La sécurité des opérateurs forestiers : Conséquences de la fragilisation des arbres liées notamment au changement climatique et à ses impacts

Etat des lieux des forêts concernées par la fragilisation des arbres

Équipe projet : Alain THIVOLLE-CAZAT - Lucile SAVAGNER

Juin 2021

Siège social
10, rue Galilée
77420 Champs-sur-Marne
Tél +33 (0)1 72 84 97 84
www.fcba.fr

Institut technologique FCBA :
Forêt, Cellulose, Bois – Construction
Ameublement

Etude financée par :

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE
L'ALIMENTATION

SOMMAIRE

1. Contexte et objectifs de l'étude 4

1.1 Contexte 4

1.2 Objectifs globaux de l'étude 4

1.3 Données utilisées et Méthode 5

1.3.1 Données de mortalité des branches de l'Inventaire Forestier 5

1.3.2 Données de mortalité des arbres de l'Inventaire Forestier 6

1.3.3 Observations du département de Santé des Forêts 6

2. Etat des lieux toutes essences au niveau national 7

3. Focus sur le hêtre : Etat des lieux dans les régions du Nord et de l'Est de la France 12

3.1 Objectifs et méthode 12

3.2 Une période de mortalité importante entre 2012 et 2014 12

3.3 Influence de la réserve utile en eau 13

3.4 Influence de la topographie 14

3.5 Evaluation des volumes de hêtre potentiellement concerné par le dépérisement et leur localisation 15

4. Focus sur le frêne : Etat des lieux dans les régions du Nord et de l'Est de la France 16

4.1 Préambule 16

4.2 Evolution de la mortalité des branches pour le frêne en France 17

4.3 Relation entre la proportion de frêne dans le peuplement et la mortalité des branches. 18

4.3.1 Relation entre surface terrière et mortalité des branches 18

4.3.2 Influence de la proportion de frêne dans le peuplement 18

4.4 Influence de la topographie 19

4.5 Evaluation des volumes de frêne potentiellement concernés par le dépérisement et leur localisation 20

5. Conclusions 22

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Moyenne des mortalités de branches pour toutes les essences feuillues en 2008-2009 et en 2018-2019 7
Figure 2 : Moyenne des mortalités de branches en 2018-2019 pour les principales feuillues par Grande Région Ecologique 8
Figure 3 : Moyenne des mortalités des branches pour l'ensemble des essences résineuses en 2008-2009 et en 2018-2019 10
Figure 4 : Moyenne des mortalités de branches en 2018-2019 pour les principales essences résineuses par GRECO.....11
Figure 5 : Moyenne des mortalités des branches par année et par région (certaines années l'absence d'observation de mortalité de branches conduit à une note égale à 0) pour le hêtre 13
Figure 6 : Moyenne des mortalités de branches par classe de réserve utile en eau pour la période 2011-2014 pour les régions des Hauts-de-France, du Grand Est et de Bourgogne-Franche-Comté pour le hêtre.....13
Figure 7 : Moyenne de la mortalité des branches en fonction de l'indice topographique pour les régions des Hauts de France, du Grand Est et de Bourgogne Franche Comté 14
Figure 8 : Répartition des volumes de hêtre sensibles à la mortalité 16
Figure 9 : Evolution de la moyenne de la mortalité des branches pour le frêne par région de 2008 à 2019 17
Figure 10 : Moyenne de la mortalité des branches par classe de surface terrière du frêne dans les placettes d'inventaire ($m^2.ha^{-1}$) 18
Figure 11 : Variation de la moyenne des notes de mortalité en fonction de la proportion de frêne dans les peuplements 19
Figure 12 : Moyenne de la mortalité des branches en fonction de l'indice topographique.....20
Figure 13 : Volume de bois sur pied où le frêne est l'essence principale 20

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Notation du taux de branches mortes utilisée par l'Inventaire Forestier de l'IGN. 5
Tableau 2 : Surface et volume sur pied de hêtre à risque par régions et départements étudiés 15
Tableau 3 : Surface et volume sur pied de frêne à risque par régions et départements étudiés 21

1. Contexte et objectifs de l'étude

1.1 Contexte

Le secteur de l'exploitation forestière est connu pour être un des plus accidentogènes. Cependant, une diminution du nombre d'accidents avait été constatée entre 2002 et 2012 (Peuch, 2014[1]). Malheureusement, les épisodes de chaleur-sécheresse des années 2018, 2019 et 2020 ont entraîné un fort dépérissement des arbres dans la moitié nord de la France, surtout des hêtres (DSF, 2021[2]). A cela, s'ajoute aussi les attaques parasitaires sur épicéas (scolytes) et frêne (Chalara) qui provoquent également de nombreux dépérissements.
La présence de nombreuses branches mortes dans les houppiers est un facteur de risque très important, surtout, lors des opérations d'abattage manuel. De nombreux accidents mortels survenus en 2019, ont amené les professionnels du quart Nord-Est à diffuser en 2019 une affiche « forêts fragilisées, arbres fragiles = danger ». Cette situation touche aussi l'Allemagne, qui est confrontée à de nombreux accidents liés à ces chutes de branches mortes (SVLFG, 2019[3]).
Mieux connaître les risques et identifier les mesures préventives à mettre en œuvre sont donc, des enjeux majeurs pour préserver la sécurité des opérateurs forestiers.

1.2 Objectifs globaux de l'étude

Les objectifs de l'étude menée en 2021, sont les suivants :

1. Dresser un état des lieux national des forêts concernées par la fragilisation des arbres avec un focus sur le frêne et le hêtre dans trois régions du quart Nord-Est ;
2. Analyser quantitativement et qualitativement les données d'accidentologie de la Caisse Centrale de la MSA et apprécier l'impact de la fragilisation des arbres sur l'évolution de l'accidentologie, en particulier sur le bûcheronnage manuel.

Cette analyse sera limitée aux régions administratives des Hauts de France, de Grand Est et de Bourgogne-Franche-Comté.

Ce livrable concerne la partie 1 de l'étude. Celle-ci se décline en trois parties :

- Evaluer l'ampleur des dépérissements sur l'ensemble de la France par GRECO et leur évolution depuis les débuts de l'inventaire forestier selon la nouvelle méthode (2005) ;
- Focus sur le hêtre : Localiser les massifs et peuplements à risque selon les travaux du Département de la Santé des Forêts ;
- Focus sur le Frêne : Localiser les massifs et peuplements à risque selon les travaux de l'INRAE.

[1] **https://www.fcba.fr/wp-content/uploads/2021/01/fcbainfo_2014_46_les_accidents_du_travail_en_exploitation_forestiere_david_peuch_emmanuel_cacot.pdf**
[2] **file:///C:/Users/ruch/AppData/Local/Temp/lettre_dsf57_2021_0.pdf** . La lettre du DSF n°57 : bilan sylvosanitaire de l'année 2020
[3] **https://www.svlfg.de/schadholzeinschlag.** Risque d'accidents accrus en forêt (en Allemand)

1.3 Données utilisées et Méthode

1.3.1 *Données de mortalité des branches de l'Inventaire Forestier*

L'objectif de l'étude est de quantifier les surfaces et volumes de forêt potentiellement touchés par des dépérissements, suite aux canicules et sècheresses de ces dernières années. Les dépérissements entrainent des défoliations, des mortalités de branches puis la mort des arbres.

La mortalité des branches, est un bon indicateur de la fragilisation des arbres et de la dangerosité de leur exploitation. Cependant, celle-ci ne se manifeste que lorsque la dégradation de l'état sanitaire des arbres est importante et rarement dès la première année de stress. Ainsi, la mortalité des branches n'apparait que si les arbres subissent plusieurs années de déficits hydriques intenses, liés ou non à des épisodes caniculaires. Dans le cas des épisodes de sècheresse et de canicule observés en 2018, 2019 et 2020, la mortalité des branches n'a commencé à apparaitre qu'en 2019, et s'est intensifiée en 2020. Cependant, les dernières observations disponibles, qui datent de 2019, ne montrent que le début du phénomène.

L'Inventaire Forestier de l'IGN attribue une note de mortalité des branches aux arbres présents sur les placettes d'inventaire (cf. tableau 1).

Tableau 1 : Notation du taux de branches mortes utilisée par l'Inventaire Forestier de l'IGN

0	moins de 5 %	Absence ou branches mortes < 5 %
1	de 5 à 25 %	5 % <= branches mortes < 25 %
2	de 25 à 50 %	25 % <= branches mortes < 50 %
3	de 50 à 75 %	50 % <= branches mortes < 75 %
4	de 75 à 95 %	75 % <= branches mortes < 95 %
5	plus de 95 %	Totale ou plus de 95 % des branches mortes

Si la défoliation permet de déterminer l'état sanitaire des arbres, c'est la mortalité des branches et leur chute potentielle qui constitue un danger pour le bûcheron. On a donc calculé des indicateurs de mortalité des branches sur chaque placette d'inventaire :

- Moyenne des notes de mortalité de branches relevées sur les arbres de la placette ;
- Moyenne des notes de mortalité de branches relevées sur la placette pondérée par la surface terrière des arbres ;
- Note la plus forte observée sur chaque placette ;

Sur chaque placette d'inventaire, ces indicateurs ont été calculés à la fois par essence pour les principales essences feuillues et résineuses, et par groupe d'essences feuillues et résineuses.

Pour évaluer l'intensité des dégâts dans une zone géographique donnée, on a ensuite calculé la moyenne des indicateurs de niveau placette de toutes les placettes de la zone étudiée. On a ainsi évalué le degré moyen de dépérissement de l'ensemble des placettes de la zone. Du fait de la relative rareté des arbres notés avec des branches mortes dans l'ensemble de la population des arbres et dans l'ensemble des placettes, les moyennes calculées au niveau des zones géographiques sont toujours assez faibles, souvent comprises entre 0,1 et 0,3. Par

exemple, si dans une population d'arbres, on a 90% d'arbres avec la note 0 ; 4% avec la note 1 ; 3% avec la note 2 ; 2% avec la note 3 ; 1% avec la note 4 ; la note résultante est 0,2.

Les résultats fournis par les 3 indicateurs sont très similaires. On n'a donc uniquement présenté ici les résultats donnés par le deuxième indicateur. Il donne un poids supplémentaire aux gros arbres, potentiellement les plus dangereux, tout en donnant une image globale de la placette, ce que ne donne pas le troisième indicateur.

