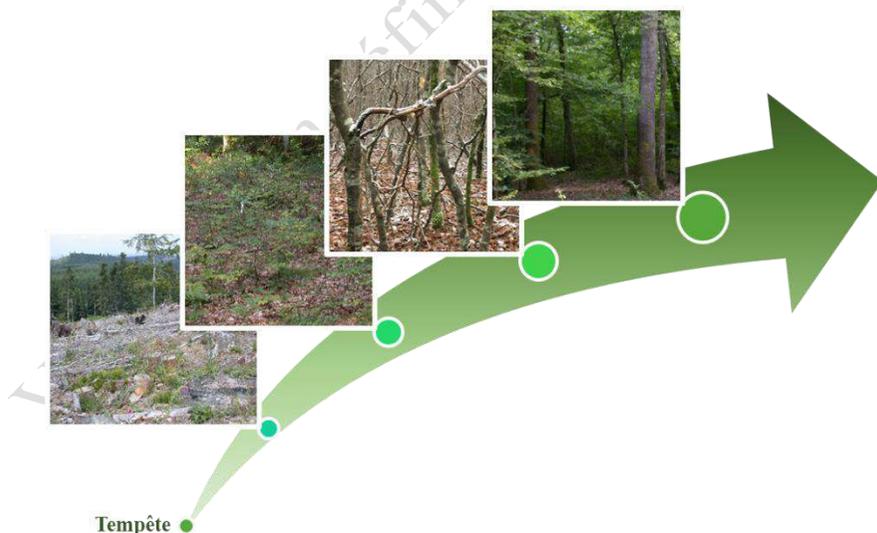


GESTION DES PEUPELEMENTS SINISTRÉS POST-TEMPÊTE.

Guide pratique pour l'optimisation de la reconstitution forestière post-tempête



SOMMAIRE

OBJECTIFS DU GUIDE	4
RECONSTITUTION DES PEUPEMENTS FORESTIERS SINISTRÉS	5
Contexte et enjeux	5
Importance d'un diagnostic précoce	7
Quelle différence entre un peuplement dévasté et un peuplement mité ?	8
RECONSTITUTION DES PEUPEMENTS DÉVASTÉS	10
Zone d'utilisation du guide	10
Acquisition des données	11
Caractérisation de l'acquisition de la régénération ligneuse post-tempête.....	14
Synthèse des principaux résultats	23
Le guide : mode d'emploi	27
Clé de détermination	28
Comment faire un diagnostic ?	30
La fiche : mode d'emploi.....	32
Fiches "type de régénération"	34
RECONSTITUTION DES PEUPEMENTS MITÉS	64
Zone d'utilisation du guide	64
Acquisition des données	65
Caractérisation de l'acquisition de la régénération ligneuse post-tempête.....	68
Synthèse des principaux résultats	72
Le guide : mode d'emploi	76
Clé de détermination	78
La fiche : mode d'emploi.....	82
Fiches "type de régénération"	84
FICHES TECHNIQUES	96
La fiche technique : mode d'emploi	96
Fiches techniques	98
PRÉCAUTIONS ET LIMITES D'UTILISATION	116
Précautions d'utilisation	116
Limites d'utilisation	116
FICHES THÉMATIQUES	117
Fiche thématique 1 : Liste des essences relevées lors de l'inventaire... ..	118
Fiche thématique 2 : prise en compte du changement climatique	119

AVANT - PROPOS

Ce guide est ici présenté dans sa version provisoire. Nous attendons les retours des premières utilisations de terrain pour fixer son contenu et sa forme. Une version définitive sera proposée en janvier 2021.

Pour l'instant il est présenté comme un document format A5 néanmoins nous nous orientons vers la production de deux produits finaux :

- le guide tel qu'il est présenté ici mais en format A4.
- un document plus concis au format A5 pour une utilisation facilitée sur le terrain.

Si vous avez une remarque à faire parvenir à l'équipe de conception de ce guide, vous pouvez la transmettre via l'adresse mail suivante : lisa.laurent@agroparistech.fr.

Il est conseillé aux utilisateurs de ce document de suivre la mise à jour de ce guide sur la page internet du projet :

<https://www6.nancy.inrae.fr/silva/Equipes-de-recherche/EcoSILVA/Projets-Recherche/Post-tempete-2017-2020>

Merci d'avance,

L'équipe de conception du guide.

OBJECTIFS DU GUIDE

Les conséquences d'une tempête sur un peuplement forestier adulte peuvent être variées et dépendent à la fois des caractéristiques de la tempête, de la structure et de la composition du peuplement, des conditions édaphiques et de la sylviculture pratiquée. L'effet direct des vents forts sur les arbres adultes va s'accompagner d'un effet indirect sur le recrutement et le développement de la régénération ligneuse. En effet, les changements environnementaux causés par la formation de trouées vont être des déterminants forts de la coexistence des espèces et vont moduler l'ensemble des interactions structurant la régénération forestière. La trajectoire de reconstitution des peuplements sinistrés est difficile à prévoir et conditionne le choix des itinéraires sylvicoles.

Certains propriétaires forestiers n'investissent pas dans la reconstitution de leur forêt sinistrée jugeant *a priori* les frais et les risques trop importants. De manière à éclairer plus objectivement la décision du propriétaire forestier, ce document a pour objectifs :

- **d'aider à caractériser l'acquisition de la régénération des peuplements sinistrés à partir d'un diagnostic précoce ;**
- **de fournir des conseils de gestion sur les travaux sylvicoles qu'il est nécessaire d'engager pour obtenir un renouvellement de qualité en fonction des stations et des peuplements antécédents.**

RECONSTITUTION DES PEUPELEMENTS FORESTIERS SINISTRÉS

CONTEXTE ET ENJEUX

EFFET DES TEMPÊTES SUR LES PEUPELEMENTS FORESTIERS



Après le passage d'une tempête, de nombreux arbres sont déracinés, d'autres restent ancrés dans le sol mais sont étêtés ou cassés. Ces dégâts conduisent les propriétaires à engager le renouvellement de leurs peuplements sinistrés.

ENJEUX DE LA RECONSTITUTION DES FORÊTS SINISTRÉES

Par le passé, la régénération d'un peuplement touché par une tempête passait souvent par la plantation. Cependant, la grande surface touchée par les tempêtes de 1999 et l'intensité des dégâts occasionnés ont amené les gestionnaires forestiers à s'intéresser plus fortement à des alternatives à la plantation basées sur la régénération naturelle éventuellement assistée (plantations de complément).

En décembre 1999, les ouragans Lothar et Martin ont touché **968 000 hectares sur plus de 10 % de leur couvert**, et ont causé **97 millions de mètres cubes de chablis** (RFF 2002).

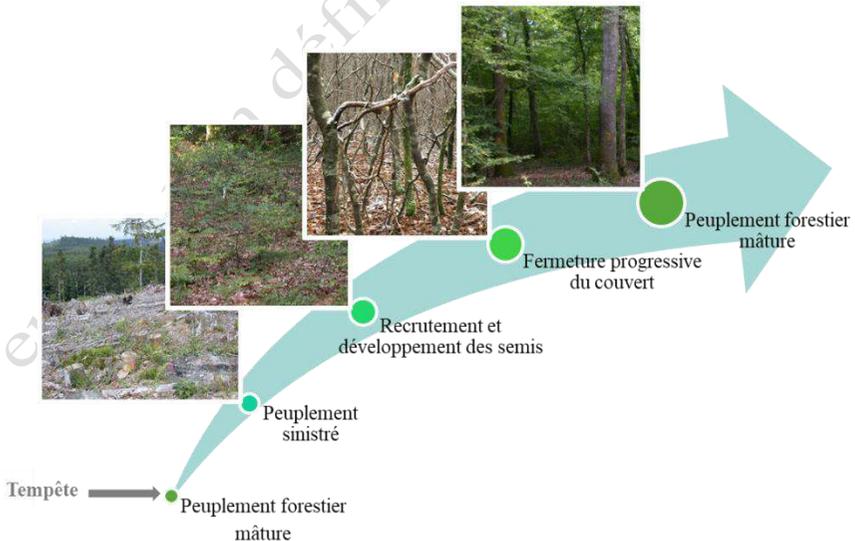
Il a été montré que dans certaines situations, la régénération naturelle peut suffire à assurer le renouvellement forestier post-tempête. Cependant, il reste encore :

- (i) à **identifier (et quantifier) les conditions ne permettant pas une régénération satisfaisante** en termes de densités, de diversité d'essences et de qualité des tiges qui s'individualisent ;
- (ii) à **utiliser des itinéraires sylvicoles** tenant compte de la dynamique de la régénération naturelle en fonction des conditions locales, notamment par l'identification des travaux sylvicoles nécessaires et suffisants.

ENSEIGNEMENT À TIRER DES RÉGÉNÉRATIONS EN LIBRE ÉVOLUTION

Laisser la forêt sinistrée en libre évolution permet d'acquérir une meilleure connaissance de la dynamique de régénération naturelle post-tempête (place des essences pionnières, compétition herbacée, diversité et dominance des essences, successions forestières...).

Le besoin d'approfondir les connaissances sur ce sujet a guidé la constitution de l'observatoire des Peuplements Dévastés et Mités, et a abouti à la proposition d'itinéraires sylvicoles de reconstitution post-tempête (éventuellement applicables à d'autres crises aux conséquences similaires). Ces itinéraires sont donc basés sur le principe que les travaux sylvicoles (dégagements, nettoisements, plantations, ...) viennent corriger si nécessaire les évolutions naturelles.



Données utilisées :

La construction de ce guide est basée sur les données issues de l'Observatoire des Peuplements Mités et Dévastés :

- installé quelques années après le passage des tempêtes Lothar et Martin de 1999 ;
- caractérisant la libre évolution de la régénération ligneuse post-tempête en l'absence de travaux sylvicoles ;
- allant d'une taille de trouée de 85 m² à plusieurs centaines d'hectares ;
- installé à l'échelle du territoire français, mais avec une forte concentration de dispositifs dans la région Grand-Est (très affectée par les tempêtes de 1999).

IMPORTANCE D'UN DIAGNOSTIC PRÉCOCE

Pouvoir caractériser le potentiel futur d'un peuplement sinistré à partir d'un diagnostic précoce et simple est important pour adapter les itinéraires sylvicoles au contexte post-tempête. En effet, plus le diagnostic est tardif et plus il sera difficile de mobiliser les aides financières alors que les coûts des travaux peuvent devenir plus importants.

Ainsi, dans le cadre de ce guide, nous nous sommes basés sur un diagnostic de la régénération effectué trois ou six ans après le passage des tempêtes Lothar et Martin pour **comprendre les successions forestières post-tempête** et **expliquer les différences d'acquisition de la régénération lorsqu'elle atteint l'âge de 20 ans.**

QUELLE DIFFÉRENCE ENTRE UN PEUPEMENT DÉVASTÉ ET UN PEUPEMENT MITÉ ?

La structure, la composition et l'état sanitaire du peuplement (hauteur des arbres, espèces, ...), les conditions édaphiques (profondeur de sol, ...), la sylviculture pratiquée et les caractéristiques de la tempête conditionnent l'intensité des dégâts sur les peuplements forestiers. De ce fait, la taille des trouées post-tempête va être très variable : de quelques centaines de mètres carrés à plusieurs hectares d'un seul tenant. Cette variabilité entraîne à son tour des sylvigénèses différentes, conduisant dans ce guide à distinguer deux cas de figure :

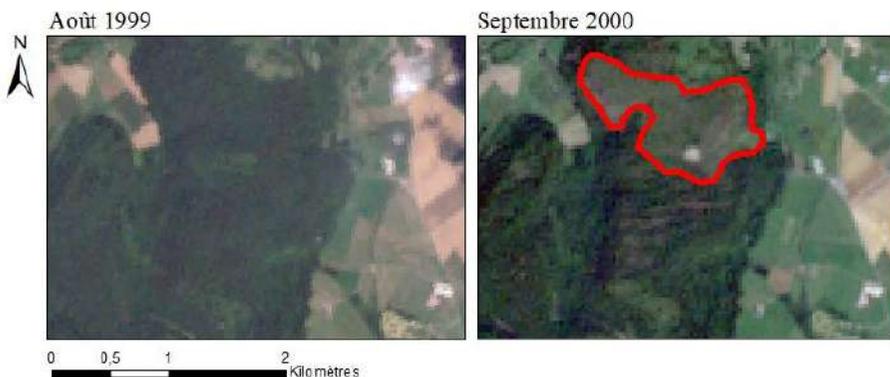
→ un peuplement est considéré comme étant **dévasté** lorsqu'il est **fortement touché par une tempête** (≥ 90 % du volume de bois sur pied) **sur une grande surface** (≥ 2 ha) ;

→ un peuplement est considéré comme **mité** lorsqu'entre **10 % et 50 % de la surface** de celui-ci est affectée (trouées d'une surface comprise entre 85 m² et 0.9 ha au sein de l'observatoire).

Les peuplements mités et dévastés ne présentent donc pas les mêmes enjeux de reconstitution et sont séparés dans la suite de ce guide :

Votre peuplement est dévasté..... p10

Votre peuplement est mité..... p64

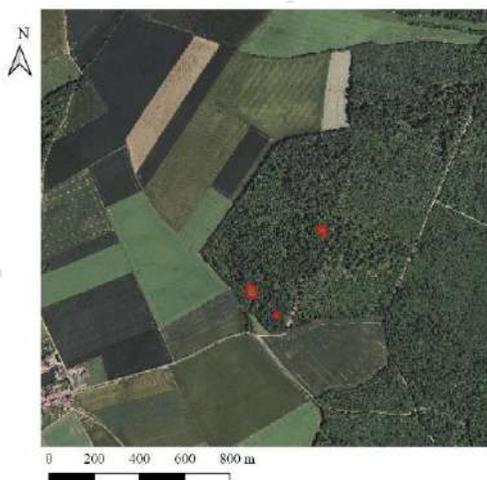


Délimitation d'une trouée de l'observatoire des **peuplements dévastés** après passage des tempêtes Lothar et Martin en 1999.

Observatoire des Peuplements Dévastés et Mités
OPD + OPM

OPD : Observatoire des Peuplements Dévastés

OPM : Observatoire des Peuplements Mités



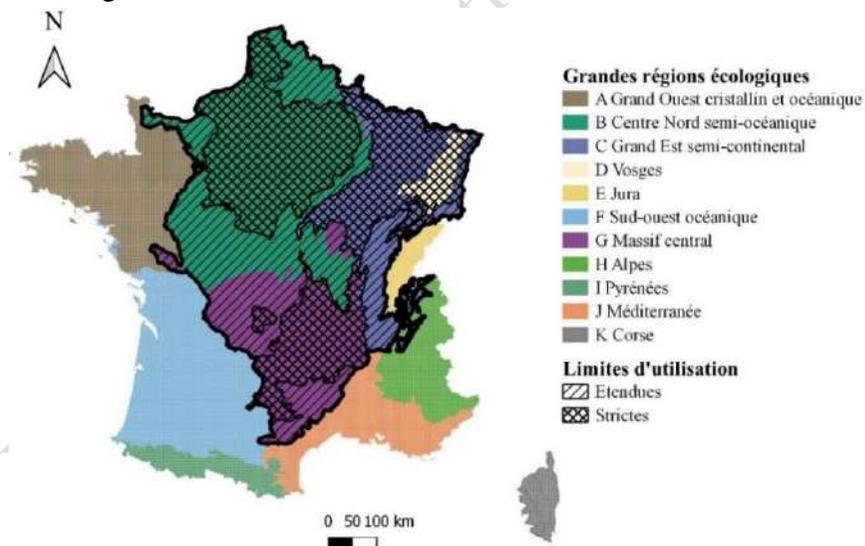
Délimitation de trois trouées de l'observatoire **des peuplements mités** après passage des tempêtes Lothar et Martin en 1999.

ZONE D'UTILISATION DU GUIDE

Le choix des limites d'utilisation de ce guide s'inscrit dans la démarche des sylvoécorégions (SER) et des Grandes Régions Écologiques (GRECO) définie par l'institut national de l'information géographique et forestière (IGN).

Ainsi, le territoire échantillonné permet la définition d'une **zone d'utilisation étendue** (GRECO avec plus de dix dispositifs de l'observatoire des peuplements dévastés) et d'une **zone d'utilisation stricte** (SER avec au moins un dispositif dans les GRECO sélectionnés).

La zone d'utilisation étendue du guide s'étend sur quatre GRECO : B-Centre Nord semi-océanique, C-Grand Est semi-continentale, D- Vosges et G-Massif central.

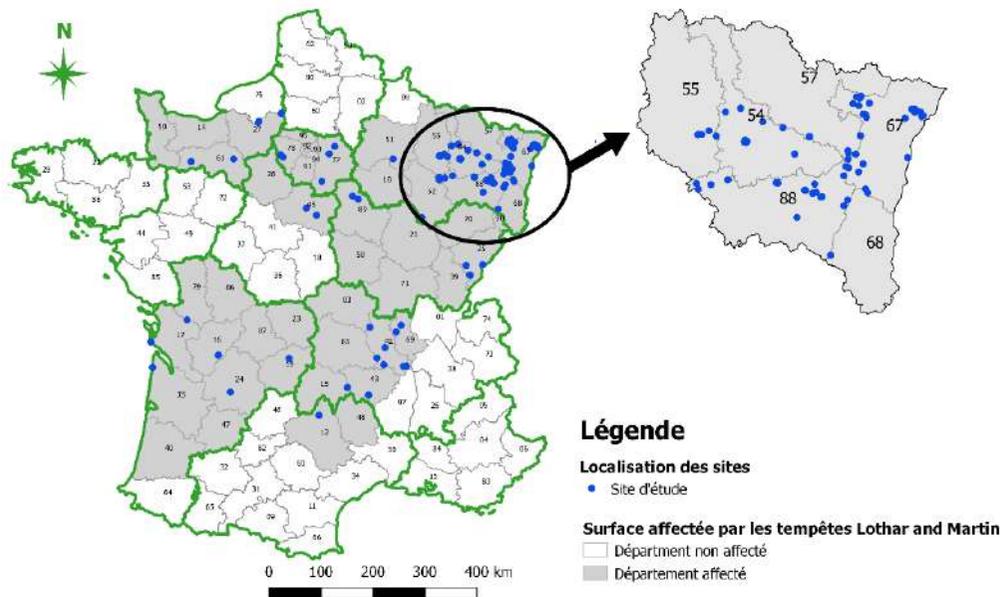


Limites de la zone d'utilisation du guide – Carte réalisée à partir des données de l'institut national de l'information géographique et forestière (IGN).

ACQUISITION DES DONNÉES

LOCALISATION DES SITES DE L'OPD

Des forêts dévastées sont suivies à l'échelle du territoire français mais il y a une forte concentration de dispositifs dans la région Grand-Est, région très affectée par les tempêtes de 1999.



Carte de localisation des sites de l'observatoire des peuplements dévastés.

Les GRECO peu représentées sont supprimées du guide : GRECO A, E et F.



102 sites analysés sur les 114 de l'observatoire

Attention : Les GRECO H, I, J et K ne sont pas échantillonnées.

PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE

Plusieurs gradients écologiques sont couverts par l'observatoire des peuplements dévastés :

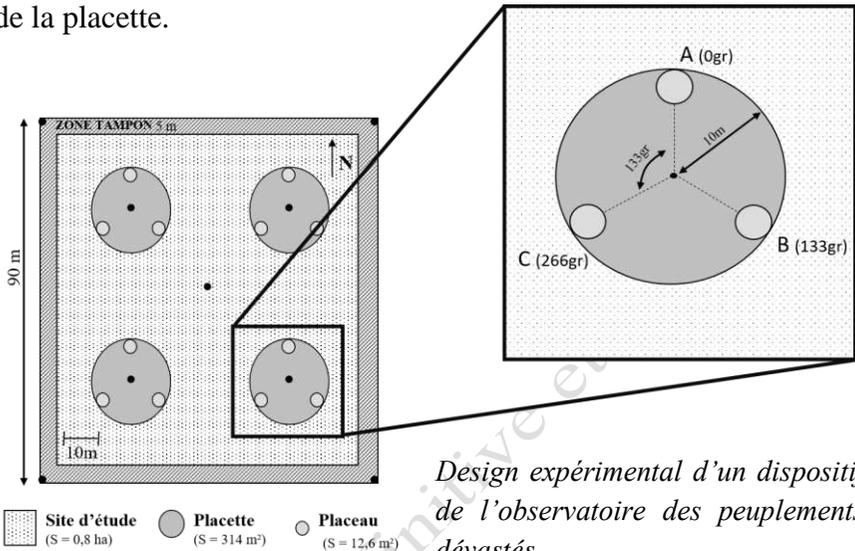
- un **gradient de fertilité des sols** (pH) ;
- un **gradient altitudinal** ;
- plusieurs **types de peuplements antécédents**.

Niveau Trophique	Etage	Essence principale du peuplement antécédent										Total	
		Résineuse					Feuilleuse						
		Aa	Pa	Pn	Ps	Pm	MelR	Fs	Fs- Qs	Qs	MelF		
pH ≤ 4.2 acide	Altitude ≥ 500m montagne	5	7				3						15
	Altitude ≤ 500m plaine	4	1		12		2	6					25
4.2 ≤ pH ≤ 5.5 peu acide	Altitude ≥ 500m montagne	3	2		1	3	1					1	11
	Altitude ≤ 500m plaine	1	1		4		1	8	1	5	6		27
pH ≥ 5.5 eutrophe à calcaire	Altitude ≥ 500m montagne												0
	Altitude ≤ 500m plaine		3	3	1			14				3	24
	Total	13	14	3	18	3	7	28	1	5	10	102	

Plan d'échantillonnage de l'observatoire des peuplements dévastés.
Peuplement antécédent : *Abies alba* (Aa), *Picea abies* (Pa), *Pinus nigra* (Pn), *Pinus sylvestris* (Ps), *Pseudotsuga menziesii* (Pm), Résineux en mélange (MelR), *Fagus sylvatica* (Fs), *Quercus* spp. (Qs), Feuillus en mélange (MelF).

DESIGN EXPÉRIMENTAL ET SUIVIS

Une **unité expérimentale** de suivi d'un peuplement dévasté est constituée de **quatre placettes** de 10 m de rayon. Dans chaque placette, **trois placeaux** de 2 m de rayon sont disposés à 8 m du centre de la placette.



