

LES RESULTATS 2005 DU RESEAU EUROPEEN DE SUIVI DES DOMMAGES FORESTIERS

Louis-Michel Nageleisen, DSF antenne spécialisée (Champenois), Jean-Pierre Renaud, IFN

2005 results from the European Network for Forest Damage Monitoring – *In 2005, the French forest condition survey included 10129 trees from 509 permanent points. The vegetation season was marked by a third consecutive dry summer, especially in the Southern part of the country. At the national level, several species have shown slight increases in defoliation. Broad-leaved trees remained at a higher defoliation level than conifers. The number of discoloured trees carried on decreasing, remaining at a relatively low level. The 2005 growing season was marked by a decrease of the mortality rate which was still relatively high. Since 2002, the species that have been suffering from the most intense defoliations are chestnut, beech, sessile and green oaks, as well as spruce. Nevertheless, these tendencies mask regional variabilities. Stressing agents were mentioned on a third of trees. Insects were mostly mentioned through caterpillars, *Coroebus bisfasciatus* on oaks, and *Orchestes fagi* on beech, as well as several other insect damages affecting crown condition. For pathogens, an increase in *Microsphaera alphitoides* on pedunculate oak was observed. *Cryphonectria parasitica* remains present on chestnut (affecting 14 % of trees) and *Melampsora* spp. on poplars. Drought damages and other abiotic damages were mentioned on a large number of trees (10-35%), mainly beech, green and pubescent oaks, chestnuts, poplars and birches, as well as on Aleppo and Scots pines. These results emphasises the importance of the European Network for monitoring forest health.*

L'année 2005 est la 17^{ème} année d'observation de la partie française du réseau européen de suivi des dommages forestiers. Ce réseau comprend actuellement 557 placettes potentielles dont 509 ont fait l'objet d'une visite en 2005 (les placettes non observées sont situées dans des peuplements dont la hauteur est insuffisante pour qu'elle soit notée). 10 129 tiges ont été observées en 2005 dont 5 892, soit 58 %, font partie de l'échantillon de 1989.

En application des directives du programme Forest Focus, chaque arbre depuis 2005 fait l'objet d'une notation détaillée des symptômes et causes de dommages pouvant affecter sa santé : mortalité de branches, coloration anormale ainsi que les autres symptômes (chancre, blessure,...) ou causes de dommages (chenilles défoliatrices, champignons pathogènes,...). Pour chacun de ces critères, l'organe affecté est décrit et une estimation qualitative d'importance en classe de 10 % est donnée. Le déficit foliaire par rapport à un arbre de référence est noté en classe de 5 %, comme à l'habitude, à la fin de la phase d'observation de l'arbre-échantillon.

La réalisation de ces observations par des notateurs ayant une bonne compétence phytosanitaire (ils sont pratiquement tous correspondants-observateurs du DSF par ailleurs) garantit un bon niveau de diagnostic.

Dans la suite, la médiane et la moyenne seront utilisées pour la présentation des résultats, du fait des particularités des données (distribution non normale, variables en classe d'amplitude 5 ou 10) (Renaud et Nageleisen, 2003). Les évolutions interannuelles seront privilégiées, tout en gardant en tête que la moyenne, qui est un descripteur synthétique sensible aux valeurs extrêmes, doit être considérée avec prudence, d'autant plus que les notes de chaque critère ne sont pas des variables continues. Nous abandonnons la notion de pertes foliaires sévères (déficit foliaire > 25 %) qui n'a pas de signification physiologique démontrée. Cependant, pour assurer une continuité et une



comparabilité avec des écrits antérieurs ou étrangers, le tableau récapitulatif par essence (tableau 2) présente ce critère.

- ❑ le "déficit foliaire moyen" est la moyenne arithmétique des notations de déficit foliaire de l'ensemble des arbres de l'échantillon considéré ;
- ❑ la médiane est la valeur pour laquelle 50 % des effectifs ont une valeur de déficit foliaire inférieure et 50 % des effectifs ont une valeur supérieure, le premier quartile est la valeur pour laquelle 25 % des effectifs ont une valeur de déficit foliaire inférieure et 75 % des effectifs ont une valeur supérieure et le troisième quartile est la valeur pour laquelle 75 % des effectifs ont une valeur de déficit foliaire inférieure et 25 % des effectifs ont une valeur supérieure ;
- ❑ les variations de ces critères signalées dans le texte sont des variations absolues des valeurs observées en 2005 par rapport aux valeurs observées les années antérieures. Elles sont quelquefois suivies de l'écart type ;
- ❑ sans indication de la ou des régions écologiques, les chiffres concernent l'échantillon national.

À l'échelle nationale, les déficits foliaires augmentent globalement depuis 2001

Alors qu'une diminution des déficits foliaires a été globalement observée de 1998 à 2000, surtout pour les feuillus, une augmentation est constatée depuis environ quatre ans (tabl. 1 et fig. 1) et en particulier pour les feuillus, qui présentent toujours des déficits foliaires sensiblement plus élevés que les résineux. L'évolution des médianes et quartiles (fig. 1) révèle une plus grande stabilité des notations des résineux par rapport à celles des feuillus, ainsi qu'un décrochement au cours des dernières années. L'évolution interannuelle du déficit foliaire a également été caractérisée. Pour ce faire, la différence entre les notations des dernières années a été calculée pour chacune des tiges. Ce critère est similaire à celui de la « première différence » des séries temporelles (McCune et Grace 2002) et permet d'éliminer une partie du biais d'observation. Cette donnée n'a toutefois pas une distribution normale. C'est pourquoi, la médiane a plutôt été choisie pour représenter l'évolution des placettes. Ainsi, sur l'ensemble des 502 placettes notées chaque année depuis 2002, on observe l'évolution suivante du déficit foliaire : environ 1 placette sur trois (166) s'est détériorée, trois sur cinq (308) sont demeurées stables et 6 % (28 placettes) se sont améliorées (fig. 2).

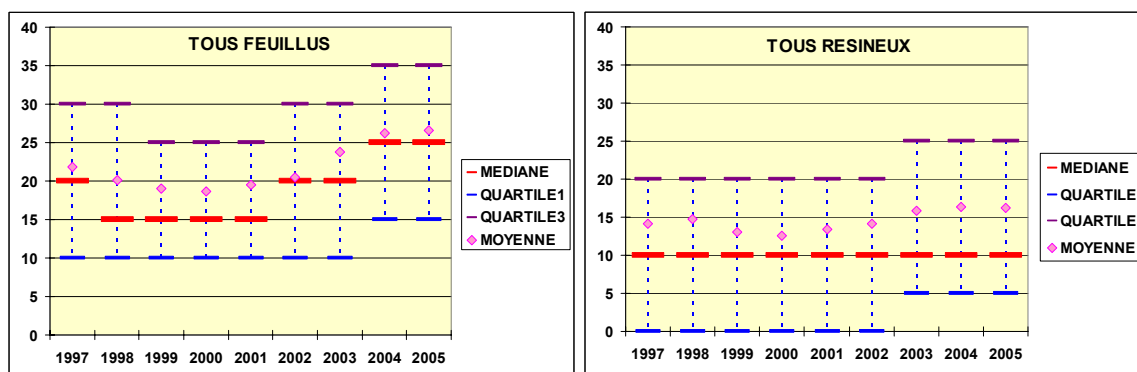


Figure 1 : évolution de la moyenne, de la médiane et des premier et troisième quartiles du déficit foliaire pour les essences résineuses (à gauche) et feuillues (à droite) dans la partie française du réseau européen entre 1997 et 2005.

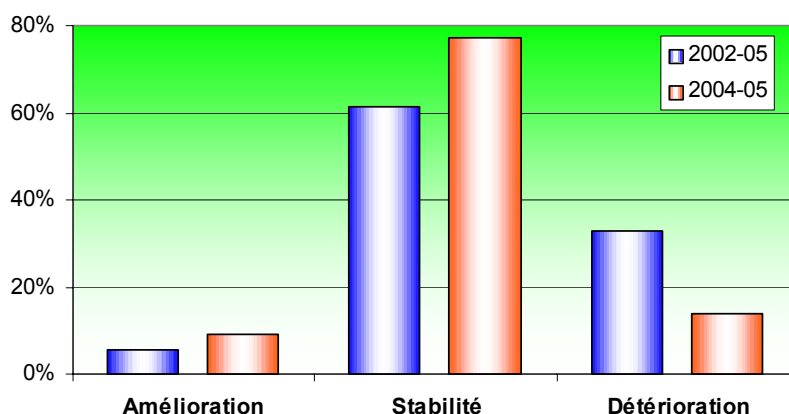


Fig. 2 : Répartition des placettes en fonction de l'évolution de leur déficit foliaire médian au cours des périodes 2002-05 et 2004-2005, toutes essences confondues (la stabilité inclut un intervalle de $\pm 5\%$ de déficit).



L'effet de la canicule et de la sécheresse de 2003 est toujours bien visible sur l'état des cimes

L'évolution du déficit foliaire a également été calculée pour les principales essences du réseau. Comme il existe une forte variabilité interspécifique en terme de tolérance vis à vis des stress hydriques (Bréda et al. 2004, Bréda 2005), cette évolution est présentée pour trois périodes distinctes, soit 2002-2005, 2003-2005 et 2004-2005. De cette façon, l'année 2002 peut servir de « référence », avant les années de fortes contraintes hydriques représentées par les trois dernières années (Bréda et al. 2005). La figure 3 illustre les résultats obtenus. Une évolution négative représente un accroissement du déficit foliaire pour la période considérée. La comparaison entre l'évolution survenue au cours de la dernière année et celle survenue au cours de toute la période 2002-2005, illustre la dynamique de chacune des essences. Ainsi, la majorité des feuillus semblent avoir répondu rapidement au stress de 2003, car l'amplitude de l'évolution 2002-2005 n'est que faiblement recoupée par celle de la période 2003-2005. Ces essences (par exemple le châtaignier) ont donc réagi fortement, avec un accroissement important du déficit foliaire dès 2003. Cette observation est totalement cohérente avec le fait que 2003 se classe pour les feuillus comme l'année présentant la plus forte contrainte hydrique jamais recensée au cours des 50 dernières années (Bréda et al. 2004). Les modalités de réaction sont moins nettes pour les conifères.

En revanche, la dégradation de l'aspect des houppiers s'exprime avec un certain retard pour le hêtre et l'épicéa. Ce retard s'explique en partie par le fait que la notation estivale de 2003 a eu lieu essentiellement en juillet avant l'apparition des symptômes, qui se sont manifestés plutôt en automne sur ces essences. Ce retard résulte aussi d'une stratégie particulière de gestion des contraintes hydriques par le hêtre et l'épicéa durant les épisodes de stress. Dans le cas du hêtre, des études antérieures (Fritts 1976, Badeau et al. 1997, Badeau 1999a, 1999b) ont mis en évidence un effet différé d'un an des déficits hydriques sur les déficits foliaires. Pour l'épicéa, cet effet climatique différé semble pouvoir atteindre jusqu'à 2 ans (n-2) (Desplanque et al. 1998). Pour cette essence, la chaleur estivale associée à de faibles pluies favorise la croissance radiale (Desplanque et al. 1998). Pour les chênes sessile et pédonculé, les conséquences de ce type d'effets climatiques peuvent s'étendre sur plusieurs années (Becker et al. 1994, Bréda et Landmann 1995).

