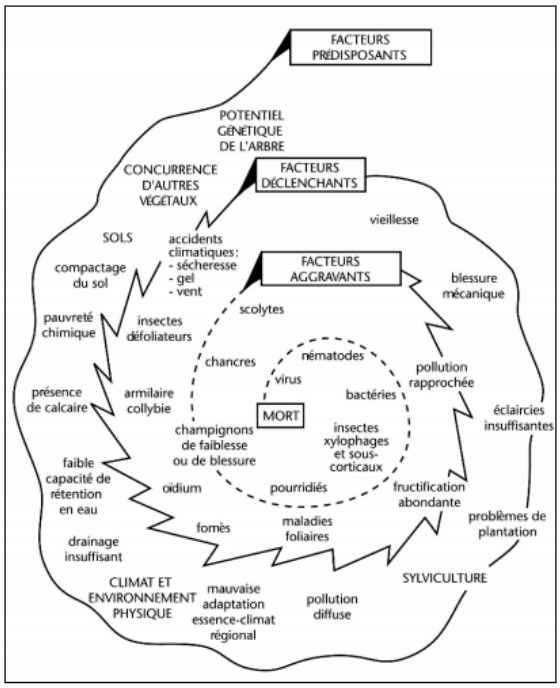
| Notice méthodologique |
|---|
| **TITRE DE LA FICHE D'INDICATEURS** |
| État de santé des forêts |
| **CATÉGORIE PRINCIPALE** |
| Composantes environnementales et liens environnement-santé |
| **THÉMATIQUE PRINCIPALE** |
| Faune, flore et habitats |
| **CATÉGORIE SECONDAIRE** |
| / |
| **THÉMATIQUE SECONDAIRE** |
| / |

| SECTION 1 : AUTEUR | |
|---|---|
| **Nom** | THIRY |
| **Prénom** | Violaine |
| **E-mail** | violaine.thiry@spw.wallonie.be |
| **Tél** | 081/33.51.85 |

| SECTION 2 : CONTEXTUALISATION DE LA FICHE D'INDICATEURS | |
|---|---|
| **Titre** | État de santé des forêts |
| **Définition(s) de la fiche d'indicateurs** | Les problèmes sanitaires en forêt peuvent compromettre la pérennité des écosystèmes forestiers et limiter les services rendus par la forêt. Le dépérissement des arbres se traduit notamment par des phénomènes anormaux de défoliation (perte en feuilles et aiguilles). Le pourcentage d'arbres défoliés permet de rendre compte de l'intensité de cette problématique. Des facteurs naturels et anthropiques sont à l'origine du dépérissement des arbres et interviennent de façon hiérarchisée. Trois classes de facteurs ont été définies (Nageleisen, 1993[1]) :<br>- les facteurs prédisposants sont des facteurs permanents qui contribuent à l'affaiblissement général de l'arbre et prédisposent celui-ci au dépérissement (espèce, potentiel génétique de l'arbre, réduction de vigueur liée à l'âge, pauvreté chimique naturelle de certains sols, changements climatiques à long terme, pollution chronique…) ;<br>- les facteurs incitants ou déclenchants qui agissent de façon intense sur une période relativement courte et peuvent déclencher le dépérissement en engendrant un stress pour l'arbre (défoliation par un insecte, sécheresse…) ;<br>- les facteurs aggravants qui accentuent la perturbation [le plus souvent, facteurs biotiques : développement de champignons ou d'insectes déprédateurs (scolytes comme l'ips typographe, chenilles comme la processionnaire du chêne[2], hylobe, orcheste…)].<br>Plus particulièrement, les modifications climatiques peuvent entraîner des phénomènes de glissements phénologiques qui affaiblissent l'arbre et font également l'objet de la fiche d'indicateurs. |

[1] Nageleisen, 1993. Les dépérissements d'essences feuillues en France. Revue forestière française, 45, 605-620 [lien]
[2] Espèce exotique observée dans plusieurs zones de Wallonie depuis 2018