Des suivis sont effectués à chacune des échelles de mesure (unité expérimentale / placette / placeau). Il s'agit de données permettant de :

- (i) caractériser les **conditions environnementales** ;
- (ii) suivre **la dynamique de colonisation de la communauté végétale**, et plus particulièrement la **dynamique de la régénération ligneuse**.

Caractérisation des conditions environnementales

Les conditions environnementales ont été caractérisées grâce à une description pédologique par horizon (fosse pédologique), une analyse chimique de la composition du sol, une description de l'hydromorphie et des caractéristiques écologiques locales (pente, altitude, exposition...). La détermination du type de peuplement antécédent, l'inventaire des arbres résiduels et la caractérisation du type d'exploitation complètent cette description.

Suivis temporels des dynamiques de colonisation

Variable écologique suivie	Mesure correspondante
Composition floristique....	Relevé exhaustif des espèces - Abondance dominance
Couverture de la végétation par strate	Projection verticale (%) sur le sol de l'ensemble des organes aériens par strate de hauteur (trois strates : 0-0,5 m ; 0,5-2 m ; ≥ 2 m)
Densité et composition de la régénération ligneuse.....	2002-2005 : Composition, densité, traces d'abrouissement, hauteur (cinq classes : 1-50 cm ; 50-100 cm ; 100-150 cm ; 150-200 cm ; ≥ 200 cm). 2018 : Composition, densité, traces d'abrouissement, diamètre à hauteur de poitrine (DHP) si la hauteur de la tige ≥ 1.3 m. Évaluation de la qualité sylvicole des tiges ayant un DHP ≥ 5 cm (courbure basale, rectitude, fourchaison, état sanitaire...).
Encombrement.....	Couverture par les rémanents (%) et hauteur maximale des rémanents (cm).

CARACTÉRISATION DE L'ACQUISITION DE LA RÉGÉNÉRATION LIGNEUSE POST-TEMPÊTE

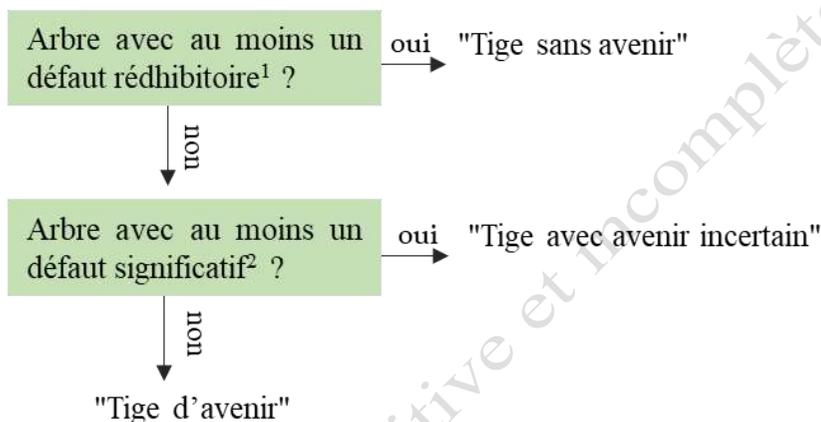
Démarche en quatre étapes

La construction de la grille utilisée pour caractériser l'acquisition de la régénération ligneuse des peuplements dévastés a suivi quatre étapes :

- (i)** Évaluation de la qualité potentielle des jeunes tiges.
- (ii)** Sélection des essences d'intérêt.
- (iii)** Caractérisation de la composition de la régénération post-tempête.
- (iv)** Création de grilles de caractérisation de l'acquisition de la régénération post-tempête par catégorie de composition.

I-EVALUATION DE LA QUALITÉ POTENTIELLE DES JEUNES TIGES

La caractérisation de la qualité technologique externe des tiges dominantes de la régénération post-tempête (tiges de Diamètre à Hauteur de Poitrine - DHP \geq 5 cm) a été évaluée grâce à l'arbre décisionnel suivant :



¹ **Les principaux défauts rédhibitoires** : Fourche de type 1 (diamètre et hauteur des deux brins équivalents à 10% près) à moins de 6 mètres de haut (toutes essences). Présence de chancre ou de chararose. Courbure basale supérieure à 40 cm. Cassure de l'axe principal.

² **Les principaux défauts significatifs** : Fourche de type 1 à plus de 6 mètres de haut (hêtre uniquement). Fourche de type 2 (brin dominé dépassant 1/2 de la hauteur et les 2/3 du diamètre du brin dominant) à moins de 6 mètres de hauteur. Absence de fourche mais plus de trois grosses branches sur les deux premiers tiers de la tige. Courbure basale comprise entre 20 et 40 cm. Présence de frotti ou d'écorage.

Arbre de décision permettant la caractérisation de la valeur d'avenir d'une tige issue de la régénération post-tempête dans le cadre d'un objectif de production de bois de qualité.

2-SÉLECTION DES ESSENCES D'INTÉRÊT

Définitions :

Essence d'intérêt : essence économiquement intéressante qui a un fort rôle de production et qui est en station actuellement.

- *Salix spp.*, *Fraxinus excelsior*, *Populus tremula* et *Sorbus aucuparia* sont exclues.

Essence d'accompagnement : essence qui remplit un rôle culturel ou qui participe à la biodiversité.

- *Salix spp.* et *Fraxinus excelsior* ne sont pas considérées comme des essences d'accompagnement de par leur effet plus compétiteur que facilitateur sur les ligneux de production, ou à cause de la forte incertitude sur leur persistance dans le peuplement pour des raisons sanitaires.

Sélection des essences considérées comme d'intérêt

La sélection des essences considérées comme d'intérêt dépend de

(i) la potentialité de la station et de **(ii) la sensibilité des propriétaires et gestionnaires.**

(i) Une station forestière est une surface homogène dans ses conditions physiques et biologiques (climatique, pédologique, topographique...). La liste des essences susceptibles de fournir du bois de qualité dépend de la station. Ainsi, le choix des essences adaptées pour un site donné a été construit sur l'hypothèse qu'il y a une constance stationnelle dans le temps. Or, le climat ne peut pas être considéré comme constant. La prise en compte du climat futur et notamment de la capacité des espèces présentes à résister aux sécheresses estivales changera fortement la liste des espèces considérées comme étant d'intérêt dans une station donnée.

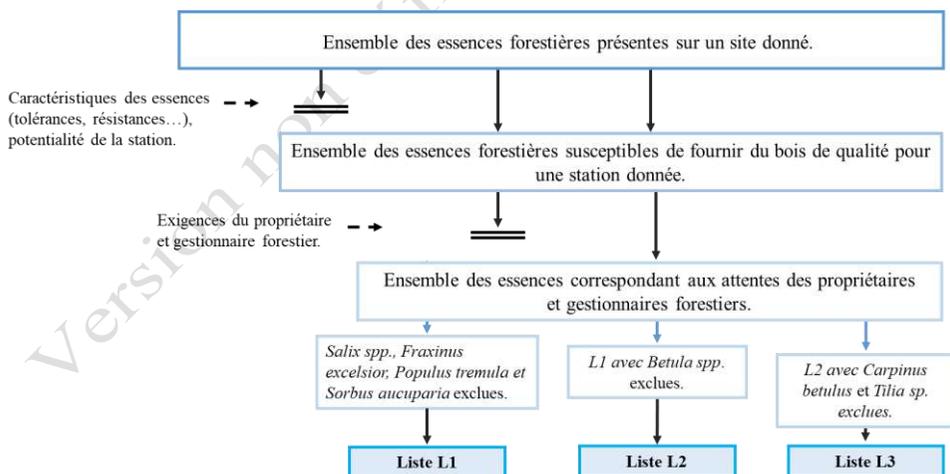
(ii) Les itinéraires sylvicoles doivent être déterminés par les objectifs assignés aux forêts à reconstituer. Plusieurs alternatives sont proposées dans ce travail pour permettre une flexibilité de réponse en fonction des attentes des propriétaires et gestionnaires forestiers.

Trois listes d'essence d'intérêt pour prendre en compte les attentes des propriétaires et gestionnaires forestiers

Liste L1 : Essences selon Brosse (2000) avec un fort rôle de production et qui sont en station actuellement ; *Salix sp.*, *Fraxinus excelsior*, *Populus tremula* et *Sorbus aucuparia* exclues.

Liste L2 : Les mêmes essences que la **Liste L1**, *Betula spp.* (*Betula pendula* et *Betula pubescens*) exclues.

Liste L3 : Les mêmes essences que la **Liste L2**, *Carpinus betulus* et *Tilia spp.* (*Tilia cordata*, et *Tilia platyphyllos*) exclues.



Filtres successifs permettant de sélectionner les essences d'intérêt.

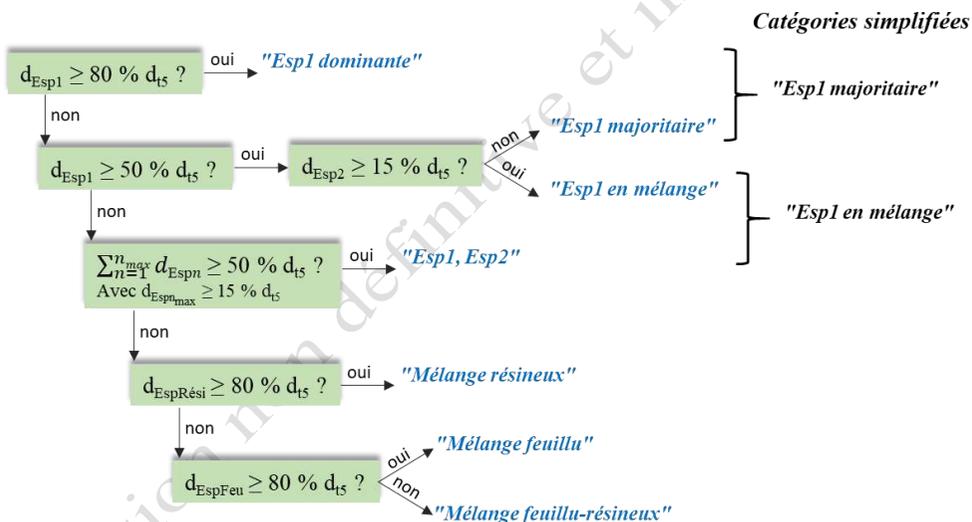
3-CARACTÉRISATION DE LA COMPOSITION DE LA RÉGÉNÉRATION

La prise en compte de la composition est importante :

(i) **pour minimiser les risques**. Elle conditionne la résistance et la résilience de la forêt face aux aléas naturels, aux maladies et aux attaques d'insectes ;

(ii) **pour assurer la rentabilité économique d'un peuplement**. Le prix de vente dépend de la qualité sylvicole de l'arbre mais est surtout fortement dépendant de l'essence (compétence de la filière bois pour valoriser cette essence, demande...).

La composition de la régénération naturelle a été évaluée à partir de la densité de chaque espèce selon l'arbre décisionnel ci-dessous :



Avec

d_{t5} : densité de tiges de plus de 5cm de DHP (listes d'essences-objectif L1, L2 ou L3).

d_{Esp1} : densité d'arbre de l'espèce 1 de plus de 5 cm de DHP.

$d_{Esp1} > d_{Esp2} > d_{Esp3} \dots$

Arbre de décision permettant la caractérisation de la composition de la régénération post-tempête.

Appellation type	Essence principale - composition
Type "Douglas"	Douglas
Type "Epicéa"	Epicéa / Sapin / Mélange résineux / Mélange feuillus-résineux
Type "Pin sylvestre"	Pin sylvestre / Pin noir
Type "Bouleau"	Bouleau
Type "Chêne"	Erables / Aulne glutineux / Charme / Chataigner / Chênes / Merisier / Tilleuls / Mélange feuillus
Type "Hêtre"	Hêtre

Appellation "type de composition" en fonction de l'essence principale de la régénération de plus de 5 cm de DHP 20 ans après passage des tempêtes.



4-CRÉATION DE GRILLE DE RÉUSSITE PAR CATÉGORIE DE COMPOSITION DE LA RÉGÉNÉRATION

DÉMARCHE GÉNÉRALE DE CONSTRUCTION DES GRILLES

Les grilles d'évaluation de l'acquisition de la régénération post-tempête à 20 ans ont été déterminées en combinant des exigences sur la densité des **arbres-objectif** (c'est-à-dire d'essence d'intérêt et d'avenir) et de **l'accompagnement** pour chaque grand **type de composition de la régénération** post-tempête. Elle est considérée comme :

- (i) acquise au-dessus d'un seuil haut de densité d'arbres-objectifs.
- (ii) très problématique en-dessous d'un seuil bas.
- (iii) dépendante de la densité d'arbres-objectifs et de la densité des tiges d'accompagnement entre ces deux seuils.

Les exigences utilisées dans ce guide pour caractériser l'acquisition de la régénération après passage d'une tempête de forte ampleur diffèrent de celles utilisées pour caractériser l'acquisition hors de ce contexte de crise sylvicole. En effet, les seuils utilisés pour séparer les régénérations considérées comme acquise des régénérations problématiques dans ce guide sont plus bas que les seuils hors situation de crise. Ce choix a été fait dans un souci d'économie de moyen dans un contexte où de grandes surfaces sont à reconstituer.

Quatre catégories d'acquisition sont définies :

- | | | |
|--|-------------------------------|--|
| | Catégories simplifiées | |
| (i) <i>régénération acquise,</i> | } | <i>Régénération acquise au moins partiellement</i> |
| (ii) <i>régénération acquise partiellement+,</i> | | |
| (i) <i>régénération acquise partiellement-,</i> | } | <i>Régénération problématique</i> |
| (ii) <i>régénération très problématique.</i> | | |

Prise en compte des dynamiques lentes

Un site présente une "*dynamique lente*" lorsque la prise en compte dans l'accompagnement des arbres de DHP compris entre 3 et 5 cm fait changer le site de catégorie simplifiée d'acquisition de la régénération ligneuse.

FIXATION DES SEUILS PAR GRAND TYPE DE COMPOSITION

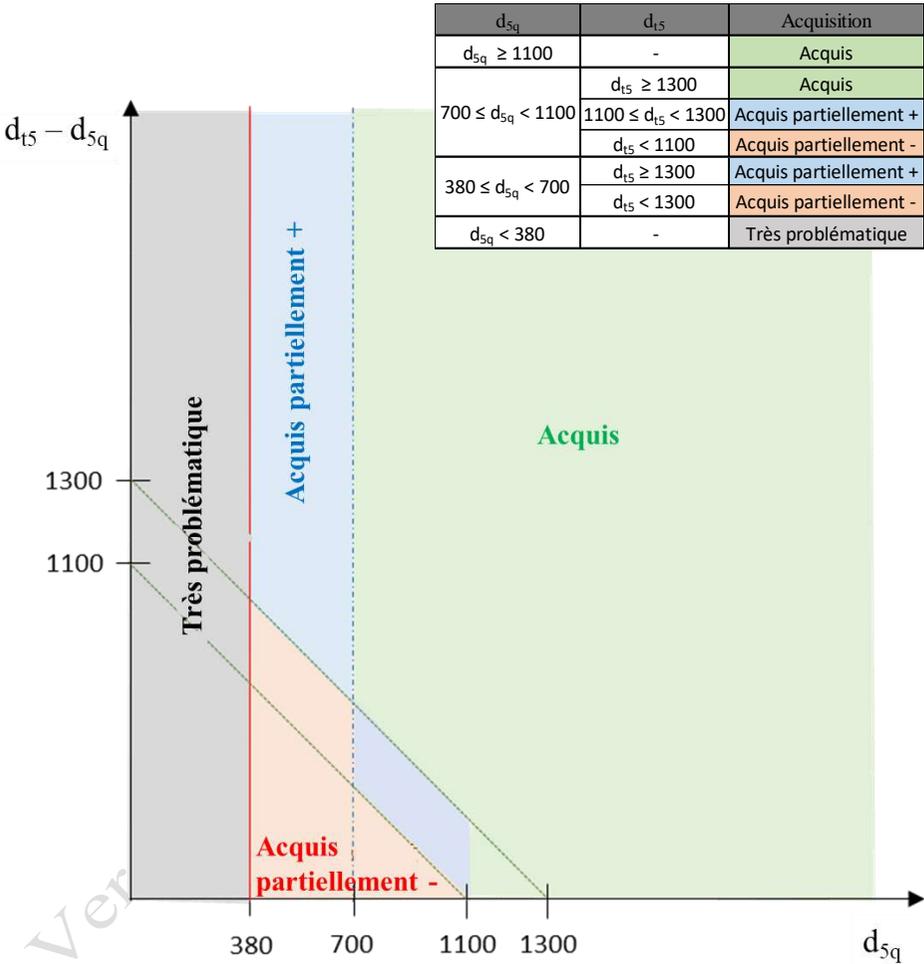
d_{5q}	d_{t5}	Acquisition
$d_{5q} \geq \text{Seuil1}$	-	Acquis
$\text{Seuil2} \leq d_{5q} < \text{Seuil1}$	$d_{t5} \geq \text{Seuil}_{acc}$	Acquis
	$\text{Seuil}_{acc2} \leq d_{t5} < \text{Seuil}_{acc}$	Acquis partiellement +
	$d_{t5} < \text{Seuil}_{acc2}$	Acquis partiellement -
$\text{Seuil3} \leq d_{5q} < \text{Seuil2}$	$d_{t5} \geq \text{Seuil}_{acc3}$	Acquis
	$\text{Seuil}_{acc} \leq d_{t5} < \text{Seuil}_{acc3}$	Acquis partiellement +
	$d_{t5} < \text{Seuil}_{acc}$	Acquis partiellement -
$d_{5q} < \text{Seuil3}$	-	Très problématique

Grille de fixation des seuils. Avec d_{5q} = densité des tiges d'avenir sylvicole de DHP ≥ 5 cm et d'essence d'intérêt et d_{t5} = densité des tiges de DHP ≥ 5 cm de toutes essences sauf les saules et frênes. La valeur des seuils dépend du type de composition (cf. [tableau ci-dessous](#)).

Appellation type	d_{5q}			d_{t5}		
	Seuil1	Seuil2	Seuil3	Seuil _{acc}	Seuil _{acc2}	Seuil _{acc3}
Type "Douglas"	1100	600	250	1100	1100	1100
Type "Epicéa"	1100	700	380	1300	1100	1300
Type "Pin sylvestre"	1300	700	380	1300	1300	1300
Type "Bouleau"	650	450	280	650	650	900
Type "Chêne"	1300	500	120	1300	1300	1300
Type "Hêtre"	1500	400	120	1500	1500	1500

Seuils utilisés pour caractériser l'acquisition de la régénération 20 ans après passage des tempêtes (nombre de tiges par hectare) en fonction de la composition de la régénération. Avec "appellation type" voir [page 19](#).

Exemple de grille type : "Picea abies"

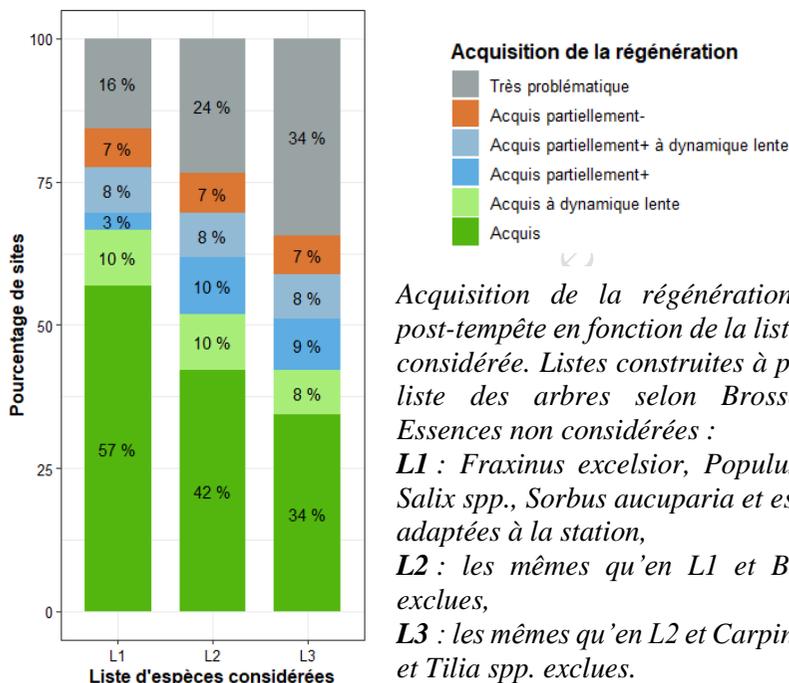


Exemple de grille type. Avec d_{5q} = densité des tiges d'avenir sylvicole de DHP ≥ 5 cm et d'essence d'intérêt et d_{t5} = densité des tiges de DHP ≥ 5 cm de toutes essences sauf les saules et frênes.

SYNTHÈSE DES PRINCIPAUX RÉSULTATS

Acquisition de la régénération des peuplements dévastés – état des lieux 20 ans après passage des tempêtes

Plus des **3/4 des sites de l'observatoire ont une régénération considérée comme acquise** en terme (i) de densité d'arbres d'essence d'intérêt de qualité sylvicole satisfaisante, (ii) d'accompagnent et (iii) d'essence principale.



Acquisition de la régénération ligneuse post-tempête en fonction de la liste d'espèce considérée. Listes construites à partir de la liste des arbres selon Brosse (2000).
Essences non considérées :

L1 : *Fraxinus excelsior*, *Populus tremula*, *Salix spp.*, *Sorbus aucuparia* et espèces non adaptées à la station,

L2 : les mêmes qu'en L1 et *Betula spp.* exclues,

L3 : les mêmes qu'en L2 et *Carpinus betulus* et *Tilia spp.* exclues.

Lorsque la couverture de la végétation accompagnatrice compétitive augmente la probabilité d'acquisition de la régénération diminue.

Les sites avec un sol à pH élevé sont plus susceptibles de suivre une dynamique lente que ceux à pH acide ou peu acide.

