul de l'indicateur

Traitement des données par SIG. Les couches de présence de chaque espèce sont superposées à la couche des types de peuplements forestiers de l'IGN afin de calculer au niveau national le pourcentage de forêt sur lequel se trouvent de 0 à 6 espèces d'ongulés.

## Éléments valables pour la composante 2.4.1.b.

### ■ Données et méthode de calcul

#### ◆ Données mises en œuvre

##### ► Sources (organisme(s) et nature du produit mis en œuvre)

##### **Organisme(s) producteur(s) de la donnée :**

ONCFS-FNC-FDC.

##### **Source de données :**

Tableaux de chasse recueillis chaque année par le réseau ongulés sauvages ONCFS-FNC-FDC dans chaque département auprès des techniciens de FDC et ONCFS.

##### ► Domaine concerné

Toutes forêts hors peupleraies, France métropolitaine.

##### ► Années ou période concernées

1973/1974, 1983/1984, 1993/1994 et 2013/2014 pour IGD 2015.

##### ► Données utilisées

Données quantitatives :

Nombre d'animaux tués à la chasse pendant une campagne de chasse (réalisations) et taux de progression des réalisations sur 20, 30 et 40 ans.

##### ► Protocole de collecte des données

Les enquêtes du réseau sont validées par un comité technique composé de représentants de l'ONCFS, de la FNC et de FDC.

Elles sont réalisées en concertation avec les interlocuteurs techniques du réseau, soit deux personnes par département, un technicien de l'ONCFS et un technicien de FDC.

#### ◆ Méthode de calcul de l'indicateur

Aucun calcul particulier n'a été effectué (données brutes).

## Éléments valables pour les composantes 2.4.1.c., 2.4.1.d. et 2.4.1.e.

### ■ Données et méthode de calcul

#### ◆ Données mises en œuvre

##### ► Sources (organisme(s) et nature du produit mis en œuvre)

###### **Organisme(s) producteur(s) de la donnée :**

ONCFS-FNC-FDC.

###### **Source de données :**

Tableaux de chasse recueillis chaque année par le réseau ongulés sauvages ONCFS-FNC-FDC dans chaque département auprès des techniciens de FDC et ONCFS.

##### ► Domaine concerné

Toutes forêts hors peupleraies, France métropolitaine.

##### ► Années ou période concernées

Toutes les années de 1973 à 2013.

##### ► Données utilisées

Données quantitatives :

Nombre d'animaux tués à la chasse pendant une campagne de chasse (réalisations hors parcs et enclos) depuis la campagne 1973-1974.

##### ► Protocole de collecte des données

Les enquêtes du réseau sont validées par un comité technique composé de représentants de l'ONCFS, de la FNC et de FDC.

Elles sont réalisées en concertation avec les interlocuteurs techniques du réseau, soit deux personnes par département, un technicien de l'ONCFS et un technicien de FDC.

#### ◆ Méthode de calcul de l'indicateur

Aucun calcul particulier n'a été effectué (données brutes).

## Éléments valables pour les composantes 2.4.1.f. et 2.4.1.g.

### ■ Données et méthode de calcul

#### ◆ Données mises en œuvre

##### ► Sources (organisme(s) et nature du produit mis en œuvre)

###### **Organisme(s) producteur(s) de la donnée :**

ONCFS-FNC-FDC.

IGN.

###### **Source de données :**

Prélèvements de cerfs par massif à cerf recueillis au cours de l'enquête quinquennale du réseau ongulés sauvages ONCFS-FNC-FDC « répartition du cerf en France » auprès des techniciens de FDC et ONCFS. Calculs effectués sur la carte forestière IFN (1996), Corse comprise.

Prélèvements de chevreuils par commune recueillis au cours de l'enquête quinquennale du réseau ongulés sauvages ONCFS-FNC-FDC « Tableaux de chasse communaux chevreuil » auprès des techniciens de FDC et ONCFS. Calculs effectués sur la carte forestière IFN (1996), Corse exclue.

### ► **Domaine concerné**

Toutes forêts hors peupleraies, France métropolitaine (Corse incluse pour le cerf élaphe, exclue pour le chevreuil).

### ► **Années ou période concernées**

1985, 1995, 2000, 2005, 2010.

### ► **Données utilisées**

Données quantitatives :

Répartition en % de la superficie forestière totale du territoire national (Corse incluse) en fonction de la densité de cerfs prélevés à la chasse aux 100 ha boisés (donnée IFN, 1996).