On a ensuite étudié la relation existante entre les indicateurs de dépérissements et les différents facteurs aggravants potentiels (ressource en eau, exposition, densité des peuplements, etc.) que l'INRAE et le DSF avaient mis en évidence. La confirmation de ces relations dans les données IGN a ensuite, permis de retenir les critères pour quantifier les surfaces et les volumes affectés par les dépérissement potentiels.

Cependant, pour l'ensemble des arbres observés sur les placettes de l'Inventaire Forestier, les arbres présentant des dépérissements sont relativement rares : de l'ordre de 1% en moyenne, pour les arbres notés 2 et plus sur l'ensemble du territoire, quelles que soient les espèces et les années d'observation.

De ce fait, les moyennes calculées au niveau des zones géographiques sont faibles (comprises entre 0 et 0,3).

De plus, la dernière campagne d'observations de l'IGN disponible a été réalisée de novembre 2018 à octobre 2019. Ces observations ont donc été réalisées, pour la plupart, à un moment où les effets de la sécheresse de 2018 et leur aggravation suite à celle de 2019, ne s'étaient pas encore traduits par des mortalités de branches, mais seulement par des défoliations. Les observations ultérieures (2020 et suivantes) révèleront sans doute des dégâts plus accentués.

Il conviendra d'être prudent dans l'interprétation des résultats.

1.3.2 *Données de mortalité des arbres de l'Inventaire Forestier*

L'Inventaire Forestier fait l'estimation du volume des arbres morts sur pied ou à terre sur les placettes. Cette estimation est faite à partir des arbres observés morts lors du passage en inventaire. Deux classes sont distinguées : arbres morts depuis plus de 5 ans et depuis moins de 5 ans.

De ce fait, même pour une campagne d'inventaire annuelle, les arbres morts observés couvrent une période de 5 ans, voire plus. On ne peut donc suivre l'évolution annuelle de la mortalité et la variation de la mortalité des dernières années est difficilement perceptible dans les statistiques.

Ces données ont fait l'objet d'une étude exploratoire, mais celle-ci n'a pas donné de résultats intéressants et l'étude de ces données a été abandonnée.

1.3.3 *Observations du Département de la Santé des Forêts*

Le Département de la Santé des Forêts (DSF) réalise régulièrement des observations sur la santé des forêts et peut intensifier ses observations selon les évènements biotiques ou abiotiques qui peuvent intervenir (scolytes, sècheresse, etc.).

N'ayant pas accès aux données sources, il n'a pas été possible d'utiliser les données d'observations des dégâts pour cartographier et quantifier les volumes touchés par les dépérissements.

2. Etat des lieux toutes essences au niveau national

A partir des données brutes de l'Inventaire Forestier pour les années 2007 à 2019, nous avons regardé l'évolution de la moyenne de la mortalité de branches (telle que définie au paragraphe *1.3.1*, deuxième indicateur) pour toutes les GRECO.

L'évolution du taux moyen de branches mortes par période de 2 ans et par essence est présentée dans les annexes 1 (feuillus) et 2 (résineux).

✔ *Essences feuillues*

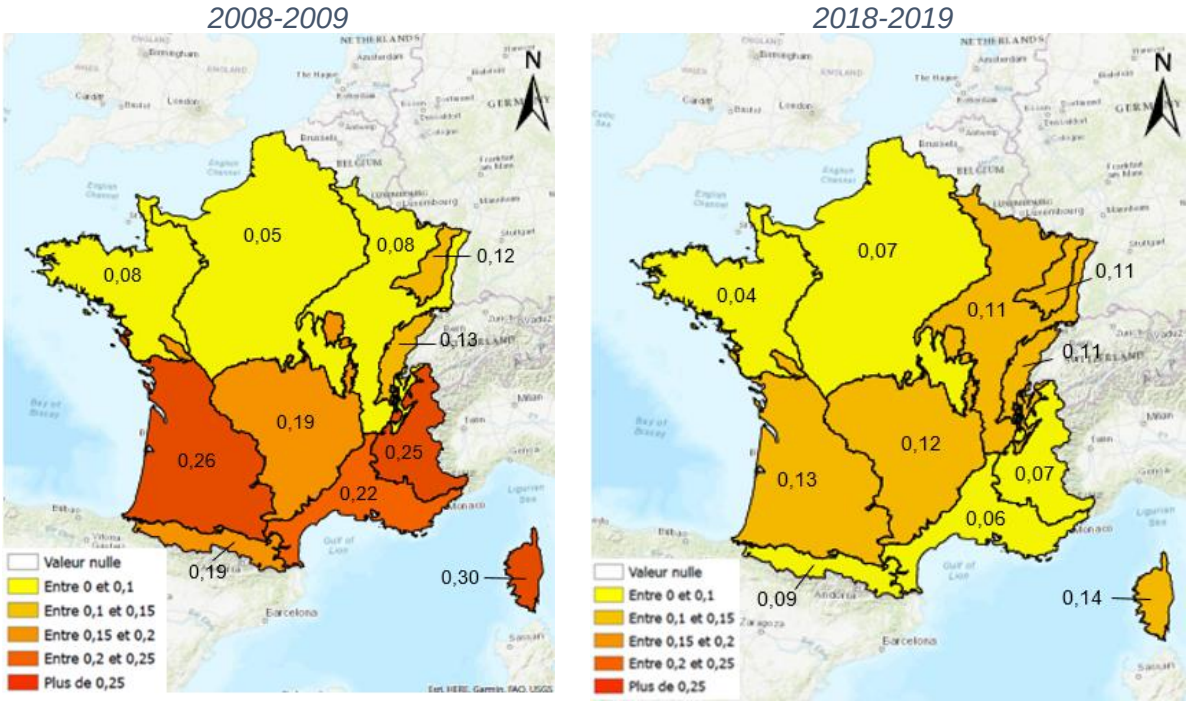
La moyenne des notes de mortalité des branches évolue de façon parfois marquée au fil des années. Cela reflète les séquences de canicule / sècheresse que le territoire a connu par le passé. Au cours des 15 dernières années, le pays a connu de forts épisodes de sècheresse de 2003 à 2007, puis en 2011, puis de 2018 à 2020. Cependant, comme on l'a dit précédemment, les conséquences de ces épisodes apparaissent dans les notes de mortalité des branches avec un léger retard (2 à 3 ans selon l'intensité et la durée des épisodes).

Dans la figure 1, on a représenté les moyennes des mortalités des branches de l'ensemble des feuillus par GRECO pour les périodes 2008-2009 et 2018-2019.

Globalement, les notes de mortalités des branches s'améliorent ente les deux périodes. Cependant, des nuances peuvent être observées :

- Dans la moitié Sud, la situation s'améliore et de façon très nette dans les Alpes et les régions méditerranéennes.
- Dans la moitié Nord, la situation est plutôt stable, avec une légère dégradation dans les plaines du Centre et de l'Est.

Figure 1 : Moyenne des mortalités de branches pour toutes les essences feuillues en 2008-2009 et en 2018-2019



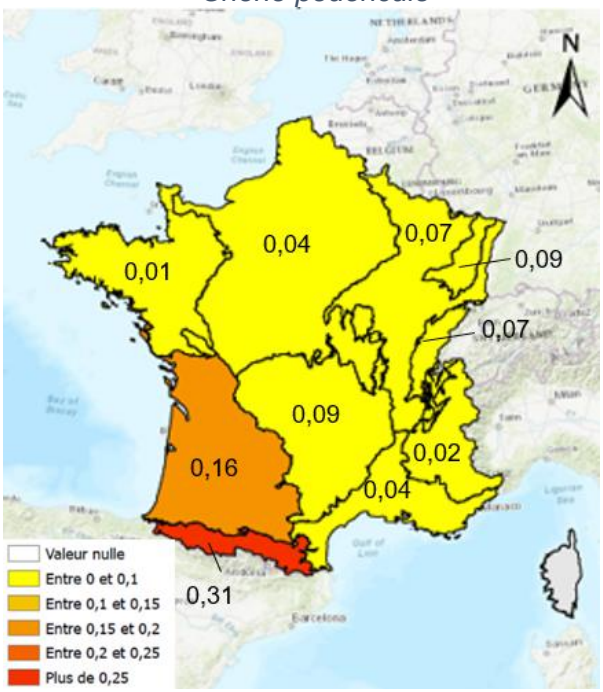
La figure 2 montre l'intensité des dégâts observés en 2018-2019 pour les 7 essences feuillues majeures, en termes de volume sur pied.

D'une essence à l'autre, des nuances apparaissent :

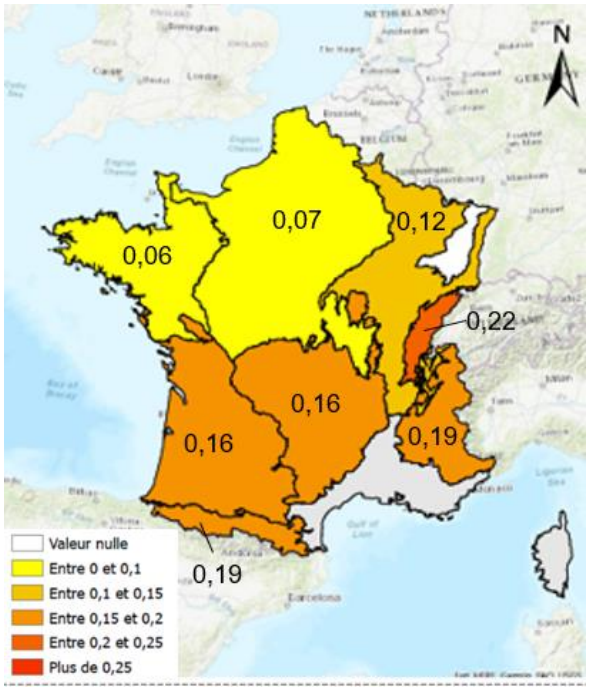
- Pour le chêne pédonculé, le taux de mortalité des branches est plutôt faible, sauf dans le Sud-Ouest où il est un peu plus élevé ;
- Pour le chêne sessile, la situation est un peu plus dégradée que pour le chêne pédonculé, particulièrement du Nord-Est au Sud-Ouest ;
- Pour le hêtre, la mortalité moyenne des branches est localement faible sur cette période, exceptée dans les Vosges, où elle est un peu plus forte et dans le Sud-Ouest, mais la population de hêtre y est très faible ;
- Pour le châtaignier, c'est le quart Sud-Est qui est le plus touché avec des dépérissements importants, particulièrement en Corse ;
- Pour le charme et les grands érables, la situation est globalement correcte ;
- Pour le frêne, c'est le quart Nord-Est de la France qui est plus particulièrement touché, avec également des mortalités relativement élevées dans les Alpes et les Pyrénées.