Caractéristiques des régénérations des peuplements dévastés – état des lieux 20 ans après passage des tempêtes

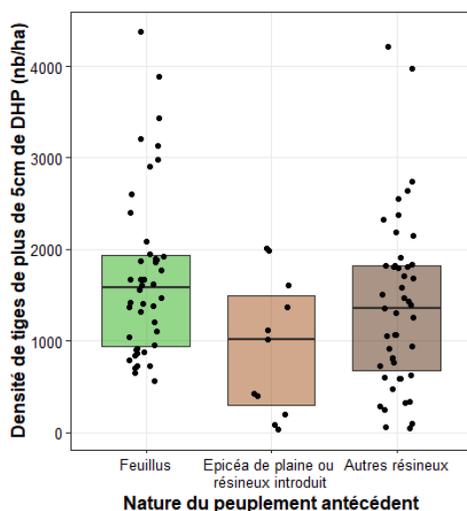
35 % des sites de l'observatoire ont une régénération de la strate de plus de 5 cm de DHP mono-spécifique 20 ans après le passage des tempêtes (une essence représente au moins 80 % de la régénération). De plus, la composition de la régénération ligneuse post-tempête ne reflète pas systématiquement la composition du peuplement antécédent.

Deux types de succession forestière de reconstitution :

- (i) Certains sites sont fortement **dominés par des essences pionnières** 20 ans après tempête (la différence entre **L1** et **L2** est due à l'absence de considération de *Betula spp.* dans la liste des essences d'intérêt).
- (ii) D'autres sont majoritairement **constitués d'espèces de fin de succession**.

La densité des tiges de plus de 5 cm de DHP diminue avec l'augmentation de la couverture maximum de la végétation accompagnatrice compétitrice.

La régénération des anciens peuplements résineux est moins dense que celle des anciens peuplements feuillus. De plus, il y a un retard de colonisation des anciens résineux qui est confirmé par un retard global d'installation de la végétation sous les anciens peuplements résineux.



Densité de tiges de plus de 5 cm de DHP de la liste L1 20 ans après tempête en fonction du type de peuplement antécédent.

Dynamique de régénération des peuplements dévastés

La composition de la régénération de plus de 5 cm de DHP 20 ans après tempête est susceptible de différer fortement de celle de la régénération lors des stades précoces de la régénération post-tempête :

(i) La proportion de *Betula spp.* et *Salix spp.* dans la régénération de plus de 5 cm de DHP 20 ans après tempête est plus forte que la proportion de ces essences dans la régénération trois ans après passage des tempêtes. Il s'agit de deux essences pionnières à croissance rapide.

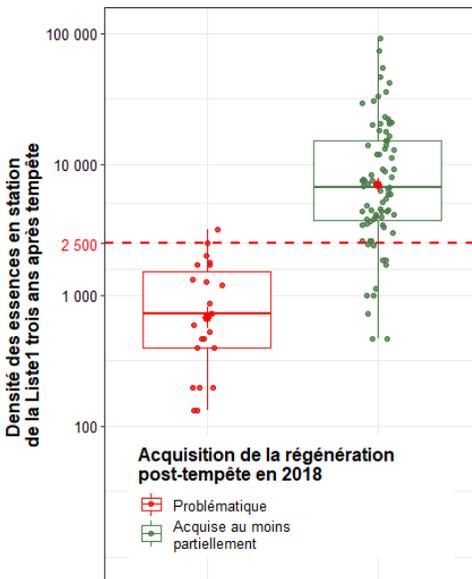
(ii) A l'inverse, la proportion de certaines essences (*Abies alba*, *Acer pseudoplatanus*, *Fraxinus excelsior* et *Quercus spp.*) dans la régénération de plus de 5 cm de DHP 20 ans après tempête est plus faible que la proportion de ces essences dans la régénération trois ans après passage des tempêtes. Plusieurs phénomènes pourraient expliquer cette dynamique temporelle :

- a. La compétition avec d'autres essences très compétitives.
- b. La mortalité due à un problème sanitaire.
- c. L'abroustissement différencié des essences par les ongulés sauvages qui permet des substitutions d'espèces au cours du temps.

La caractérisation et le suivi de la composition de la régénération est nécessaire pour les propriétaires et gestionnaires forestiers (i) qui ne souhaitent pas obtenir des régénérations dominées par le bouleau ou le charme, (ii) intéressés par la conservation d'essences de fort intérêt (chêne et feuillus précieux) ou d'essence plus adaptées aux sécheresses estivales.

Diagnostic précoce

Un comptage précoce de la densité des semis d'essences d'intérêt trois ans après tempête semble permettre d'identifier les sites qui auront une régénération problématique. Un seuil d'environ 2 500 semis/ha semble être discriminant pour la liste d'essence d'intérêt L1.



Acquisition de la régénération en fonction de la densité de semis trois ans après tempête (liste L1).

LE GUIDE : MODE D'EMPLOI

À partir des résultats présentés dans le chapitre précédent, nous proposons un guide permettant (i) de caractériser l'acquisition de la régénération des peuplements dévastés à partir d'un diagnostic précoce et (ii) de fournir des conseils de gestion pour obtenir un renouvellement de qualité.

1^{ère} étape

Déterminez le type de régénération post-tempête grâce à la clé d'identification de la page 288.

La clé se base sur la densité et la composition de la régénération d'essences d'intérêt lors d'un diagnostic précoce (3 - 4 ans) après passage d'une tempête puis sur le type de peuplement antécédent.

→ 92 % des sites de l'observatoire sont bien classés par cette clé de détermination (séparation des sites "problématique" et des sites "acquis au moins partiellement"). Les 8 % restant sont équitablement répartis dans les prévisions par excès et par défaut.

2^e étape

Consultez la fiche de la "régénération type" correspondante.

Les caractéristiques de la régénération de chaque type et les conseils de gestion associés sont décrits dans une fiche synthétique conçue selon un même modèle présenté à la page 32. La rubrique "conseils de gestion" renvoi à des "fiches techniques" spécifiques qui sont développées en page 96.

→ Consultez plusieurs fiches "régénération type" en cas d'hésitation pour confirmer le diagnostic.

→ Les situations intermédiaires sont inévitables étant donné que ce guide vise à simplifier la classification.

Les limites d'utilisation du guide sont exposées page 116.

CLÉ DE DÉTERMINATION

1 Densité de semis¹ de la liste L1 < 2500 semis/ha lors du diagnostic précoce²

2 Densité de semis¹ de la liste L1 ≥ 2500 semis/ha lors du diagnostic précoce²

2.1 Densité de semis¹ de la liste L3 < 2500 semis/ha lors du diagnostic précoce²

2.2 Densité semis¹ de la liste L3 ≥ 2500 semis/ha lors du diagnostic précoce²

2.2.1 Peuplement antécédent de nature "résineuse"

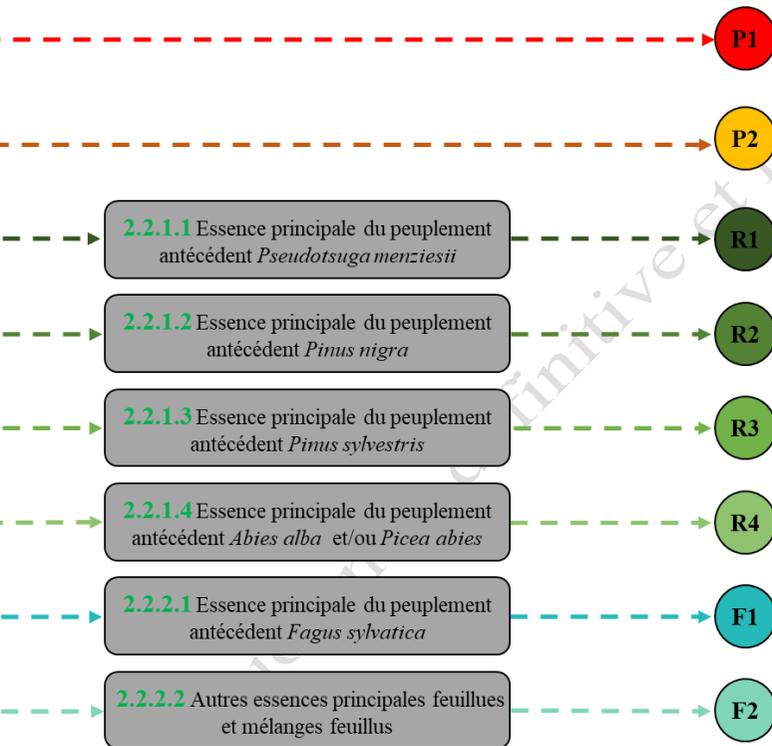
2.2.2 Peuplement antécédent de nature "feuillue"

¹ Densité des semis d'espèce d'intérêt de plus d'un an et de plus de 10 cm de hauteur. Densité évaluée visuellement comme très satisfaisante ou quantifiée plus précisément (cf. "Comment faire un diagnostic ?" page 30) si nécessaire (dans le cas de faibles densités, la répartition spatiale des semis peut être très hétérogène et conduire à une difficulté d'évaluation visuelle).

Liste d'essences d'intérêt L1 et L3 :

L1 : Essences non considérées : *Fraxinus excelsior*, *Populus tremula*, *Salix spp.*, *Sorbus aucuparia* et les espèces non adaptées à la station.

L3 : les mêmes que L1 et *Betula spp.*, *Carpinus Betulus*, et *Tilia spp.* sont exclues également.



² Ce seuil reflète l'échantillonnage qui a été effectué dans le cadre de cet observatoire et il faut le considérer comme un ordre de grandeur du fait de la forte variabilité spatiale des semis (cf. "Limites d'utilisation du guide?" page 116).

COMMENT FAIRE UN DIAGNOSTIC ?

En cas de faible densité de semis d'intérêt estimée visuellement lors de la visite de terrain, il est conseillé de quantifier la densité de semis moyenne à l'échelle du site pour pouvoir utiliser la clé de détermination.

Méthode d'échantillonnage – inventaire par placeaux

Il est conseillé de dénombrer les semis par essence de manière à pouvoir utiliser les listes proposées dans ce guide (listes **L1**, liste **L2** et liste **L3**).

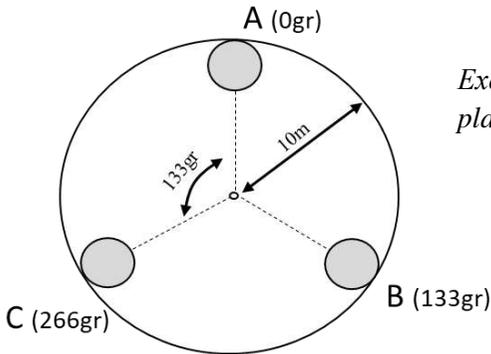


Plusieurs stratégies d'échantillonnage sont possibles, mais nous proposons un **inventaire par placeaux**. Pour chaque placeau (2 m de rayon) comptez le nombre de semis de plus d'un an. Le comptage peut être plafonné à 12 semis par placeau (correspondant à 10 000 semis/ha).



Calculez la moyenne des densités par placeau pour obtenir la densité **moyenne à l'échelle du site**. Les placeaux peuvent être organisés dans l'espace selon plusieurs protocoles en fonction des contraintes.





Exemple de disposition d'une placette de trois placeaux.

Exemple d'organisation des placeaux : Placette de trois placeaux de 2 m de rayon. Les placettes sont localisées selon la méthodologie d'échantillonnage choisie (aléatoire, stratifié, systématique...) et doivent couvrir l'ensemble du massif forestier à reconstituer.

Intensité d'échantillonnage

L'intensité d'échantillonnage dépend :

- de la **variabilité de la densité** au sein de la zone à reconstituer,
- des **ressources financières**,
- de la **précision voulue**,
- et du **niveau de confiance** voulu.

Au vu du fort coefficient de variation des densités de semis observé sur l'ensemble des sites de l'observatoire, il est nécessaire de faire un grand nombre de placeaux pour évaluer précisément la densité des semis post-tempête (environ 150 placeaux, soit 50 placettes avec l'exemple ci-dessus).

LA FICHE : MODE D'EMPLOI

Chaque fiche descriptive du type de régénération est construite sur le même modèle. Les huit fiches figurent à partir de la [page 34](#).

Les fiches ont été créées par rapport aux sites prédits correctement par la clé.



1 *Nom et identifiant du type de régénération post-tempête*

Régénération naturelle potentielle 20 ans après passage d'une tempête.

2 *Fréquence*

Fréquence observée de ce type de régénération au sein de l'observatoire. C'est une notion relative, dépendante de l'échantillonnage.

3 *Description générale de la régénération 20 ans après tempête*

Description rapide de l'acquisition de la régénération obtenue 20 ans après passage des tempêtes, éventuellement associée à une distinction de cas. Les rubriques ci-dessous sont alors développées pour chaque cas.

4 *Dynamique de la régénération - Densité*

Description des dynamiques de la densité observées au sein de ces régénérations.

5 *Dynamique de la régénération - Composition*

Description des dynamiques de la composition observées au sein de ces régénérations. Les pourcentages sont arrondis et le total peut être différent de 100.

6 *Caractéristiques écologiques et biologiques fréquentes de ces régénérations au sein de l'observatoire*

Description des caractéristiques écologiques (édaphiques, biologiques, géographiques...) souvent trouvées associées à ce type de régénération au sein de l'observatoire des peuplements dévastés.

7 *Conseils de gestion*

Les recommandations concernant la gestion et les points de vigilances à avoir sur ces régénérations post-tempête. Les conseils de gestion renvoient à des fiches techniques détaillées disponibles à partir de la [page 96](#).

TYPE DE RÉGÉNÉRATION P1



Régénérations problématiques ou forêts régénérées majoritairement en bouleaux

Fréquence : 30 % des sites

Description générale de la régénération 20 ans après tempête :

- L'évolution observée sur les sites de l'observatoire rentrant dans cette catégorie conduit à distinguer deux types de situations :

P1-a. Les régénérations qui restent problématiques – 75 % des sites avec une densité < 2 500 semis/ha trois ans après la tempête sont dans ce cas.

P1-b. Les régénérations acquises avec *Betula spp.* comme essence principale – 25 % des sites avec une densité < 2 500 semis/ha trois ans après la tempête sont dans ce cas.

- Les sites de ***P1-a.*** ont une régénération problématique 20 ans après le passage des tempêtes.

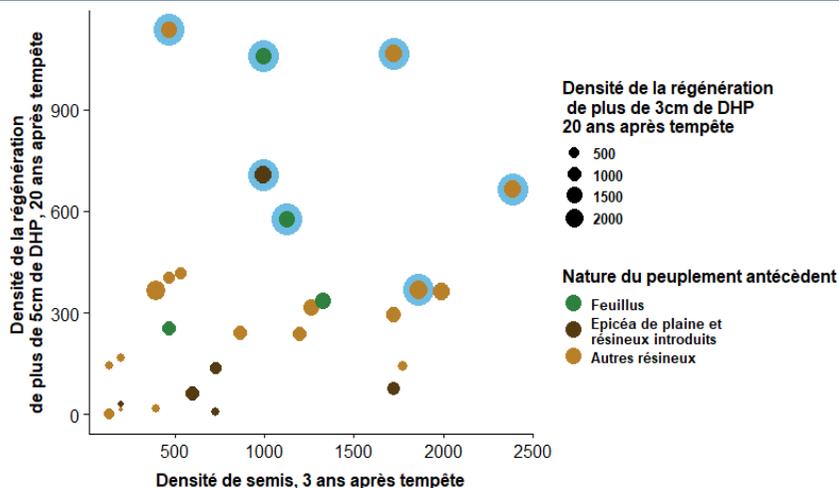
- Les sites de ***P1-b.*** présentent une bonne acquisition de la régénération 20 ans après le passage de la tempête malgré la faible densité observée lors d'un diagnostic précoce et ont comme essence principale *Betula spp.* Une forte présence de charme dans certains sites permet l'acquisition même sans prise en compte de *Betula spp.* dans les essences d'intérêt (deux sites).

Densité

La densité de semis trois ans après le passage des tempêtes est faible (< 2 500 semis/ha), que l'on prenne ou non en considération les bouleaux, charmes et tilleuls.

PI-a. La densité des tiges de plus de 3 cm de DHP 20 ans après passage des tempêtes est souvent inférieure à 1 000 semis/ha. Ainsi, il y a peu d'installation pendant les quelques années au-delà des trois ans après la tempête.

PI-a. L'installation du bouleau s'est poursuivie pendant quelques années au-delà des trois ans après la tempête, sans concurrence forte des autres essences toutes en faibles densités. Sa croissance en hauteur dans ces conditions a été forte. Toutefois, le développement des houppiers et la croissance diamétrale au bout de 20 ans sans intervention sont faibles.



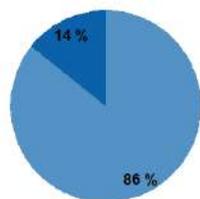
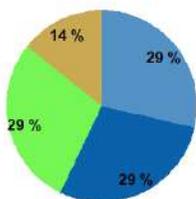
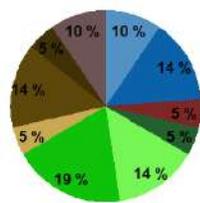
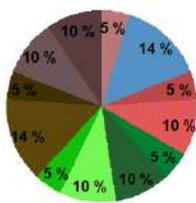
Densité de tiges d'avenir de plus de 5 cm de DHP de la liste LI 20 ans après tempête en fonction de la densité des semis de la liste LI trois ans après tempête. ● Une auréole bleue entoure les sept sites qui présentent une régénération acquise avec *Betula* spp. comme essence principale (PI-b), les autres sites ayant une régénération problématique (PI-a).

Composition

PI-a. Les essences principales de la régénération post-tempête de plus de 5 cm de DHP de 20 ans sont très diversifiées.

PI-b. Les sites ont le bouleau comme essence principale de la régénération 20 ans après tempête.

3 ans après tempête 20 ans après tempête



PI-a

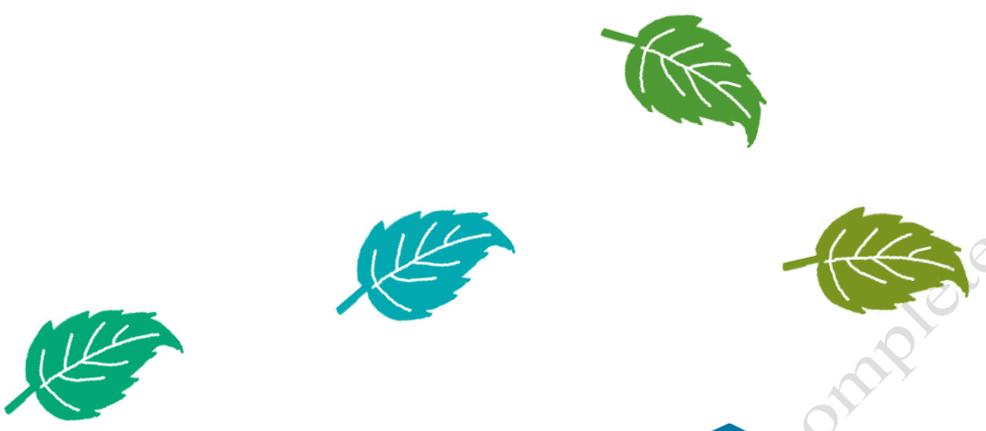
PI-b

Composition de la régénération dominante

- Abies alba majoritaire
- Abies alba en mélange
- Picea abies majoritaire
- Picea abies en mélange
- Fagus sylvatica majoritaire
- Fagus sylvatica en mélange
- Quercus spp. majoritaire
- Quercus spp. en mélange
- Prunus avium en mélange
- Acer platanoides en mélange
- Acer pseudoplatanus en mélange
- Betula spp. majoritaire
- Betula spp. en mélange
- Acer campestre en mélange

Proportion des types de composition de la régénération au sein de l'observatoire (liste LI). Trois ans après tempête : semis de plus d'un an et 20 ans après tempête : tiges de plus de 5 cm de DHP.





Caractéristiques

Caractéristiques écologiques et biologiques fréquentes de ces régénérations au sein de l'observatoire :

La présence d'une végétation accompagnatrice compétitrice dense (exemple : fougère aigle) pourrait expliquer partiellement (1) ce blocage dans certains sites et (2) la mauvaise implantation des essences d'intérêt autres que les bouleaux.

P1-a.

- 90 % des sites de ce groupe ont un peuplement antécédent résineux. Il est à souligner que la moitié des sites de résineux implantés en plaine (boisements FFN de pins noirs et épicéas par exemple) sont dans cette catégorie.
- La présence soupçonnée d'une forte pression des cervidés dans certains sites peut également expliquer tout ou partie de cette faible présence des essences ligneuses d'intérêt si ces dernières sont appétentes.

P1-b.

- 70 % des sites de ce groupe ont un peuplement antécédent résineux.
- Altitude inférieure à 300 m.

Conseils de gestion :

Un suivi de la dynamique à moyen terme permettra de confirmer le diagnostic et de séparer les sites *P1-a* des sites *P1-b*.

P1-a.

- Il est important de raisonner le niveau d'investissement en fonction des possibilités de mise en valeur des bois (potentiel de la station, accessibilité de la forêt), de l'état de l'équilibre faune-flore et plus largement des enjeux pour le propriétaire.

- La reconstitution vers une forêt de production de bois de qualité passera le plus souvent par le recours à la plantation pour la majorité des sites de ce groupe, selon diverses modalités présentées en fiche **T1**.

P1-b.

- Si le propriétaire considère le *bouleau* comme une essence d'intérêt il faut recourir à des travaux (nettoisement-dépressage) pour produire du bouleau en croissance quasiment libre (présentation en fiche **T2**). Cette phase de production de bouleau permet en général l'installation progressive de semis sous couvert et peut à terme permettre d'aller vers une forêt mélangée.

- Si le propriétaire ne considère pas le *bouleau* comme une essence d'intérêt, le recours à la plantation est à envisager. Il est alors conseillé de planter en enrichissement pour (1) profiter de l'amélioration de la forme des semis par le bouleau, (2) permettre la protection contre l'insolation des plants par les bouleaux lors des premières années d'installation, (3) économiser sur le nombre de plants à installer (présentation en fiche **T1**).

- Enfin, il est toujours possible de recourir à une plantation en plein (fiche **T1**), même si ce choix n'est pas forcément le plus économique.

TYPE DE RÉGÉNÉRATION P2

Régénérations post-tempête acquises uniquement si l'on considère bouleau charme et tilleul comme des essences d'intérêt.