La "spirale de déclin de Manion" (1981)[3] adaptée par Landmann (1994)[4] illustre les trois classes de facteurs intervenant dans les dépérissements :




**Référence(s) (définition)**

Les premières mesures en matière de suivi de l'état sanitaire des forêts européennes ont été mises en œuvre au titre du règlement (CEE) 3528/86 du Conseil du 17 novembre 1986 relatif à la protection des forêts dans la Communauté contre la pollution atmosphérique.
http://data.europa.eu/eli/reg/1986/3528/oj
Voir aussi le règlement (CE) 1398/95 de la Commission du 21 juin 1995 modifiant le règlement (CEE) 1696/87 portant certaines modalités d'application du règlement (CEE) 3528/86 du Conseil relatif à la protection des forêts dans la Communauté contre la pollution atmosphérique (inventaires, réseaux, bilans).
http://data.europa.eu/eli/reg/1995/1398/oj

Ces règlements ne sont plus en vigueur (date de fin de validité : 31/12/2002 et 02/12/2006 respectivement). Ils rendaient obligatoires les observations sur les différents réseaux et la communication des données à un point central. Les travaux étaient cofinancés par la Commission. À l'échéance des règlements, il a été décidé par la Wallonie de continuer les observations dans l'ancien réseau I (voir ci-dessous) sur fonds propres.

Depuis le 1er janvier 2003, c'est sur la base du règlement (CE) 1737/2006 de la Commission du 7 novembre 2006 portant modalités d'application du règlement (CE) 2152/2003 du Parlement européen et du Conseil concernant la surveillance des forêts et des interactions environnementales dans la Communauté que ces mesures sont poursuivies et développées suivant une approche intégrée. (NB : il n'y a plus ni obligation, ni financement).
http://data.europa.eu/eli/reg/2006/1737/oj

À noter qu'au niveau wallon, le Code forestier prône le maintien de la santé et de la vitalité des écosystèmes forestiers. Décret du 15/07/2008 relatif au Code forestier. Consolidation officieuse. En ligne.

[3] Manion, 1981. Tree desease concepts. Engelwoods Cliffs N.J. Prentice Hall. 324 p.
[4] Landmann, 1994. Concepts, définitions et caractéristiques générales des dépérissements forestiers. Revue forestière française, 46, 405-415. [lien]