Figure 2 : Moyenne des mortalités de branches en 2018-2019 pour les principales feuillues par Grande Région Ecologique

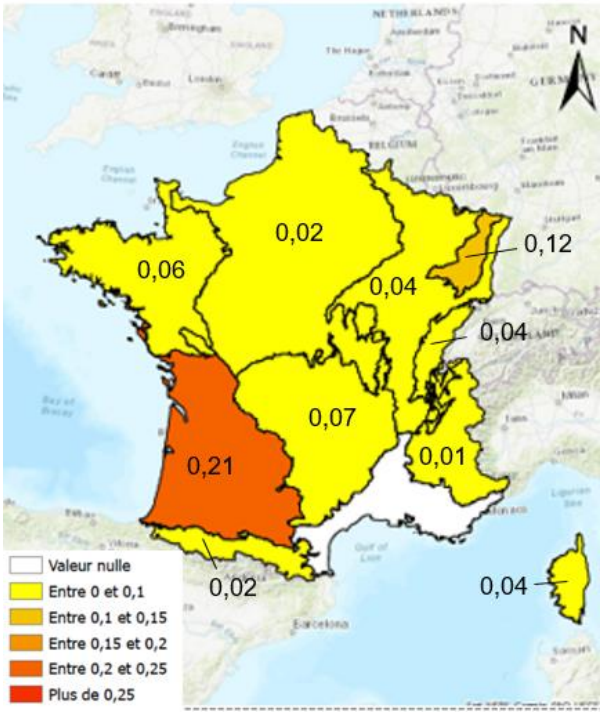
Chêne pédonculé



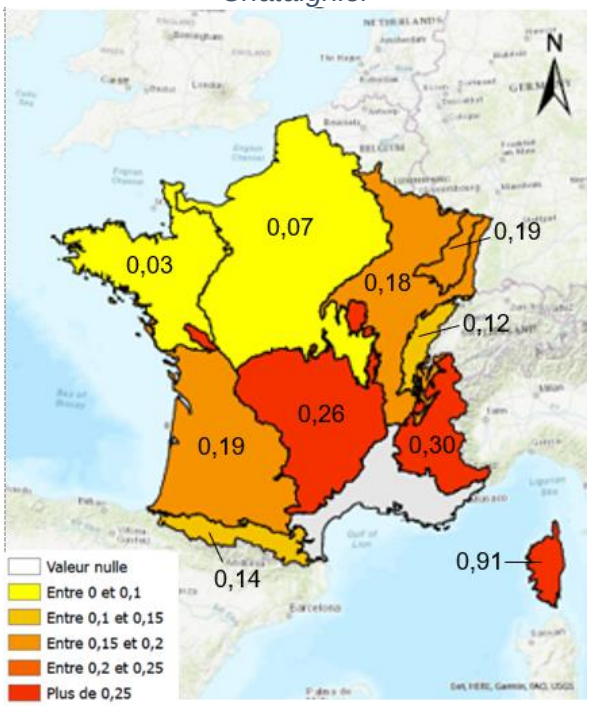
Chêne sessile



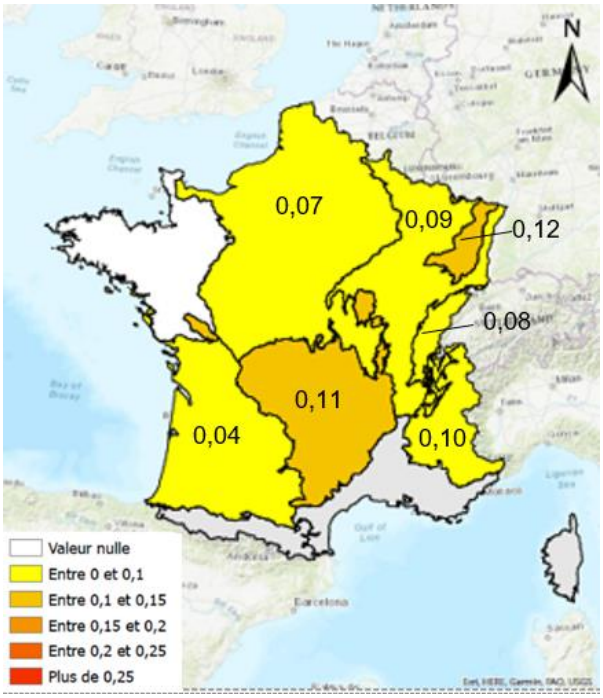
Hêtre



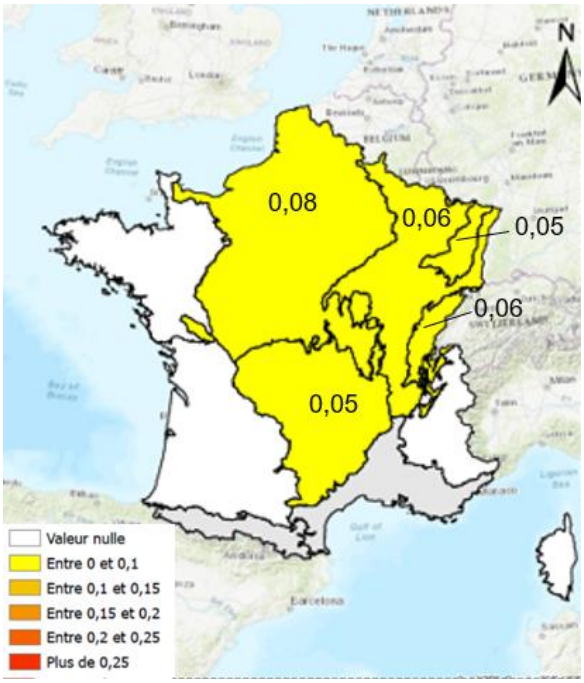
Châtaignier



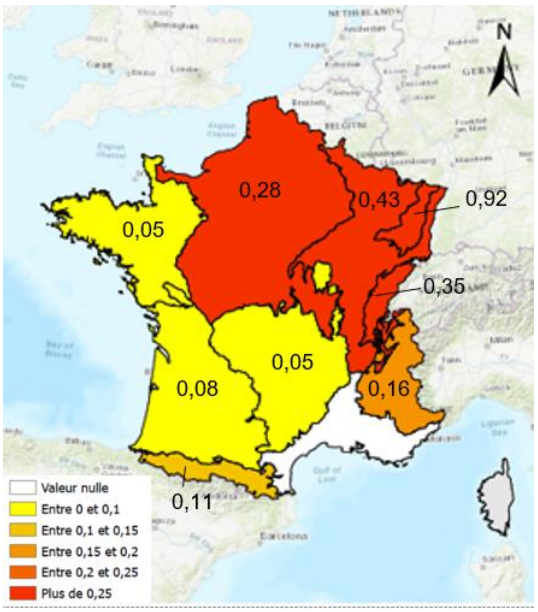
Charme



Grands érables



Frêne

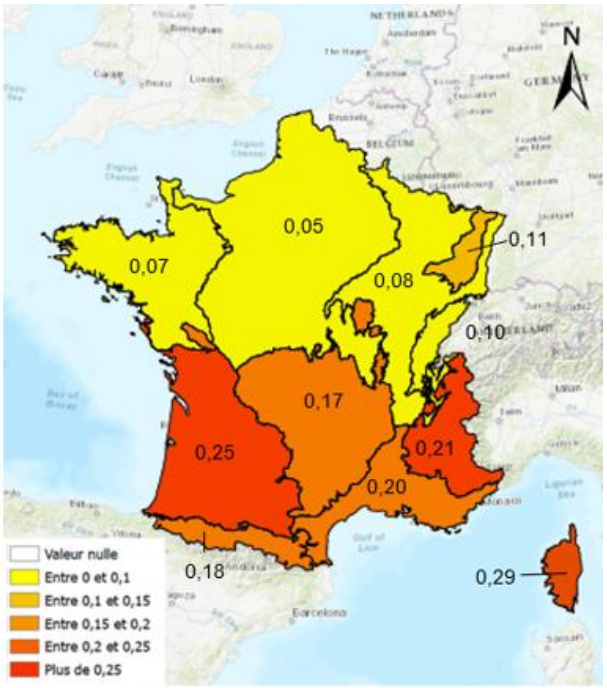


✔ *Essences résineuses*

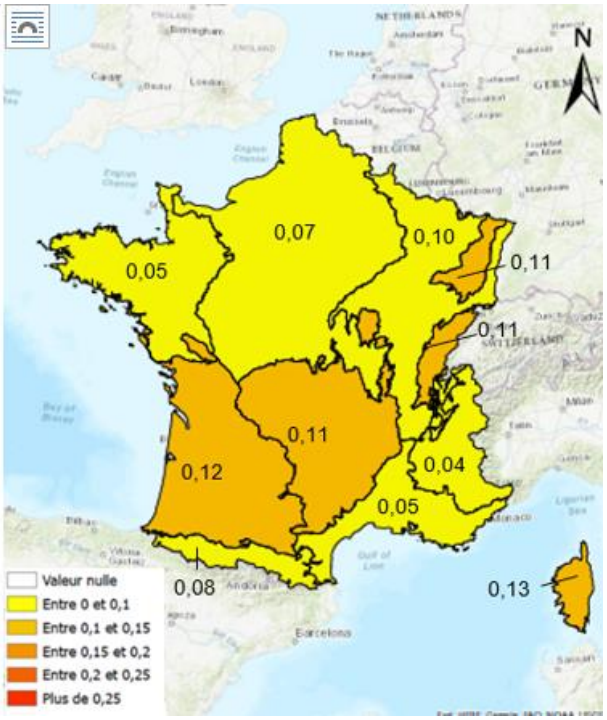
Comme pour les feuillus, la situation de la mortalité des branches au sein des résineux s'améliore entre 2008-2009 et 2018-2019. Cependant, les plaines du Nord-Est (GRECO C) voient leur situation se dégrader très légèrement.