Fréquence : 8.5 % des sites (8)

Description générale de la régénération 20 ans après tempête :

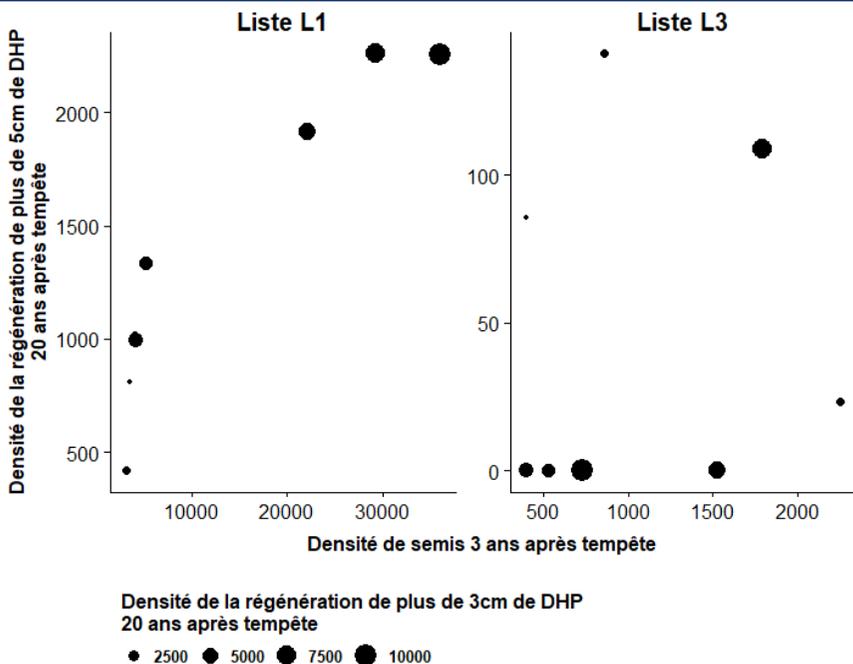
- La régénération de ces sites est acquise 20 ans plus tard si l'on considère les *bouleaux, le charme et les tilleuls* comme des essences d'intérêt.
- Elle est par contre très problématique dès lors que *le bouleau ou le charme* ne sont pas considérées comme des essences d'intérêt sylvicole par le propriétaire.



Densité

- La densité de la régénération trois ans après tempête est supérieure à 2 500 semis/ha, mais est faible si l'on considère la liste d'essences d'intérêt L3 excluant bouleaux, charmes et tilleuls.

- Le développement des houppiers et la croissance diamétrale au bout de 20 ans des bouleaux sans intervention sont faibles.

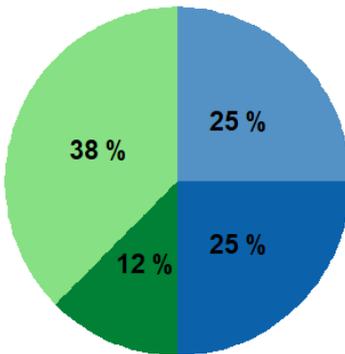


Pour les listes L1 et L3 : densité de tiges d'avenir de plus de 5 cm de DHP 20 ans après tempête en fonction de la densité des semis trois ans après tempête. Les échelles des abscisses et des ordonnées sont différentes.

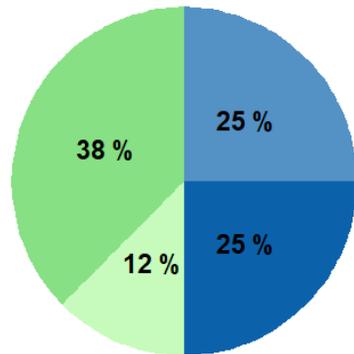
Composition

Les essences principales de la régénération post-tempête de plus de 5 cm de DHP de 20 ans sont principalement les bouleaux ou le charme.

3 ans après tempête



20 ans après tempête



Composition de la régénération dominante

-  *Carpinus betulus* majoritaire
-  *Betula spp.* majoritaire
-  *Carpinus betulus* en mélange
-  *Betula spp.* en mélange
-  *Quercus spp.* en mélange

Proportion des types de composition de la régénération au sein de l'observatoire (liste LI). Trois ans après tempête : semis de plus d'un an et 20 ans après tempête : tiges de plus de 5 cm de DHP.

Caractéristiques

Caractéristiques écologiques et biologiques fréquentes de ces régénérations au sein de l'observatoire :

- Ce type de régénération est souvent associé à la présence de traces d'hydromorphie dans les 50 premiers centimètres du sol au sein de l'observatoire (6 sites sur les 8 sites de P2).
- Altitude inférieure à 350m.
- Il s'agit souvent de sites avec un peuplement antécédent feuillu (7 sites sur les 8 sites de P2) qui ne sont régénérés que si l'on considère le charme comme une essence d'intérêt.



Conseils de gestion :

- Si le propriétaire considère *le bouleau ou le charme* comme des essences d'intérêt, il faut recourir à des travaux de nettoyage-dépressage, particulièrement dans le cas du bouleau (fiche **T2**).
- Dans le cas contraire, si l'essence majoritaire est le bouleau, la plantation en enrichissement est conseillée. Si le charme est majoritaire, la plantation et son suivi seront plus coûteux car le charme est une essence beaucoup plus compétitrice (fiche **T2**).
- Enfin, il est toujours possible de recourir à une plantation en plein (fiche **T1**), même si ce choix n'est pas forcément le plus économique.
- Il est important de raisonner le niveau d'investissement en fonction des possibilités de mise en valeur des bois (potentiel de la station, accessibilité de la forêt).
- Il faut mettre en balance le fait qu'un peuplement de bouleau ou de charme peut être acquis, alors que l'implantation d'autres essences sera coûteuse (surtout lorsque le charme est présent lors du diagnostic). L'enrichissement est alors à privilégier dans cette situation.

TYPE DE RÉGÉNÉRATION R1



Peuplements antécédents de douglas

Fréquence : 2 % des sites (2)

Description générale de la régénération 20 ans après tempête :

- Toutes les régénérations comportant du douglas comme essence principale trois ans après tempête au sein de l'observatoire sont acquises 20 ans plus tard.

Densité

La densité de la régénération trois ans après tempête est supérieure à 2 500 semis/ha (voire 2 300 semis/ha dans un troisième site).



Composition

Le douglas reste l'essence principale de ces régénérations au bout de 20 ans et très peu d'autres essences d'intérêt sylvicole sont présentes dans le peuplement.

Caractéristiques

Caractéristiques écologiques et biologiques fréquentes de ces régénérations au sein de l'observatoire :

Toutes les régénérations majoritaires en douglas de l'observatoire ont été acquises avec des peuplements antécédents également en douglas.

Gestion

Conseils de gestion :

- L'adéquation entre la station forestière et le *choix du douglas* comme essence d'intérêt est à évaluer par le propriétaire forestier.
- Si le choix du douglas est retenu, se reporter aux guides sylvicoles existants.





TYPE DE RÉGÉNÉRATION R2

Peuplements antécédents de pin noir

Fréquence : 2 % des sites (2)

Description générale de la régénération 20 ans après tempête :

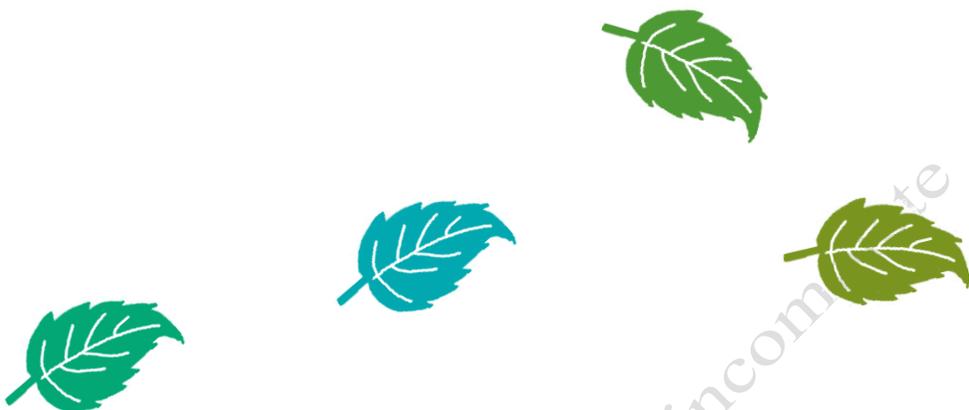
- La régénération de ces sites est acquise 20 années plus tard quelle que soit la liste d'essences considérées comme d'intérêt.

Densité

La densité de la régénération trois ans après tempête est supérieure à 2 500 semis/ha.

Composition

- Absence de *pins* dans la régénération 20 ans après tempête.
- La régénération est très majoritairement feuillue.
- On trouve une grande diversité d'essences dans la régénération trois ans après tempête qui est susceptible de se retrouver en partie dans les tiges de plus de 5 cm de DHP 20 ans après passage des tempêtes (*Acer pseudoplatanus*, *Carpinus betulus*, *Fagus sylvatica*, *Prunus avium*, *Quercus spp*, *Sorbus aria*, *Sorbus torminalis*, *Ulmus sp.*, *Tilia spp.*).
- La qualité des tiges est fort variable au bout de 20 ans sans intervention et certaines tiges mal conformées mais vigoureuses ont concurrencé des tiges qui auraient pu être d'avenir.



Caractéristiques

Caractéristiques écologiques et biologiques fréquentes de ces régénérations au sein de l'observatoire :

100 % des peuplements antécédents étaient des plantations de pin noir.

Gestion

Conseils de gestion :

- Il est recommandé de travailler au profit des tiges appartenant à des essences de fort intérêt sylvicole si ces essences sont présentes dans la régénération, voire de favoriser le mélange d'essences (fiche **T3**).
- La gestion de ce type de régénération peut être fortement aidée par l'installation de cloisonnements sylvicoles, pour mieux apprécier les potentialités des tiges présentes.



TYPE DE RÉGÉNÉRATION R3

Peuplements antécédents de pin sylvestre

Fréquence : 8.5 % des sites (8)

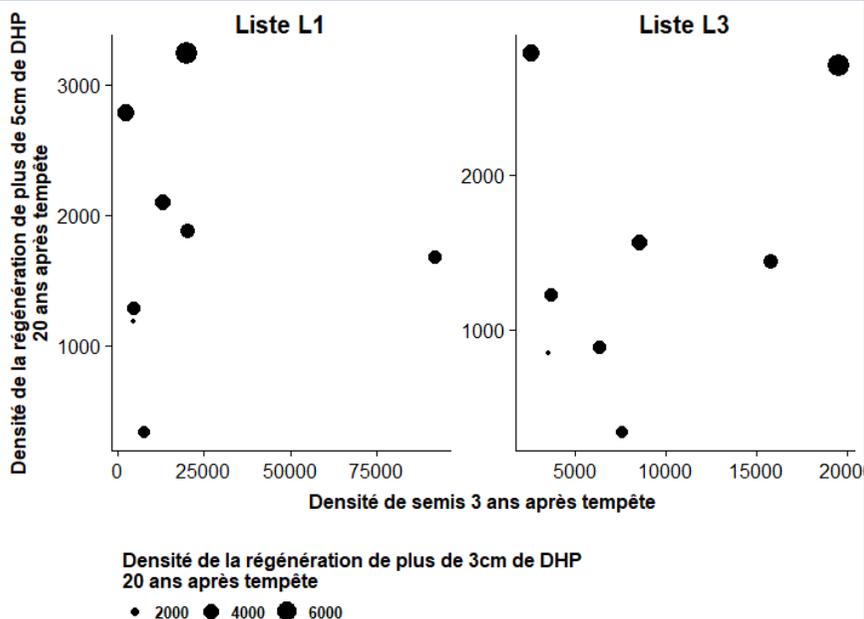
Description générale de la régénération 20 ans après tempête:

La régénération de ces sites est acquise 20 années plus tard quelle que soit la liste d'essences considérées comme d'intérêt.



Densité

La densité de semis trois ans après le passage des tempêtes est forte ($\geq 2\,500$ semis/ha) quelle que soit la liste d'essence considérée (L1-L2-L3).



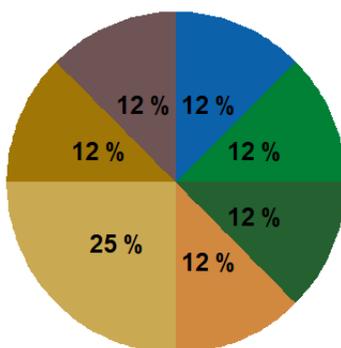
Pour les listes L1 et L3 : densité de tiges d'avenir de plus de 5 cm de DHP 20 ans après tempête en fonction de la densité des semis trois ans après tempête. Les échelles des abscisses et des ordonnées sont différentes.

Composition

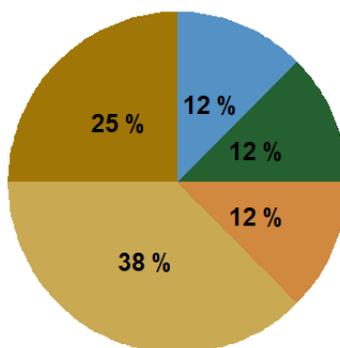
- Présence possible de *bouleaux et chênes* lors du diagnostic précoce qui sont susceptibles de rester en partie dans les tiges de plus de 5 cm de DHP 20 ans après passage des tempêtes.

- Dans les régénérations mélangées, le pin sylvestre est toujours accompagné de bouleaux, et parfois de chênes. Ceci est à mettre en relation avec des peuplements antécédents également mélangés avec ces deux espèces (les arbres relictuels en témoignent). Un des sites est d'ailleurs complètement régénéré en chêne.

3 ans après tempête



20 ans après tempête



Composition de la régénération dominante

- | | |
|--|---|
|  Pinus sylvestris majoritaire |  Quercus spp. en mélange |
|  Pinus sylvestris en mélange |  Betula spp. majoritaire |
|  Pinus sylvestris et Pinus nigra subsp. laricio |  Betula spp. en mélange |
|  Quercus spp. majoritaire | |

Proportion des types de composition de la régénération au sein de l'observatoire (liste LI). Trois ans après tempête : semis de plus d'un an et 20 ans après tempête : tiges de plus de 5 cm de DHP.

Caractéristiques

Caractéristiques écologiques et biologiques fréquentes de ces régénérations au sein de l'observatoire :

- Régénérations trouvées sur des pH situés aux environs de 4.2.
- Ces sites sont majoritairement situés hors du quart nord-est. Les pineraies du quart nord-est sont quant à elles souvent classées en P1 ou P2.

Gestion

Conseils de gestion :

- Les pins sylvestres souffrent de la concurrence en l'absence d'intervention, notamment dans le cas de fortes densités. Des travaux de nettoyage-dépressage peuvent alors être nécessaires vers 5 à 7 mètres de hauteur. Se reporter aux guides sylvicoles déjà existants.
- Les régénérations obtenues étant souvent mélangées, il est possible de travailler au profit des tiges de chêne pour favoriser le mélange, par des dégagements puis des nettoyements (fiche **T4**).
- Le bouleau, souvent présent, améliore la qualité des autres essences, ce qui nécessite de doser le mélange et les degrés de compétition pour obtenir le bon effet améliorateur (fiche **T4**).

(le peuplement régénéré en chêne ne relève pas de ces conseils)



TYPE DE RÉGÉNÉRATION R4

Peuplements antécédents d'épicéa commun et/ou de sapin pectiné

Fréquence : 17 % des sites (16)

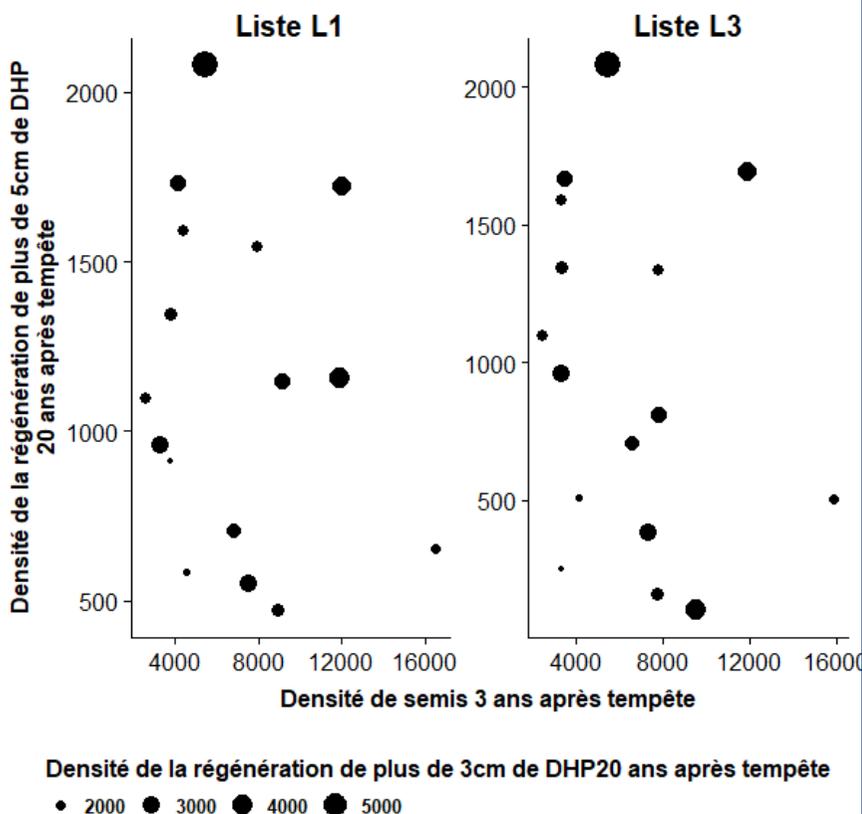
Description générale de la régénération 20 ans après tempête :

- Lorsque l'essence principale du peuplement antécédent est l'épicéa, la régénération est acquise en épicéa.
- Concernant les anciennes sapinières, certaines ne sont considérées comme régénérées que si l'on considère les bouleaux comme des essences d'intérêt.



Densité

La densité de semis trois ans après le passage des tempêtes est forte ($\geq 2\,500$ semis/ha) quelle que soit la liste d'essence considérée (L1-L2-L3).

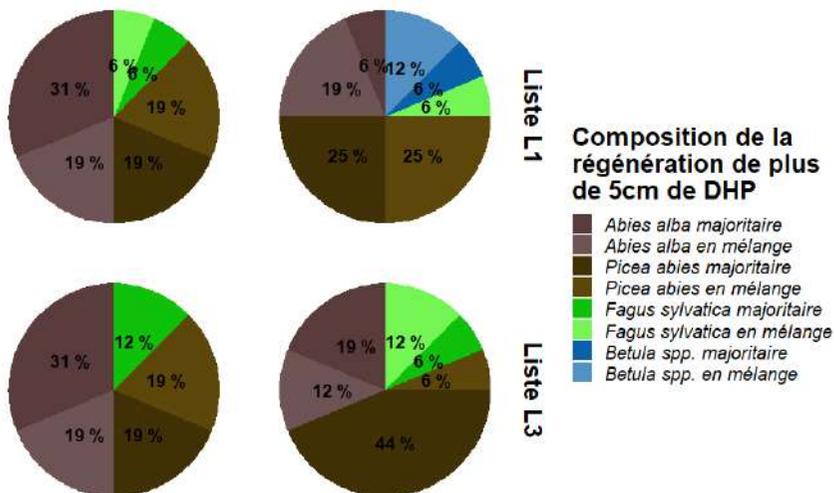


Pour les listes L1 et L3 : densité de tiges d'avenir de plus de 5 cm de DHP 20 ans après tempête en fonction de la densité des semis trois ans après tempête. Les échelles des abscisses et des ordonnées sont différentes.

Composition

- Les anciennes pessières sont toutes régénérées en épicéa alors que les anciennes sapinières ont donné des régénérations plus variables en composition.
- La place du sapin régresse au fil du temps dans les régénérations.
- Le bouleau, qui fait son apparition dans plusieurs sites conserve ensuite sa place 20 ans plus tard.

3 ans après tempête 20 ans après tempête



Pour les listes L1 et L3 : proportion des types de composition de la régénération au sein de l'observatoire. Trois ans après tempête : semis de plus d'un an et 20 ans après tempête : tiges de plus de 5 cm de DHP.

Caractéristiques

Caractéristiques écologiques et biologiques fréquentes de ces régénérations au sein de l'observatoire :

- Les pessières se sont toutes régénérées en épicéa.
- Les sapinières ont eu une évolution plus variable :
 - 1/3 sont restées avec des régénérations majoritairement en sapin,
 - 1/3 est beaucoup plus mélangé en bouleau et hêtre et le dernier,
 - 1/3 est régénéré en épicéa.
- Le basculement d'une sapinière vers une pessière est le résultat d'une pression trop forte des cervidés.

Gestion

Conseils de gestion :

- La sylviculture à appliquer aux peuplements de sapin ou d'épicéa issus des régénérations post tempête est décrite dans les guides déjà existants.
- Dans les cas de mélanges d'essences (sapin, hêtre, bouleau), ce mélange est à préserver en assurant une place suffisante aux feuillus lors des coupes. Il peut être accentué par des opérations de dégagement dans les 5 à 7 ans après la tempête.
- Pour faciliter la conservation du sapin dans les régénérations lors d'un prochain évènement tempétueux, il est fortement recommandé de revenir à un équilibre faune-flore là où il est rompu.



TYPE DE RÉGÉNÉRATION F1

Peuplements antécédents à hêtre.