| | |
|---|---|
| | https://wallex.wallonie.be/eli/loi-decret/2008/07/15/2008203215/2020/05/07 |
| **Raison d'être de la fiche d'indicateurs** | Depuis le début des années '80, un phénomène de dépérissement des arbres est observé dans les forêts européennes. En 1985, l'*ICP Forests* ("*International cooperative programme on assessment and monitoring of air pollution effects on forests*" - "Programme coopératif international pour l'évaluation et la surveillance des effets de la pollution atmosphérique sur les forêts") a été lancé sous la Convention LRTAP ("*Long-range transboundary air pollution*" - "Pollution atmosphérique transfrontière à longue distance") de l'UNECE ("*United Nations economic Commission for Europe*" - "Commission économique des Nations Unies pour l'Europe"), en réponse aux préoccupations liées aux dommages observés (http://icp-forests.net/). Ce programme de monitoring comporte plusieurs niveaux.<br><br>**Niveau I**<br>Le niveau I de ce programme de monitoring a pour but de fournir un bilan des conditions forestières basé sur une grille de mailles 16 km x 16 km couvrant environ 6 500 points d'échantillonnage en Europe. Il a pour objectif principal la description de l'évolution de l'état sanitaire en prenant en compte la variabilité locale. L'état des couronnes, les conditions du sol et les concentrations foliaires en nutriments sont analysés. Les paramètres mesurés pour l'état des couronnes sont la défoliation (pourcentage de perte en feuilles et en aiguilles) et les dommages visibles sur les arbres.<br><br>La Wallonie a participé de façon précoce à ce programme de mesures : un inventaire phytosanitaire (appelé ancien réseau I ou réseau de niveau Ia) a été réalisé annuellement depuis 1989 à l'initiative du Département de la nature et des forêts (DNF). Cet inventaire s'appuyait sur l'observation des placettes (unités d'échantillonnage) du réseau européen de 16 km x 16 km (19 placettes permanentes) et des placettes d'un sous-réseau régional inscrit dans des mailles carrées de 8 km x 8 km (échelle davantage adaptée à la Wallonie et permettant d'obtenir des données interprétables au niveau régional) (initialement 66 placettes). Ce quadrillage était indépendant de celui de l'Inventaire permanent des ressources forestières de Wallonie (IPRFW, Direction des Ressources Forestières du DNF). Un niveau de défoliation et de décoloration était attribué à plus de 1 500 arbres-échantillons (identifiés et numérotés individuellement) selon le protocole européen. Le taux de défoliation des arbres était coté de 5 % en 5 % et ils étaient classés dans des échelles de décoloration et de dommages combinés. Les causes identifiables des dommages étaient en outre consignées (insectes, champignons, accidents climatiques…).<br><br>Ce réseau s'est cependant éteint étant donné la perte progressive de placettes d'échantillonnage en raison de l'exploitation ou de chablis (dégâts de tempête notamment). En 2010, un nouveau réseau I (ou réseau de niveau Ib) a été initié par l'Observatoire wallon de la santé des forêts (OWSF) du Département de l'étude du milieu naturel et agricole (DEMNA) en collaboration avec l'UCLouvain. Ce nouveau réseau I se compose de 45 placettes sélectionnées parmi celles de l'IPRFW[5] en vue d'une meilleure intégration des différents réseaux de suivi et dans une perspective d'extrapolation. Le protocole d'évaluation suivi est calqué sur le protocole *ICP Forests* (évaluation de différents critères tels que la défoliation, la fructification, les dommages et les symptômes afin d'estimer la vitalité de l'arbre). Ces observations sont complétées par des analyses pédologiques et des recherches plus spécifiques. Les 45 placettes (10 placettes en peuplements de chêne, 10 en hêtre, 10 en mélange chêne-hêtre, 10 en épicéa et 5 en douglas) sont réparties en deux classes d'âge/circonférence et dans les différents territoires écologiques. |

[5] À noter que l'IPRFW récolte également des données relatives à l'état sanitaire de tous les arbres de son échantillon mais indépendamment de l'inventaire phytosanitaire et selon un protocole plus "léger"

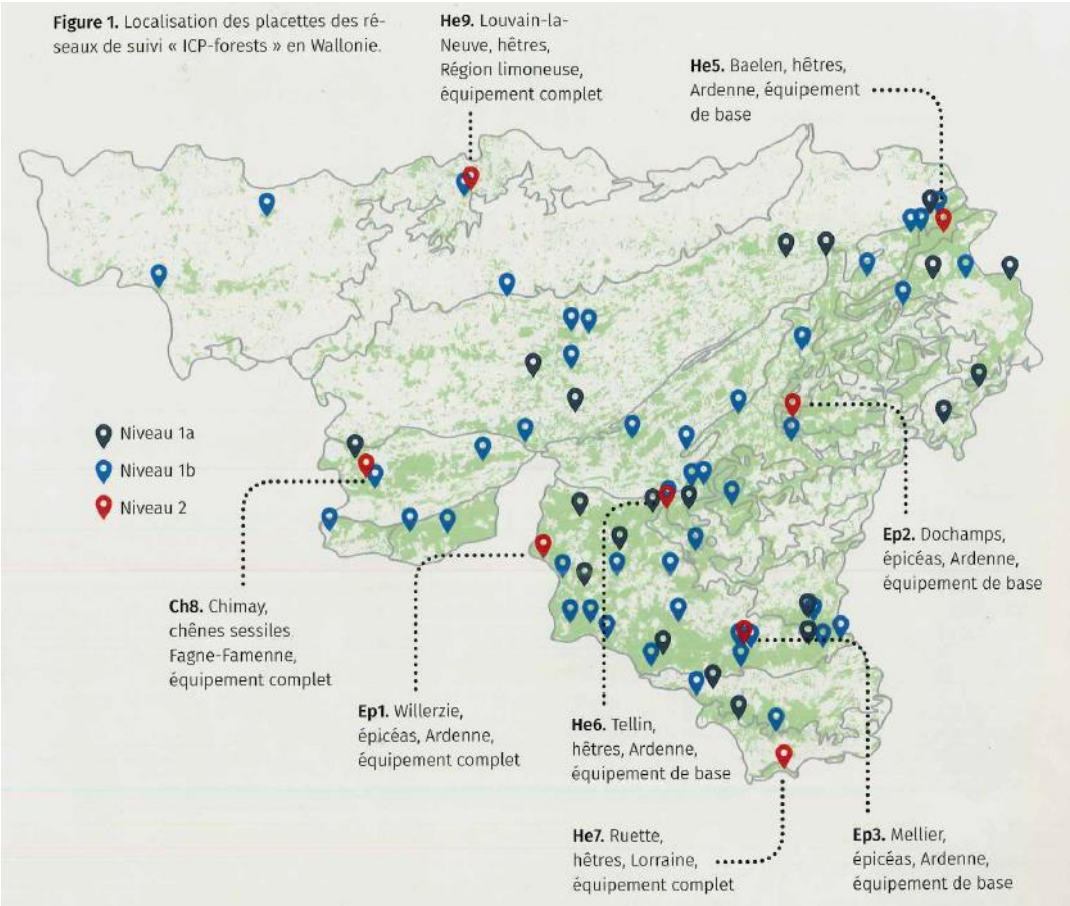
Seules les données de ce nouveau réseau I font l'objet de la fiche d'indicateurs "État de santé des forêts", concernée par cette notice méthodologique. Les données de l'ancien réseau I peuvent être disponibles sur demande.