Figure 3 : Moyenne des mortalités des branches pour l'ensemble des essences résineuses en 2008-2009 et en 2018-2019

2008-2009



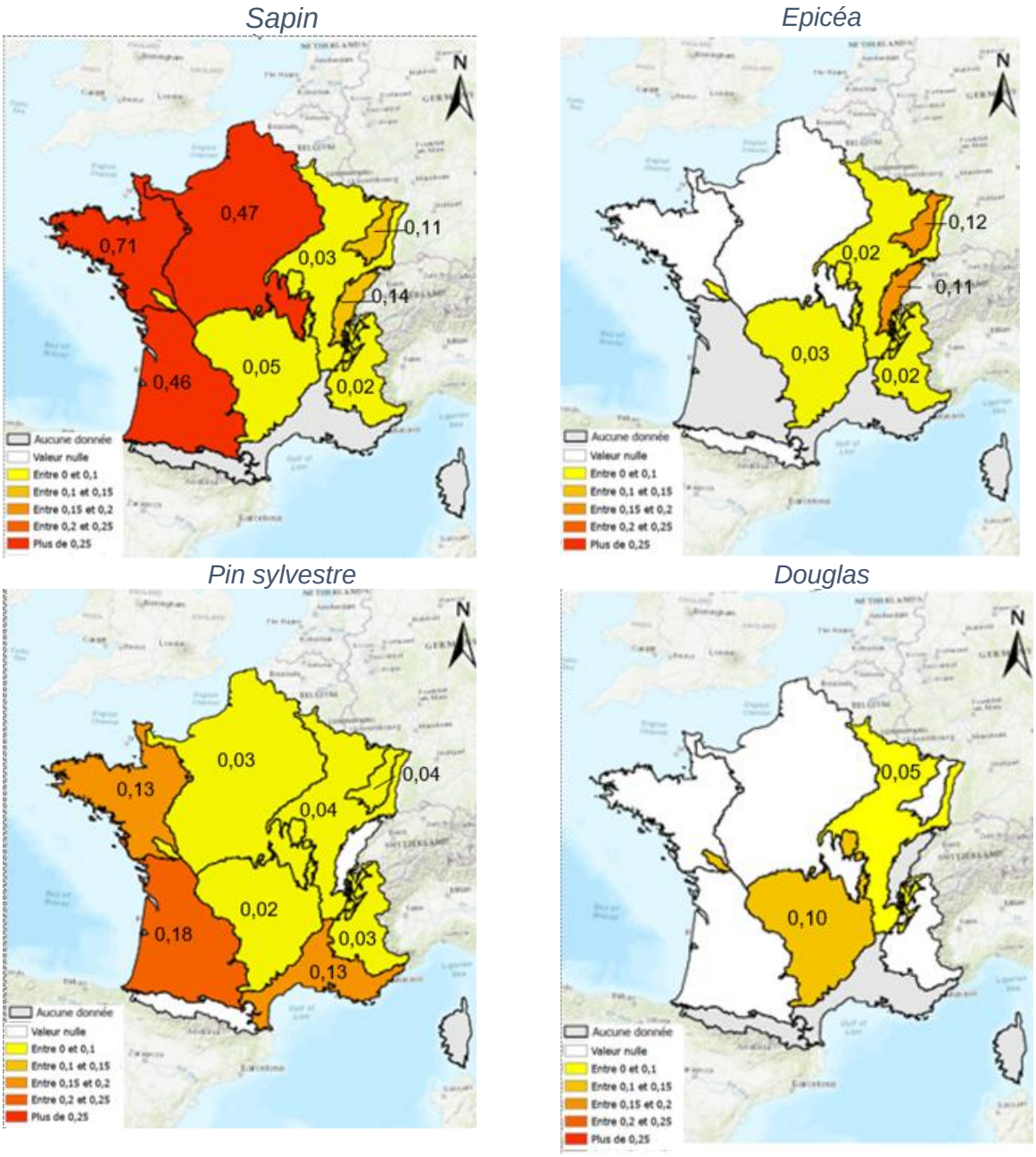
2018-2019



Pour les 4 essences résineuses principales présentes dans le quart Nord-Est, la situation est également contrastée :

- Pour le sapin, la situation est plus contrastée dans la partie Ouest, mais ce n'est pas dans ces régions qu'il est le plus présent, ni surtout le mieux adapté ;
- Pour l'épicéa, à l'inverse, ce sont les régions de l'Est qui sont les plus touchées, et particulièrement les Vosges et le Jura où il est abondant. Les notes de mortalité de branches ne sont cependant pas encore très élevées ;
- Pour le pin sylvestre, ce sont les régions de l'Ouest (où le pin sylvestre n'est pas une essence majeure) et la région méditerranéenne (où il est plus abondant) qui sont les plus touchées ;
- Le Douglas, surtout présent dans le Massif Central y est relativement peu touché par la mortalité des branches.
-

Figure 4 : Moyenne des mortalités de branches en 2018-2019 pour les principales essences résineuses par GRECO



3. Focus sur le hêtre : Etat des lieux dans les régions du Nord et de l'Est de la France

3.1 Objectifs et méthode

L'objectif est de déterminer la répartition des volumes de hêtre fragilisés par les épisodes de sécheresse et nécessitant la récolte d'arbres endommagés.

Parmi les facteurs influençant le dépérissement du hêtre, mis en évidence dans la bibliographie[4], on trouve les facteurs touchant à l'alimentation hydrique, à savoir la réserve utile en eau du sol, la topographie et l'exposition.

A partir des données brutes de l'Inventaire Forestier pour les années 2008 à 2019, nous avons regardé l'évolution de la moyenne des mortalités de branches pour les régions Hauts-de-France, Grand Est et Bourgogne-Franche-Comté.

3.2 Une période de mortalité importante entre 2012 et 2014

Quand on regarde l'évolution des notes de mortalités de branches par année, on remarque tout d'abord, que les notes calculées pour le hêtre sont globalement faibles comparées à d'autres essences (cf. partie 2) et que les variations annuelles peuvent être relativement fortes (cf. figure 5).

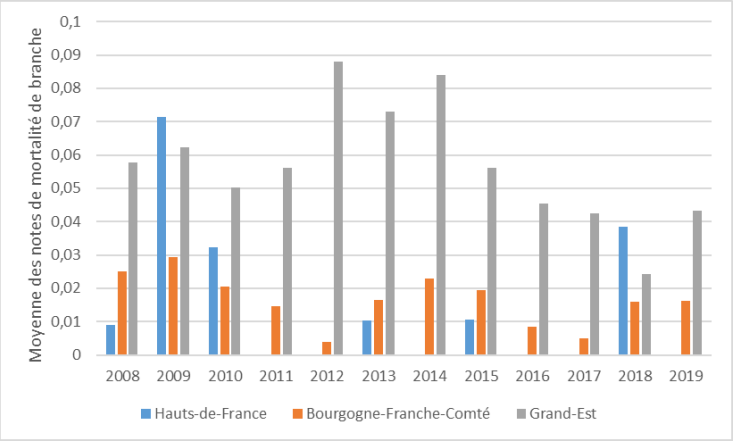
La période 2012 à 2014 a été marquée par une hausse significative des mortalités de branches consécutives à une année très chaude et sèche en 2011 (première année qui ait battu le record de chaleur de 2003).
Les années qui ont suivi, ont été marquées par une baisse progressive de la moyenne de la mortalité de branches. Le minimum a été atteint en 2017 pour la Bourgogne-Franche-Comté, et en 2018 pour le Grand Est. Pour ces deux régions, les années suivantes sont marquées par une augmentation de la mortalité des branches, particulièrement forte en 2019 pour la région Grand Est, mais sans atteindre cependant le niveau atteint en 2014. Les valeurs des Hauts-de-France sont par contre erratiques.

La mortalité des branches n'apparait souvent que l'année suivant le stress hydrique (cf. année sèche de 2011). Il est donc normal que l'augmentation de la mortalité des branches n'ait été observée qu'en 2019, un an après la canicule et la sècheresse de 2018. C'est surtout la région Grand Est qui parait impactée.

Comme l'année 2019 et l'année 2020 ont également été des années chaudes et sèches, il est probable que les campagnes des années 2020 et 2021 montreront également une augmentation des notes moyennes de mortalité de branches, qui continueront d'être observées pendant 2 ans ou plus après la fin de la période d'années caniculaires.

[4] **https://agriculture.gouv.fr/bilans-annuels-en-sante-des-forets** Point sur les dépérissements du hêtre en fin d'année 2020 en Bourgogne-Franche-Comté et Grand Est.

Figure 5 : Moyenne des mortalités des branches par année et par région (certaines années l'absence d'observation de mortalité de branches conduit à une note égale à 0) pour le hêtre

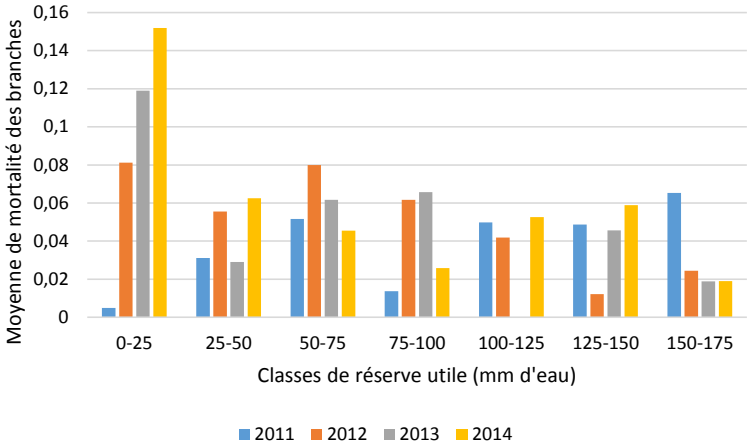


3.3 Influence de la réserve utile en eau

La réserve utile en eau traduit le potentiel du sol à fournir de l'eau aux arbres. Elle est exprimée en mm ; plus elle est élevée, plus la capacité du sol à retenir de l'eau de pluie, puis à le restituer aux plantes est importante.

Comme on l'a déjà dit, le nombre de placettes et d'arbres sur lesquels sont observées des mortalités de branches sont relativement faibles par rapport à l'ensemble des arbres mesurés. Du fait de l'évolution de la mortalité des branches pour le hêtre, les notes des dernières années d'observation, en trop petits nombres, ne peuvent pas mettre en évidence une corrélation entre la réserve utile en eau et la mortalité des branches. Pour vérifier que ce facteur est en lien avec la mortalité des branches, on a donc étudié la corrélation entre ces deux variables pour la période 2011 – 2014, où on a observé une fréquence plus importante de la mortalité des branches.

Figure 6 : Moyenne des mortalités de branches par classe de réserve utile en eau pour la période 2011-2014 pour les régions des Hauts-de-France, du Grand Est et de Bourgogne- Franche-Comté pour le hêtre



On note ainsi qu'une faible réserve utile en eau (0-25 mm) est globalement corrélée positivement avec une mortalité des branches du houppier. De fait, tous les peuplements sur plateau calcaire avec un sol peu profond, sont exposés à un dépérissement en cas de sècheresse. Le risque de mortalité des branches augmente avec la répétition des épisodes de sècheresse.