Fréquence : 22 % des sites (21)

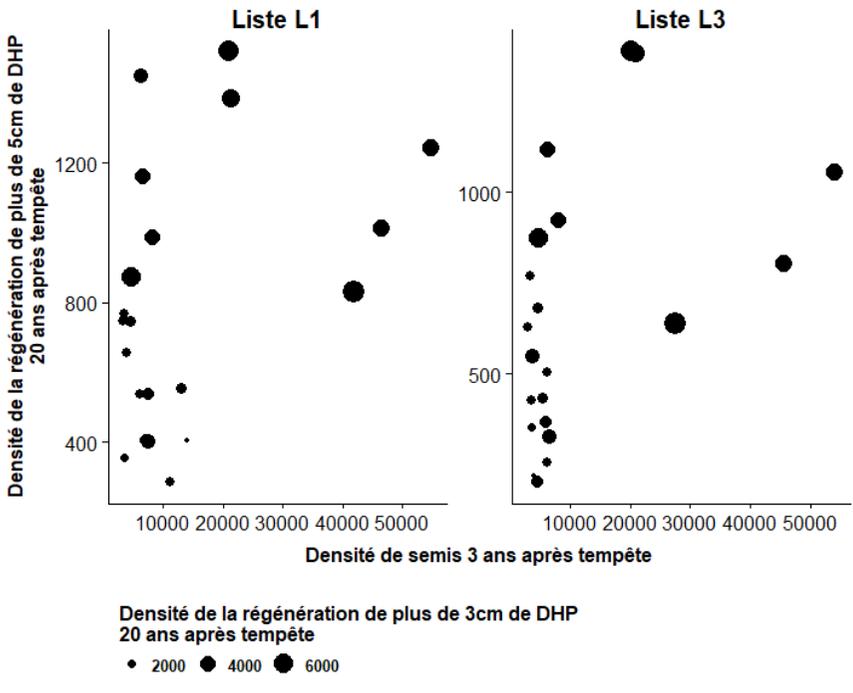
Description générale de la régénération 20 ans après tempête :

20 ans après passage des tempêtes, la régénération est acquise quelle que soit la liste d'essences d'intérêt considérée.



Densité

La densité de semis trois ans après le passage des tempêtes est forte ($\geq 2\,500$ semis/ha) quelle que soit la liste d'essences considérée (L1-L2-L3).



Pour les listes L1 et L3 : densité de tiges d'avenir de plus de 5 cm de DHP 20 ans après tempête en fonction de la densité des semis trois ans après tempête. Les échelles des abscisses et des ordonnées sont différentes.

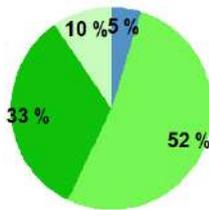
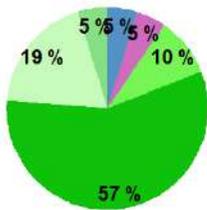
Composition

- L'essence principale de la régénération de plus de 5 cm de DHP 20 ans après passage des tempêtes est en grande majorité *le hêtre* (90 % des sites).

- De nombreuses essences sont présentes en faibles proportions dans la régénération (ex. *Prunus avium*, *Quercus spp.*, *Sorbus torminalis*, *Acer campestre*, *Acer pseudoplatanus*, *Sorbus aria*) et certaines voient leur proportion dans la régénération diminuer 20 ans après passage des tempêtes.

- Le frêne présent en grande quantités dans certaines régénérations trois ans après passage des tempêtes ne représente plus qu'une faible proportion de la régénération de plus de 5 cm de DHP 20 ans après passage des tempêtes et ne figure pas dans les représentations.

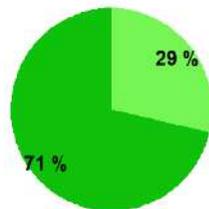
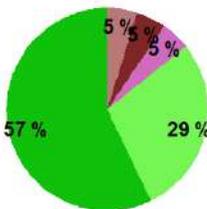
3 ans après tempête 20 ans après tempête



Liste L1

Composition de la régénération de plus de 5cm de DHP

- Carpinus betulus majoritaire
- Carpinus betulus en mélange
- Fagus sylvatica majoritaire
- Fagus sylvatica en mélange
- Sorbus torminalis en mélange
- Acer pseudoplatanus en mélange
- Betula spp. en mélange
- Acer campestre en mélange



Liste L3

Pour les listes L1 et L3 : proportion des types de composition de la régénération au sein de l'observatoire. Trois ans après tempête : semis de plus d'un an et 20 ans après tempête : tiges de plus de 5 cm de DHP.

Caractéristiques

Caractéristiques écologiques et biologiques fréquentes de ces régénérations au sein de l'observatoire :

La moitié des sites a une dynamique de régénération lente. Ces sites sont associés à un pH élevé et peuvent correspondre à des situations sur sols superficiels sur calcaire.

Gestion

Conseils de gestion :

- La régénération est acquise mais avec une dominance forte du hêtre qui est une essence extrêmement concurrente pour les autres essences feuillues. Or, pour accroître la résilience d'un peuplement, il est conseillé de favoriser le mélange des essences.
- Pour cela, des travaux de cloisonnement sylvicole de dégagement et de nettoyage avec dosage des essences sont à engager. Ces travaux font l'objet de guides déjà existants auxquels le lecteur pourra se reporter.
- Les essences en mélange sont pour la plupart des feuillus qui ont besoin d'espace vital assez important et qui sont disséminés (8 % de feuillus précieux dans le hêtre). Les travaux devront donc s'attacher à pratiquer des détourages vigoureux de la cime des feuillus précieux tout en maintenant un gainage.
- L'efficacité de ces travaux reposera sur un diagnostic préalable des compétitions entre essences 5 à 8 ans après la tempête, et sur un repérage facilité des semis, à favoriser par l'ouverture de cloisonnements sylvicoles tous les 8 à 10 mètres. Au besoin, les détourages pourront être réalisés par points d'appui assis par rapport aux cloisonnements pour réduire les coûts.



TYPE DE RÉGÉNÉRATION F2

Peuplements feuillus mélangés.

Fréquence : 10 % des sites (9)

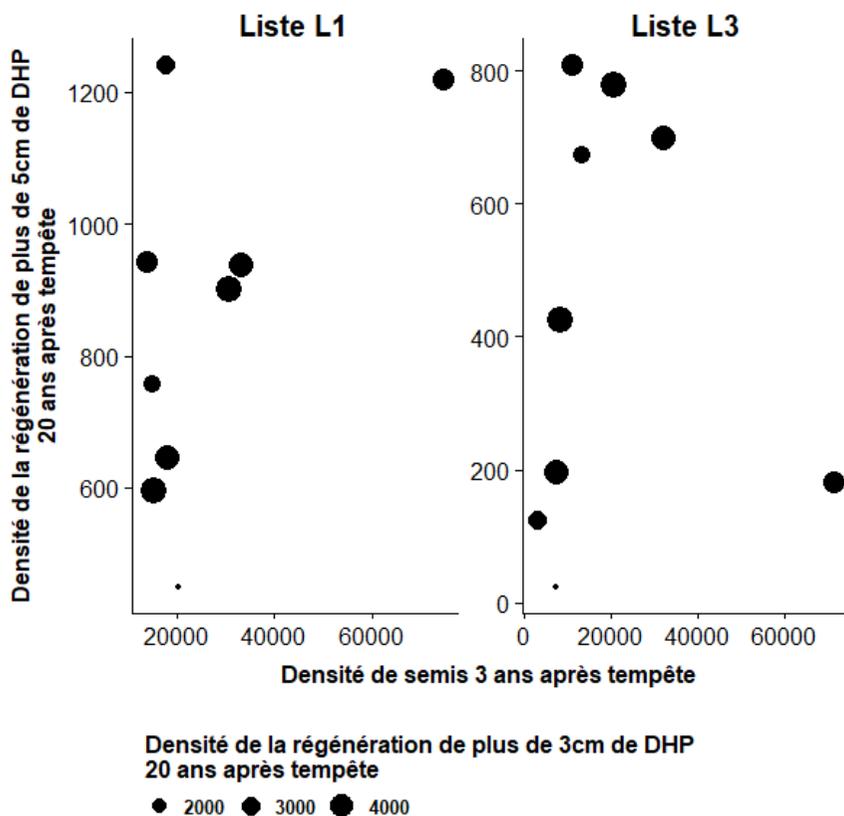
Dynamique de la régénération de la régénération 20 ans après tempête :

Toutes les régénérations sont acquises 20 ans après tempête si le charme est considéré comme une essence d'intérêt. Deux sites ne sont considérés comme régénérés que si l'on considère le charme comme une essence d'intérêt.



Densité

La densité de semis trois ans après le passage des tempêtes est forte ($\geq 2\,500$ semis/ha) quelle que soit la liste d'essences considérée (L1-L2-L3).

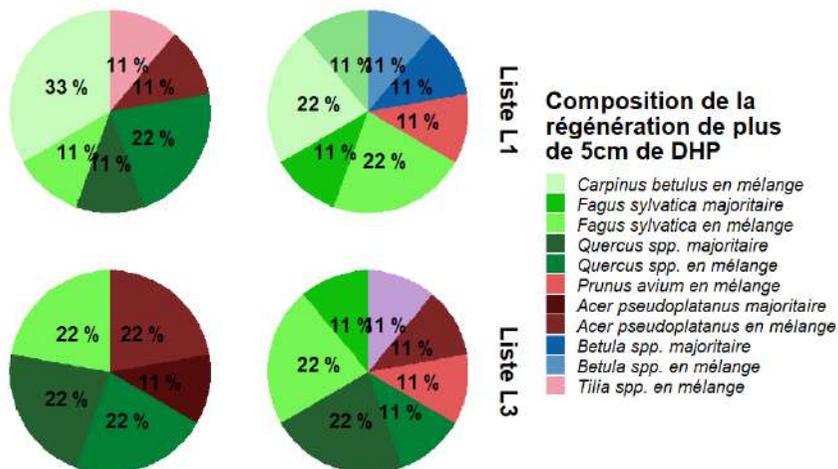


Pour les listes L1 et L3 : densité de tiges d'avenir de plus de 5 cm de DHP 20 ans après tempête en fonction de la densité des semis trois ans après tempête. Les échelles des abscisses et des ordonnées sont différentes.

Composition

- Les régénérations de ce groupe sont les plus mélangées au sein de l'observatoire.
- Le hêtre et le charme sont deux essences fréquentes et compétitrices, toujours présentes dès l'installation et jusqu'au peuplement acquis 20 ans plus tard.
- *A contrario*, les chênes, même présents en quantité trois ans après la tempête, disparaissent quasiment de la régénération en 20 ans.
- Les érables, en particulier le sycomore, sont également bien présents dès l'installation et jusqu'au peuplement acquis 20 ans plus tard, et ce malgré une concurrence du hêtre assez marquée.

3 ans après tempête 20 ans après tempête



Pour les listes L1 et L3 : proportion des types de composition de la régénération au sein de l'observatoire. Trois ans après tempête : semis de plus d'un an et 20 ans après tempête : tiges de plus de 5 cm de DHP.

Caractéristiques

Caractéristiques écologiques et biologiques fréquentes de ces régénérations au sein de l'observatoire :

- Sols riches chimiquement à pH > 5 et altitude faible (< 400 m).
- Peuplements antécédents mélangés, les chênes étant présents sans dominance.

Gestion

Conseils de gestion :

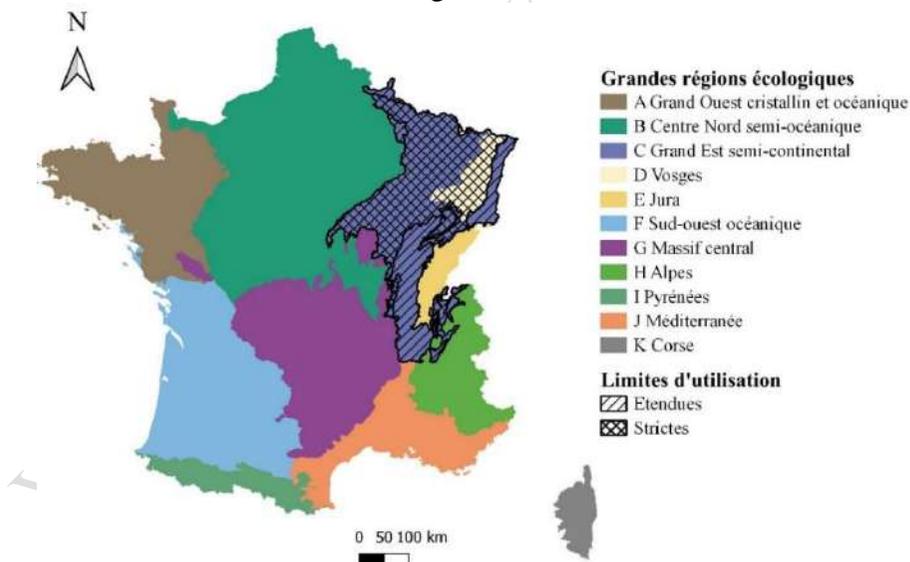
- La conservation de la diversité des essences est très conseillée, surtout dans un contexte de changement climatique.
- Dans ce cadre, il est souhaitable d'intervenir au profit des essences autres que le hêtre et le charme, environ 7 à 8 ans après la tempête, en nettoyage et dosage d'essences, après mise en place de cloisonnements sylvicoles. Certains des peuplements antécédents étant des ex-TSF, d'anciens brins de taillis courbés et rejetant doivent alors être éliminés car ils sont très concurrents des tiges d'avenir.
- Cette opération peut être prolongée par un détournage lorsque le peuplement atteint 7 à 8 mètres de hauteur (tiges qualifiées pouvant être repérées assez facilement) destiné à créer un espace vital suffisant autour des feuillus précieux et à leur permettre d'installer leurs houppiers. Cette opération peut être au besoin réalisée en points d'appui pour réduire les coûts.
- La régénération de chêne qui s'installe de façon abondante ou disséminée doit être dégagée plusieurs fois de la concurrence des hêtres et charmes pour être viable, dès les premières années.
- La priorité à donner à ces investissements par un propriétaire doit être mise en relation avec l'état de l'équilibre faune-flore, toutes ces essences à favoriser étant appétentes.

ZONE D'UTILISATION DU GUIDE

Le choix des limites d'utilisation de ce guide s'inscrit dans la démarche des sylvoécorégions (SER) et des Grandes Régions Écologiques (GRECO) définie par l'institut national de l'information géographique et forestière (IGN).

Ainsi, le territoire échantillonné permet la définition d'une **zone d'utilisation étendue** (GRECO avec plus de dix dispositifs de l'OPM) et d'une **zone d'utilisation stricte** (SER avec au moins un dispositif de l'OPM dans les GRECO sélectionnés).

La zone d'utilisation étendue du guide est représentée sur la carte ci-dessous par le secteur s'étendant sur les deux GRECO : C-Grand Est semi-continental et D- Vosges.

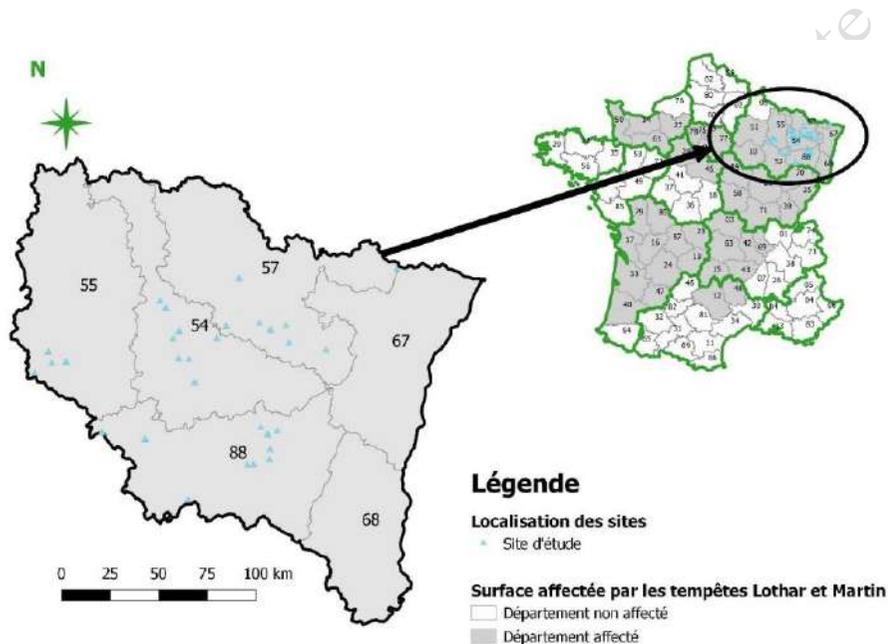


Limites de la zone d'utilisation du guide – Carte réalisée à partir des données de l'institut national de l'information géographique et forestière (IGN).

ACQUISITION DES DONNÉES

LOCALISATION DES SITES DE L'OPM

Des forêts mitées sont suivies à l'échelle de la région Grand-Est, région très affectée par les tempêtes de 1999.



Carte de localisation des sites de l'observatoire des peuplements mités.

Version



71 trouées analysées dans la région Grand-est

PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE

Plusieurs gradients écologiques couverts dont les principaux :

- un **gradient de fertilité des sols** (pH),
- plusieurs **types de peuplements antécédents**.

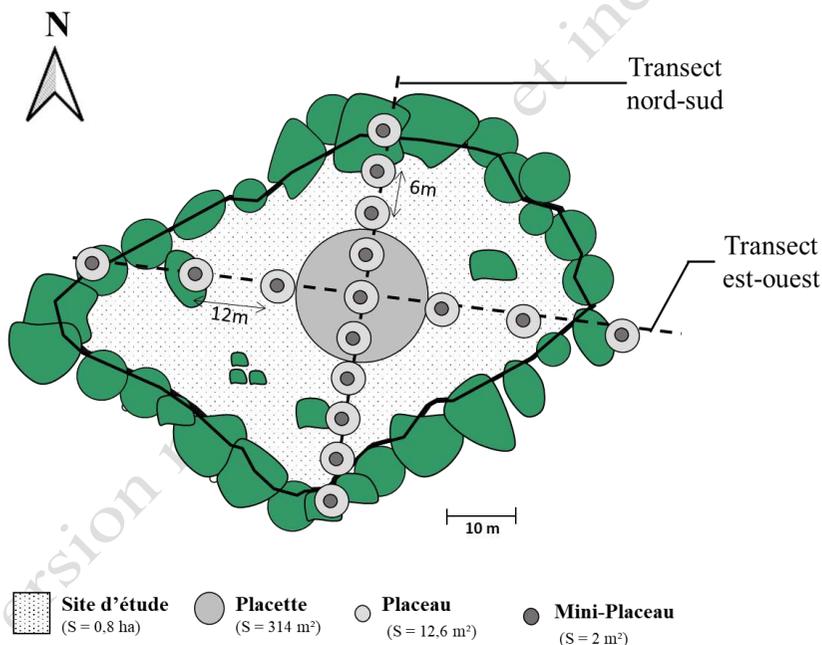
Niveau Trophique	Essence principale du peuplement antécédent			
	<i>Pa</i>	<i>Qs</i>	MelF	Total
pH ≤ 4.2 acide	1	3	4	8
4.2 ≤ pH ≤ 5.5 peu acide	4	17	11	32
pH ≥ 5.5 eutrophe à calcaire	6	6	19	31
Total	11	26	34	71

Plan d'échantillonnage de l'observatoire des peuplements mités. (C-Grand Est semi-continentale et D-Vosges). Peuplement antécédent : *Picea abies* (*Pa*), *Quercus* spp. (*Qs*), Feuillus en mélange (MelF).



DESIGN EXPÉRIMENTAL

Une **unité expérimentale** de suivi d'un peuplement mité est constituée d'**une placette** de 10 m de rayon située au barycentre de la trouée. Dans chaque trouée, **plusieurs placeaux** de 2 m de rayon sont disposés le long de deux transects (un transect nord-sud et un transect est-ouest). Un **mini-placeaux** est imbriqué au centre de chaque placeau.



Design expérimental d'un dispositif de l'observatoire des peuplements mités.

Des suivis sont effectués à chacune des échelles de mesure (unité expérimentale / placette / plateau / mini-placeau). Il s'agit de données permettant de :

- (i) caractériser les **conditions environnementales** ;
- (ii) suivre **la dynamique de colonisation de la communauté végétale** et plus particulièrement la **dynamique de la régénération ligneuse**.

Caractérisation des conditions environnementales

Les conditions environnementales ont été caractérisées grâce à une description pédologique par horizon (fosse pédologique), une analyse chimique de la composition du sol, une description de l'hydromorphie et des caractéristiques écologiques locales (pente, altitude, exposition...). La détermination du type de peuplement antécédent, le suivi des arbres en bordure des trouées et des arbres résiduels complètent cette description.

Suivis temporels des dynamiques

Variable écologique suivie	Mesure correspondante
Composition floristique....	Relevé exhaustif des espèces - Abondance dominance
Couverture de la végétation par strate	Projection verticale (%) sur le sol de l'ensemble des organes aériens par strate de hauteur (trois strates : 0-0,5 m ; 0,5-2 m ; supérieur à 2 m).
Densité et composition de la régénération ligneuse.....	2002-2005 : Composition, densité, traces d'abrouissement, hauteur (cinq classes : 1-50 cm ; 50-100 cm ; 100-150 cm ; 150-200 cm ; \geq 200 cm). 2018 : Composition, densité, traces d'abrouissement, diamètre à hauteur de poitrine (DHP) si la hauteur de l'arbre \geq 1.3m. Évaluation de la qualité sylvicole des tiges ayant un DHP \geq 5 cm (courbure basale, rectitude, fourchaison, état sanitaire...).
Encombrement.....	Couverture par les rémanents (%) et hauteur maximale des rémanents (cm).

CARACTÉRISATION DE L'ACQUISITION DE LA RÉGÉNÉRATION LIGNEUSE POST-TEMPÊTE

Démarche globale en quatre étapes

La construction de la grille utilisée pour caractériser l'acquisition de la régénération ligneuse des peuplements mités a suivi quatre étapes :

- (i)** Évaluation de la qualité potentielle des jeunes arbres.
- (ii)** Sélection des essences d'intérêt.
- (iii)** Caractérisation de la composition de la régénération post-tempête.
- (iv)** Création de grilles de caractérisation de l'acquisition de la régénération post-tempête.

1-ÉVALUATION DE LA QUALITÉ POTENTIELLE DES JEUNES TIGES

La caractérisation de la qualité technologique externe des tiges dominantes de la régénération post-tempête (tiges de Diamètre à Hauteur de Poitrine - DHP \geq 5 cm) a été évaluée grâce à la même méthode que pour les peuplements dévastés présentée à la **page 15**.

2-SÉLECTION DES ESSENCES D'INTÉRÊT

La sélection des essences considérées comme d'intérêt dépend de **(i) la potentialité de la station** et de **(ii) la sensibilité des propriétaires et gestionnaires**. La sélection des essences d'intérêt a été effectuée grâce à la même méthode que pour les peuplements dévastés présentée à la **page 16**.

3-CARACTÉRISATION DE LA COMPOSITION DE LA RÉGÉNÉRATION

La composition de la régénération naturelle a été évaluée à partir de la densité de chaque espèce grâce à la même méthode que pour les peuplements dévastés présentée à la **page 18**.