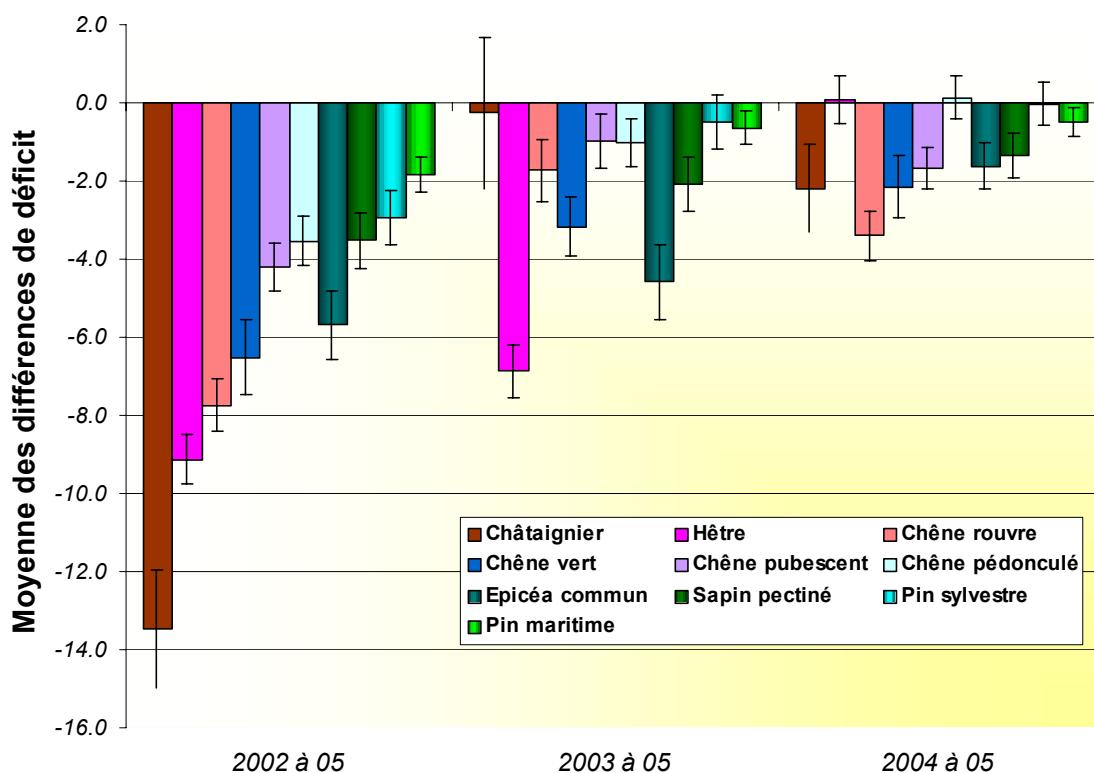


Figure 3 : Évolution du déficit foliaire par essence pour les périodes 2002-2005 (à gauche) et 2003-2005 (au centre) et 2004-2005 (à droite). L'évolution est calculée sur la base de la différence de notation par tige, puis moyennée par essence. Les barres correspondent à ± 1 écart-type. Les peuplements de moins de 20 ans ne sont pas inclus.



Les mortalités sont encore assez élevées en 2005

Le nombre d'arbres-échantillons dont la mort a été constatée lors de la campagne estivale de notation 2005 diminue fortement à la suite du pic historique observé en 2004. Il reste cependant plus élevée que celui de la période précédant la sécheresse-canicule de 2003. (fig. 4), avec 34 arbres morts depuis la campagne précédente. Cependant d'autres arbres ont été exploités depuis la campagne précédente dont certains pour une raison sanitaire signalée : chablis (n=9), volis (n=10), attaques d'insectes ou de champignons (n=11). Le taux de remplacement des arbres échantillons est donc supérieur à la simple mortalité constatée lors de la notation estivale.

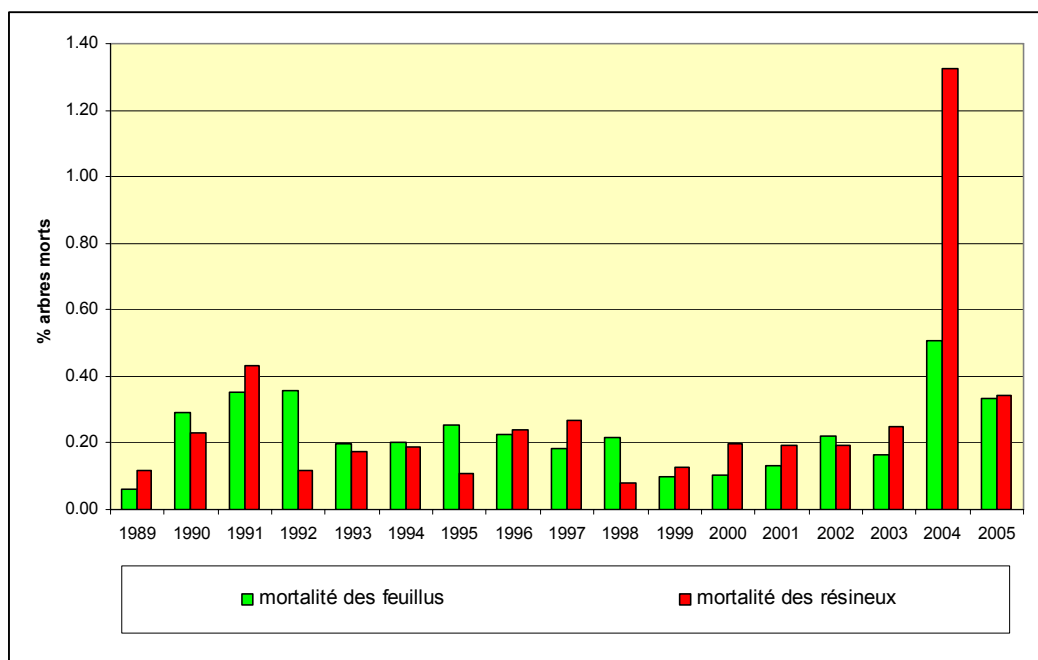


Figure 4 : Évolution de la mortalité sur la partie française du réseau européen entre 1989 et 2005.

On note des comportements différents selon les essences après l'événement climatique exceptionnel de 2003. Pour certaines essences comme le châtaignier ou les pins noirs les mortalités n'ont été relevées qu'en 2004. Pour les bouleaux, épicéas, douglas des mortalités sont observées les deux années consécutives 2004 et 2005. Enfin pour quelques essences comme le charme, le mélèze, les érables ce n'est qu'en 2005 que des mortalités se manifestent. Le cumul des deux années révèle que ce sont les bouleaux (6,3 %), l'épicéa commun (4,4 %) et les pins noirs (3 %) qui ont le plus été touchés.

Enfin, les arbres qui meurent une année donnée ont en général un taux de déficit foliaire l'année précédente relativement élevé (plus de 60 %) sauf les années d'extrême climatique comme 2003 où le taux élevé de déficit foliaire de l'année précédente n'est plus un facteur prédisposant.

Les causes et les symptômes de dommages les mieux décrits

Depuis 2005, en application du nouveau manuel Forest Focus, une meilleure description des causes de dommages est assurée lors des notations. Une nouvelle grille de notation (en classe d'amplitude 10 %) et un signalement de ces facteurs indépendamment de leur incidence éventuelle dans l'état des cimes, incidence qui reste par ailleurs difficile à apprécier notamment pour les dommages observés sur tronc ou racines, ne permettent pas les comparaisons avec les signalements antérieurs à 2005, du fait qu'auparavant les signalements se concentraient sur une explication directe du déficit foliaire et que la grille de notation ne comprenait que 5 classes qualitatives de 0 à 4.

Des signalements de symptômes ou de causes de dommages affectant la vitalité des tiges ont été signalés sur plus du quart de l'effectif (15 % pour les résineux, 35 % pour les feuillus). Ils représentent 11 700 occurrences en été et 1 150 au printemps (pour le sous-échantillon de placettes à dominante chêne).



La majorité des signalements concernent les feuilles ou les aiguilles (98 % au printemps, plus de 50 % en été).

Les symptômes signalés au printemps 2005 sont essentiellement de la consommation de feuilles par des insectes phyllophages (95 % des occurrences). En été, sur feuilles cette consommation par des insectes ne représentent plus que 45 %, les autres symptômes signalés étant essentiellement la coloration anormale (45 % des occurrences) et la microphyllie (7 %).

Pour les branches, c'est presque exclusivement de la mortalité qui est notée (94 % des occurrences). Sur tronc, les blessures représentent 33 % des occurrences et les problèmes de forme : 20 %. Enfin au collet et au niveau des racines visibles sans prospection particulière, 89 % des signalements sont des pourritures et 11 % des blessures.

En été la cause du symptôme reste fréquemment inconnue (69 % des cas) alors qu'au printemps un diagnostic est réalisé plus de 66 % des observations. Ceci montre tout l'intérêt des notations de printemps, réalisée un mois après débourrement, pour observer précisément les causes de dommages tels que les chenilles défoliatrices, les pucerons, ... dont les cycles se terminent avant l'été et dont l'absence au cours de la notation estivale ne permet plus de faire le diagnostic précis. Le tableau 1 résume ces observations pour les principales essences en présentant pour chacune la cause de dommage majoritairement signalée au cours de l'été 2005.

<i>ESSENCE</i>	<i>Cause de dommages la plus fréquemment signalée</i>	<i>%</i>
Bouleaux	sécheresse	30 %
Charme	sécheresse	5 %
Châtaignier	chancre du châtaignier	20 %
Chêne pédonculé	oïdium	13 %
Chêne pubescent	Bupreste du chêne (<i>coroebus bifasciatus</i>)	12 %
Chêne rouvre	chenilles indéterminées	8 %
Chêne vert	sécheresse	19 %
Erables	géométrides à égalité avec la maladie des croûtes noires	4 %
Frêne	charançon du frêne	13 %
Hêtre	orcheste	11 %
Merisier	sécheresse	3 %
Peupliers	rouille du peuplier	19 %
Douglas	rouille suisse	30 %
Epicéa commun	Typographe	16 %
Mélèze	tordeuse grise du mélèze: gradation en cours dans les Alpes	20 %
Pin d'Alep	chancre du pin d'Alep	32 %
Pin maritime	Sécheresse	15 %
Pin sylvestre	Gui	17 %
Pins noirs	Sphaeropsis	16 %
Sapin pectiné	Sécheresse	11 %

Tableau 1 : Cause de dommage la plus fréquemment signalée en été 2005 pour les principales essences (le pourcentage correspond au pourcentage de signalement de la cause par rapport à l'ensemble des signalements d'un symptôme de dommages pour l'essence considérée).

La coloration anormale diminue en 2005

Des signalements de coloration anormale, essentiellement du jaunissement estival, sont données pour plus de 20 % des tiges. Cependant pour la majorité des tiges, cette coloration anormale n'est présente qu'à l'état de traces (moins de 10 % de la surface foliaire concernée). En raison du changement de protocole de notation, désormais plus détaillé, pour comparer avec les années précédentes, il faut considérer uniquement les tiges pour lesquelles la coloration anormale dépassent 10 % de la surface foliaire. De cette manière on peut considérer que la situation s'améliore globalement comparativement aux trois dernières années : en 2005, on note sur l'ensemble des feuillus, à l'exception des chênes pédonculés et sessiles, et pour les conifères autres que les pins d'Alep et le mélèze, une diminution du pourcentage d'arbres affectés. La proportion d'arbres ayant une coloration anormale (>10%) est passée de 11,7 % en 2004 à 8,4 % en 2005 pour les résineux et de 12,5 % en 2004 à 9,3 % en 2005 pour les feuillus. Cette



diminution est particulièrement brutale pour les châtaigniers et les érables. Ce résultat traduit probablement un réajustement des houppiers suite à la canicule de 2003.