3.4 Influence de la topographie

La topographie a une incidence sur l'alimentation en eau des arbres : les versants Ouest, Sud et Est étant plus exposés à la sècheresse que les versants Nord ou les fonds de vallée.

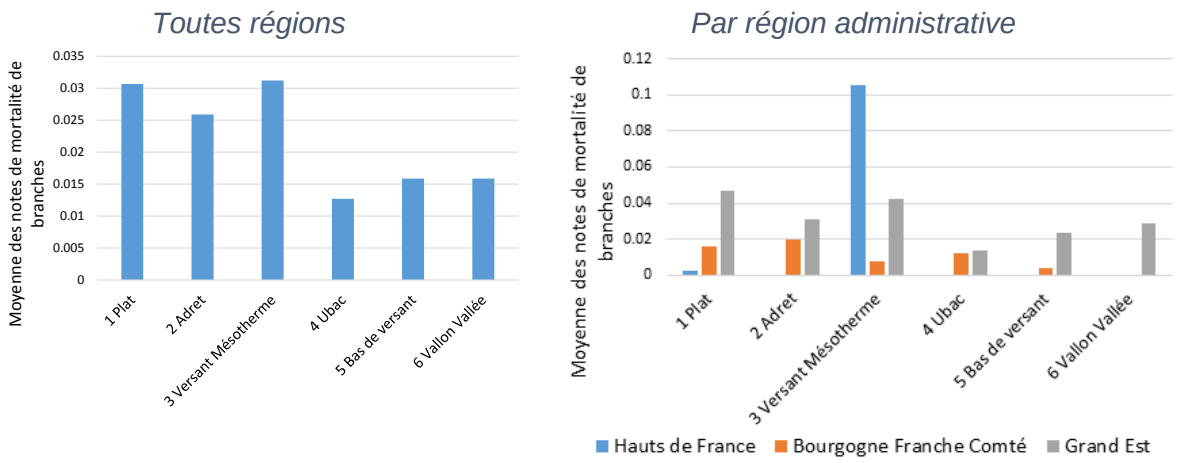
L'indice de topographie calculé dans les données de l'IGN intègre à la fois les conditions de circulation et de rétention de l'eau dans le sol et l'évapotranspiration de l'écosystème à travers l'exposition et le rayonnement solaire.

L'indice topographique est caractérisé par des notes :

- 1 : Plat : Situation de plaine, avec approvisionnement en eau, régulier, pas de contraintes particulières pour les peuplements.
- 2 : Adret : Situation pentue avec une exposition sud. Ces situations combinent les pertes en eau par le ruissellement et une évapotranspiration plus élevée.
- 3 : Versant mésotherme : Situation de pente où les arrivées d'eau et les départs sont équivalents. Seule la pente peut être contraignante, l'ensoleillement est favorable mais non contraignant.
- 4 : Ubac : Situation pentue mais ombragée. Le bilan hydrique y est favorable mais l'ensoleillement peut être limitant. La pente peut aussi être contraignante.
- 5 : Bas de versant : Zone collectrice d'eau souvent avec des sols favorables. Partie inférieure d'un versant.
- 6 : Vallon : Vallée, zone collectrice d'eau, par les versants et cours d'eau. Très bon bilan hydrique et généralement protégées des vents. Dépression encaissée ou très ouverte en fond de vallon.
- 99 : Absence : Position topographique ou pente écologique non renseignée.

Cet indice de topographie a été comparé à la moyenne de mortalité des branches pour les trois régions.

Figure 7 : Moyenne de la mortalité des branches en fonction de l'indice topographique pour les régions des Hauts de France, du Grand Est et de Bourgogne Franche Comté



Si on considère l'ensemble des régions du quart Nord-Est, les peuplements en situation de plat, d'adret et de versant mésotherme (Est et Ouest) présentent une sensibilité à la mortalité accrue. Cette différence est beaucoup moins nette par région administrative, sans doute à cause du faible nombre d'observations par région, mais peut être aussi par des différences climatiques.

3.5 Evaluation des volumes de hêtre potentiellement concernés par le dépérissement et leur localisation

Comme il a été vu plus haut, les peuplements en situation de plat, d'adret et de versant mésotherme présentent une plus forte sensibilité à la mortalité des branches. Pour chaque département et sylvoécorégion, nous avons établi le pourcentage de points IGN qui présentaient un de ces trois facteurs situations. Ce pourcentage a été appliqué au volume de hêtre sur pied pour chaque département et sylvoécorégion.

Tableau 2 : Surface et volume sur pied de hêtre à risque par régions et départements étudiés

Région	Dép.	Surface à hêtre prépondérant[5]		Volume sur pied		Surface à risque	Volume sur pied à risque
		(ha)	Intervalle de confiance	(x 1000 m³)	Intervalle de confiance	(ha)	(x 1000 m³)
Bourgogne-Franche-Comté	Côte-d'Or	54 484	19%	7 691	81%	44 028	6 215
	Doubs	47 304	20%	8 704	74%	35 113	6 461
	Jura	47 617	21%	9 755	72%	34 163	6 998
	Nièvre	11 735	42%	5 017	76%	8 941	3 822
	Haute-Saône	39 793	21%	9 275	85%	33 695	7 854
	Saône-et-Loire	5 265	61%	1 636	81%	4 258	1 323
	Yonne	11 975	43%	1 744	90%	10 768	1 569
	Territoire de Belfort	7 891	45%	1 740	86%	6 802	1 500
Total Bourgogne-Franche-Comté		226 064	9 %	45 561	15 %	177 768	35 741
Grand Est	Ardennes	16 476	37%	3 678	80%	13 204	2 948
	Aube	8 516	51%	1 519	91%	7 779	1 388
	Marne	4 395	74%	1 274	82%	3 585	1 039
	Haute-Marne	53 763	18%	8 023	88%	47 307	7 060
	Meurthe-et-Moselle	40 145	20%	5 050	88%	35 416	4 455
	Meuse	68 427	15%	7 655	89%	61 220	6 849
	Moselle	40 561	20%	8 693	80%	32 641	6 996
	Bas-Rhin	48 582	18%	10 410	66%	32 144	6 888
	Haut-Rhin	32 540	23%	8 224	73%	23 890	6 038
	Vosges	58 495	17%	11 841	77%	45 134	9 137
Total Grand Est		371 900	7%	66 368	11 %	302 321	52 796
Hauts-de-France	Aisne	12 681	38%	2 505	98%	12 443	2 458
	Nord	3 836	77%	789	77%	2 958	608
	Oise	24 642	27%	4 048	76%	18 735	3 077
	Pas-de-Calais	7 129	62%	1 156	71%	5 091	825
	Somme	14 989	36%	2 032	94%	14 089	1 910
Total Hauts-de-France		63 277	18 %	10 529	24 %	53 315	8 879

On constate que l'ensemble du quart Nord-Est de la France présente des sensibilités au dépérissement du hêtre : plus de 80% de la surface et du volume sur pied sont potentiellement sujets à des dépérissements.

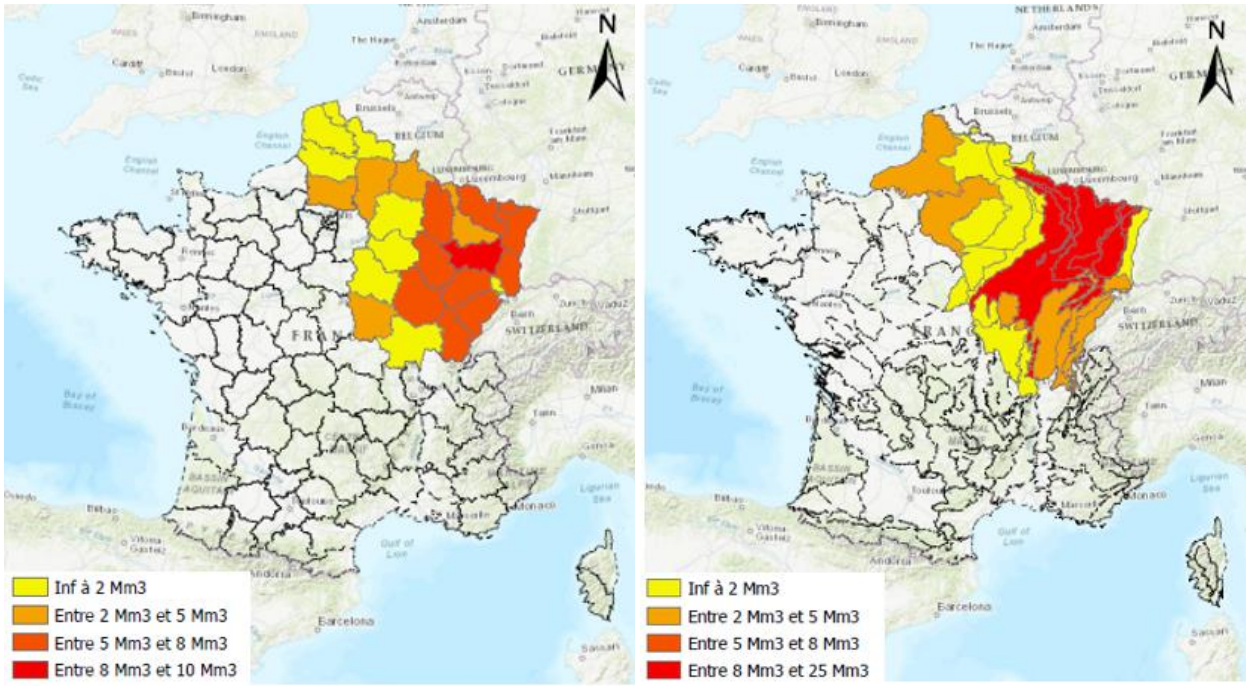
[5] Une essence est dite prépondérante dans un peuplement, si la somme de la projection au sol des houppiers des arbres est la plus grande parmi toutes les autres essences présentes dans la parcelle.

Cela vient du fait que le hêtre est souvent installé sur des sols peu profonds de plateaux calcaires, habituellement bien arrosés par des précipitations estivales d'un climat océanique à océanique continental, voire montagnard. Les accidents climatiques de ces dernières années ont ainsi, révélé la fragilité de ces peuplements, face au réchauffement climatique en cours.

Les deux cartes de la figure 8 indiquent de façon similaire, que les régions Grand Est et Bourgogne-Franche-Comté sont à surveiller particulièrement.