4-CRÉATION DE GRILLE DE RÉUSSITE PAR CATÉGORIE DE COMPOSITION DE LA RÉGÉNÉRATION

PRÉREQUIS À LA CONSTRUCTION DES GRILLES

Évaluation de la surface à régénérer

Une zone tampon de 4 m à partir de la bordure (délimitée par le tronc des arbres en bordure de la trouée) est supprimée de la **surface totale** de la trouée pour calculer la **surface à régénérer**. En effet, les houppiers des arbres de bordure vont combler progressivement cette partie de la trouée à moyen terme. Ainsi, les trouées ayant une surface à régénérer inférieure à 200 m² sont supprimées de l'analyse car 20 ans après passage des tempêtes elles ne sont plus considérées comme des trouées à régénérer. Ainsi, **seulement 56 trouées** sont concernées par la suite du guide.

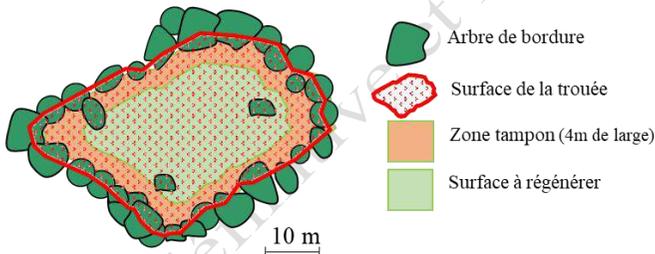


Schéma de la surface de la trouée à régénérer.

Calcul de la densité de gros bois nécessaire pour combler la trouée

La densité de gros bois nécessaire pour combler la trouée à terme dépend de la surface moyenne couverte par un houppier mature.

	Surface moyenne d'un houppier mûre SH_{mo} (m ²)
Résineux	70
Feuillus	150

La densité de gros bois à avoir à terme pour combler la trouée est calculée grâce à la formule suivante : $dgb = \frac{10\ 000}{SHmo}$

DÉMARCHE GÉNÉRALE DE CONSTRUCTION DES GRILLES

Pour obtenir à terme suffisamment d'arbres mûres pour combler la trouée, la densité de tiges de DHP ≥ 5 cm et sans défaut sylvicole minimum nécessaire 20 ans après passage des tempêtes est de trois fois la densité de gros bois que l'on souhaite obtenir à terme. Ainsi, pour qu'une régénération post-tempête soit considérée comme **acquise**, il faut 430 tiges d'avenir par hectare pour les régénérations résineuses et 200 tiges d'avenir par hectare pour les régénérations feuillues.

Deux catégories d'acquisition sont définies à partir du seuil :

- (i) *régénération acquise*,
- (ii) *régénération problématique*.

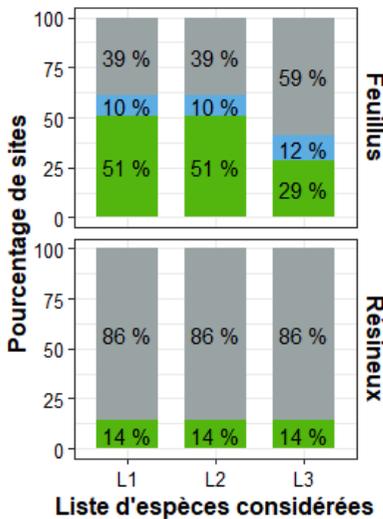
Prise en compte des dynamiques lentes

Un site présente une "**dynamique lente**" lorsque la densité des arbres de plus de 3 cm de DHP est supérieure à 1000 tiges /ha.

SYNTHÈSE DES PRINCIPAUX RÉSULTATS

Acquisition de la régénération des peuplements dévastés – état des lieux 20 ans après passage des tempêtes

La prise en compte des trouées ayant une surface à régénérer de moins de 200 m² est intéressante pour comprendre les dynamiques de la régénération ligneuse à l'œuvre dans les peuplements mités. Cependant, 20 ans après le passage des tempêtes, ces trouées peuvent difficilement être considérées comme des trouées à régénérer. Ainsi, **seules les trouées de plus de 200 m² sont utilisées dans ce travail pour comprendre l'acquisition de la régénération des peuplements mités.**



Plus de **la moitié des sites de l'observatoire ont une régénération considérée comme acquise** en terme (i) de densité d'arbres d'essence d'intérêt de qualité sylvicole satisfaisante, et (ii) d'essence principale.

Acquisition de la régénération

- Très problématique
- Acquis à dynamique lente
- Acquis

Acquisition de la régénération ligneuse post-tempête en fonction de la liste d'espèce considérée. Listes construites à partir de la liste des arbres selon Brosse (2000). Essences non considérées :

L1 : *Fraxinus excelsior*, *Populus tremula*, *Salix spp.*, *Sorbus aucuparia* et espèces non adaptées à la station,

L2 : les mêmes qu'en L1 et *Betula spp. exclues*,

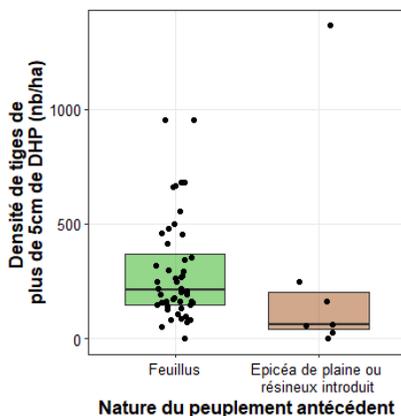
L3 : les mêmes qu'en L2 et *Carpinus betulus* et *Tilia spp. exclues*.

Caractéristiques des régénérations des peuplements mités – état des lieux 20 ans après passage des tempêtes

39 % des sites de l'observatoire ont une régénération de plus de 5 cm de DHP monospécifique si l'on considère les bouleaux, le charme et les tilleuls comme étant des essences d'intérêt (*Fagus sylvatica* 48 % et *Carpinus betulus* 43 %). 48 % des sites ont une régénération monospécifique si l'on ne considère pas ces essences comme étant des essences d'intérêt.

Il y a **très peu d'essences pionnières** 20 ans après tempête contrairement à ce qui a été observé dans les peuplements dévastés.

La croissance des semis est plus lente que pour l'observatoire des peuplements dévastés. En effet, la densité de tiges de plus de 5 cm de DHP est beaucoup plus faible dans les trouées des peuplements mités que dans les peuplements dévastés.



La régénération des anciens peuplements résineux est moins dense que celle des anciens peuplements feuillus. De plus, le couvert de la strate 0-05 est plus fort sous les anciens résineux.

Densité de tiges de plus de 5cm de DHP de la liste L1 20 ans après tempête en fonction du type de peuplement antécédent.

La composition de la régénération ligneuse post-tempête ne reflète pas systématiquement la composition du peuplement antécédent. En particulier, les anciennes chênaies n'ont pas le chêne pour essence principale de la régénération 20 ans après tempête mais plutôt du hêtre ou du charme.

Dynamique de régénération des peuplements mités

Installation des semis

Plus de 80 % des sites avec un peuplement antécédent résineux n'ont pas connu d'installation de semis, ou dans des quantités très faibles. De plus, le plus souvent, ce sont des tiges d'essence feuillue qui sont présentes 20 ans après tempête.

À l'inverse, 95 % des sites à peuplements antécédents feuillus sont régénérés à plus de 5 000 semis/ha six ans après tempête ; cette arrivée de semis se poursuit d'ailleurs 10 ans après la tempête.

La régénération feuillue six ans après passage des tempêtes est très souvent à base de hêtre et/ou de charme. Toutefois, il est important de souligner que 75 % des trouées comportent des chênes et/ou des feuillus précieux ; les chênes en particulier sont très présents dans toutes ces régénérations.

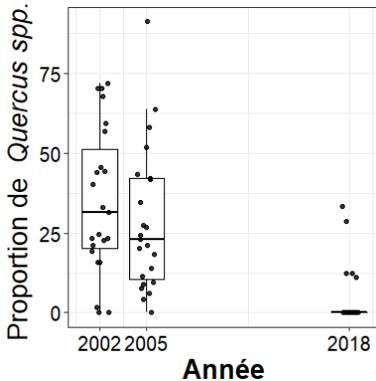
Dynamique

La composition de la régénération de plus de 5 cm de DHP 20 ans après tempête est susceptible de différer fortement de celle de la régénération lors des stades précoces de la régénération post-tempête :

(i) La proportion de *Fagus sylvatica*, *Betula spp.* et *Salix spp.* dans la régénération de plus de 5 cm de DHP 20 ans après tempête est plus forte que la proportion de ces essences dans la régénération six ans après passage des tempêtes. Il s'agit d'essences à croissance rapide.

(ii) A l'inverse, la proportion de *Quercus spp.* dans la régénération de plus de 5 cm de DHP 20 ans après tempête est plus faible que la proportion de cette essence dans la régénération six ans après passage des tempêtes. La compétition avec d'autres essences très compétitives pourrait expliquer au moins en partie cette dynamique. La forte appétence des chênes pourrait également expliquer cette trajectoire temporelle.

La caractérisation et le suivi de la composition de la régénération est nécessaire pour les gestionnaires forestiers (i) qui ne souhaitent pas obtenir des régénérations dominées par le charme ou le tilleul, (ii) intéressés par la conservation d'essences de fort intérêt (chêne et les feuillus précieux), ou d'essence plus adaptées aux sécheresses estivales.



Dynamique temporelle de la proportion de chênes dans la régénération post-tempête (sites pour lesquels les chênes représentent au moins 15% de la régénération post-tempête lors d'au moins une campagne de mesure - tous les semis pour 2005 et 2009, et les tiges de DHP ≥ 5 cm pour 2018).

Le recours à des travaux sylvicoles (dosage du mélange, amélioration de la qualité, gestion de la compétition, gestion des arbres préexistants) sera indispensable dans les dizaines d'années suivant le passage d'une tempête dans de nombreuses régénérations de peuplements mités.

Diagnostic précoce

Un comptage précoce de la densité des semis d'essences d'intérêt trois ans après tempête ne semble pas permettre d'identifier les sites qui auront une régénération problématique s'il n'est pas associé à d'autres variables.

LE GUIDE : MODE D'EMPLOI

À partir des résultats présentés dans le chapitre précédent, nous proposons un guide permettant (i) de caractériser l'acquisition de la régénération des peuplements dévastés à partir d'un diagnostic précoce et (ii) de fournir des conseils de gestion pour obtenir un renouvellement de qualité.

1^{ère} étape

Déterminez le type de régénération post-tempête grâce à la clé d'identification de la page 78.

La clé se base sur le type de peuplement antécédent, sur la surface de la trouée à régénérer puis sur la densité de semis de hêtre lors d'un diagnostic précoce (6 ans) après passage d'une tempête.

→ 86 % des sites de l'observatoire sont bien classés par cette clé de détermination si les bouleaux, charmes et tilleuls sont considérées comme des essences d'intérêt (séparation des sites "problématique" et des sites "acquis").

2^e étape

Consultez la fiche de la "régénération type" correspondante.

Les caractéristiques de la régénération de chaque type et les conseils de gestion associés sont décrits dans une fiche synthétique conçue selon un même modèle présenté à la **page 82**. La rubrique "conseils de gestion" renvoie à des "fiches techniques" spécifiques qui sont développées en **page 96**

→ Consultez plusieurs fiches "régénération type" en cas d'hésitation pour confirmer le diagnostic.

→ Les situations intermédiaires sont inévitables étant donné que ce guide vise à simplifier la classification.

Les limites d'utilisation du guide sont exposées page 116.



Version non définitive et incomplète



CLÉ DE DÉTERMINATION

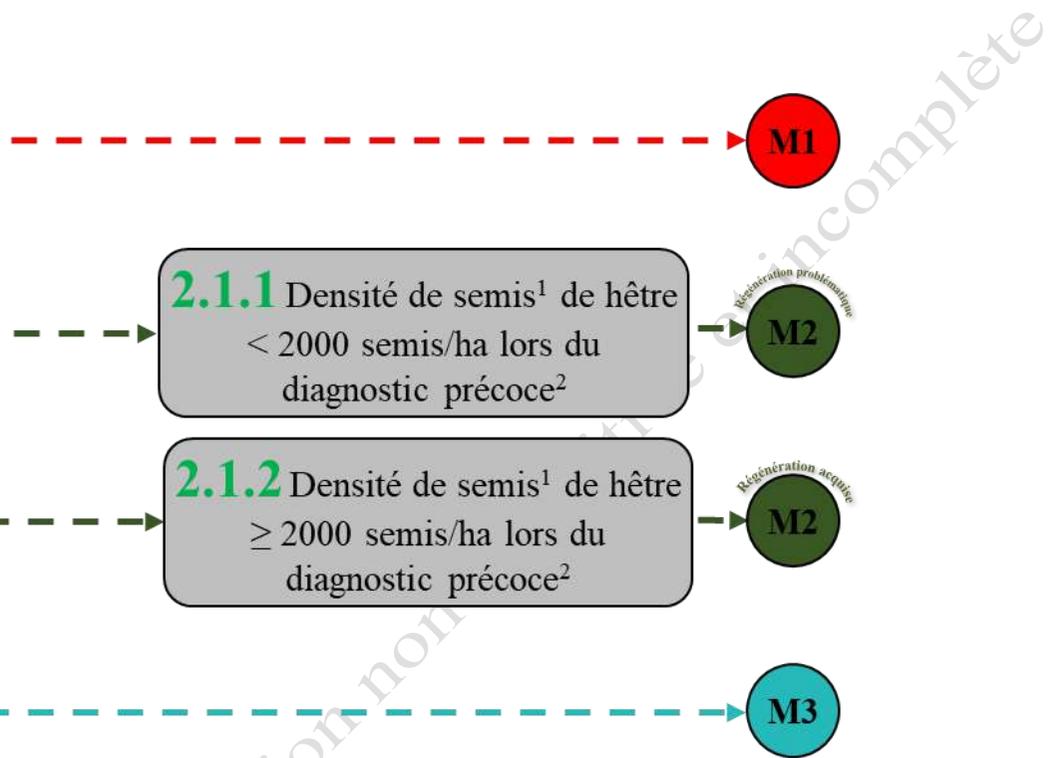
1 Peuplement antécédent de nature "résineuse"

2 Peuplement antécédent de nature "feuillue"

2.1 Surface à régénérer $\geq 750 \text{ m}^2$

2.2 Surface à régénérer $< 750 \text{ m}^2$

¹ Densité des semis d'espèce d'intérêt de plus d'un an et de plus de 10 cm de hauteur. Densité évaluée visuellement ou quantifiée plus précisément (cf. "*Comment faire un diagnostic ?*" **page 80**) si nécessaire (dans le cas de faibles densités, la répartition spatiale des semis peut être très hétérogène et conduire à une difficulté d'évaluation visuelle).



² Ce seuil reflète l'échantillonnage qui a été effectué dans le cadre de ce observatoire et il faut le considérer comme un ordre de grandeur du fait de la forte variabilité spatiale des semis (cf. "Limites d'utilisation du guide?" page 116).



COMMENT FAIRE UN DIAGNOSTIC ?

En cas de faible densité de semis d'intérêt estimée visuellement lors de la visite de terrain il est conseillé de quantifier la densité de semis moyenne à l'échelle du site pour pouvoir utiliser la clé de détermination.

Méthode d'échantillonnage – inventaire par placeaux

Il est conseillé de dénombrer les semis par essence de manière à pouvoir utiliser les listes proposées dans ce guide (listes **L1**, liste **L2** et liste **L3**).

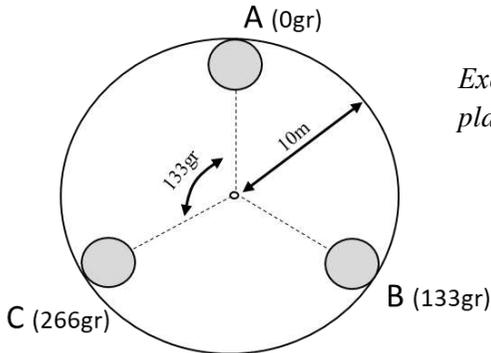


Plusieurs stratégies d'échantillonnage sont possibles mais nous proposons un **inventaire par placeaux**. Pour chaque placeau (2 m de rayon) comptez le nombre de semis de plus d'un an. Le comptage peut être plafonné à 12 semis par placeau (correspondant à 10 000 semis/ha).



Calculez la moyenne des densités par placeau pour obtenir la densité **moyenne à l'échelle du site**. Les placeaux peuvent être organisés dans l'espace selon plusieurs protocoles en fonction des contraintes.





Exemple de disposition d'une placette de trois placeaux.

Exemple d'organisation des placeaux : Placette de trois placeaux de 2 m de rayon. Les placettes sont localisées selon la méthodologie d'échantillonnage choisie (aléatoire, stratifié, systématique...) et doivent couvrir l'ensemble du massif forestier à reconstituer.

Intensité d'échantillonnage

L'intensité d'échantillonnage dépend :

- de la **variabilité de la densité** au sein de la zone à reconstituer,
- des **ressources financières**,
- de la **précision voulue**,
- et du **niveau de confiance** voulu.

Au vu du fort coefficient de variation des densités de semis observé sur l'ensemble des sites de l'observatoire il est nécessaire de faire un grand nombre de placeaux pour évaluer précisément la densité des semis post-tempête (environ 150 placeaux, soit 50 placettes avec l'exemple ci-dessus).

LA FICHE : MODE D'EMPLOI

Chaque fiche descriptive du type de régénération est construite sur le même modèle. Les trois fiches figurent à partir de la **page 84**.

Les fiches ont été créées par rapport aux sites prédits correctement par la clé.



1 *Nom et identifiant du type de régénération post-tempête*

Régénération naturelle potentielle 20 ans après passage d'une tempête.

2 *Fréquence*

Fréquence observée de ce type de régénération au sein de l'observatoire. C'est une notion relative, dépendante de l'échantillonnage.

3 *Description générale de la régénération 20 ans après tempête*

Description rapide de l'acquisition de la régénération obtenue 20 ans après passage des tempêtes, éventuellement associée à une distinction de cas. Les rubriques ci-dessous sont alors développées pour chaque cas.

4. *Dynamique de la régénération - Densité*

Description des dynamiques de la densité observées au sein de ces régénérations.

5. *Dynamique de la régénération - Composition*

Description des dynamiques de la composition observées au sein de ces régénérations. Les pourcentages sont arrondis et le total peut être différent de 100.

6. *Caractéristiques écologiques et biologiques fréquentes de ces régénérations au sein de l'observatoire*

Description des caractéristiques écologiques (édaphiques, biologiques, géographiques...) souvent trouvées associées à ce type de régénération au sein de l'observatoire des peuplements dévastés.

7. *Conseils de gestion*

Les recommandations concernant la gestion et les points de vigilances à avoir sur ces régénérations post-tempête. Les conseils de gestion renvoient à des fiches techniques détaillées disponibles à partir de la **page 96**.

TYPE DE RÉGÉNÉRATION M1

Régénérations problématiques des peuplements mités résineux (épicéas de plaine et pin sylvestre)

Fréquence : 16 % des sites (8)

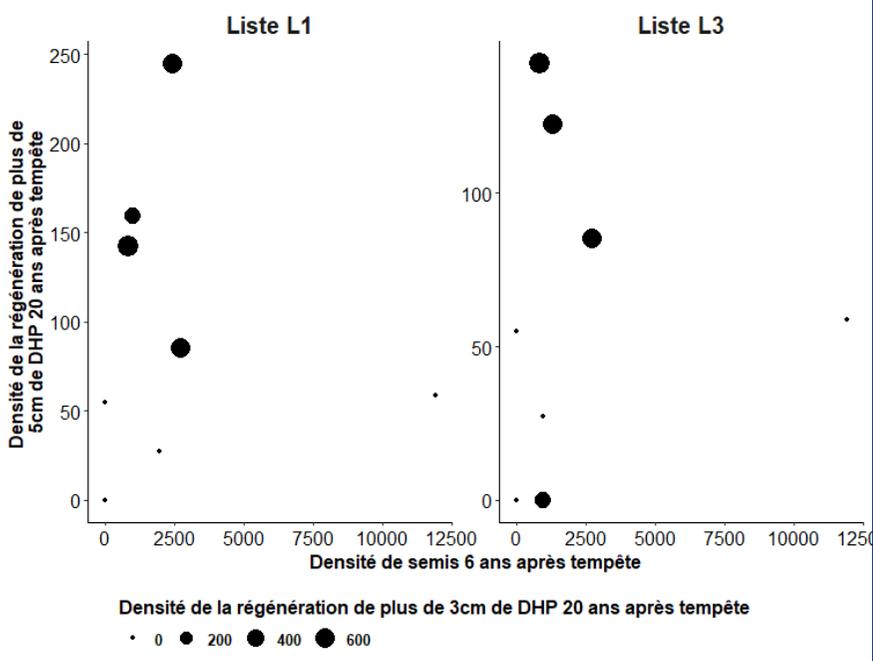
Description générale de la régénération 20 ans après tempête :

La régénération est problématique, quelles que soient les essences d'intérêt retenues.



Densité

- La densité de semis six ans après le passage des tempêtes est variable mais la densité de tiges d'avenir de plus de 5cm de DHP 20 ans après passage des tempêtes est toujours très faible quelle que soit la liste d'essences considérées (liste L1, L2 et L3).
- 86% des sites à peuplements résineux antécédents n'ont pas connu d'installation de semis, ou dans des quantités très faibles.

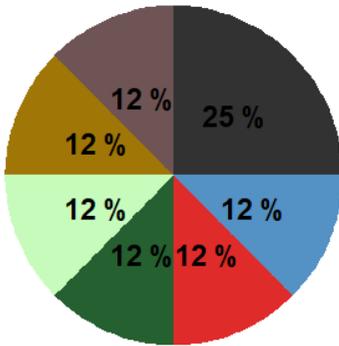


Pour les listes L1 et L3 : densité de tiges d'avenir de plus de 5 cm de DHP 20 ans après tempête en fonction de la densité des semis trois ans après tempête. Les échelles des abscisses et des ordonnées sont différentes.