Le nouveau protocole d'observation permet d'affiner ce critère. Le jaunissement est le symptôme majoritaire (46 % des tiges affectées) suivis du rougissement (40 % des tiges affectées). Par rapport à l'effectif total, les essences feuillues sont autant affectées que les résineux. Ce sont le hêtre et les chênes (pédonculé, sessile et pédonculé) qui sont le plus atteint de jaunissement. Par contre ce sont les pins (sylvestre, maritime et d'Alep) qui sont plus atteints par les rougissements. La cause de ces colorations anormales est majoritairement inconnue (53% des signalements). La sécheresse estivale est évoquée pour 15 % des cas, principalement en Région méditerranéenne, Plaines du Sud-Ouest et Pyrénées.

Sur les chênes, et plus particulièrement le pédonculé, la coloration anormale est souvent due au feutrage blanc de l'oidium (*Microsphaera alphitoides*).

Une dégradation des houppiers marquée par des mortalités de branches

Depuis 2004, les notations portent également sur le pourcentage de branches mortes dans la partie fonctionnelle des houppiers (en classe d'amplitude de 10 %), qui constitue un indicateur robuste de dépérissement. Globalement une proportion importante de tiges échantillons restent stables d'une année sur l'autre (81 % pour les résineux, 52 % pour les feuillus). Les feuillus se dégradent plus que les résineux : 39 % pour les feuillus et 14 % pour les résineux. Ce sont essentiellement les chênes (pubescent, vert, sessile, pédonculé), le merisier et le hêtre qui se sont le plus dégradés de 2004 à 2005 (fig. 5).

En valeur absolue pour l'année 2005, les résineux présentent moins de branches mortes que les feuillus. Pour la plupart des résineux, moins de 10 % des effectifs ont un taux de mortalité de branches de plus de 10 % du houppier, hormis le pin d'Alep pour lequel 28 % de l'effectif dépassent ce taux. Parmi les essences feuillues, les chênes pubescent et vert avec respectivement 28 % et 25 % des effectifs à plus de 10 % de mortalité de branches sont les plus touchés. Viennent ensuite le merisier (23 %), le peuplier (21 %), le chêne pédonculé (17 %), le châtaignier (17 %), le hêtre (13 %) et le chêne sessile (11 %).

La cause de mortalité est inconnue pour plus de 70 % des effectifs. La sécheresse est invoquée en 2005 dans plus de 15 % des cas dans la moitié sud de la France. Enfin le bupreste du chêne (*Coroebus bifasciatus*) est très présent sur chêne vert (22 % des cas) et chêne pubescent (17 % des cas). Globalement, il est observé sur 12 % des chênes en été. Les trois régions principalement touchées par cet insecte sont la région méditerranéenne (chênes vert et pubescent), les plaines du Nord-Ouest (chênes sessile, pédonculé et pubescent) et les plaines du Sud-Ouest (chênes pédonculé et pubescent).

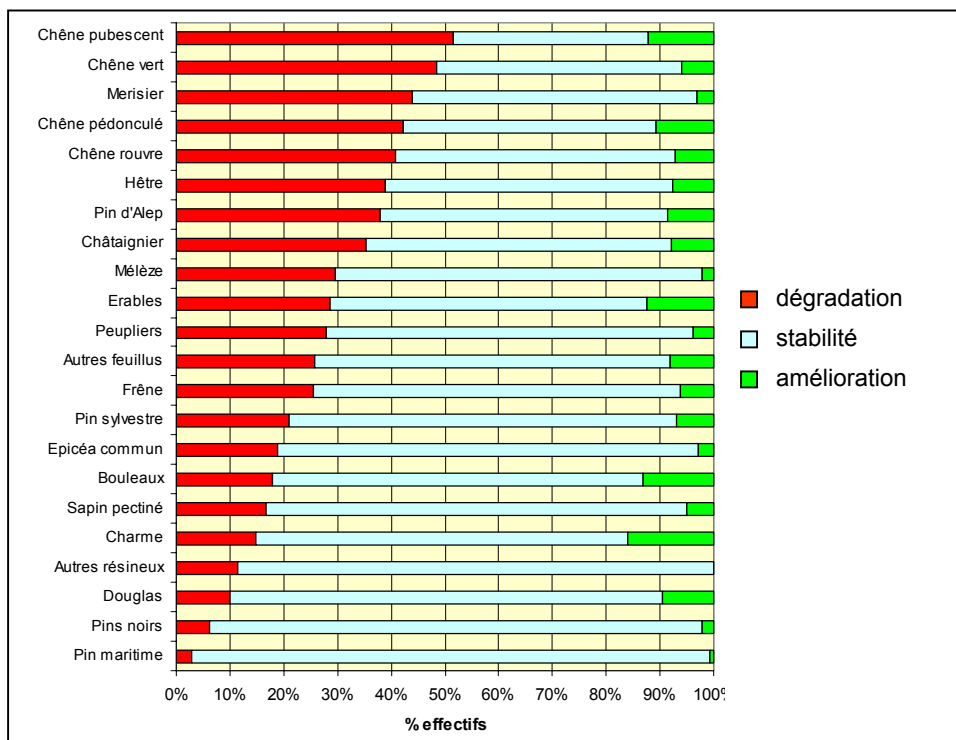


Figure 5 : évolution de la mortalité de branches entre les années 2004 et 2005 (% effectifs par essence qui se sont améliorés, dégradés ou qui sont restés stables en 2005 par rapport à la notation 2004).



Une augmentation significative des attaques de chenilles défoliatrices sur essences feuillues

Sur les 3 593 chênes notés en 2005, des signalements d'insectes ont été faits sur plus du quart des tiges (30 %). Pour les chênes pédonculés et sessiles, les géométrides ont été signalés en été sur 19 % des tiges. Cependant, la notation estivale est trop tardive pour l'observation des insectes phyllophages qui sont en activité essentiellement en avril-mai. Ainsi, pour le sous-échantillon de placettes à dominante chênes (n=71 en 2005) qui est observée en sus au printemps, il ressort que près de 70 % des tiges notées présentaient des chenilles ou des traces de chenilles en 2005. Pour 15 % la défoliation due aux chenilles dépassait 50 % du feuillage. Sur 30 % des chênes observés au printemps les géométrides étaient en cause (cheimatobie (*Operophtera brumata*), hibernie (*Erannis defoliaria*) principalement).

Des attaques d'orcheste du hêtre (*Rhynchaenus fagi*) ont à nouveau été signalées, surtout en montagne, en particulier dans le Massif Central, les Pyrénées et les Alpes. Depuis 1999, les signalements d'orcheste touchent chaque année environ 10 % des tiges de hêtre (11 % en 2005).

Enfin, sur le mélèze dans les Alpes, la tordeuse grise (*Zeiraphera diniana*) est à nouveau signalée : alors qu'aucune observation n'avait été effectuée depuis 1999 sur le réseau, 18 signalements (20 % des tiges) ont été effectués en 2005, ce qui correspond au démarrage d'une nouvelle gradation constatée par ailleurs dans cette zone.

Des pathogènes toujours présents sur chêne pédonculé, châtaignier, peupliers et pin d'Alep

Le taux de signalement de champignons pathogènes est trois fois plus faible que celui des insectes et correspond à seulement 7 % des tiges en 2005. Le principal pathogène signalé en 2005 est l'oïdium du chêne (*Microsphaera alphitoides*). Il est présent sur près de 10 % des chênes, surtout sur les chênes pédonculés. Son impact sur l'état des cimes est considéré comme non négligeable (Marçais, 2005).

Le second pathogène en importance en 2005 est l'agent de chancre des rameaux du pin d'Alep (*Crumenulopsis sororia*). Le rougissement des aiguilles induit par ce pathogène a été signalé sur plus de 35 % des tiges de cette essence. Enfin, le chancre du châtaignier (*Cryphonectria parasitica*) et la rouille du peuplier (*Melampsora spp.*) font également partie des maladies touchant une forte proportion de leur hôte en 2005 (respectivement 14 % des châtaigniers et 28 % des peupliers hybrides).

Le gui (*Viscum album*) est un facteur pérenne également signalé de façon abondante. Il est surtout présent sur pin sylvestre dans les Alpes et les Pyrénées (où il est observé sur 27 % des tiges) et sur sapin dans le Jura et les Vosges (sur 12 % des tiges). Il conviendrait d'étudier plus précisément l'épidémiologie de ce parasite et son apparente extension actuelle.

Des symptômes de sécheresse ont été signalés sur de nombreuses essences en 2005

Les mentions de symptômes liés à la sécheresse (flétrissement, rougissement et chute précoce du feuillage, dessèchement de rameaux,...) ont nettement augmenté en 2005, et principalement dans la partie sud du pays. Les signalements sont particulièrement importants sur chênes verts et pubescents, hêtre, ainsi que sur les pins sylvestre et d'Alep. Les essences feuillues telles que les bouleaux, peupliers et châtaigniers sont également très touchés.

Le réseau européen de suivi des dommages forestiers est un outil opérationnel de suivi de la santé des forêts, qui complète les suivis menés par les correspondants-observateurs du DSF sur tout le territoire

La description détaillée des symptômes et causes de dommages pouvant affecter la santé des arbres échantillons dans le réseau européen systématique (ainsi que dans le réseau RENECOFOR, avec le même protocole) fait de ce dispositif un complément opérationnel important au suivi des différents parasites des arbres forestiers réalisé en routine par le Département de la Santé des Forêts. La notation annuelle de la mortalité de branches sera un indicateur important



pour suivre la dynamique d'éventuels dépérissements après des événements comme la sécheresse récente (2003-2005). La notation printanière des placettes à dominante chêne permettra de mieux quantifier l'incidence des chenilles défoliatrices comme les géométrides qui ont pullulé en 2005 (voir Carouille, 2006).

Résultats détaillés par essences et par grandes régions écologiques

L'analyse globale des résultats du réseau à l'échelle nationale nivelle fortement les tendances observées pour chacune des grandes régions écologiques (fig. 6) qui sont parfois très différentes pour une essence donnée. C'est pourquoi nous commentons essentiellement les tendances par essence pour ces grandes régions écologiques, quand les effectifs d'arbres-échantillons le permettent (fig. 7). Des facteurs explicatifs simples sont présentés lorsque des agents biotiques ou abiotiques ont été signalés par les notateurs.

Les grandes régions écologiques

Neuf grandes régions écologiques ont été définies en essayant de respecter les grandes zones climatiques et phytogéographiques françaises, sans tenir compte de limites administratives, et en s'appuyant sur la caractérisation écologique des placettes réalisée en 1994 et 1995.

Trois grands domaines phytogéographiques ont été définis. Les deux premiers sont basés sur un critère altitudinal qui sépare les plaines des montagnes. Le troisième correspond à la région méditerranéenne, limitée au pourtour de la Méditerranée.

Les plaines sont subdivisées géographiquement en trois zones : Nord-Est, Nord-Ouest et Sud-Ouest. Les montagnes sont subdivisées en quatre massifs : montagnes du Nord-Est (Vosges et Jura), Alpes, Pyrénées et Massif central, avec une limite altitudinale plus élevée pour les montagnes du sud (fig. 6).