**Niveau II**

Depuis 1995, les pays membres de l'Union européenne ont créé un réseau de 860 placettes de surveillance intensive et continue des écosystèmes forestiers (niveau II). Ce réseau de niveau II est focalisé sur la compréhension des processus afin d'identifier les facteurs responsables des évolutions de l'état sanitaire. Les observations de l'état sanitaire sont complétées par des analyses de sols et des teneurs foliaires, par des mesures d'accroissements, ainsi que, dans certains cas, par des mesures de retombées atmosphériques et des données météorologiques.

Sur ce modèle, en Wallonie, paralèllement au programme du niveau I, le suivi des placettes régionales du réseau d'observation intensive et continue des écosystèmes forestiers (subvention UCLouvain - ELI - ELIM avec la Direction du Milieu Forestier du DEMNA) (réseaux II et III) récolte sur 8 placettes des données sanitaires qui devraient contribuer, à terme, à une compréhension plus fine du dépérissement forestier. Ce réseau de suivi intensif n'est pas intégré à l'IPRFW. Les 8 placettes sont installées dans les principales régions forestières en Wallonie. Ce suivi se base sur le monitoring intensif de l'*ICP Forests* (niveau II).

La localisation des placettes des différents réseaux de suivi *ICP Forests* en Wallonie (réseaux de niveau Ia, Ib et II) est définie sur la carte suivante :




Source : Titeux *et al.*, 2018. L'évolution de la santé des forêts wallonnes. Principaux enseignements des réseaux de monitoring "ICP-forests". Forêt.Nature, 147, 48-60. [lien]

Précisions quant aux données récoltées pour la **défoliation (ou déficit foliaire)**, réseaux de niveaux Ia et Ib :

Le déficit foliaire de chaque arbre échantillon est évalué chaque année et s'exprime en pourcentage, par tranche de 5 %, par rapport à un arbre ayant un feuillage complet dans les conditions du site en cause. Le classement des arbres selon les niveaux de déficit foliaire est effectué pendant les observations et est enregistré par tranches de 5 %. Un arbre encore en vie dont le déficit foliaire est compris entre 95 et 100 % est noté 99. Le niveau 100 est réservé aux arbres morts.