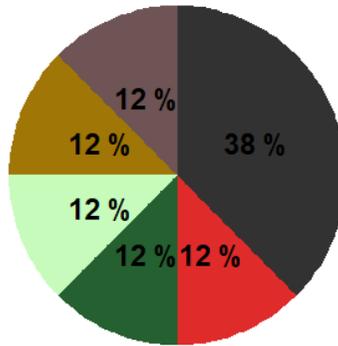
Composition

- Plusieurs sites n'ont pas d'installation de semis.
- Les essences principales de la régénération de plus de 5 cm de DHP 20 ans après tempête sont diverses. Le plus souvent, ce sont des essences feuillues qui sont présentes six ans et 20 ans après tempête.

6 ans après tempête



20 ans après tempête



Composition de la régénération dominante

- | | |
|---|---|
|  <i>Abies alba</i> en mélange |  <i>Prunus avium</i> majoritaire |
|  <i>Pinus sylvestris</i> majoritaire |  <i>Betula spp.</i> en mélange |
|  <i>Carpinus betulus</i> en mélange |  Pas de régénération |
|  <i>Quercus spp.</i> majoritaire | |

Proportion des types de composition de la régénération au sein de l'observatoire (liste L1). Six ans après tempête : semis de plus d'un an et 20 ans après tempête : tiges de plus de 5cm de DHP.

Caractéristiques

Caractéristiques écologiques et biologiques fréquentes de ces régénérations au sein de l'observatoire :

- Le peuplement antécédent est une plantation d'épicéa de plaine (sept sites) ou un mélange avec du pin sylvestre (deux sites).

Gestion

Conseils de gestion :

- L'enjeu principal concerne l'avenir du peuplement résineux environnant : quel est son état sanitaire ? Quel est son avenir par rapport à l'évolution climatique ? S'agissant de peuplements de basse altitude (altitude < 400 m pour les anciennes plantations d'épicéas), la reconstitution doit être raisonnée à l'échelle du peuplement dans son ensemble.
- Investir à l'échelle de la trouée semble peu pertinent ; si toutefois un investissement à cette échelle était envisagé, le recours à une plantation en bouquet d'essences résistantes à la sécheresse estivale serait possible. Cet investissement doit également être mesuré par rapport aux efforts de protection contre les cervidés à mettre en place le cas échéant.

Régénération des trouées de grande surface.

Fréquence : 43 % des sites (21)

Description générale de la régénération 20 ans après tempête :

- L'évolution observée sur les sites de l'observatoire rentrant dans cette catégorie conduit à distinguer deux types de situations :

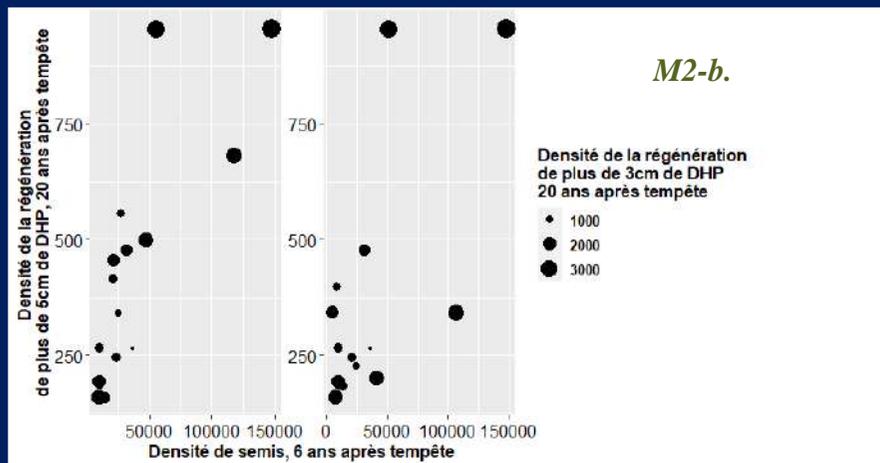
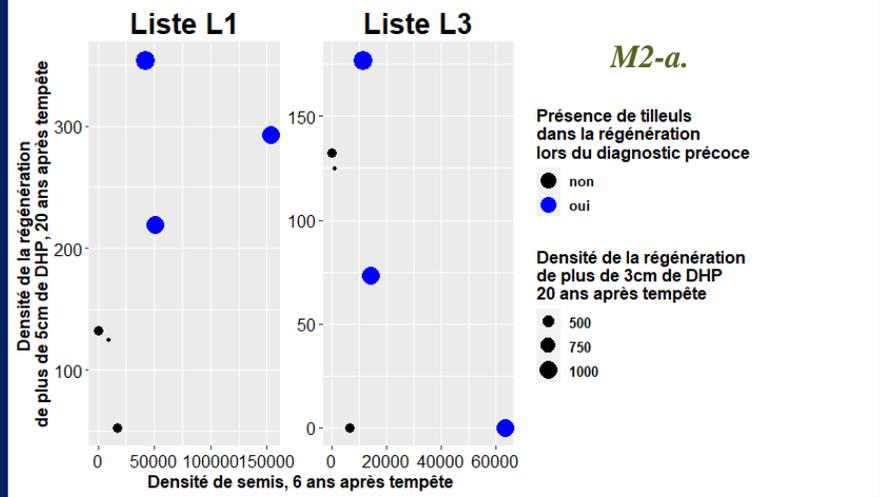
M2-a. Les régénérations problématiques - 30 % des sites sont dans ce cas.

M2-b. Les régénérations acquises avec hêtre présent en grande quantité lors du diagnostic précoce- 70 % des sites sont dans ce cas.

- Les sites de **M2-a.** ont une régénération problématique 20 ans après le passage des tempêtes si l'on ne considère pas les bouleaux, le charme et les tilleuls comme des essences d'intérêt. Par contre si ces essences sont considérées comme des essences d'intérêt et que le tilleul est présent dans la régénération lors du diagnostic précoce, la régénération est considérée comme acquise (trois sites).
- Les sites de **M2-b.** présentent une bonne acquisition de la régénération 20 ans après le passage de la tempête quelle que soit la liste d'essence d'intérêt considérée.

Densité

- La densité de semis trois ans après le passage des tempêtes est variable. La question de l'installation des semis n'est généralement pas problématique.
- La densité de tiges d'avenir de plus de 5cm de DHP 20 ans après passage des tempêtes est forte si l'on considère les bouleaux, charmes et tilleuls comme des essences d'intérêt



Densité de tiges d'avenir de plus de 5cm de DHP de la liste L1 et L3 20 ans après tempête en fonction de la densité des semis de la liste L1 et L3 six ans après tempête. Une auréole bleue entoure les sites qui avec plus de 2000 semis de hêtre lors du diagnostic (M2-b), les autres sites ayant une régénération problématique sauf en présence de tilleuls lors du diagnostic (M2-a).

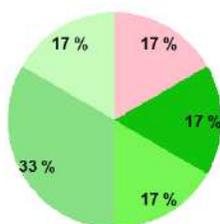
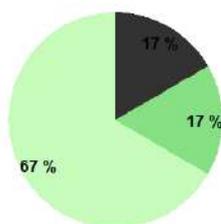
Composition

M2-a et M2-b - L'essence principale de la régénération post-tempête est majoritairement le charme, le hêtre ou le tilleul lors du diagnostic précoce et/ou 20 ans après tempête.

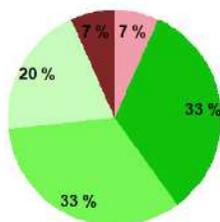
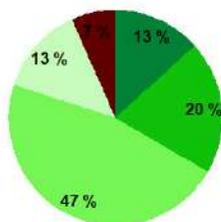
Il y a une forte perte des chênes et des feuillus précieux entre 2009 et 2018 en libre évolution.

6 ans après tempête

20 ans après tempête



M2-a



M2-b

Composition de la régénération dominante

- Carpinus betulus majoritaire
- Carpinus betulus en mélange
- Fagus sylvatica majoritaire
- Fagus sylvatica en mélange
- Quercus spp. en mélange
- Acer pseudoplatanus majoritaire
- Acer pseudoplatanus en mélange
- Tilia spp. majoritaire
- Tilia spp. en mélange
- Pas de régénération

Pour les listes L1 et L3 : proportion des types de composition de la régénération au sein de l'observatoire. Six ans après tempête : semis de plus d'un an et 20 ans après tempête : tiges de plus de 5 cm de DHP.

Caractéristiques

Caractéristiques écologiques et biologiques fréquentes de ces régénérations au sein de l'observatoire :

- Le peuplement antécédent était une chênaie ou un mélange feuillu.
- pH entre 4 et 7.7 et altitude inférieure à 450 m.

Gestion

Conseils de gestion :

- Raisonner le niveau d'investissement en fonction des possibilités de mise en valeur des bois (potentiel de la station, accessibilité de la forêt), de l'avenir du peuplement environnant, de l'état de l'équilibre faune-flore et plus largement des enjeux pour le propriétaire.
- La question de l'installation des semis n'est généralement pas problématique ; mais les phénomènes de compétition et une lumière trop réduite, souvent dans un contexte de déséquilibre faune-flore, aboutissent 20 ans après la tempête sans intervention à un appauvrissement de la diversité spécifique et même à des densités totales trop faibles pour l'établissement d'un peuplement d'avenir.
- Des interventions sont donc conseillées : voir la fiche **T5**.
- Un enrichissement avec des essences plus résistantes aux sécheresses estivales peut être une opportunité dans ce contexte.

*Régénération des trouées de petite surface.***Fréquence : 41 % des sites (20)***Description générale de la régénération 20 ans après tempête :*

L'évolution observée sur les sites de l'observatoire rentrant dans cette catégorie conduit à distinguer deux types de situations :

M3-a. Les régénérations qui restent problématiques quelle que soit la liste d'essence considérée- 67 % des sites sont dans ce cas.

P3-b. Les régénérations acquises lorsque les bouleaux, le charme et les tilleuls sont considérées comme des essences d'intérêt- 33 % des sites sont dans ce cas.

- La distinction entre ces deux types de sites est difficile à faire à partir d'un diagnostic précoce.

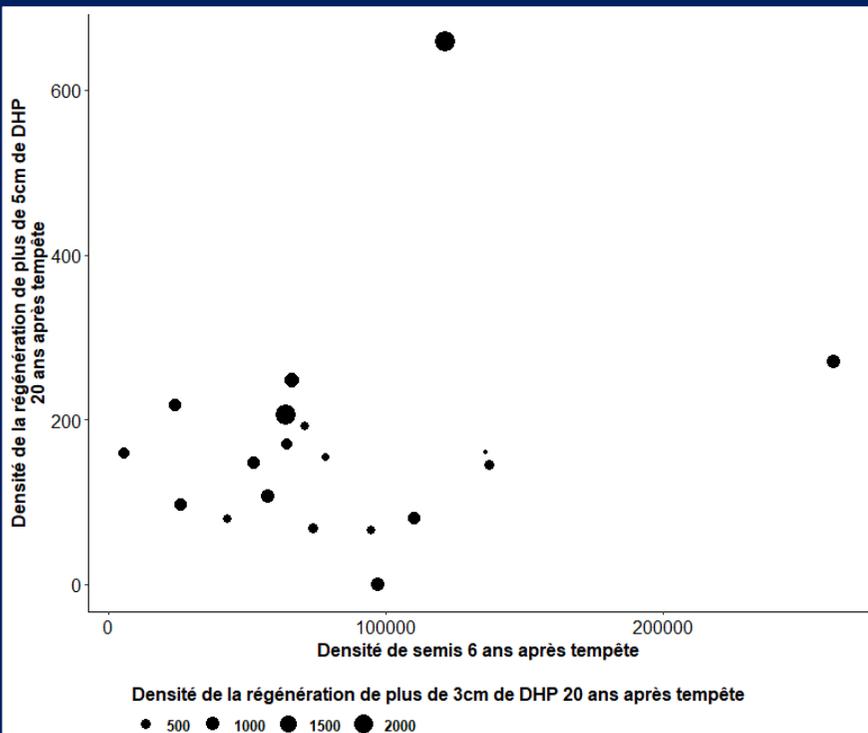
Nota : Six petites trouées classées M3a de l'observatoire ont une régénération acquise avec la liste L3. Ils ne sont pas présentés ici mais le lecteur est appelé à considérer le groupe M3a comme assez hétérogène, pouvant conduire à des développements de tiges de charme correctes.



Densité

Densité

La densité de semis trois ans après le passage des tempêtes est variable ($0 < \text{densité} < 140\,000$ semis/ha). La densité de tiges d'avenir de plus de 5 cm de DHP 20 ans après passage des tempêtes est faible.

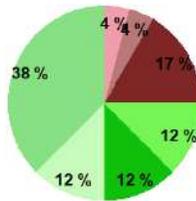
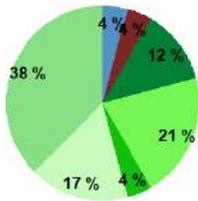


Densité de tiges d'avenir de plus de 5 cm de DHP de la liste LI 20 ans après tempête en fonction de la densité des semis de la liste LI six ans après tempête.

Composition

- Les essences principales de la régénération post-tempête sont majoritairement le charme et le hêtre.
- Il y a une forte perte des chênes et des feuillus précieux entre 2009 et 2018 en libre évolution.

3 ans après tempête 20 ans après tempête

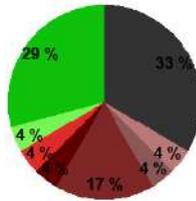
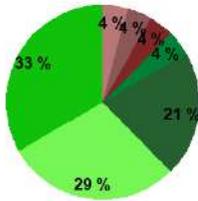


Liste L1

Composition de la régénération de plus de 5cm de DHP

- Carpinus betulus majoritaire
- Carpinus betulus en mélange
- Fagus sylvatica majoritaire
- Fagus sylvatica en mélange
- Quercus spp. majoritaire
- Quercus spp. en mélange
- Prunus avium majoritaire
- Acer pseudoplatanus majoritaire
- Acer pseudoplatanus en mélange
- Betula spp. en mélange
- Acer campestre majoritaire
- Acer campestre en mélange
- Tilia spp. en mélange

Liste L3



Pour les listes L1 et L3 : proportion des types de composition de la régénération au sein de l'observatoire. Six ans après tempête : semis de plus d'un an et 20 ans après tempête : tiges de plus de 5 cm de DHP.

Caractéristiques

Caractéristiques écologiques et biologiques fréquentes de ces régénérations au sein de l'observatoire :

- Le peuplement antécédent était une chênaie ou un mélange feuillu.
- pH entre 4 et 7.7 et altitude inférieure à 450 m.

Gestion

Conseils de gestion :

- Il est important de raisonner le niveau d'investissement en fonction des possibilités de mise en valeur des bois (potentiel de la station, accessibilité de la forêt), de l'avenir du peuplement environnant, de l'état de l'équilibre faune-flore et plus largement des enjeux pour le propriétaire. Il est à mettre en regard de la faible surface de ces trouées.
- La question de l'installation des semis n'est généralement pas problématique. Cependant, les phénomènes de compétition et surtout une lumière trop réduite, souvent dans un contexte de déséquilibre faune-flore, aboutissent 20 ans après la tempête sans intervention à (1) un appauvrissement de la diversité spécifique et (2) des densités totales trop faibles pour l'établissement d'un peuplement d'avenir.
- Des interventions sont donc conseillées, en particulier pour agir sur le peuplement environnant : voir la fiche T5.

LA FICHE TECHNIQUE : MODE D'EMPLOI

Chaque fiche descriptive du type de travaux sylvicoles est construite sur le même patron. Cinq fiches sont décrites à partir de la **page 98**.

FICHE TECHNIQUE T2

T2

0 *Travailler le bosquet : pourquoi et comment ?*

1 *1- Bosquets et contexte post tempête*
 - Les sites classés en P1-b font l'objet d'une installation des bosquets (essentiellement *betula pendula*) qui peuvent, dans un contexte où les autres essences d'intérêt sont peu représentées, être un objectif de production et aussi constituer une étape vers l'acquisition progressive du renouvellement avec d'autres essences. Cette fiche peut aussi s'appliquer à d'autres sites qui ont une forte proportion de bosquets dans la régénération de plus de 5cm de DHP 20 ans après tempête.
 - Le constat est également que les houppiers des bosquets sont très étriqués 20 ans après leur installation et sans intervention, ce qui rejoint la bibliographie sur le sujet.

2 *2- Objectifs*
 - Produire du bois d'œuvre de bosquets, telle que pratiquée dans d'autres pays européens : l'objectif est de produire des grumes de 4 à 5 mètres de long, de DHP minimum de 40 cm, droites et avec des nœuds très réduits.
 - Mettre une sylviculture dynamique du bosquet, qui permet une fermeture partielle du couvert et favorise ainsi l'installation progressive d'essences telles que chêne, hêtre, etc. qui peuvent être à terme constitutives du peuplement.

3 *3- Dynamiques à prendre en compte*
 - La croissance active du bosquet (supérieure à 1 cm/an sur le diamètre) nécessite un développement précoce des houppiers, de façon à profiter des trente premières années où la croissance est maximale. Tout retard dans l'installation développée d'un houppier

4 *4- Préconisations*
 - Choisir des tiges d'avenir assez espacées entre elles (7-8m d'écartement) et les débouter vers 7 mètres de hauteur en veillant à créer un espace d'au moins 1 mètre autour du houppier.
 - Ôter également le cas échéant la concurrence avec des essences concurrentes.
 - La présence de semis d'essences d'intérêt s'installe dans le peuplement de bosquets peut aussi être prise en compte (éclairage à leur profit).
 - Une opération d'élagage de la grume peut être envisagée, notamment si la répartition est hétérogène et crée par endroits des conditions plus lumineuses sur les tiges d'avenir.

Points d'attention :
 - Le bosquet a un rôle d'éducateur vis-à-vis d'autres essences qui peuvent appesantir : c'est un rôle positif à favoriser, tout en veillant à gérer la hauteur dont dispose le semis.
 - Les branches fines du bosquet peuvent, par effet « coup de fouet » sous l'action du vent, dégrader le houppier d'autres essences qui seraient en mélange (notamment les sites R... F...); il faut donc les couper si nécessaire

5 *Références*

0 *Nom et identifiant de la fiche technique*

Dénomination de la pratique sylvicole pouvant être conseillée.

1 *Dans le contexte post tempête*

Sites concernés par ces pratiques dans le cadre spécifique du renouvellement des peuplements sinistrés par les tempêtes.

2 Objectifs

Description des objectifs potentiels du recours de ce type de pratiques sylvicoles.

3 Dynamiques à prendre en compte

Description des principales dynamiques de la régénération ligneuse à considérer lors de ces pratiques.

4 Préconisations

Liste non exhaustive des paramètres à considérer lors de ces pratiques sylvicoles. Points auxquels il faut apporter une attention particulière.

5 Références

Documents qui font référence concernant ce type de pratiques.

FICHE TECHNIQUE T1

Reconstituer en cas de régénérations problématiques

1- Contexte post tempête et résilience

Cette fiche concerne :

- les sites classés en **P1-a** qui présentent une régénération naturelle non satisfaisante, avec des densités toutes essences confondues très faibles ;
- les sites classés en **P1-b**, qui présentent une arrivée échelonnée de bouleau en quantité suffisante. Le bouleau est toutefois considéré comme une essence d'accompagnement et ne suffit pas à assurer un peuplement d'avenir ;
- les sites classés en **P2** où là aussi les bouleaux, charmes ou tilleuls qui se sont installés en densité suffisante ne sont toutefois considérés que comme des essences d'accompagnement.

La reconstitution par plantation, en plein ou par enrichissement, est alors une solution pour assurer l'avenir du peuplement. Elle doit aussi :

- favoriser la résistance et la résilience des peuplements reconstitués, notamment en termes de mélanges d'essences par rapport aux sécheresses estivales redoutées dans le contexte de changement climatique ;
- assurer une certaine biodiversité et diminuer les risques biotiques ou ceux liés aux variations du marché du bois, là aussi en diversifiant les essences ;

- être parcimonieux vis-à-vis des investissements dans des contextes post tempête qui requièrent souvent des moyens financiers importants.

2- Objectifs

- Compléter les régénérations naturelles partielles lorsqu'il y a présence d'essences d'intérêt mais en trop faible densité pour assurer la formation d'arbres de qualité, ou pour renforcer la résistance future aux sécheresses estivales.

- Planter en enrichissement dans les recrûs naturels qui comportent des essences d'accompagnement ou des semis d'essences non adaptées à la station et/ou à son évolution future.

- Planter en plein lorsque les recrûs naturels ne permettent pas d'adopter les solutions d'enrichissement ou de complémentation.

Dans tous les cas :

- Privilégier et accentuer au besoin la diversité des essences, en accordant une attention particulière à celles fournissant une certaine assurance vis-à-vis du changement climatique (essences locales résistantes à la sécheresse estivale, provenances adaptées, essences allochtones résistantes).

- Installer ou compléter en privilégiant des implantations par bouquets, bandes, ... d'assez faible dimension pour limiter les risques ultérieurs de dépérissement massif.

3- Dynamiques à prendre en compte

- Pour les sites classés en **P1-b** et en **P2**, il est fortement souligné que la végétation ligneuse en place constitue une aide efficace pour éduquer les plants qui seraient introduits, plutôt qu'un obstacle concurrentiel à éliminer.

- Il faut en tenir compte dès les travaux préparatoires à la plantation, comme par exemple en recourant à des scarifications du sol localisées plutôt qu'un travail en plein.

- Une part significative de ces situations est observée derrière des peuplements antécédents résineux sur sols acides donc assez pauvres chimiquement. Les rémanents issus de l'exploitation des chablis doivent donc être laissés le plus possible sur le terrain, de façon éparpillée. Cette pratique est facilitée par un travail localisé du sol (un travail en plein demandant souvent la constitution d'andains dans lesquels les rémanents vont être concentrés).

4- Préconisations

- Se reporter aux manuels et guides de reboisement, ainsi qu'aux prescriptions nationales ou locales pour les choix d'essences et les techniques d'installation.

- En particulier, les associations d'essences en bouquets doivent s'appuyer sur les principes de synécologie de ces essences en fonction de la station forestière.

Points d'attention :

- Recourir à des plantations, notamment avec des essences plus résistantes aux stress hydriques, impose le plus souvent de pouvoir installer des plants appétents pour les cervidés. Il est conseillé de régler avant tout un éventuel déséquilibre faune-flore. Dans le cas contraire, des protections devront être mises en place, renchérissant fortement les coûts de plantation.