Répartition en % de la superficie forestière totale du territoire national (Corse incluse) en fonction de la densité de chevreuils prélevés à la chasse aux 100 ha boisés (donnée IFN, 1996).

### ► **Protocole de collecte des données**

Les enquêtes du réseau sont validées par un comité technique composé de représentants de l'ONCFS, de la FNC et de FDC.

Elles sont réalisées en concertation avec les interlocuteurs techniques du réseau, soit deux personnes par département, un technicien de l'ONCFS et un technicien de FDC.

## ◆ **Méthode de calcul de l'indicateur**

Nombre de cerfs tués à la chasse sur un territoire donné, rapporté à la superficie forestière de ce territoire.

Nombre de chevreuils tués à la chasse par commune, rapportés à la superficie forestière de cette commune.

Calcul pour l'ensemble du territoire national du pourcentage de territoire forestier, par classe de densités de prélèvements en cerfs ou en chevreuils.

## Éléments valables pour toutes les composantes

### ■ **Limites et pistes d'amélioration**

#### ◆ **Limites**

La composante 2.4.1.a. ne donne pas d'indication sur la densité d'animaux présents.

La fiabilité des données de la composante 2.4.1.b. est plus ou moins bonne selon les départements et les systèmes de contrôle mis en place.

Les données sont très fiables pour le cerf élaphe (composante 2.4.1.f.), plus variables selon les départements pour le chevreuil (indicateur 2.4.1.g.).

Pour les composantes 2.4.1.f. et 2.4.1.g, on suppose que sur un massif forestier ou sur une commune la population de cerf ou de chevreuil est uniformément répartie, ce qui n'est pas exact.

### ◆ Pistes d'amélioration

La finesse des analyses pourrait être améliorée en travaillant à l'échelle de l'unité de gestion cynégétique. Pour l'instant, cette échelle de synthèse n'a pas été retenue, car les unités ne sont pas mises en place pour tous les ongulés et dans tous les départements, elles sont différentes d'une espèce gibier à l'autre et leurs contours peuvent varier au cours du temps. Cela rend la comparaison des évolutions sur une longue période difficile, et il faudrait alors travailler sur un échantillon d'unités cynégétiques inchangées, en considérant que cet échantillon est représentatif de l'ensemble du territoire national. Il pourrait être envisagé de mettre en place un indicateur fondé sur les unités de gestion cynégétique, avec une proportion d'unités dont le plan de chasse serait respectivement stable, en progression ou en diminution.

Par ailleurs, il serait nécessaire de compléter l'indicateur actuel et de souligner davantage l'impact de la présence de grands ongulés sur la gestion durable de la forêt, ou au moins sur la régénération des forêts. L'augmentation des populations se traduit par une pression accrue des ongulés sur le milieu forestier et agricole ; notamment par une consommation accrue de végétation (pression d'herbivorie), ce qui peut être considéré comme un obstacle à la gestion durable des forêts. Des travaux visent notamment à définir des indicateurs indirects de présence / abondance des grands ongulés, en suivant et leurs impacts sur le milieu et en particulier les changements écologiques et floristiques.

Il serait intéressant de prévoir un indicateur qui suive l'expansion spatiale des ongulés sauvages (croisement avec la couche géographique sur la végétation). Pour se faire, il sera nécessaire d'établir une concertation (du point de vue technique) IGN-ONCFS.

### ■ Références bibliographiques

Corti R. (2012). - *Inventaire des populations d'ongulés de montagne*. Mise à jour 2011. Rapport disponible sur Internet sur la page : <<http://www.oncfs.gouv.fr/Ongules-de-montagne-bouquetin-chamois-isard-ru244/Inventaire-des-ongules-de-montagne-en-2011-ar1405>>.

Maillard D., Gaillard JM, Mark Hewison A.-J., Ballon P., Duncan P., Loison A., Toïgo C., Baubet E., Bonenfant C., Garel M., Saint-Andrieux C. - "European ungulates and their management in the 21st century" Cambridge university press 2010, 604 p. *Ungulates and their management in France*, p 441-474.

Saint-Andrieux C., Barboiron A., (2015). -Tableaux de Chasse ongulés sauvages Saison 2014-2015. *Faune Sauvage* n°308, 8 p.

Saint-Andrieux C., Barboiron A., (2012). - Le cerf élaphe en France, situation 2010. *Lettre du réseau* n°12, p 13-20.

Saint-Andrieux C., Barboiron A., Corti R., Guibert B. – Progression des grands ongulés sauvages en France, situation en 2012. *Forêt entreprise* n° 210 : 11-14. Mai 2013.