Figure 8 : Répartition des volumes de hêtre sensibles à la mortalité

Par département *Par sylvoécorégion (SER)*



4. Focus sur le frêne : Etat des lieux dans les régions du Nord et de l'Est de la France

4.1 Préambule

Le frêne est attaqué par le champignon *Chalara fraxinea* qui entraine un dépérissement des branches et potentiellement la mort de l'arbre.
Ce champignon a été détecté en France pour la première fois en 2008 en Haute-Saône et se propage vers le Sud-Ouest depuis. On a donc examiné l'évolution de la proportion de la mortalité des branches sur les placettes depuis 2008, selon les régions.

L'INRAE a défini des facteurs de risque de dépérissement [6],[7],[8]. Il apparait ainsi, que les conditions de températures douces et une humidité plutôt élevée, sont favorables au développement du champignon. A contrario, une température supérieure à 30°C ralentit son développement et il ne survit pas longtemps au-delà de 35°C.

[6] https://draaf.bretagne.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/bilan_chalarose_dsf_2020_cle87a218.pdf
[7] https://www.inrae.fr/actualites/chalarose-frene-champignon-invasif
[8] **https://agriculture.gouv.fr/la-chalarose-du-frene-12-ans-apres-la-premiere-detection-en-france**

Les conditions d'une ambiance forestière sont donc plus favorables au développement de la chalarose.

On a donc examiné la relation potentielle entre la mortalité des branches et :

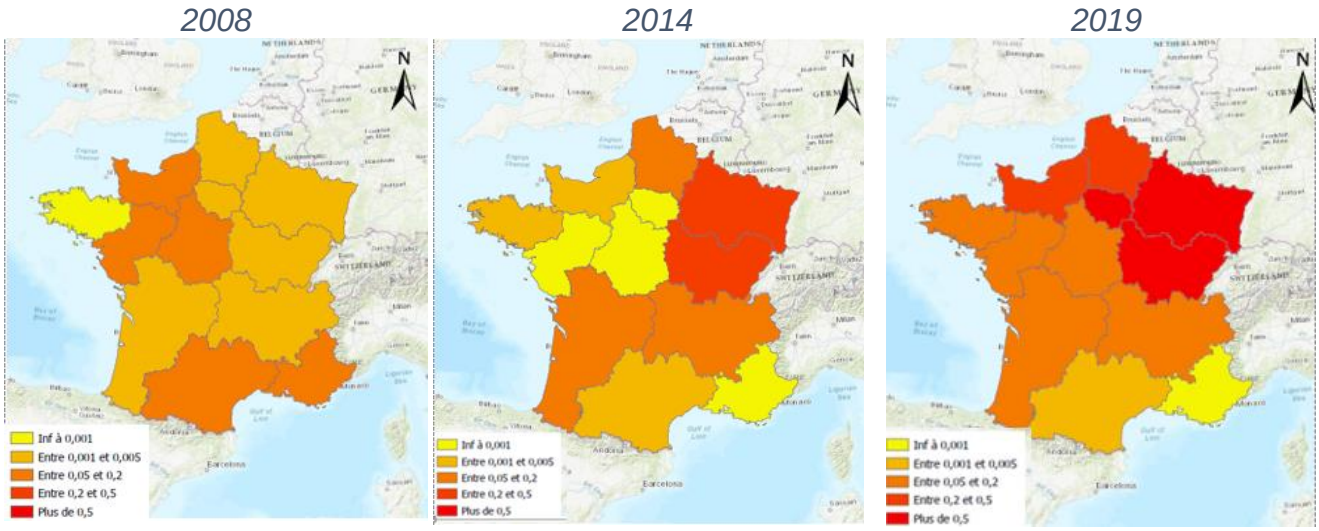
- La réserve utile en eau du sol : une réserve utile élevée étant favorable au développement de la chalarose ;
- L'exposition de la parcelle (une exposition desséchante étant défavorable à la chalarose) ;
- La surface terrière[9] en frêne (les fortes densités de frêne dans les parcelles favorisant la propagation du champignon).

Les zones géographiques répondant à ces critères et les surfaces et volumes associés seront ensuite déterminés, pour évaluer l'ampleur des dégâts existants et potentiels.

4.2 Evolution de la mortalité des branches pour le frêne en France

La mortalité des branches évolue nettement depuis 2008, et particulièrement dans le quart Nord-Est. Cette progression est à corréler avec la diffusion de la chalarose dans les peuplements.

Figure 9 : Evolution de la moyenne de la mortalité des branches pour le frêne par région de 2008 à 2019



En 2008, les mortalités de branches observées (en Occitanie et dans les régions de l'Ouest) sont dues à des facteurs abiotiques, comme les sècheresses et canicules. Mais à partir de 2014 et surtout de 2018, on observe très nettement l'incidence de la chalarose sur la mortalité des branches, avec des notes moyennes de plus de 0,5 dans tout le quart Nord-Est et jusqu'en Normandie.
En revanche, les mortalités de branches régressent dans la partie Sud de la France, peut-être à cause des étés très chauds de ces dernières années.

[9] La surface terrière représente la surface cumulée à l'hectare de la section à 1,3 m de tous les arbres d'un peuplement. Elle est très liée au volume sur pied du peuplement. La surface terrière d'un peuplement feuillu adulte est de l'ordre de 20 m^2/ha.

La chalarose occasionne donc un danger potentiel marqué pour les bûcherons des régions Grand Est, Bourgogne-Franche-Comté, Ile-de-France, mais aussi des Hauts-de-France, Normandie et Centre-Val-de-Loire.

4.3 Relation entre la proportion de frêne dans le peuplement et la mortalité des branches.

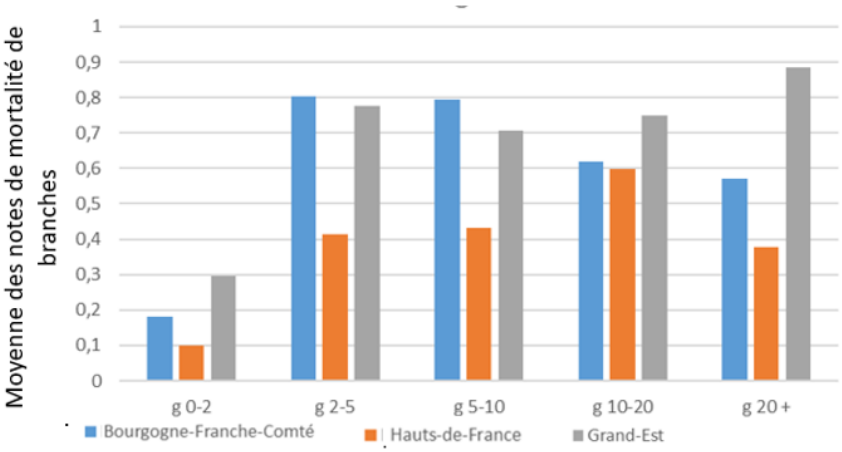
L'INRAE a mis en évidence une relation nette, entre la densité des arbres et l'intensité des dégâts de la chalarose.

La proportion de frêne dans le peuplement peut être marquée par le niveau absolu de surface terrière, ou la proportion de celle-ci dans l'ensemble du peuplement.

4.3.1 *Relation entre surface terrière et mortalité des branches*

On a étudié ici la relation entre la mortalité moyenne des branches des frênes présents dans les peuplements et leur surface terrière dans ces mêmes peuplements.

Figure 10 : Moyenne de la mortalité des branches par classe de surface terrière du frêne dans les placettes d'inventaire ($m^2.ha^{-1}$)



La note moyenne de mortalité des branches augmente nettement au-delà de 2 m^2/ha.

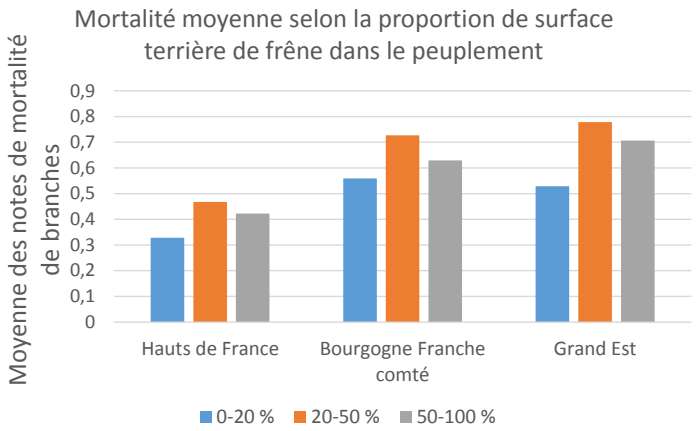
Une surface terrière de 2 m^2/ha correspond soit à des arbres très petits, soit à un faible nombre d'arbres à l'hectare, c'est-à-dire un peuplement où le frêne n'est pas pur. Par ailleurs, plus le diamètre des frênes augmente, plus le nombre de frênes possible à l'hectare doit diminuer pour rester au-dessous du seuil de 2 m^2/ha et ainsi garder un faible risque de développement de la chalarose. Ainsi, une surface terrière de 2 m^2/ha représente 250 arbres de 10 cm de diamètre, ou 60 arbres de 20 cm, ou 16 arbres de 40 cm.

4.3.2 *Influence de la proportion de frêne dans le peuplement*

D'après les travaux de l'INRAE, les peuplements où le frêne est l'essence dominante sont plus sensibles à la chalarose, car la pression de l'inoculum y est plus forte. Les peuplements où il ne constituerait que 20% des arbres seraient moins attaqués.

Dans les données IGN, on a calculé la proportion de la surface terrière de frêne dans la surface terrière totale des peuplements pour distinguer les peuplements où celle-c,i représente moins de 20%.

Figure 11 : Variation de la moyenne des notes de mortalité en fonction de la proportion de frêne dans les peuplements



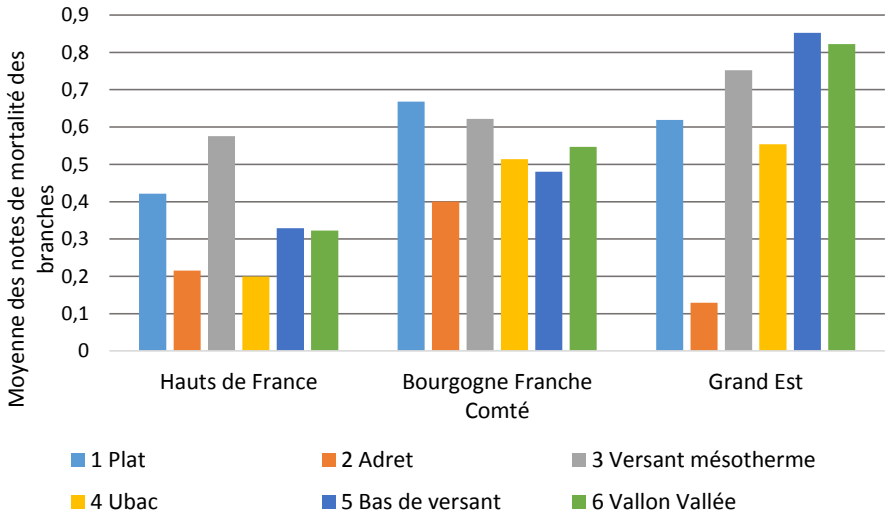
On constate ainsi, que là où les frênes constituent une petite part du peuplement, ils sont un peu moins attaqués par la chalarose. Cependant la différence est moins marquée, que si on considère la surface terrière en valeur absolue.