Globalement, le règlement (CE) 1737/2006 propose l'évaluation du niveau de déficit foliaire selon le tableau suivant :

| Classe | Niveau de déficit foliaire | Pourcentage de perte en feuilles/aiguilles |
|---|---|---|
| 0 | Nul | 0 - 10 % |
| 1 | Léger | 11 - 25 % |
| 2 | Moyen | 26 - 60 % |
| 3 | Important | 61 - 99 % |
| 4 | Arbre mort | 100 % |

Selon les travaux de l'*ICP Forests**, la défoliation est considérée comme anormale au-delà du seuil de 40 %.

* ICP Forests, 2021. Forest condition in Europe: The 2021 assessment. ICP Forests technical report under the UNECE Convention on Long-range transboundary air pollution (Air Convention). Thünen Institute: Eberswalde, Germany. [lien]

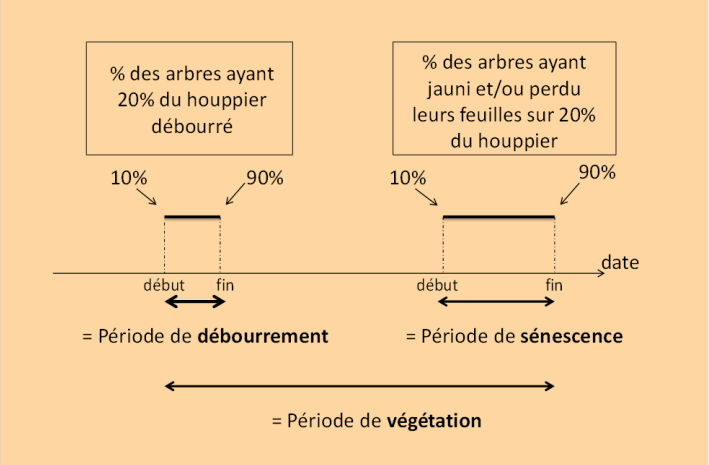
Il est à noter que précédemment, le seuil d'anormalité considéré était de 25 % (dès le niveau de déficit foliaire dit "moyen"). Mais les experts du comité scientifique de l'*ICP Forests* considèrent à présent le seuil de 40 % comme plus approprié. En effet, la classe de défoliation moyenne (26 % - 60 %) était trop large et dressait potentiellement une situation trop alarmiste : les arbres présentent fréquemment une défoliation sur plus de 25 % sans que cela doive pour autant être interprété comme un signe de dépérissement débutant. C'est en particulier le cas pour les arbres âgés mais en bonne santé, ou pour tout arbre lors d'années à forte fructification. La classe (26 % - 60 %) a donc été subdivisée en deux sous-classes (26 % - 40 % et 41 % - 60 %). À partir de 40 %, la défoliation est considérée comme "préoccupante" et à partir de 60 %, comme "alarmante".

Classes d'étendue de dommages :

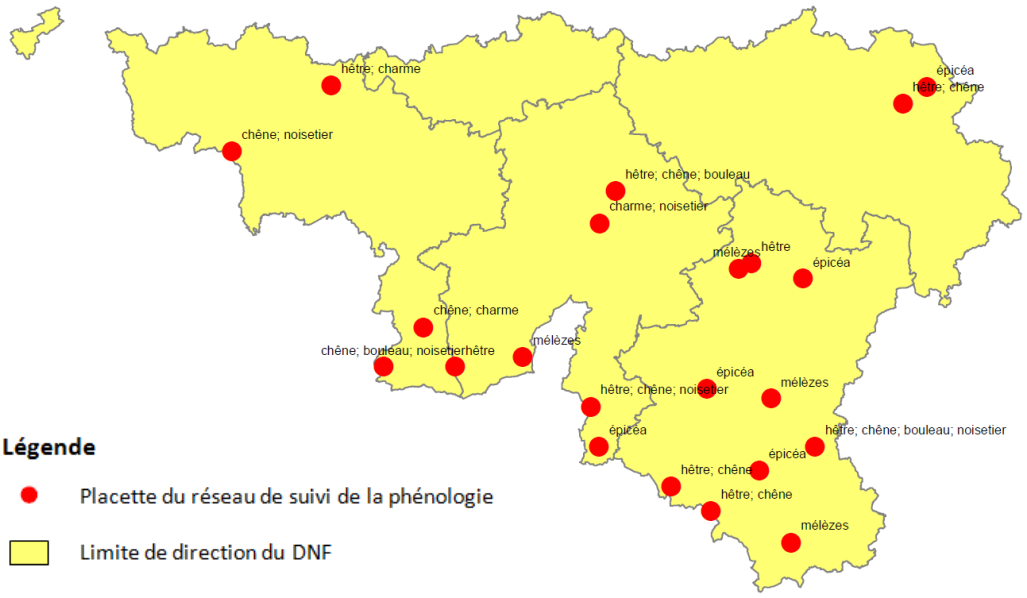
| Classe | Code |
|---|---|
| 0 % | 0 |
| 1 - 10 % | 1 |
| 11 - 20 % | 2 |
| 21 - 40 % | 3 |
| 41 - 60 % | 4 |
| 61 - 80 % | 5 |
| 81 - 99 % | 6 |