Les résultats sont présentés pour les différentes essences selon ces huit régions écologiques ou, quand les échantillons sont trop faibles (< 50 arbres), selon des regroupements pertinents.

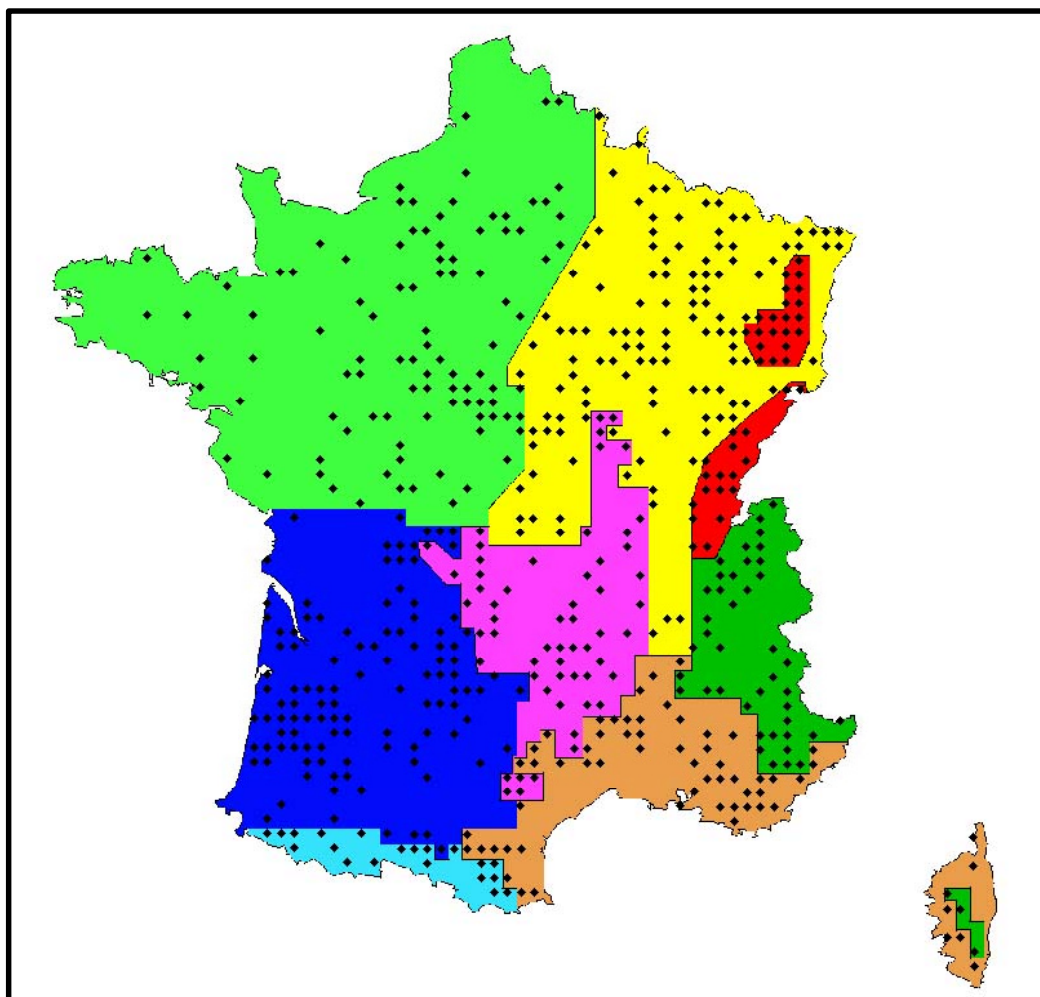


Figure 6 : Découpage écologique et localisation des placettes du réseau européen (16 km x 16 km)



Pour les graphiques, seuls ont été retenus les couples essence x région correspondant à un effectif d'au moins 50 arbres en 2005.

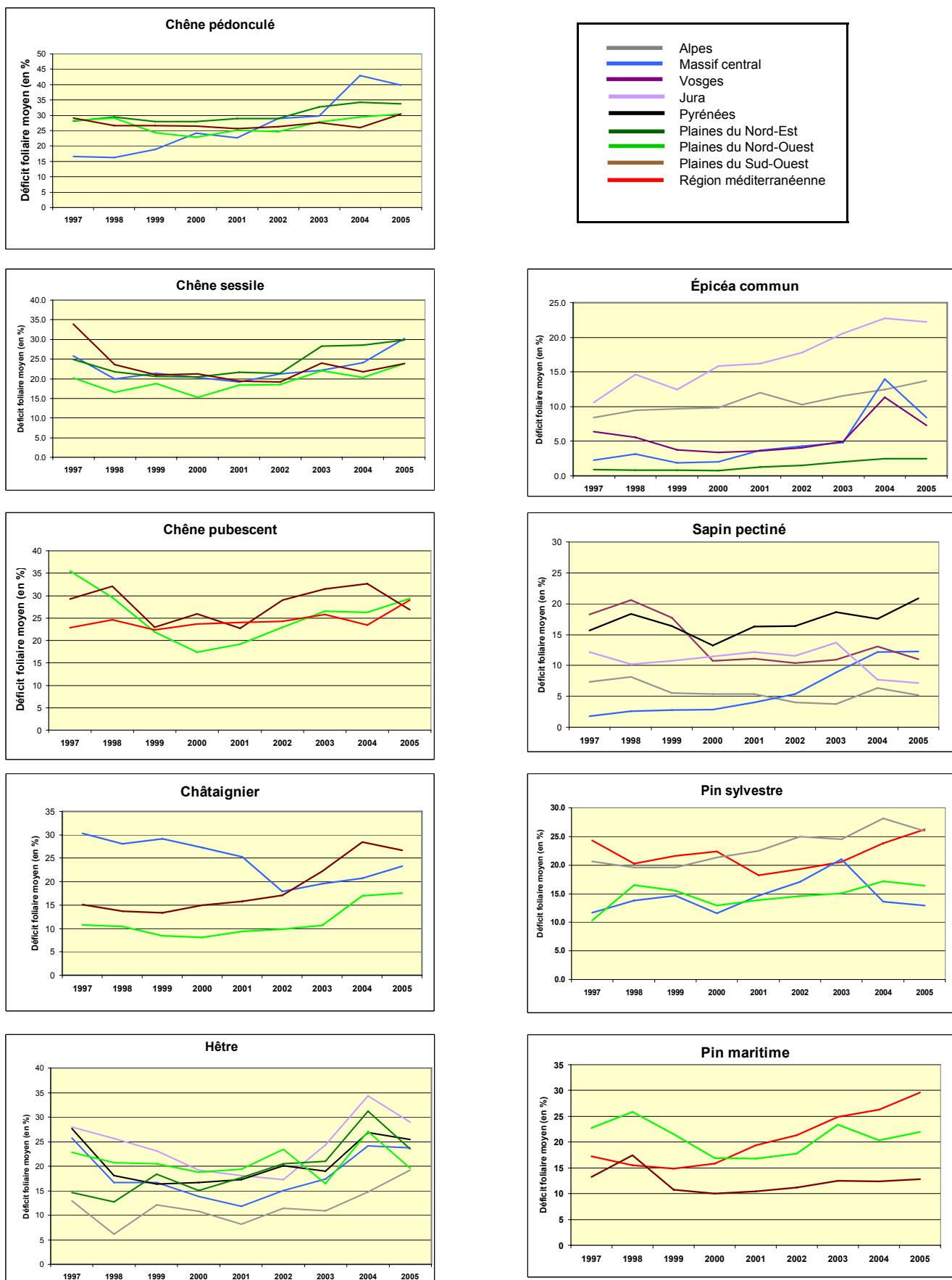


Figure 7 : Évolution du déficit foliaire moyen entre 1997 et 2005 pour les différentes essences et régions écologiques.



Chêne pédonculé

Le déficit foliaire moyen s'est légèrement dégradé en 2005 par rapport à 2004. Si on le compare à 2002, une détérioration moyenne de $3,5 \pm 0,6$ est observée (fig. 3). Mais globalement (voir fig. 8 a), le chêne pédonculé reste relativement stable depuis 1997. Les colorations anormales qui atteignent 19 % des arbres en 2005 restent stables par rapport à 2003. Les différences entre régions écologiques ne sont pas très marquées pour cette essence, sauf dans le Massif Central où l'accroissement du déficit foliaire est particulièrement marqué depuis 1997 et atteint les 40 % (fig. 10).

Des insectes ont été signalés sur plus d'une tige sur trois (36 %). Il s'agit essentiellement d'insectes phyllophages (chenilles) et plus particulièrement de géométrides qui ont attaqué les chênes au printemps. Comme en 2003, le bupreste du chêne (*Coroebus bifasciatus*) a été fréquemment observé (11 % des signalements d'insectes sur cette essence en 2005), en particulier dans les plaines du Nord-Ouest et du Sud-Ouest. La fréquence des signalements de champignons sur chêne pédonculé a plus que doublé (passant de 8 % des tiges en 2003 à 20 % en 2005). Il s'agit principalement d'oïdium (*Microsphaera alphitoides*) et de collybie (*Collybia fusipes*) qui représentent respectivement 89 et 10 % des signalements de pathogènes sur cette essence.

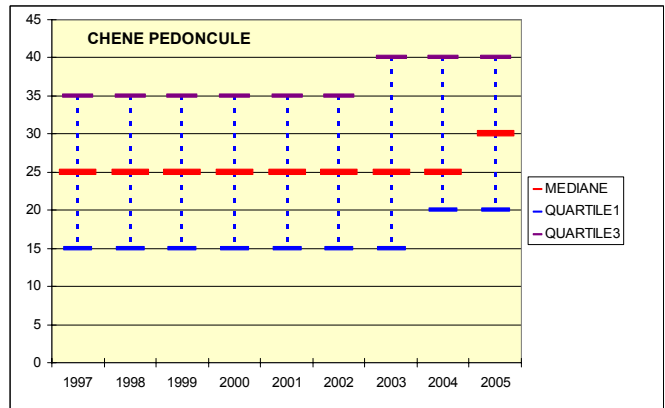


Figure 8 a : Évolution de la médiane, du premier quartile et du troisième quartile pour le déficit foliaire du chêne pédonculé depuis 1997 (totalité de l'échantillon français).

Chêne sessile

En 2005, le déficit foliaire moyen se détériore nettement par rapport à la période antérieure à 2003 (fig.3). La Figure 8 b souligne bien cette dégradation récente. Les colorations anormales touchent 7 % des tiges de cette essence. Le déficit foliaire moyen du chêne sessile présente peu de changements entre régions écologiques (entre 24 % et 29 % selon les régions). Comme par le passé, les signalements de facteurs explicatifs ont été moins importants que pour le chêne pédonculé : des insectes ont été signalés sur un tiers des tiges-échantillons (33 % en 2005) et des champignons sur 6 %. Comme pour le chêne pédonculé, le bupreste du chêne (*Coroebus bifasciatus*) a représenté une part importante des signalements (25 % des mentions d'insectes sur cette essence).