4.4 Influence de la topographie

Les études de l'INRAE montrent que l'humidité de l'air et une ambiance forestière favorisent le développement du champignon.
La position topographique joue sur le microclimat de la station où se trouve le frêne : les peuplements plutôt exposés au Sud sont dans une ambiance globalement plus chaude et sèche que les autres, et de ce fait moins sensibles à la chalarose.

L'indice de topographie calculé dans les données de l'IGN déjà utilisé pour le hêtre (chapitre 3.4) a été comparé avec la moyenne de mortalité des branches.

Figure 12 : Moyenne de la mortalité des branches en fonction de l'indice topographique



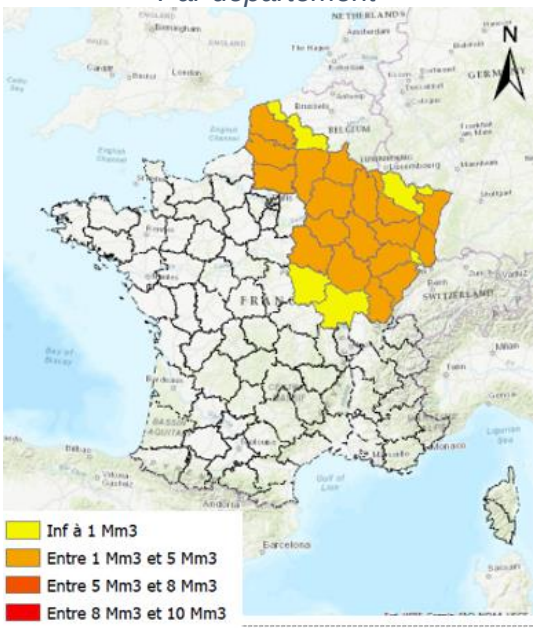
Les peuplements en situation d'Adret sont plutôt moins touchés car les conditions plus sèches limitent le développement de la chalarose. Cependant, ces peuplements représentent moins de 10% de l'ensemble des peuplements de frêne.

4.5 Evaluation des volumes de frêne potentiellement concernés par le dépérissement et leur localisation

Comme il a été établi ci-dessus, les peuplements où le frêne est l'essence dominante et situés dans une ambiance relativement fraiche et humide (le plus souvent cela va ensemble) sont plus sensibles à la chalarose, car la pression de l'inoculum est plus forte. Ainsi, nous avons représenté par département et sylvoécorégion les volumes des peuplements les plus à risques, c'est dire les peuplements n'étant pas en position topographique d'adret et présentant une surface terrière de plus de 2 m²/ha.

Figure 13 : Volume de bois sur pied où le frêne est l'essence principale

Par département



Par SER

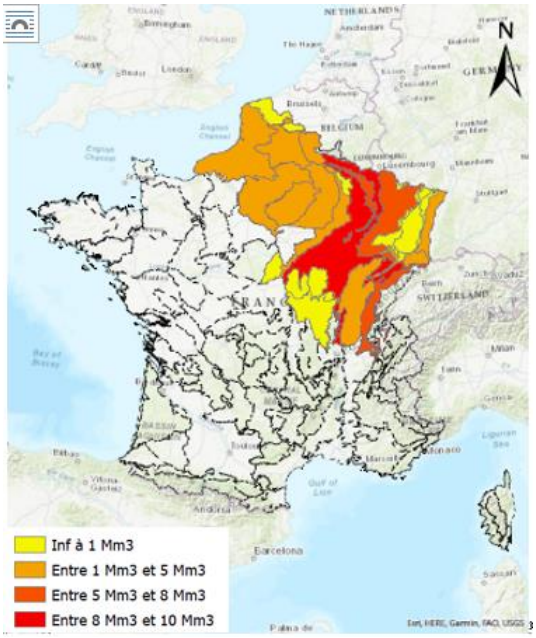


Tableau 3 : Surface et volume sur pied de frêne à risque par régions et départements étudiés

Région	Dép.	Surface à frêne prépondérant		Volume sur pied		Surface à risque	Volume sur pied à risque
		(ha)	Intervalle de confiance (%)	(x 1000 m3)	Intervalle de confiance (%)	(ha)	(x 1000 m3)
Bourgogne-Franche-Comté	Côte-d'Or	14 680	40	2 863	36	7 394	1 442
	Doubs	13 233	42	3 863	28	4 235	1 236
	Jura	20 001	34	3 853	27	9 868	1 901
	Nièvre	3 908	99	581	95	2 176	323
	Haute-Saône	10 628	48	2 172	37	5 936	1 213
	Saône-et-Loire	3 465	75	535	89	2 307	356
	Yonne	7 195	180	1 233	51	6 470	674
	Territoire de Belfort	1 426	67	438	61	456	139
Total Bourgogne Franche-Comté		149 072	18 %	15 539	24 %	38 842	7 287
Grand Est	Ardennes	12 371	46	2 117	51	7 329	1 254
	Aube	12 282	42	2 043	49	8 626	1 435
	Marne	18 405	33	3 211	35	12 757	2 225
	Haute-Marne	14 662	40	3 539	34	8 456	2 041
	Meurthe-et-Moselle	10 802	46	2 079	47	8 146	1 568
	Meuse	10 549	48	2 410	39	4 785	1 093
	Moselle	4 174	82	1 279	44	1 424	436
	Bas-Rhin	11 393	46	1 639	46	7 352	1 057
	Haut-Rhin	7 857	58	2 850	54	4 481	1 625
	Vosges	6 078	61	3 141	52	2 301	1 189
Total Grand Est		108 573	15 %	24 309	23%	65 657	13 926
Hauts-de-France	Aisne	19 489	34	3 534	29	12 011	2 178
	Nord	3 600	112	769	81	2 139	457
	Oise	8 751	47	1 800	38	4 097	842
	Pas-de-Calais	8 002	59	1 254	46	4 401	690
	Somme	11 872	43	1 364	45	8 661	995
Total Hauts-de-France		51 714	21 %	8 722	32 %	31 309	5 163

Ainsi, 60% des peuplements de Hauts-de-France et de Grand-Est sont potentiellement à risque contre 20% en Bourgogne-Franche-Comté.

Si on constate que l'ensemble du quart Nord-Est de la France présente des sensibilités fortes à la chalarose ; les plateaux calcaires du Nord-Est qui recouvrent les départements de la Meuse à la Côte-d'Or sont particulièrement à surveiller.

5. Conclusions

La mortalité des branches, notée systématiquement par les équipes de l'Inventaire Forestier de l'IGN est un bon indicateur de la fragilisation des arbres et de la dangerosité de leur exploitation. Cependant, dans le cas des épisodes de sècheresse et de canicule observés en 2018, 2019 et 2020, la mortalité des branches n'a commencé à apparaitre qu'en 2019, date des dernières observations disponibles, et a dû s'intensifier en 2020. Elle devrait se poursuivre en 2021 et au-delà. Les dernières observations disponibles ne montrent donc que le début du phénomène.

L'analyse de leur évolution dans le temps, depuis 2008 où elle a commencé à être renseignée, jusqu'à 2019 montre des évolutions annuelles importantes. Globalement, toutes les essences sont plus touchées dans le Sud de la France en début de période, puis leur état s'améliore dans ces régions, mais se dégrade dans le Nord-Est.

Pour le hêtre dans les régions des Hauts-de-France, du Grand Est et de Bourgogne-Franche-Comté, le taux de mortalité des branches connait un pic pendant la période 2012-2014 à la suite de l'année chaude et sèche 2011, puis diminue fortement jusqu'en 2018. Elle ne remonte que légèrement en 2019, essentiellement dans le Grand Est. Au regard de la répartition des mortalités par classe de réserve utile en eau, on note qu'une réserve utile faible (0-25 mm) est corrélée positivement avec une forte mortalité des branches. Les peuplements en situation topographique de plat, d'adret et de versant mésotherme présentent également une plus forte sensibilité à la mortalité des branches.

Pour le frêne, les peuplements en situation d'adret sont globalement moins touchés, car les conditions plus sèches limitent le développement de la chalarose. Les peuplements où le frêne n'est pas l'essence principale, sont également moins touchés. A l'inverse, les peuplements situés sur des sols ou dans des situations topographiques bien alimentés en eau sont plus touchés par la chalarose, de même que les peuplements où la densité de frêne est élevée.

Sur la base de ces critères, on peut évaluer les surfaces et les volumes des peuplements à risque à :

- Pour le hêtre : 533 000 ha et 97 millions de m^3 de bois sur pied ;
- Pour le frêne : 135 000 ha et 26 millions de m^3 de bois sur pied.

Aucune région n'est complètement épargnée par ces risques, mais ils sont plus marqués :

- Pour le hêtre principalement dans le département des Vosges, mais également de façon marquée dans les départements à l'Est d'une ligne allant de la Meuse au département du Jura ;
- Pour le frêne : dans l'ensemble des départements du quart Nord-Est, hormis la Saône et Loire et la Nièvre.