L'indicateur reprend donc le **pourcentage d'arbres défoliés à plus de 40 %**.
Le **pourcentage moyen de défoliation par essence** est également calculé.

Le niveau II du programme de monitoring prévoit également un suivi phénologique. Pour anticiper les problèmes sanitaires auxquels les peuplements forestiers sont confrontés, le suivi de la phénologie[6] des peuplements est une source de données importantes. L'OWSF s'est donc doté d'un réseau de suivi de la phénologie pour les principales essences forestières (hêtre, chêne, mélèze, épicéa, douglas, frêne, bouleau, charme et noisetier). L'objectif est de modéliser la réponse des arbres face aux changements climatiques et d'expliquer l'importance de certains problèmes (gelées tardives ou précoces, synchronisme avec les chenilles défoliatrices…). Ce réseau de suivi, mis en place en 2011 sur 20 placettes de l'IPRFW, comprenait 28 placettes en 2021. Les dates de débourrement[7] (date à laquelle 20 % du houppier est débourré) et de sénescence[8] (date à laquelle 20 % du houppier a perdu ses feuilles et/ou a ses feuilles jaunies) sont relevées au sein des placettes de manière hebdomadaire, au printemps et à l'automne, en application du protocole européen *ICP Forests*. Sur cette base, sont définies les périodes de débourrement et de sénescence. La période de débourrement débute quand 10 % des arbres ont 20 % du houppier débourré et se termine quand 90 % des arbres ont 20 % du houppier débourré. La période de sénescence débute quand 10 % des arbres ont jauni et/ou perdu leurs feuilles sur 20 % du houppier et se termine quand 90 % des arbres ont jauni et/ou perdu leurs feuilles sur 20 % du houppier.




[6] Étude des phénomènes périodiques dans le monde vivant (floraison ou feuillaison des plantes, migration des animaux…)
[7] Développement des bourgeons marquant la fin de la période de dormance hivernale
[8] Processus débutant par l'apparition de la coloration automnale du feuillage et aboutissant à la chute des feuilles. La période de végétation s'étend du début de la période de débourrement à la fin de la période de sénescence.




Source : OWSF

Selon l'article 1er du Code forestier wallon, il convient de garantir le développement durable des bois et forêts, ce qui implique la nécessité d'assurer le maintien de la santé et de la vitalité des écosystèmes forestiers. Le Code forestier organise la récolte et la mise à disposition de données relatives à l'état ainsi qu'à l'évolution de paramètres quantitatifs et qualitatifs portant notamment sur la santé des peuplements.