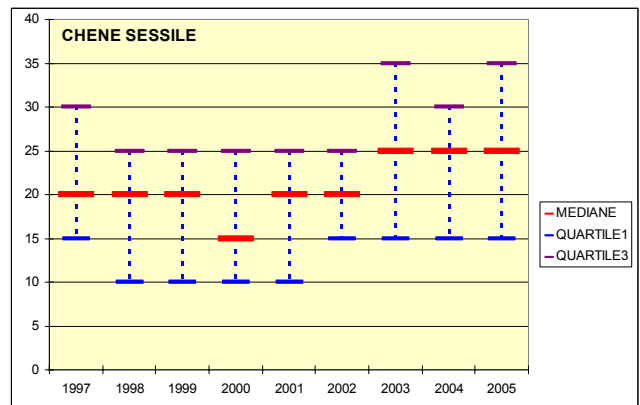


Figure 8 b : Évolution de la médiane, du premier quartile et du troisième quartile pour le déficit foliaire du chêne sessile depuis 1997 (totalité de l'échantillon français).

Chêne pubescent

L'état des houppiers du chêne pubescent se détériore légèrement en 2005 par rapport à 2004 ($-1,7 \pm 0,5$ en déficit foliaire ; voir fig.3). La coloration anormale diminue en région méditerranéenne, dans les plaines du Sud-Ouest et dans les plaines du Nord-Ouest où elle touche moins d'une tige sur dix. Le déficit foliaire moyen du chêne pubescent se situe entre 25 % et 30 % dans les plaines du Nord-Ouest, les plaines du Sud-Ouest et la région méditerranéenne. On assiste depuis le début des années 2000 à une détérioration graduelle des conditions des houppiers de cette essence dans les plaines du Nord-Ouest et du Sud-Ouest.

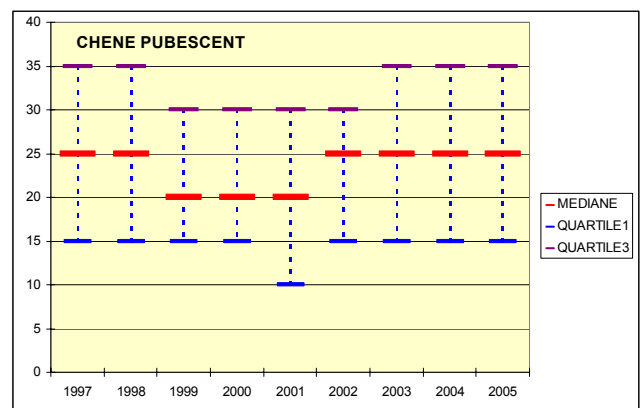


Figure 8 c : Évolution de la médiane, du premier quartile et du troisième quartile pour le déficit foliaire du chêne pubescent depuis 1997 (totalité de l'échantillon français).



La présence de champignons, en particulier l'oïdium, est faible en 2005 (3 % des tiges en 2005). Des insectes ont été signalés sur 22 % des tiges. Dans la majorité des cas, il s'agissait d'attaques de bupreste du chêne (*Coroebus bifasciatus*) (15 % des tiges). Le bombyx disparate (*Lymantria dispar*) vient au second rang avec des mentions sur 2,5 % des tiges.

Chêne vert

Une dégradation presque continue depuis 1997 se poursuit en 2005. Le déficit foliaire moyen est à un niveau élevé : 32 %. La coloration anormale est faible et touche 3 % des tiges.

Les signalements d'insectes et de facteurs abiotiques comme la sécheresse connaissent en 2005 une forte augmentation, ces phénomènes touchant chacun plus d'un quart des tiges. Le bupreste du chêne (*Coroebus bifasciatus*) est régulièrement observé sur cette essence en région méditerranéenne. Il représente 20 % des signalements. Les dégâts dus à la sécheresse (26 % des signalements), et ceux de bombyx disparate (*Lymantria dispar*) (10 % des signalements) complètent les principaux problèmes signalés.

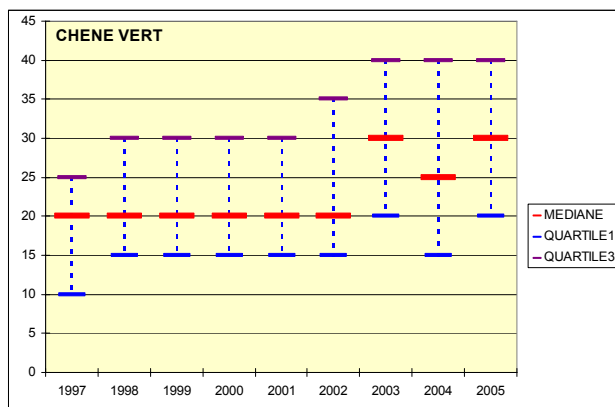


Figure 8 d : Évolution de la médiane, du premier quartile et du troisième quartile pour le déficit foliaire du chêne vert depuis 1997 (totalité de l'échantillon français).

Hêtre

Chez les feuillus, le hêtre est une des essences qui s'est la plus détériorée (fig. 3 et 8e). Le déficit foliaire a augmenté de façon importante depuis 5 ans. Il est passé par un pic en 2004 et s'est légèrement amélioré en 2005. Ces observations sont conformes aux analyses réalisées sur l'incidence des stress hydriques sur l'état des houppiers du hêtre (Badeau, 1999a, b). La proportion d'arbres ayant une coloration anormale reste faible (8 % des tiges) et en diminution, et ce plus particulièrement dans les plaines du Nord-Ouest, où la coloration anormale est passée de 43 % à 18 % des tiges entre 2004 et 2005. Depuis 2001, le déficit foliaire moyen du hêtre s'est dégradé sur l'ensemble du territoire, et plus particulièrement dans le Jura, le massif central et les Alpes. En 2005, il reste toutefois faible dans les Alpes et les plaines du Nord-Ouest (env. 20 %) et plus élevé dans le Jura (29 %). Il est intermédiaire dans les plaines du Nord-Est (24 %), le Massif central (24 %) et les Pyrénées (26 %).

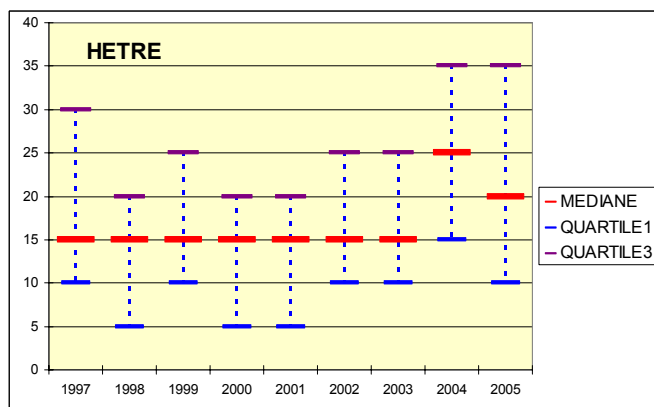


Figure 8 e : Évolution de la médiane, du premier quartile et du troisième quartile pour le déficit foliaire du hêtre depuis 1997 (totalité de l'échantillon français).

Les principaux facteurs signalés sur le hêtre en 2005 sont l'orcheste (*Rhynchaenus fagi*) sur 16 % des tiges et les stress abiotiques (sur 15 % des tiges, dont 8 % pour la sécheresse). Cependant, contrairement à 2004, où un grand nombre de signalements de fructifications abondantes et de microphyllie avaient été rapportés (48 % des mentions), aucune mention de ces problèmes n'est faite sur le hêtre en 2005.



Charme

Le déficit foliaire moyen du charme, a connu les années précédentes une évolution importante en passant de 17 % en 2003 à 33 % en 2004. En 2005, il s'est amélioré légèrement (23 %). Cette dynamique est, avec celle des bouleaux, l'une des plus marquées du réseau (fig. 8 f). Le réseau ne comporte toutefois que peu de tiges pour cette essence (242). La coloration anormale du charme 7 % des tiges est faible comparée aux bouleaux (18 %), peupliers (14 %), ou aux chênes pédonculés (19 %). Les principales mentions de problèmes liés au charme en 2005 concernent les chenilles (10 % des tiges) et la sécheresse (sur 5 % des tiges).

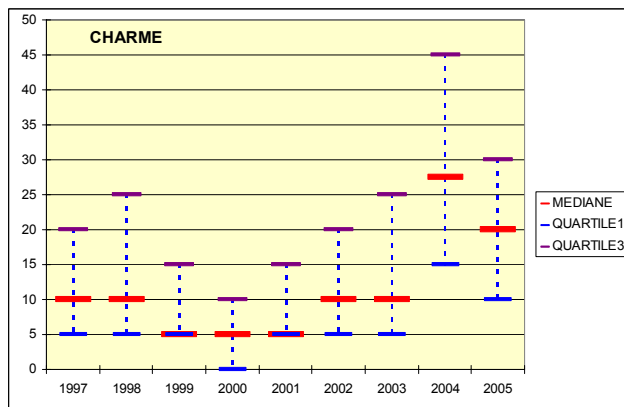


Figure 8 f : Évolution de la médiane, du premier quartile et du troisième quartile pour le déficit foliaire du charme depuis 1997 (totalité de l'échantillon français).

Châtaignier

Au cours des 3 dernières années le déficit foliaire du châtaignier a augmenté de façon marquée : $13,5 \pm 1,5$ % entre 2002 et 2005 (fig. 3). Cette dégradation est également perceptible sur la fig. 8g, où l'on voit un accroissement du déficit foliaire médian depuis 1999. La coloration anormale, qui avait presque quadruplé en 2003 (atteignant 18 % des tiges), s'est réduite de façon importante en 2004 (4 % des tiges). Pour cette essence le principal problème mentionné en 2005 est le chancre (*Cryphonectria parasitica*), avec 59 % des mentions, suivi par la sécheresse (24 %) et la chaleur (10 %).

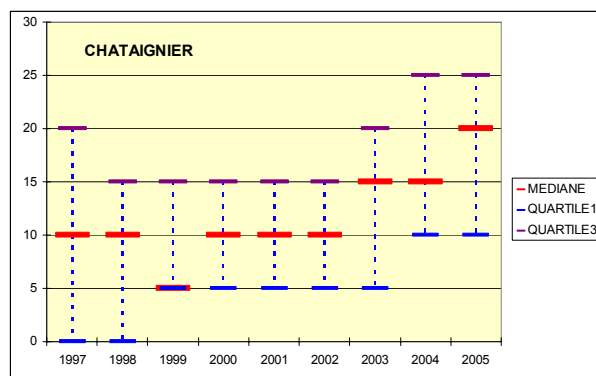


Figure 8 g : Évolution de la médiane, du premier quartile et du troisième quartile pour le déficit foliaire du châtaignier depuis 1997 (totalité de l'échantillon français).

Peupliers

Le déficit foliaire des peupliers continue de s'aggraver en 2005. La proportion d'arbres ayant une coloration anormale est de 14 %, ce qui représente une diminution par rapport à 2004 (26 %).

Les signalements les plus fréquents sur cette essence en 2005 sont la rouille (*Melampsora spp*) (41 % des mentions), la sécheresse (22 %) et l'agent de brunissement des feuilles (*Marssonina brunnea*) (20 %).