Annexe 1

Moyenne des notes de branches mortes : feuillus

Chêne pédonculé

	2008-2009	2010-2011	2012-2013	2014-2015	2016-2017	2018-2019
A - Grand Ouest	0,09	0,09	0,10	0,05	0,09	0,06
B - Centre Nord	0,08	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07
C - Grand Est	0,14	0,09	0,09	0,11	0,17	0,12
D - Vosges	0,06	0,06	0,04	0,17	-	-
E - Jura	0,18	0,12	0,07	0,18	0,08	0,22
F - Sud-Ouest	0,29	0,31	0,38	0,18	0,22	0,16
G - Massif Central	0,21	0,20	0,20	0,12	0,11	0,16
H - Alpes	0,07	-	-	-		0,19
I - Pyrénées	0,29	0,12	0,29	0,26	0,20	0,19
Total général	**0,16**	**0,14**	**0,16**	**0,11**	**0,12**	**0,11**

Chêne sessile

	2008-2009	2010-2011	2012-2013	2014-2015	2016-2017	2018-2019
A - Grand Ouest	0,08	0,01	0,05	0,09	0,02	0,01
B - Centre Nord	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
C - Grand Est	0,12	0,09	0,07	0,08	0,05	0,07
D - Vosges	0,12	0,05	0,14	0,09	0,04	0,09
E - Jura	0,26	0,13	0,09	0,06	0,05	0,07
F - Sud-Ouest	0,23	0,28	0,23	0,09	0,15	0,16
G - Massif Central	0,18	0,12	0,10	0,10	0,07	0,09
H - Alpes	0,07	0,03	0,06	0,07	0,15	0,02
I - Pyrénées	0,27	0,26	0,19	0,11	0,08	0,31
J - Méditerranée	-				0,12	0,04
Total général	**0,10**	**0,08**	**0,07**	**0,06**	**0,05**	**0,06**

Hêtre

	2008-2009	2010-2011	2012-2013	2014-2015	2016-2017	2018-2019
A - Grand Ouest	0,03	0,03	0,10	0,05	0,03	0,06
B - Centre Nord	0,07	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02
C - Grand Est	0,04	0,06	0,04	0,06	0,05	0,04
D - Vosges	0,16	0,12	0,12	0,16	0,10	0,12
E - Jura	0,03	0,01	0,02	0,03	0,02	0,04
F - Sud-Ouest	0,25	-	0,24	0,10	0,03	0,21
G - Massif Central	0,06	0,04	0,05	0,03	0,05	0,07
H - Alpes	0,10	0,06	0,10	0,04	0,02	0,01
I - Pyrénées	0,09	0,10	0,13	0,11	0,03	0,02
J - Méditerranée	0,18	0,01	-	-	0,02	-
K - Corse	0,09	0,19	0,28	0,15	0,34	0,04
Total général	**0,08**	**0,06**	**0,07**	**0,06**	**0,05**	**0,05**

Châtaignier

	2008-2009	2010-2011	2012-2013	2014-2015	2016-2017	2018-2019
A - Grand Ouest	0,053433	0,073783	0,104091	0,067016	0,043904	0,033201
B - Centre Nord	0,06	0,06	0,05	0,05	0,03	0,07
C - Grand Est	0,18	0,11	0,14	0,11	0,25	0,18
D - Vosges	-	0,02	-	0,31	-	0,19
E - Jura	0,25	0,10	-		0,09	0,12
F - Sud-Ouest	0,36	0,26	0,39	0,16	0,26	0,19
G - Massif Central	0,38	0,37	0,32	0,22	0,23	0,26
H - Alpes	0,45	0,19	0,26	0,10	0,23	0,30
I - Pyrénées	0,46	0,29	0,63	0,28	0,27	0,14
J - Méditerranée	0,41	1,31	0,71	0,28	0,52	-
K - Corse	1,04	1,47	0,75	1,26	1,05	0,91
Total général	**0,31**	**0,26**	**0,28**	**0,18**	**0,21**	**0,19**

Charme

	2008-2009	2010-2011	2012-2013	2014-2015	2016-2017	2018-2019
A - Grand Ouest	-	0,14	0,01	-	0,03	-
B - Centre Nord	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,07
C - Grand Est	0,05	0,05	0,06	0,06	0,04	0,09
D - Vosges	0,02	0,03	0,04	-	0,03	0,12
E - Jura	0,18	0,04	0,07	0,05	0,05	0,08
F - Sud-Ouest	0,14	0,08	0,12	0,06	0,07	0,04
G - Massif Central	0,09	0,05	0,15	0,06	0,02	0,11
H - Alpes	0,14	0,18	-	-	0,12	0,10
I - Pyrénées		1,02	0,16		-	
Total général	**0,06**	**0,05**	**0,06**	**0,05**	**0,04**	**0,08**

Erables

	2008-2009	2010-2011	2012-2013	2014-2015	2016-2017	2018-2019
B - Centre Nord	0,04	0,00	0,01	0,03	0,02	0,08
C - Grand Est	0,02	0,00	0,16	0,11	0,08	0,06
D - Vosges	0,36	0,04	0,11	0,22	0,04	0,05
E - Jura	-	-	0,13	0,01	-	0,06
G - Massif Central	0,04	-	0,12	-	0,02	0,05
H - Alpes	0,02	0,01	0,01	-	0,12	-
I - Pyrénées	0,56			0,07		
Total général	**0,07**	**0,01**	**0,07**	**0,07**	**0,04**	**0,06**

Frêne

	2008-2009	2010-2011	2012-2013	2014-2015	2016-2017	2018-2019
A - Grand Ouest	0,35	0,04	0,01	0,06	0,03	0,05
B - Centre Nord	0,03	0,03	0,03	0,10	0,09	0,28
C - Grand Est	0,04	0,04	0,10	0,27	0,31	0,43
D - Vosges	-	0,08	0,31	0,38	0,29	0,92
E - Jura	0,03	0,02	0,04	0,14	0,15	0,35
F - Sud-Ouest	0,23	0,20	0,06	0,05	0,00	0,08
G - Massif Central	0,10	0,08	0,06	0,07	0,06	0,05
H - Alpes	0,09	0,09	0,03	0,11	0,21	0,16
I - Pyrénées	0,17	0,15	0,24	0,08	0,02	0,11
J - Méditerranée		0,12	-	0,21	-	-
K - Corse		0,36				
Total général	**0,07**	**0,06**	**0,08**	**0,15**	**0,15**	**0,25**

Annexe 2

Moyenne des notes de branche morte : Résineux

Pin maritime

	2008-2009	2010-2011	2012-2013	2014-2015	2016-2017	2018-2019
A - Grand Ouest	0,04	0,04	0,08	0,01	0,03	-
B - Centre Nord	0,04	0,02	0,06	0,02	0,00	-
C - Grand Est	-	-			-	
F - Sud-Ouest	0,17	0,14	0,11	0,11	0,04	0,11
G - Massif Central	0,26	0,29	0,30	-	0,47	0,06
H - Alpes	-					
I - Pyrénées						
J - Méditerranée	0,19	-	-	-	-	-
K - Corse	0,03	-	-	-	0,36	-
Total général	**0,12**	**0,09**	**0,10**	**0,07**	**0,06**	**0,06**

Pin sylvestre

	2008-2009	2010-2011	2012-2013	2014-2015	2016-2017	2018-2019
A - Grand Ouest	-	-	0,12	0,02	-	0,13
B - Centre Nord	0,01	0,03	0,04	0,02	0,01	0,03
C - Grand Est	0,07	0,10	0,05	0,11	0,03	0,04
D - Vosges	0,02	0,05	0,15	0,02	0,02	0,04
E - Jura	-	-	-	0,04	-	-
F - Sud-Ouest	0,21	0,23	0,13	-	-	0,18
G - Massif Central	0,08	0,08	0,03	0,02	0,03	0,02
H - Alpes	0,23	0,10	0,12	0,03	0,06	0,03
I - Pyrénées	0,18	-	0,06	-	0,17	-
J - Méditerranée	0,14	0,20	0,10	-	0,13	0,13
Total général	**0,11**	**0,08**	**0,07**	**0,03**	**0,03**	**0,04**

Sapin

	2008-2009	2010-2011	2012-2013	2014-2015	2016-2017	2018-2019
A - Grand Ouest	-	0,05	0,03	0,20	0,20	0,71
B - Centre Nord	0,38	0,12		1,00	-	0,47
C - Grand Est	-	0,07	0,01	0,03	0,03	0,03
D - Vosges	0,14	0,05	0,19	0,16	0,07	0,11
E - Jura	0,03	0,01	0,09	0,07	0,02	0,14
F - Sud-Ouest					-	0,46
G - Massif Central	0,11	0,08	0,03	0,03	0,00	0,05
H - Alpes	0,09	0,00	0,03	0,01	0,03	0,02
I - Pyrénées	0,10	0,08	0,07	0,15	0,02	-
Total général	**0,09**	**0,05**	**0,08**	**0,09**	**0,04**	**0,10**

Epicéa

	2008-2009	2010-2011	2012-2013	2014-2015	2016-2017	2018-2019
A - Grand Ouest	-	-	0,09	-	-	-
B - Centre Nord	0,12	0,07	-	0,01	-	-
C - Grand Est	0,01	0,04	0,10	0,08	0,09	0,02
D - Vosges	0,03	0,03	0,09	0,02	0,17	0,12
E - Jura	0,05	0,03	0,04	0,06	0,01	0,11
F - Sud-Ouest					-	
G - Massif Central	0,02	0,02	0,07	0,04	0,01	0,03
H - Alpes	0,05	0,05	0,03	0,03	0,01	0,02
I - Pyrénées	-	-	0,33	-	-	-
J - Méditerranée				-		
Total général	**0,04**	**0,04**	**0,06**	**0,04**	**0,04**	**0,06**

Douglas

	2008-2009	2010-2011	2012-2013	2014-2015	2016-2017	2018-2019
A - Grand Ouest	-	-	-	-	-	-
B - Centre Nord	0,06	0,07	-	0,03	0,01	-
C - Grand Est	0,02	-	-	-	-	0,05
D - Vosges	-	0,03	-	0,02	-	-
E - Jura		-	-	-	0,07	
F - Sud-Ouest	0,11	-	-	-	-	-
G - Massif Central	0,06	0,09	0,08	0,01	0,02	0,10
I - Pyrénées	-	0,68	-	-	-	-
J - Méditerranée		-				
Total général	**0,05**	**0,06**	**0,04**	**0,01**	**0,01**	**0,06**

Pin maritime

Étiquettes de lignes	2008-2009	2010-2011	2012-2013	2014-2015	2016-2017	2018-2019
A - Grand Ouest	0,04	0,04	0,08	0,01	0,03	-
B - Centre Nord	0,04	0,02	0,06	0,02	0,00	-
C - Grand Est	-	-			-	
F - Sud Ouest	0,17	0,14	0,11	0,11	0,04	0,11
G - Massif Central	0,26	0,29	0,30	-	0,47	0,06
H - Alpes	-					
I - Pyrénées						
J- Méditerranée	0,19	-	-	-	-	-
K - Corse	0,03	-	-	-	0,36	-
Total général	**0,12**	**0,09**	**0,10**	**0,07**	**0,06**	**0,06**