À noter que le maintien de la santé et de la vitalité des écosystèmes forestiers est également un critère retenu par "*Forest Europe*", la Conférence ministérielle pour la protection des forêts en Europe (MCPFE, "*Ministerial conference on the protection of forests in Europe*"), le processus politique pan-européen pour la gestion durable des forêts européennes. La défoliation est l'un des indicateurs retenus.
https://foresteurope.org/workstreams/sustainable-forest-management/
(voir SFM Criteria & Indicators)

# SECTION 3 : MÉTHODOLOGIE

| INDICATEUR N°1 | |
|---|---|
| **Titre** | Défoliation des peuplements forestiers en Wallonie - pourcentage d'arbres inventoriés défoliés à plus de 40 % |
| **Description des paramètres présentés** | Données annuelles du pourcentage d'arbres inventoriés défoliés à plus de 40 % pour les feuillus et les résineux, de 2010 à 2021 |
| **Unité(s)** | % |
| **DONNÉES UTILISÉES POUR CONSTRUIRE LES PARAMÈTRES** | |
| **Pourcentage d'arbres feuillus et résineux inventoriés défoliés à plus de 40 %** | |
| **Fournisseur des données** | SPW - DGO3 - DEMNA - Direction du milieu forestier, Observatoire wallon de la santé des forêts (OWSF) ; UCLouvain - ELI - ELIM |

| | |
|---|---|
| **Description des données** | Pour la période 2010 - 2021, données annuelles du pourcentage d'arbres échantillons présentant un taux de défoliation supérieur à 40 %, pour les feuillus et les résineux. Depuis 2010, le nombre de placettes inventoriées annuellement est de 45. |
| **Traitement des données** | Sans objet |
| **INDICATEUR N°2** | |
| **Titre** | Défoliation des principales essences forestières en Wallonie - pourcentage moyen de défoliation des arbres inventoriés |
| **Description des paramètres présentés** | Données annuelles du pourcentage moyen de défoliation des arbres inventoriés pour les principales essences forestières (hêtre, chêne pédonculé, chêne sessile, épicéa commun et douglas), de 2010 à 2021 |
| **Unité(s)** | % |
| **DONNÉES UTILISÉES POUR CONSTRUIRE LES PARAMÈTRES** | |
| **Pourcentage moyen de défoliation pour les principales essences** | |
| **Fournisseur des données** | SPW - DGO3 - DEMNA - Direction du milieu forestier, Observatoire wallon de la santé des forêts (OWSF) ; UCLouvain - ELI - ELIM |
| **Description des données** | Pour la période 2010 - 2021, données annuelles du pourcentage moyen de défoliation pour les principales essences forestières (hêtre, chêne sessile, chêne pédonculé, épicéa commun et douglas). Depuis 2010, le nombre de placettes inventoriées annuellement est de 45. |
| **Traitement des données** | Sans objet |

| **SECTION 4 : LIMITES DES INDICATEURS** | |
|---|---|
| **Fiabilité des données** | Les données fournies par l'OWSF, issues du nouveau réseau I ou réseau de niveau Ib, sont récoltées sur les placettes du réseau de l'Inventaire permanent des ressources forestières de Wallonie sur base du protocole européen d'évaluation de l'*ICP Forests*.<br><br>Afin d'assurer la fiabilité des données, le protocole standardisé prévoit des contrôles de qualité en amont – formation des observateurs de terrain avant les campagnes d'observation – et en aval – contrôle des observations de terrain par une équipe de référence. Cette équipe de référence est elle-même calibrée par rapport aux autres équipes européennes. Il est prévu qu'au moins 5 % des arbres échantillonnés soient observés une première fois par les observateurs et une deuxième fois par l'équipe de référence. L'objectif est que 70 % des arbres observés deux fois aient la même cotation de défoliation à 10 % près (Eichhorn *et al.*, 2010[9]). |
| **Imprécision des données** | De façon générale, l'évaluation de la défoliation présente certaines faiblesses, ce qui implique d'interpréter les résultats avec prudence. La cotation du degré de défoliation d'un arbre laisse place à une certaine subjectivité qui varie d'un observateur à l'autre. Les séances |