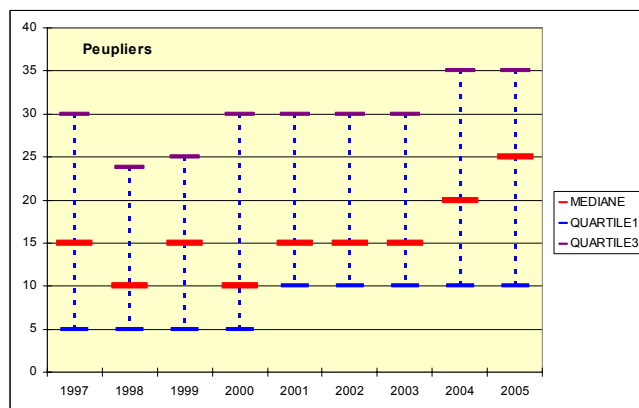


Figure 8 h : Évolution de la médiane, du premier quartile et du troisième quartile pour le déficit foliaire des peupliers depuis 1997 (totalité de l'échantillon français).



Épicéa commun

Chez les résineux, l'épicéa est l'essence pour laquelle la détérioration du déficit foliaire est la plus marquée pour la période 2002-2005 ($-5,7 \pm 0,9$; voir fig. 3). Cependant, on constate que la médiane (fig. 8i) est stable à 0, ce qui fait de l'épicéa l'essence au déficit foliaire le plus faible de toutes les essences observées sur le réseau depuis sa création. Seul le troisième quartile fluctue, illustrant ainsi l'amplitude des distributions au cours du temps. Par contre le fait marquant est la mortalité qui reste élevée (1 % des tiges) et qui avait atteint en 2004 une valeur record de 3,5 % (tabl. 2). Cette mortalité est liée à des foyers scolytes (*Ips typographus*) sur un certain nombre de placettes (59 % des mentions). C'est encore cette année, ce critère de mortalité qui fait progresser le déficit foliaire moyen, dans la mesure où un arbre mort est compté avec un déficit foliaire de 100. La situation est toutefois variable selon les régions. Le déficit le plus faible s'observe dans les plaines du Nord-Est (2 %) alors que le plus élevé s'observe dans le Jura (22 %). Les Vosges, le Massif Central et les Alpes ont un déficit intermédiaire (7 à 14 %). Les colorations anormales sont en nette augmentation dans les Vosges, où elles touchent environ 13 % des tiges.

Très peu de facteurs explicatifs sont signalés sur cette essence en dehors des scolytes pour les arbres morts.

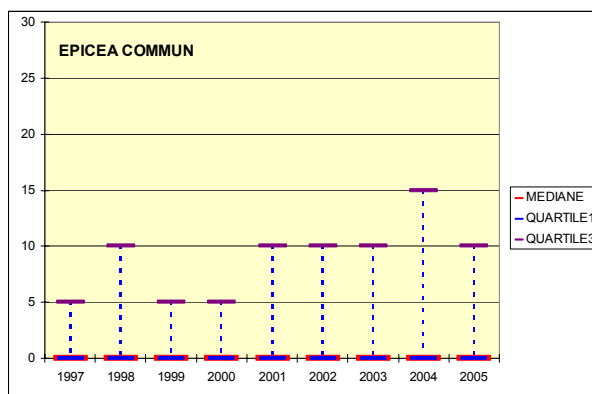


Figure 8 i : Évolution de la médiane, du premier quartile et du troisième quartile pour le déficit foliaire de l'épicéa commun depuis 1997 (totalité de l'échantillon français).

Sapin pectiné

Le déficit foliaire du sapin diminue légèrement en 2005 (fig. 8j), plus particulièrement dans le Massif Central et les Pyrénées. Tout comme pour l'épicéa, la détérioration du déficit foliaire du sapin est marquée pour la période 2002-2005 ($-3,5 \pm 0,7$; voir fig. 5). Le déficit foliaire moyen est de 11 %. La coloration anormale qui atteint 7 % des tiges en moyenne, est en diminution par rapport aux dernières années sauf dans les plaines du Nord-Est où elle se maintient à un niveau élevé (11 % des tiges).

Le gui (*Viscum album*) et la dorge du sapin (*Melampsorella caryophyllacearum*) sont régulièrement observés sur sapin. Ils représentent environ le tiers des problèmes mentionnés sur cette essence en 2005 (respectivement 19 % et 14 %). Ces signalements touchent principalement les placettes en régions montagneuses (Vosges et Jura) et ne représentent qu'un faible pourcentage de l'échantillon total (7 % des sapins). En 2005, 32 % des mentions concernent la sécheresse, ce qui n'est pas fréquent pour le sapin.

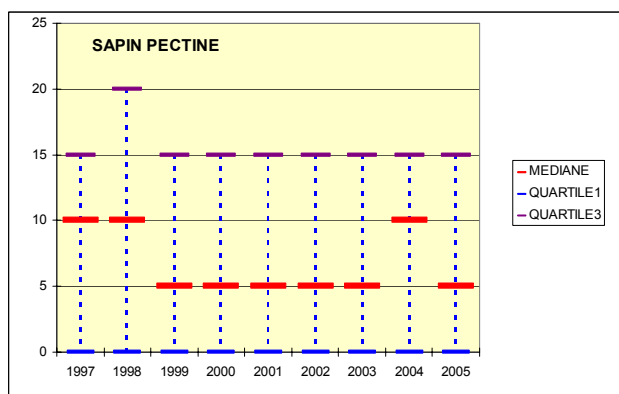


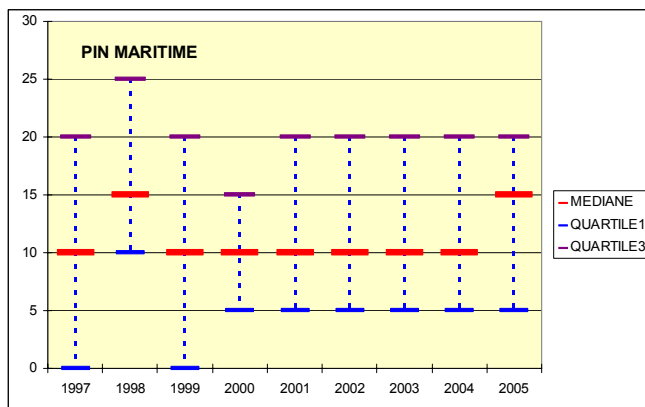
Figure 8 j : Évolution de la médiane, du premier quartile et du troisième quartile pour le déficit foliaire du sapin pectiné depuis 1997 (totalité de l'échantillon français).



Pin maritime

Le déficit foliaire du pin maritime progresse légèrement en 2005 (fig. 8 k) avec un déficit foliaire moyen de 16 % en 2005, comparé à une valeur de 15 % en 2004. Cependant des disparités régionales existent. Le déficit foliaire moyen augmente en région Méditerranéenne depuis 1999, où il dépasse à 30 % en 2005. En ce qui concerne les colorations anormales, elles n'atteignent qu'une faible proportion de pins maritimes : 4 %.

Très peu de facteurs biotiques ou abiotiques sont signalés sur cette essence (sur moins de 7 % des tiges). Seuls quelques dommages liés à la sécheresse (4 % des tiges) ou à des insectes : Pyrale du tronc (*Dioryctria sylvestrella*) (2 % des tiges) et de processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa*) (1 % des tiges), ont été signalés en 2005.



Pin sylvestre

Le déficit foliaire moyen du pin sylvestre est relativement stable, autour de 21 %. Au cours de la période 2002-2005, cette essence a vu son déficit foliaire se détériorer légèrement ($-2,9 \pm 0,7$; voir fig. 3). Cependant la médiane présente une grande stabilité depuis 1997 (fig. 8 l). La coloration anormale touche 9 % des arbres, ce qui reste tout de même très inférieur aux taux constatés pour le pin d'Alep (22 %).

Parmi les problèmes signalés sur cette essence (sur 32 % des tiges), le gui (*Viscum album*) est le plus souvent mentionné (15 % des tiges), principalement dans les Alpes et les Pyrénées, ainsi que les dégâts liés à la sécheresse (12 % des tiges) principalement en région méditerranéenne et dans les Pyrénées.

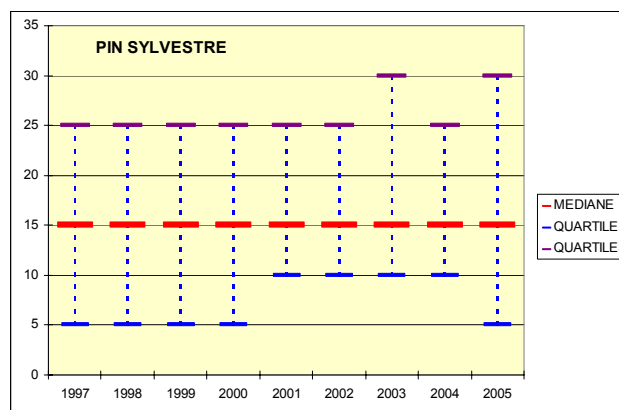


Figure 8 l : Évolution de la médiane, du premier quartile et du troisième quartile pour le déficit foliaire du pin sylvestre depuis 1997 (totalité de l'échantillon français).

Pins noirs

Dans les plaines du Nord-Est, les houppiers des pins noirs se dégradent lentement depuis 1997. Cependant, le déficit foliaire moyen des pins noirs est globalement passant de 21 % en 2004 à 18 % en 2005. La médiane demeure stable depuis 2002 (fig. 8 m), et la coloration anormale reste faible, puisqu'elle ne touche que 4 % des tiges.

Les signalements de facteurs explicatifs ont été très rares pour cette essence (10 % des tiges). Seuls quelques dégâts liés à la sécheresse (3 % des tiges) et de *Sphaeropsis sapinea* (5 % des tiges) ont été mentionnés en 2005, dans le sud du pays.

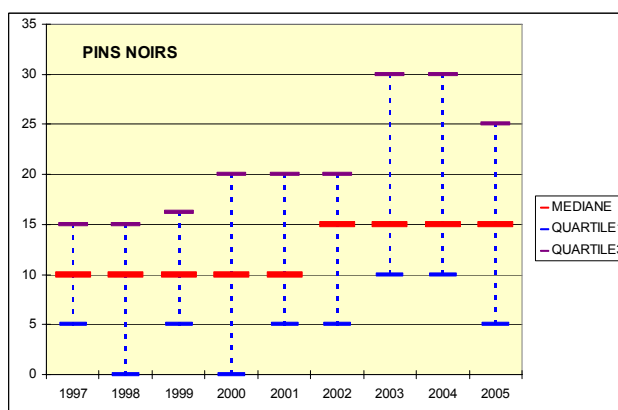


Figure 8 m : Évolution de la médiane, du premier quartile et du troisième quartile pour le déficit foliaire des pins noirs depuis 1997 (totalité de l'échantillon français).



Pin d'Alep

Le déficit foliaire moyen du pin d'Alep est de 35 % en 2005 à son plus haut niveau depuis 1997. La figure 8n illustre pour cette essence les variations du déficit foliaire médian, dont l'augmentation en 2003 semble directement liée à l'impact de la sécheresse-canicule de 2003. Une hausse similaire est également perceptible en 2005 (voir aussi fig.3), probablement liée à la sécheresse printanière et estivale. La proportion d'arbres ayant une coloration anormale suit une évolution en dents de scie. Elle est de 22 % en 2005

Pour cette essence, un nombre important de chancres à *Crumenulopsis* (*Crumenulopsis sororia*) ont été signalés (32 % des tiges). D'autres dégâts liés à la sécheresse (19 % des tiges), au *Sphaeropsis sapinea* (18 % des tiges), au bombyx disparate (*Lymantria dispar*) et au bris de neige (6 % des tiges) ont également été mentionnés.