- Dans de rares cas, une couverture dense de végétation concurrente peut s'installer, pouvant bloquer la régénération (ex. fougère aigle...). Le recours à une plantation rapide est alors conseillé.
- Les travaux envisagés doivent bien sûr respecter les réglementations en vigueur (loi sur l'eau, respect des zones humides, directives Natura 2000, charte de Parc national, ...).
- Le niveau d'investissement, comprenant les frais d'installation mais aussi d'entretien et de suivi, doit être raisonné en fonction des moyens disponibles : dans les situations **P1-b** et **P2**, tirer parti de la végétation ligneuse d'intérêt ou d'accompagnement peut permettre la réduction des coûts.



Références

Travailler le bouleau : pourquoi et comment ?

1- Bouleau et contexte post tempête

- Les sites classés en **PI-b** font l'objet d'une installation des bouleaux (essentiellement *betula pendula*) qui peuvent, dans un contexte où les autres essences d'intérêt sont peu représentées, être un objectif de production et aussi constituer une étape vers l'acquisition progressive du renouvellement avec d'autres essences.

Cette fiche peut aussi s'appliquer à d'autres sites qui ont une forte proportion de bouleaux dans la régénération de plus de 5 cm de DHP 20 ans après tempête.

- Le constat est également que les houppiers des bouleaux sont très étriqués 20 ans après leur installation et sans intervention, ce qui rejoint la bibliographie sur le sujet.

2- Objectifs

- Produire du bois d'œuvre de bouleau, telle que pratiquée dans d'autres pays européens : l'objectif est de produire des grumes de 4 à 5 mètres de long, de DHP minimum de 40 cm, droites et avec des nœuds très réduits.

- Mener une sylviculture dynamique du bouleau, qui permet une fermeture partielle du couvert et favorise ainsi l'installation progressive d'essences telles que chênes, pins, hêtre (etc.) qui peuvent être à terme constitutives du peuplement.

3- Dynamiques à prendre en compte

- La croissance active du bouleau (supérieure à 1 cm/an sur le diamètre) nécessite un développement précoce des houppiers, de façon à profiter des trente premières années où la croissance est maximale. Tout retard dans l'installation développée d'un houppier ne peut en effet être rattrapé : il faut donc éviter les phases de compression latérale trop longues.

- Les semis s'installant sous les bouleaux, si le propriétaire souhaite en tirer parti, doivent également bénéficier d'un éclaircissement suffisant.

4- Préconisations

- Choisir des tiges d'avenir assez espacées entre elles (7-8m d'écartement) et les détourner vers 7 mètres de hauteur en veillant à créer un espace d'au moins 1 mètre autour du houppier.

- Gérer également le cas échéant la concurrence avec des essences concurrentes.

- La présence de semis d'essences d'intérêt s'installant dans le peuplement de bouleau peut aussi être prise en compte (éclaircie à leur profit).

- Une opération d'élagage de la grume peut être envisagée, notamment si la répartition est hétérogène et crée par endroits des conditions plus lumineuses sur les tiges d'avenir.

Points d'attention :

- Les plantations nécessitent un suivi régulier et des interventions sylvicoles adaptées.

- Certaines associations d'essences nécessitent une bonne technicité.



- Le bouleau a un rôle d'éducateur vis-à-vis d'autres essences qui peuvent apparaître ; c'est un rôle positif à favoriser, tout en veillant à gérer la lumière dont dispose le semis.

- Les branches fines du bouleau peuvent, par effet « coup de fouet » sous l'action du vent, dégrader le houppier d'autres essences qui seraient en mélange ; il faut donc les couper si nécessaire.

Références

Travaux dans les peuplements feuillus après pin noir

1- Renouveau feuillu spontané post tempête

- Les sites classés en **R2** font l'objet d'une installation de feuillus diversifiés, en lien avec les stations riches chimiquement où ont été implantés les pins noirs en plaine. Une partie de ces feuillus sont également issus de rejets (tilleuls, charmes, érables, ...) qui peuvent être très présents à côté de semis de francs pieds ou supposés être de francs pieds.
- Ces régénérations naturelles renferment des essences précieuses qui nécessitent d'être mises en valeur.

2- Objectifs

- Produire du bois d'œuvre de feuillus précieux (érables, alisiers, ...), de chêne et de feuillus divers (charme, bouleau, tilleul).
- Mener une sylviculture dynamique pour toutes ces essences qui offrent aussi pour certaines d'entre elles une certaine résistance vis-à-vis des sécheresses estivales pouvant être provoquées par le changement climatique.
- Mettre en valeur ces peuplements spontanés évite aussi de recourir à nouveau à une plantation qui sur ces stations sera coûteuse et risquée.

3- Dynamiques à prendre en compte

- La plupart des essences d'intérêt s'installant dans ces régénérations feuillues sont rapidement très concurrencées au niveau de leurs houppiers, entraînant des pertes de croissance et des mortalités, ou a minima des déformations importantes des tiges (courbures, fourches, ..) rendant les grumes impropres à un usage par la filière bois.

- C'est bien lors de la phase de croissance initiale et de qualification que la situation se dégrade, la phase d'installation étant acquise.

- Laisser les tiges d'intérêt en libre évolution pendant 20 ans amène à en perdre beaucoup et ainsi à se situer à la limite inférieure nécessaire pour constituer un peuplement d'avenir, alors que le stock initial de semis 5 ans après la tempête était très important.

4- Préconisations

- Installer des cloisonnements sylvicoles (10 mètres maximum d'entre-axe) de façon à faciliter les travaux sylvicoles suivants.

- Intervenir en nettoyage lorsque la régénération a 6 à 7 mètres de hauteur pour éliminer assez systématiquement les « loups » qui peuvent prendre beaucoup de place dans le peuplement car issus de rejets ou de tiges très courbées. Les « loups » d'essences particulièrement compétitrices (saules, tilleuls, charme, hêtre) doivent être particulièrement ciblés par cette opération.

- Accompagner ce nettoyage par un détourage des houppiers des tiges d'intérêt.

- Veiller à conserver les tiges dominées qui ne gênent pas les tiges d'intérêt détournées, de façon à faciliter leur élagage naturel jusqu'à 5 mètres de haut.

Points d'attention :

- Les bouleaux, s'ils sont présents, ont un rôle d'éducateur vis-à-vis des essences d'intérêt ; c'est un rôle positif à favoriser.

- Une opération ultérieure d'élagage de certaines tiges peut être envisagée. Elle sera d'autant plus facile à réaliser que les branches à couper seront fines (diamètre inférieur à 3 cm environ).

- De même, ultérieurement, le détourage des tiges d'intérêt pourra être poursuivi, par exemple par annélation des tiges concurrentes.

Rattrapage :

- N'intervenir que 20 années après la tempête est déconseillé. Toutefois, dans ce cas, il peut être procédé à un détourage des tiges d'avenir restantes après leur désignation. Cette désignation, au moins temporaire, peut être importante pour détecter et visualiser les tiges d'intérêt qui sont souvent « noyées » au sein d'un peuplement de qualité médiocre, conduisant à sous-estimer le potentiel d'avenir.

Références

Travaux dans les peuplements après pin sylvestre

1- Renouveau feuillu spontané post tempête

- Les sites classés en R3 font l'objet d'une installation de semis de pins sylvestres très souvent accompagnés d'autres essences en mélange, comme le bouleau ou le chêne sessile.
- Cette fiche aborde un certain nombre de points concernant ces régénérations naturelles mélangées (se référer aux guides sylvicoles existants pour les sites majoritairement régénérés en pin sylvestre).

2- Objectifs

- Produire du bois d'œuvre de pin sylvestre.
- Mener les autres essences en accompagnement, voire en essences objectifs si la station le permet.

3- Dynamiques à prendre en compte

- Les trois essences considérées sont héliophiles et supportent des situations de compétition modérées.
- Les manques de lumière peuvent se traduire par de mauvaises croissances et des pertes de dominance (chêne) mais aussi par des déformations des tiges (pin sylvestre).
- Les opérations sylvicoles doivent donc permettre de régler ces compétitions inter-spécifiques mais d'utiliser aussi les effets favorables comme celui du bouleau pour mieux former les tiges des autres essences.

4- Préconisations

- Installer des cloisonnements sylvicoles (10 mètres maximum d'entre-axe) de façon à faciliter les travaux sylvicoles suivants.
- Intervenir en dégagement pour un premier dosage des essences. Les densités totales obtenues post tempête sont assez variables mais peuvent être très élevées 3 ans après la tempête. Il est plutôt recommandé d'attendre la fin de la phase d'installation pour intervenir, par exemple à 6 ou 7 ans. Dans le cas de densités plus faibles, il est aussi possible de passer directement en enttoisement.
- Les bouleaux, qui seront souvent plus grands, ne doivent pas être systématiquement éliminés, mais suffisamment éclaircis pour éviter la formation d'un « toit » couvrant les autres essences. Laisser des bouleaux permet d'améliorer la forme des autres tiges qui seront comme « tirées vers le haut » et verront leurs branches latérales ne pas trop se développer et s'horizontaliser.
- Intervenir en nettoyage lorsque la régénération a 7 mètres de hauteur pour éliminer les « loups » (pins sylvestres notamment qui ont cherché la lumière et qui présentent des tiges sinueuses).
- Accompagner ce nettoyage par un détourage des cimes des tiges de meilleure qualité, en particulier au profit des chênes si ils sont jugés d'intérêt sur la station.
- Veiller à conserver les tiges dominées qui ne gênent pas les tiges d'intérêt détourées, de façon à faciliter leur élagage naturel.

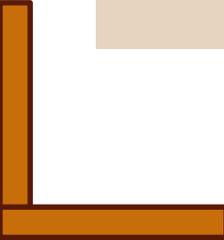
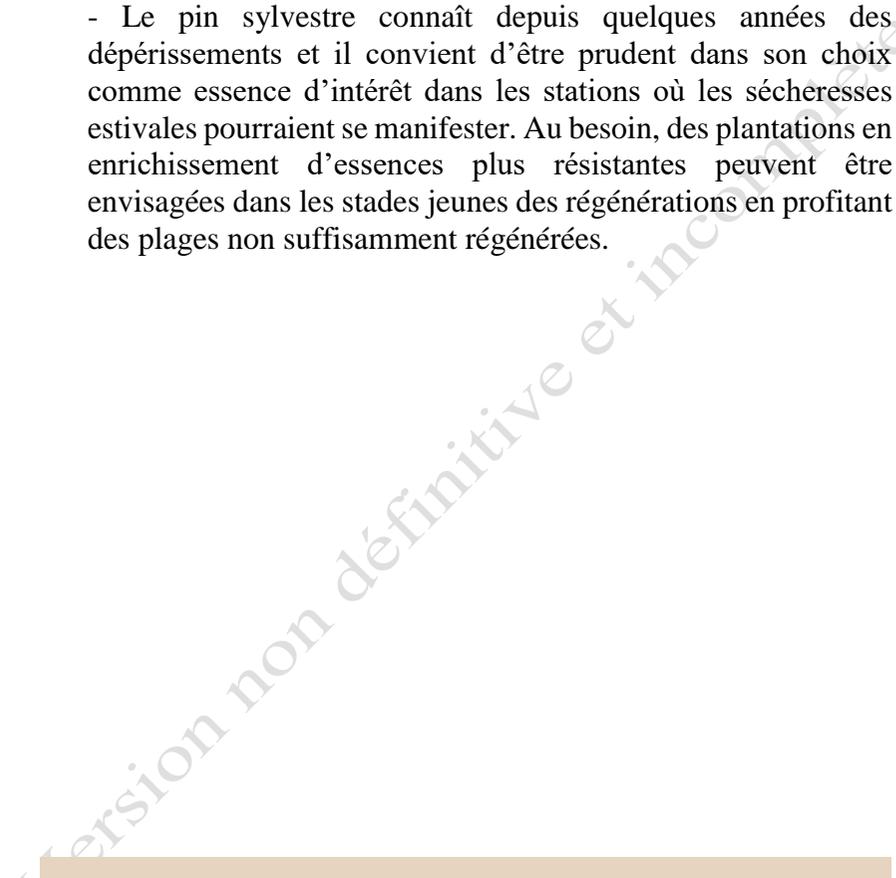
Points d'attention :

- Les bouleaux ont un rôle d'éducateur vis-à-vis des essences d'intérêt ; c'est un rôle positif à favoriser. Il faut toutefois veiller à couper les bouleaux dont les branches, sous l'effet du vent, pourrait par « effet coup de fouet » dégrader les houppiers trop proches des autres essences d'intérêt.
- Ultérieurement, le détourage des tiges d'intérêt pourra être poursuivi, par exemple par annélation des tiges concurrentes.



- Il est possible d'envisager une production intermédiaire de bouleaux de qualité (se référer à la fiche T2 pour leurs caractéristiques) par exemple lorsqu'ils forment des bouquets sans autres essences d'intérêt ou de façon plus lâche en mélange dans le peuplement.

- Le pin sylvestre connaît depuis quelques années des dépérissements et il convient d'être prudent dans son choix comme essence d'intérêt dans les stations où les sécheresses estivales pourraient se manifester. Au besoin, des plantations en enrichissement d'essences plus résistantes peuvent être envisagées dans les stades jeunes des régénérations en profitant des plages non suffisamment régénérées.



Références

FICHE TECHNIQUE T5

Peuplements mités : conseils de gestion génériques

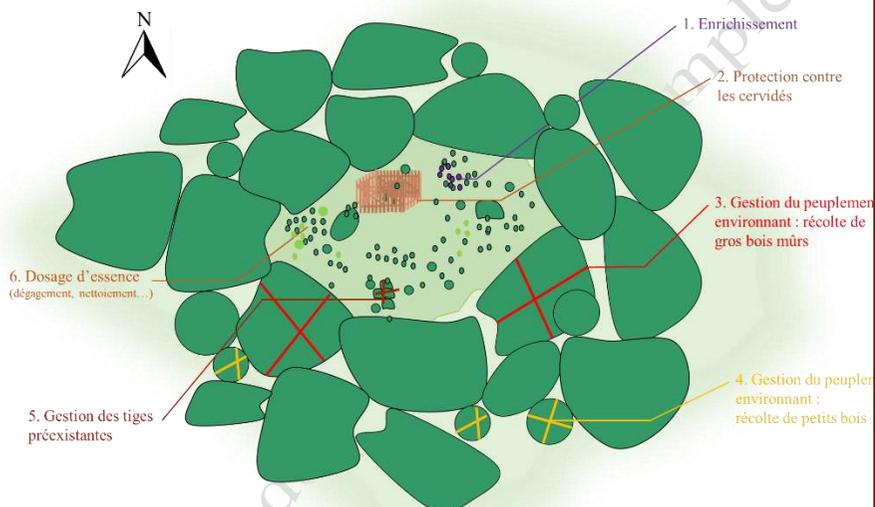


Schéma illustrant les enjeux de la reconstitution des peuplements mités.

Objectifs potentiels dans le contexte post-tempête :

- Les conseils de gestion pour un propriétaire souhaitant investir dans les trouées post tempête sont génériques à toutes les situations à peuplement antécédent feuillu. Des modulations sont notamment précisées selon la taille, grande (M3) ou petite (M2), de la trouée.
- Produire du bois d'œuvre de qualité : pour cela, l'objectif est d'obtenir au sein d'une trouée 3 perches d'avenir (essence d'intérêt, qualité de la grume sur 5 mètres de hauteur) par "équivalent gros bois ou très gros bois" produit à terme.
- Dans la mesure du possible, la diversité des essences doit être encouragée, et des enrichissements sont aussi proposés pour prendre en compte le changement climatique et installer des essences plus résistantes aux sécheresses estivales.
- La démarche s'attache à obtenir un renouvellement correct à l'échelle de la trouée, mais ne préjuge pas des décisions à prendre par le propriétaire à une échelle plus vaste (parcelle, forêt, ...).

Installation du renouvellement

- L'installation des semis n'est généralement pas problématique, y compris avec des essences comme les chênes, les érables, les merisiers, les alisiers. Leur présence est avérée six ans après la tempête et jusqu'à neuf ans.
- Toutefois, un enrichissement par petits collectifs (groupes de 7 à 12 plants) avec des essences plus résistantes aux sécheresses estivales ou plus en accord avec les objectifs du propriétaire peut être une opportunité dans ce contexte. Cet enrichissement peut avoir lieu 4 à 6 ans après la tempête pour profiter des essences installées et les compléter.
- En absence d'un équilibre faune flore, il est conseillé de protéger contre les cervidés par des lattis bois ou par des dispositifs légers

collectifs en plastique les zones de régénération naturelle souhaitée ou les plants mis en place. L'installation de protections individuelles (gainés) peut aussi être envisagée mais demande un entretien régulier.

- Des travaux de dégagement, et ultérieurement de nettoyage, doivent être prévus. Leur absence est préjudiciable à la croissance de tiges de qualité et est indispensable si vous souhaitez doser les essences, et notamment conserver des essences qui sont victimes de la compétition interspécifique que le hêtre, le charme ou le tilleul peuvent engendrer vis-à-vis des autres essences d'intérêt (chênes, érables, fruitiers, ...). La puissance de cette compétition a largement été mise en évidence, en particulier dans le cas de l'observatoire post tempête et ces travaux concourent à la réduire.

- Ces travaux de dégagement peuvent être pratiqués par cassage, ce qui a l'avantage de conserver une protection basse des semis ou plants d'avenir.

Gestion des tiges pré-existantes

- La plupart des sites ont une forte densité d'arbres préexistants (cépées et/ ou franc pied). Or, la qualité de ces arbres est très généralement mauvaise alors qu'ils sont responsables d'un fort effet de compétition sur la régénération post-tempête : modifications de formes, mortalité.

- Lors du premier dégagement ou d'une plantation, il faut donc intervenir pour les exploiter ou les anneler, afin d'augmenter les conditions de lumière au sein des trouées. Ne pas procéder à ces coupes pourrait avoir un effet très négatif sur la croissance des semis de chênes et de feuillus précieux. Ceci est d'autant plus important que les trouées sont de petite taille (M2).



Gestion du peuplement environnant

- Dans la plupart des trouées et particulièrement dans celle de type M2, la quantité de lumière devient trop faible sans intervention pour assurer une croissance correcte des semis au-delà de leur installation, et pour maintenir des conditions suffisamment favorables pour les semis ou plants d'essences plus héliophiles.

- Dans la mesure du possible, la récolte d'arbres mûrs, particulièrement ceux situés au Sud de la trouée doit être envisagée.

- Et il faut y associer la récolte d'arbres dominés, souvent issus de taillis (charme, tilleuls, hêtre), situés autour de la trouée jusqu'à une voire deux hauteurs de peuplement et particulièrement au sud. Le but est de rendre le peuplement plus perméable à la lumière oblique, du sud-est au sud-ouest.

Des études continuent à être menées, dans le cadre des observatoires post-tempête ou dans d'autres contextes, pour faire progresser les connaissances sur les dynamiques en œuvre.



Version non définitive et incomplète



PRÉCAUTIONS ET LIMITES D'UTILISATION DU GUIDE

PRÉCAUTIONS D'UTILISATION ***Rubrique en cours de rédaction***

Version non définitive et incomplète

LIMITES D'UTILISATION

Rubrique en cours de rédaction

Version non définitive et incomplète

FICHE THÉMATIQUE 1 : LISTE DES ESSENCES RELEVÉES LORS DE L'INVENTAIRE

Liste des essences d'intérêt potentielles :

<i>Abies alba</i>	<i>Pinus nigra</i>	<i>Robinia pseudoacacia</i>
<i>Acer campestre</i>	<i>Pinus pinaster</i>	<i>Salix alba</i>
<i>Acer monspessulanum</i>	<i>Pinus strobus</i>	<i>Salix atrocinerea</i>
<i>Acer platanoides</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Salix aurita</i>
<i>Acer pseudoplatanus</i>	<i>Populus alba</i>	<i>Salix caprea</i>
<i>Alnus glutinosa</i>	<i>Populus canescens</i>	<i>Salix cinerea</i>
<i>Betula alba</i>	<i>Populus nigra</i>	<i>Salix fragilis</i>
<i>Betula pendula</i>	<i>Populus tremula</i>	<i>Salix trianda</i>
<i>Betula pubescens</i>	<i>Prunus avium</i>	<i>Salix viminalis</i>
<i>Carpinus betulus</i>	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	<i>Sorbus aria</i>
<i>Castanea sativa</i>	<i>Pyrus cordata</i>	<i>Sorbus aucuparia</i>
<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Pyrus pyraster</i>	<i>Sorbus domestica</i>
<i>Fraxinus excelsior</i>	<i>Quercus cerris</i>	<i>Sorbus torminalis</i>
<i>Juglans nigra</i>	<i>Quercus ilex</i>	<i>Tilia cordata</i>
<i>Juglans regia</i>	<i>Quercus petraea</i>	<i>Tilia platyphyllos</i>
<i>Larix decidua</i>	<i>Quercus pubescens</i>	<i>Ulmus glabra</i>
<i>Malus sylvestris</i>	<i>Quercus pyrenaica</i>	<i>Ulmus laevis</i>
<i>Picea abies</i>	<i>Quercus robur</i>	<i>Ulmus minor</i>
<i>Picea sitchensis</i>	<i>Quercus rubra</i>	



Version non définitive et incomplète





***FICHE THÉMATIQUE 2 : PRISE EN COMPTE DU
CHANGEMENT CLIMATIQUE***

Rubrique en cours de rédaction

Version non définitive et incomplète

Rubrique en cours de rédaction

Version non définitive et incomplète



RÉFÉRENCES

Les principales références bibliographiques utilisées dans la construction du guide

Rubrique en cours de rédaction

Version non définitive et incomplète

Conception et rédaction

Photographies d'illustration

Merci de leur contribution à

Financement

DRAAF Grand-Est

Appel à projets national : "Innovation et investissements pour l'amont forestier" de décembre 2016 (CONVENTION n° : DRAAF-GESERFOB-2017-003). "Projet optimisation des travaux sylvicoles post-tempête 2017 - 2020". Le ministère de l'agriculture a également participé au financement des campagnes précédentes.

Rubriques en cours de rédaction





Pour plus d'informations : <https://www6.nancy.inrae.fr/silva/Equipes-de-recherche/ForeSTree/Projets-Recherche/Post-tempete-2017-2020>



Guide pour l'optimisation de la reconstitution forestière post-tempête