[9] Eichhorn J, Roskams P, Ferreti M, Mues V, Szepesi A, Durrant D, 2010. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, part IV: visual assessment of crown condition and damaging agents. United Nations Economic Commission for Europe, Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests (*ICP Forests*). Hamburg. [lien]

| | |
|---|---|
| | d'intercalibration sont donc indispensables pour minimiser le biais causé par l'effet observateur.<br><br>Selon la méthodologie de l'*ICP Forests*, les points d'échantillonnage devraient être tout à fait fixes et constants. Mais il arrive que certaines placettes de l'IPRFW soient mises à blanc. La sélection de nouvelles placettes en remplacement, composées d'arbres plus ou moins jeunes, peut alors induire un biais dans l'analyse de l'évolution de l'état sanitaire. De plus, une diminution du déficit foliaire moyen pourrait être due à l'enlèvement préférentiel d'arbres dépérissants lors des éclaircies. |
| **Manque de données** | Sans objet |

| **SECTION 5 : ÉLABORATION DE L'ÉTAT ET DE LA TENDANCE** | |
|---|---|
| **Paramètre évalué par le pictogramme** | Pourcentage d'arbres feuillus et résineux inventoriés défoliés à plus de 40 % (c-à-d considérés comme anormalement défoliés) |
| **ÉTAT** | |
| **Méthode d'attribution** | État jugé défavorable si le pourcentage d'arbres considérés comme anormalement défoliés est supérieur à 25 % |
| **Norme utilisée (si pertinent)** | (i) règlement (CE) n°1737/2006, (ii) ICP Forests technical report 2021 - un arbre est considéré comme anormalement défolié si la défoliation dépasse 40 % de perte en feuilles/aiguilles, (iii) décret du 15/07/2008 relatif au Code forestier (Art. 1) - principe du maintien de la santé et de la vitalité des écosystèmes forestiers |
| **Référence(s) pour cette norme** | (i) Règlement (CE) n°1737/2006 de la Commission du 7 novembre 2006 portant modalités d'application du règlement (CE) n°2152/2003 du Parlement européen et du Conseil concernant la surveillance des forêts et des interactions environnementales dans la Communauté. En ligne.<br>http://data.europa.eu/eli/reg/2006/1737/oj<br>(ii) ICP Forests, 2021. Forest condition in Europe: The 2021 assessment. ICP Forests technical report under the UNECE Convention on Long-range transboundary air pollution (Air Convention). Thünen Institute: Eberswalde, Germany.<br>https://www.icp-forests.org/pdf/ICPForests_TR2021.pdf<br>(iii) Décret du 15/07/2008 relatif au Code forestier. Consolidation officieuse. En ligne.<br>https://wallex.wallonie.be/eli/loi-decret/2008/07/15/2008203215/2020/05/07 |
| **TENDANCE** | |
| **Méthode d'attribution** | Évolution du pourcentage d'arbres anormalement défoliés sur la période 2010 - 2021 |
| **Norme utilisée (si pertinent)** | (i) règlement (CE) n°1737/2006, (ii) ICP Forests technical report 2021 - un arbre est considéré comme anormalement défolié si la défoliation dépasse 40 % de perte en feuilles/aiguilles, (iii) décret du 15/07/2008 relatif au Code forestier (Art. 1) - principe du maintien de la santé et de la vitalité des écosystèmes forestiers |
| **Référence(s) pour cette norme** | (i) Règlement (CE) n°1737/2006 de la Commission du 7 novembre 2006 portant modalités d'application du règlement (CE) n°2152/2003 du Parlement européen et du Conseil concernant la surveillance des forêts et des interactions environnementales dans la Communauté. En ligne.<br>http://data.europa.eu/eli/reg/2006/1737/oj<br>(ii) ICP Forests, 2021. Forest condition in Europe: The 2021 assessment. ICP Forests technical report under the UNECE Convention on Long-range transboundary air pollution (Air Convention). Thünen Institute: Eberswalde, Germany.<br>https://www.icp-forests.org/pdf/ICPForests_TR2021.pdf<br>(iii) Décret du 15/07/2008 relatif au Code forestier. Consolidation officieuse. En ligne.<br>https://wallex.wallonie.be/eli/loi-decret/2008/07/15/2008203215/2020/05/07 |

| SECTION 6 : MISES A JOUR | |
|---|---|
| **Date de dernière mise à jour de cette fiche méthodologique** | Janvier 2022 |