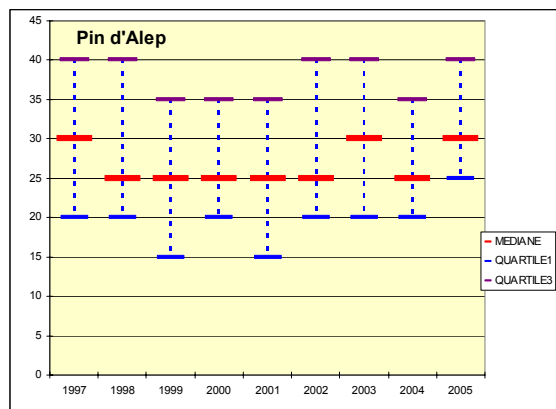


Figure 8 n : Évolution de la médiane, du premier quartile et du troisième quartile pour le déficit foliaire du pin d'Alep depuis 1997 (totalité de l'échantillon français).

Douglas

Le déficit foliaire moyen du douglas est relativement stable depuis 3 ans, et se situe autour de 15 % en 2005. La médiane est stable depuis 2000. Cependant, dans le Massif Central, où est située la majorité des placettes de cette essence, la tendance générale du déficit foliaire est à la détérioration depuis 2003. Les colorations anormales diminuent en 2005, ne touchant plus que 8 % des arbres.

Le taux de signalements de champignons, principalement l'agent de la rouille suisse (*Phaeocryptopus gaeumannii*), est assez fort (52 % des mentions sur cette essence ; sur 9 % des tiges), en particulier dans les Pyrénées. De plus, un tiers des mentions concernent des dégâts dus au gel (sur 6 % des tiges) et au chermès du douglas (*Gilletteella cooleyi*) (sur 2 % des tiges).

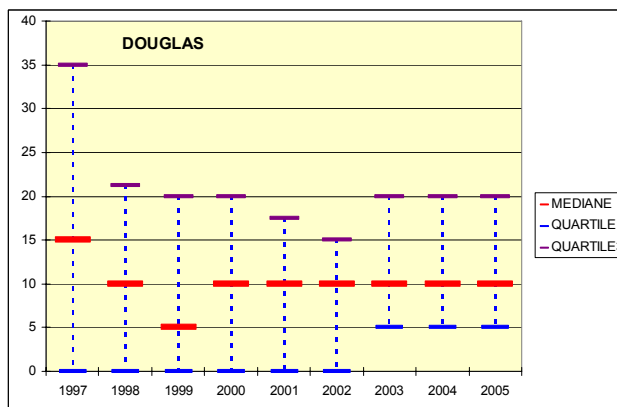


Figure 8 o : Évolution de la médiane, du premier quartile et du troisième quartile pour le déficit foliaire du douglas depuis 1997 (totalité de l'échantillon français).

Mélèze

Le déficit foliaire moyen du mélèze (18 % en 2005) est en progression depuis 3 ans, après une baisse sensible en 2003 (fig. 3 et 8p). Il est largement inférieur à celui observé en 1997 (26 %) (tabl. 1). D'une façon globale, et mis à part un épisode de défoliation importante qui a culminé en 1997, les conditions de houppier du mélèze semblent s'améliorer depuis plus de 10 ans.

Aucun champignon n'a été signalé sur cette essence, par contre la tordeuse grise (*Zeiraphera diniana*) touche 13 % des tiges (ce qui correspond à une nouvelle gradation dans les Alpes). Cette chenille avait été signalée pour la dernière fois en 1998.

Enfin, des dégâts liés à la sécheresse ont été observés sur 4 % des mélèzes. Tous ces problèmes sur mélèze ont été mentionnés dans les Alpes, où sont situés 90 % des mélèzes du réseau.

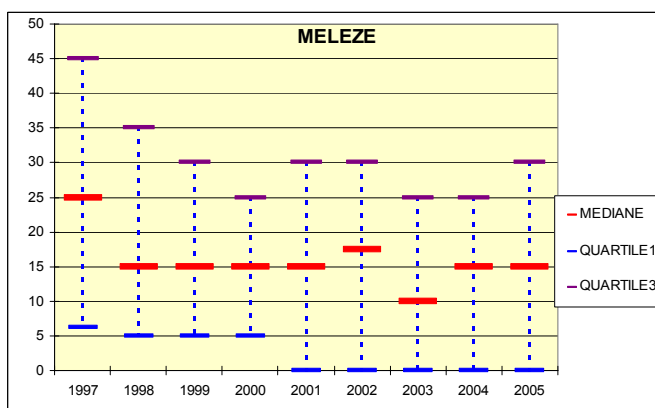


Figure 8 p : Évolution de la médiane, du premier quartile et du troisième quartile pour le déficit foliaire des mélèzes depuis 1997 (totalité de l'échantillon français).



Les activités de suivi des dommages forestiers sont coordonnées par le Département de la santé des forêts et financées par la Commission Européenne (règlement 2152/2003 " Forest Focus ") et le ministère de l'agriculture et de la pêche ; les différents organismes parties prenantes (ONF, CRPF, services de l'État) y contribuent par la mise à disposition de leurs agents.

Remerciements : nous tenons à remercier l'équipe de formateurs qui s'est constituée autour de Jean-Michel Letz et Albert Depierre pour la formation des notateurs et leur participation au contrôle des placettes, ainsi que l'ensemble des notateurs du réseau européen.

Références bibliographiques

Badeau V. (1999a). Étude des relations entre l'état sanitaire des peuplements forestiers et les conditions de l'environnement. Premiers résultats de l'analyse spatio-temporelle de la partie française du réseau européen de suivi des dommages forestiers. Rapport final à la CE et à la DERF, INRA Nancy, 172 p.+annexes.

Badeau V. (1999b). Causes des variations de l'état des cimes : quelques enseignements tirés du réseau européen de suivi des dommages forestiers. *Les Cahiers du DSF*, 1–1999 (La Santé des Forêts [France] en 1998), Min. Agri. Pêche (DERF), Paris, pp. 70–74

Badeau V., Bréda N., Landmann G. (1997). La récente crise de vitalité du hêtre en plaine semble largement liée aux déficits hydriques. *Les Cahiers du DSF*, 1–1996 (La Santé des Forêts [France] en 1996), Min. Agri. Pêche (DERF), Paris, pp. 60-63.

Becker M., Nieminen, T.M., Gérémia F. (1994). Short-term variations and longterm changes in oak productivity in northeastern France . The role of climate and atmospheric CO₂. *Ann. Sci. For.* 51 : 477-492.

Bréda N. (2005). Les réponses écophysiological des arbres : comprendre pour prévoir. Colloque La sécheresse et la Canicule 2003 : premier bilan. 14 décembre 2005, Paris, GIP ECOFOR

Bréda N., Landmann G. (1995). Santé des forêts et contraintes environnementales : éléments d'interprétation. Les contraintes hydriques : leur rôle dans les variations interannuelles de l'état des cimes de chênes. *Les Cahiers du DSF*, 1–1995 (La Santé des Forêts [France] en 1994), Min. Agri. Alim. Pêche Aff. Rur. (DGFAR), Paris, pp. 57-59.

Bréda N., Granier A, Aussenac, G. (2004). La sécheresse de 2003 dans le contexte climatique des 54 dernières années : analyse écophysiological et influence sur les arbres forestiers. *RFF LVI*, (2) : 109-131.

Desplanque C., Rolland C., Michalet R. (1998). Dendroécologie comparée du sapin (*Abies alba*) et de l'épicéa commun (*Picea abies*) dans une vallée alpine de France. *Can. J. For. Res.* 28 : 737-748.

Desprez-Loustau M.-L., Marçais B., Nageleisen L.-M., Piou D., Vannini A. (2006). Interactive effects of drought and pathogens in forest trees. *Annales des Sciences Forestières* (soumis)

Fritts, H.C. (1976). *Tree-rings and climate*. Academic Press, London.

Landmann G., Nageleisen L.-M., Flot J.-L. (1999a). Le réseau systématique 16 x16 km et la veille phytosanitaire : deux approches complémentaires de l'état sanitaire des forêts. *Les Cahiers du DSF*, 1–1999 (La Santé des Forêts [France] en 1998), Min. Agri. Pêche (DERF), Paris, pp. 66–69

Landmann G., Pierrat J.-C., Nageleisen L.-M. (1999b). 1995–1997 : période de réajustement à la hausse de la notation de l'état des cimes des arbres forestiers en France. *Les Cahiers du DSF*, 1–1999 (La Santé des Forêts [France] en 1998), Min. Agri. Pêche (DERF), Paris, pp. 63–66

Landmann G., Bouhot-Delduc L., Renaud J.-P., Nageleisen L.-M., Badeau V., Ulrich E. (2000). Tempêtes sur les forêts françaises : les réseaux de surveillance sanitaires témoignent. *Les Cahiers du DSF*, 1–2000 (La Santé des Forêts [France] en 1999), Min. Agri. Pêche (DERF), Paris, pp. 20–26

Marçais B. (2005). Impact of Climate on Oak powdery mildew. 9th Intern. Epidemiology Workshop, Landerneau

McCune B. , Grace J.B. (2002). *Analysis of ecological communities*. MJM Software Design. 300p.



Pruscha, H., Gottlein, A. (2002). Regression analysis of forest inventory data with time and space dependencies. *Environmental and Ecological Statistics* 9 : 43-56.

Renaud J.P., Mauffette, Y. (1991). The relationships of crown dieback with carbohydrate content and growth of sugar maple (*Acer saccharum*). *Can. J. For. Res.* 21: 1111–1118.

Wargo P.M. (1999). Integrating the role of stressors through carbohydrate dynamics. In *Sugar Maple Ecology and Health: Proceedings of an International Symposium, 2–4 June 1998, Warren, Pa.* Edited by S.B. Horsley and R.P. Long. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. NE-261. pp. 107–112.

Wargo P.M., Minocha, R., Wong, B.L., Long, R.P., Horsley, S.B., Hall, T.J. (2002). Measuring changes in stress and vitality indicators in limed sugar maple on the Allegheny Plateau in north-central Pennsylvania. *Can. J. For. Res.* 32: 629–641

Annexe

Année Year	Chêne pédunculé Pedunculate oak	Chêne sessile Sessile oak	Chêne pubescent Pubescent oak	Chêne vert Evergreen oak	Hêtre Beech	Charme Hornbeam	Châtaignier Chestnut	Frêne Ash	Peupliers Poplars	Erables Maples	Bouleaux Birch	Merisier Wild cherry	Autres feuillus Other hardwood	Tous feuillus All hardwoods
Nombre d'arbres observés <i>Number of trees assessed</i>														
1997	1207	1213	864	407	1047	283	530	309	203	169	243	134	478	7087
1998	1209	1229	849	388	1018	283	522	298	174	164	209	136	465	6944
1999	1174	1236	852	386	1143	281	510	301	171	152	200	135	458	6999
2000	1185	1232	841	386	1060	281	481	291	140	139	175	110	428	6749
2001	1167	1235	851	380	1093	269	476	292	142	139	181	112	425	6762
2002	1168	1242	852	362	1094	264	477	290	142	140	180	113	422	6746
2003	1160	1244	814	362	1100	269	467	286	139	138	177	109	425	6690
2004	1160	1247	836	359	1105	266	463	288	139	139	162	106	421	6691
2005	1143	1253	838	359	1086	242	459	276	159	136	157	101	417	6626
% d'arbres ayant perdu + de 25 % de leur feuillage (dont % d'arbres secs) <i>% trees having lost more than 25 % of their foliage (includes dead trees)</i>														
1997	44.9	33.2	42.5	22.1	25.7	15.5	14.5	17.5	26.1	9.5	23.5	38.1	19.5	29.9
1998	44.4	24.7	44.4	28.1	15.7	20.5	11.5	13.8	23.0	14.6	17.7	36.8	13.8	26.8
1999	37.1	22.4	29.9	26.4	19.1	6.0	11.4	11.0	24.6	9.2	21.0	29.6	12.9	22.8
2000	38.4	18.1	32.9	29.3	13.1	3.2	9.8	11.7	28.6	7.2	9.7	30.0	14.3	21.6
2001	39.2	22.3	30.9	35.3	16.2	7.8	8.4	14.4	26.1	7.2	18.2	27.7	17.4	23.6
2002	39.6	21.5	36.7	37.0	20.7	11.7	8.8	16.6	26.8	11.4	16.1	28.3	18.0	25.4
2003	47.9	36.6	42.8	50.8	19.8	19.7	17.6	24.1	27.3	25.4	26.0	42.2	24.9	33.4
2004	50.0	34.0	43.1	46.5	43.3	50.0	21.8	22.6	35.3	35.3	35.2	37.7	19.5	38.6
2005	51.7	45.5	47.0	57.4	37.2	29.3	23.7	27.2	45.3	25.0	29.3	41.6	30.0	41.3
Moyenne du déficit foliaire <i>Average leaf loss rate</i>														
1997	27.7	23.6	26.7	20.5	20.4	13.7	14.1	17.4	17.7	14.2	20.0	27.6	17.4	21.8
1998	27.7	19.8	27.4	22.8	15.3	16.1	13.0	14.8	18.2	15.0	16.1	23.4	14.2	20.2
1999	25.8	20.0	22.3	21.5	17.5	9.7	12.3	13.2	18.0	13.6	17.5	22.9	14.1	19.1
2000	25.4	18.6	23.5	22.8	14.9	8.0	12.7	14.4	19.1	13.2	13.5	26.1	14.5	18.6
2001	26.2	20.0	22.7	24.7	15.3	10.7	12.9	13.9	22.1	13.7	16.4	23.0	16.9	19.5
2002	26.4	20.1	25.3	26.0	18.1	13.3	12.8	16.0	22.6	14.5	15.6	22.0	16.0	20.5
2003	29.0	25.0	28.3	28.9	18.4	17.4	20.2	19.0	22.6	17.8	19.9	31.7	20.4	23.8
2004	30.2	24.6	27.9	29.5	26.9	33.4	21.6	19.6	25.5	22.4	26.6	26.7	17.6	26.2
2005	31.1	27.4	29.0	31.7	23.9	22.8	22.1	20.6	27.9	20.8	25.3	29.8	22.3	26.6
Médiane du déficit foliaire <i>Median of leaf loss rate</i>														
1997	25	20	25	20	15	10	10	15	15	15	15	25	10	20
1998	25	20	25	20	15	10	10	15	10	15	15	20	10	15
1999	25	20	20	20	15	5	5	10	15	10	15	20	10	15
2000	25	15	20	20	15	5	10	10	10	10	10	20	10	15
2001	25	20	20	20	15	5	10	10	15	10	15	20	10	15
2002	25	20	25	20	15	10	10	15	15	15	12.5	20	10	20
2003	25	25	25	30	15	10	15	15	15	15	15	20	15	20
2004	25	25	25	25	25	27.5	15	15	20	20	20	20	15	25
2005	30	25	25	30	20	20	20	20	25	20	20	20	20	25
% d'arbres secs <i>% of dead trees</i>														
1997	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.7	1.0	0.2
1998	0.4	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	2.3	0.0	1.0	0.0	0.2	0.2
1999	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	1.2	0.0	0.5	0.0	0.2	0.1
2000	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1
2001	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	1.4	0.0	0.0	0.9	0.7	0.1
2002	0.2	0.1	0.2	0.6	0.2	0.0	0.6	0.0	0.7	0.0	0.6	0.0	0.2	0.2
2003	0.1	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.2
2004	0.1	0.0	0.4	0.0	1.0	0.0	1.9	0.0	1.4	0.0	3.7	1.9	0.0	0.5
2005	0.2	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4	0.0	0.7	0.6	0.7	2.5	1.0	0.7	0.3
% d'arbres présentant une coloration anormale <i>% of trees showing a foliage discoloration</i>														
1997	19.9	9.5	19.3	4.2	18.8	5.3	2.8	4.5	3.0	9.5	15.6	27.6	14.6	13.4
1998	12.1	7.5	21.7	6.7	13.0	17.7	9.0	1.0	4.0	23.2	11.5	11.8	9.2	11.6
1999	13.0	5.1	11.5	2.8	7.9	9.6	2.9	3.0	15.2	6.6	12.0	21.5	14.0	8.8
2000	5.3	3.7	11.3	9.3	7.8	1.4	7.1	2.7	0.7	7.9	6.3	31.8	15.9	7.3
2001	18.6	7.0	18.0	10.5	5.1	2.6	3.8	0.7	1.4	10.8	9.9	21.4	11.3	10.2
2002	6.6	4.3	9.7	6.1	5.8	3.4	3.6	0.0	19.0	3.6	7.2	5.3	7.1	6.0
2003	20.9	8.2	24.8	5.5	10.6	19.7	18.2	4.5	7.9	16.7	15.3	24.8	15.5	14.8
2004	17.0	4.3	17.7	12.3	14.0	8.6	14.0	1.7	25.9	18.0	23.5	11.3	8.1	12.5
2005	18.6	6.7	7.6	3.3	8.8	6.6	3.5	1.4	13.8	6.6	17.8	8.9	9.6	9.3

Tableau 2a : Évolution de l'état des cimes pour les différentes essences à l'échelle de la France entière de 1997 à 2005 (essences feuillues)
Changes in crown condition in different species for all of France from 1997 to 2005 (Broadleaves)



Année Year	Épicéa commun Norway spruce	Sapin pectiné Silver fir	Pin maritime Maritime pine	Pin sylvestre Scots pine	Pins noirs Black pines	Pin d'Alep Aleppo pine	Douglas Douglas fir	Mélèze Larch	Autres conifères Other conifers	Tous conifères All conifers
Nombre d'arbres observés <i>Number of trees assessed</i>										
1997	597	512	970	764	262	105	243	140	120	3713
1998	603	501	974	751	264	125	318	141	119	3796
1999	584	520	961	748	262	226	319	141	119	3880
2000	548	464	907	638	231	226	320	142	92	3568
2001	550	464	927	638	235	222	341	142	92	3611
2002	546	481	906	640	235	226	341	142	92	3609
2003	548	481	906	637	235	226	341	142	92	3608
2004	520	483	887	637	236	226	325	143	91	3548
2005	508	495	866	638	231	226	305	143	91	3503
% d'arbres ayant perdu + de 25 % de leur feuillage (dont % d'arbres secs) <i>% trees having lost more than 25 % of their foliage (includes dead trees)</i>										
1997	3.7	12.3	16.0	17.7	8.4	52.4	33.7	43.6	8.3	16.3
1998	5.6	15.2	19.5	18.9	9.5	44.8	20.4	34.0	6.7	17.0
1999	3.8	11.9	10.0	18.2	11.8	40.3	19.4	27.7	11.8	14.3
2000	4.7	6.5	6.9	16.1	12.1	42.5	12.8	21.8	10.9	12.0
2001	7.5	8.2	9.3	19.1	14.9	42.3	11.4	30.3	12.0	14.1
2002	6.8	7.7	11.3	21.6	17.9	47.3	11.7	24.6	12.0	15.2
2003	8.0	8.7	17.7	25.4	25.1	61.5	15.5	12.0	12.0	19.0
2004	11.7	8.9	15.1	24.6	25.4	47.3	17.5	20.3	12.1	18.6
2005	11.8	11.1	17.0	26.2	23.8	66.8	13.8	29.4	11.0	20.8
Moyenne du déficit foliaire <i>Average leaf loss rate</i>										
1997	5.1	11.7	14.6	17.2	11.0	31.0	21.9	25.9	9.8	14.2
1998	5.8	12.6	18.2	17.3	11.9	28.3	15.6	19.5	9.5	14.7
1999	5.2	11.0	12.4	17.4	12.9	26.5	12.6	16.8	10.8	13.1
2000	5.2	8.8	11.5	17.1	11.8	29.4	12.3	15.4	11.1	12.6
2001	6.3	9.8	12.3	18.1	14.2	29.4	11.3	17.9	12.2	13.4
2002	6.3	9.5	13.2	19.7	15.6	31.2	12.0	16.6	13.6	14.1
2003	7.4	11.0	15.2	21.0	21.6	33.3	14.2	13.1	14.0	15.8
2004	11.1	11.0	14.7	21.4	21.0	29.5	15.6	14.5	13.2	16.3
2005	9.6	10.7	15.6	20.5	17.8	35.2	14.8	18.2	10.1	16.2
Médiane du déficit foliaire <i>Median of leaf loss rate</i>										
1997	0	10	10	15	10	30	15	25	5	10
1998	0	10	15	15	10	25	10	15	5	10
1999	0	5	10	15	10	25	5	15	5	10
2000	0	5	10	15	10	25	10	15	5	10
2001	0	5	10	15	10	25	10	15	5	10
2002	0	5	10	15	15	25	10	17.5	10	10
2003	0	5	10	15	15	30	10	10	10	10
2004	0	10	10	15	15	25	10	15	10	10
2005	0	5	15	15	15	30	10	15	0	10
% d'arbres secs <i>% of dead trees</i>										
1997	0.0	0.0	0.2	0.8	0.0	1.0	0.4	0.0	0.0	0.3
1998	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1999	0.2	0.2	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
2000	0.0	0.0	0.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
2001	0.0	0.0	0.3	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
2002	0.2	0.2	0.0	0.6	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.2
2003	0.2	0.2	0.3	0.5	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.2
2004	3.5	0.8	0.7	1.1	3.0	0.9	0.9	0.0	0.0	1.3
2005	1.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.9	0.7	0.7	0.0	0.3
% d'arbres présentant une coloration anormale <i>% of trees showing a foliage discoloration</i>										
1997	3.0	23.0	11.6	16.6	4.2	20.0	42.4	19.3	11.7	14.9
1998	3.3	18.4	10.5	11.9	4.9	21.6	28.3	9.9	11.8	12.1
1999	3.3	12.3	5.9	11.1	8.8	2.7	19.4	1.4	13.4	8.6
2000	2.7	9.1	6.4	10.8	7.4	27.0	22.8	0.7	6.5	9.6
2001	1.3	7.5	3.0	16.1	8.1	18.0	11.1	2.8	16.3	8.0
2002	2.6	10.8	11.4	13.8	6.4	11.5	7.6	7.7	32.6	10.1
2003	2.0	12.9	5.7	21.0	9.4	34.5	26.4	20.4	16.3	13.7
2004	5.2	15.5	7.3	12.2	13.1	15.9	11.1	0.0	9.9	10.1
2005	3.7	6.7	4.4	8.5	3.9	22.1	8.2	5.6	5.5	6.9

Tableau 2b : Évolution de l'état des cimes pour les différentes essences à l'échelle de la France entière de 1997 à 2005 (essences résineuses)
Changes in crown condition in different species for all of France from 1997 to 2005 (Conifers)

