

BILAN DE LA SANTE DES FORETS EN 2003

Les conséquences de la canicule et de la sécheresse sur la santé des forêts : bilan à la fin de l'année 2003

Valérie Belrose (DSF échelon central), Louis-Michel Nageleisen (DSF antenne spécialisée-Champenoux), Jean-Pierre Renaud (IFN)

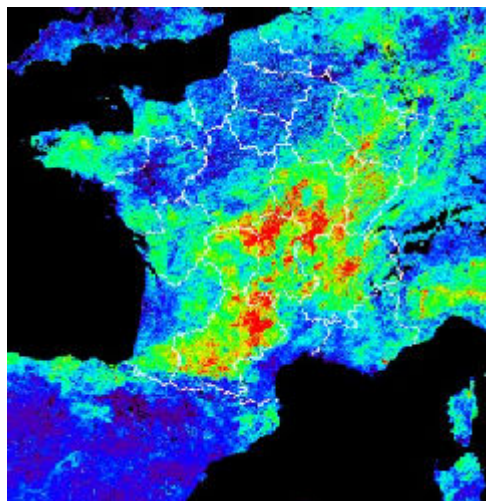
After the 2003 drought and heatwave, it appeared that broad-leaved forest stands looked worse than conifers stands. Beech, pubescent oak, chestnut, hornbeam, birch and Douglas fir are the species that showed the most severe symptoms. Nevertheless, one should bear in mind that the outside aspect of a tree does not foreshadow its future. Beyond deaths of trees directly caused by drought and heatwave, damages in the mid term are related to the existence of secondary parasites, like bark beetles for spruce and fir. For oak, it is feared that the 2003 drought and heatwave have triggered a new wave of wilt.

Suite aux diverses notes et plaquettes « Informations santé forêts » publiées par le Département de la santé des forêts au cours de l'été et l'automne 2003, puis durant l'hiver 2004, et relatives aux conséquences de la sécheresse et de la canicule 2003 sur la santé des forêts, cet article se propose de faire la synthèse des différents résultats d'observation disponibles, jusqu'ici analysés séparément.

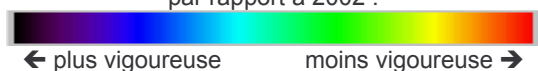
Commençons par examiner quelques chiffres-clés qui permettent de cerner l'ampleur de l'épisode de sécheresse et de canicule de l'été 2003. Les services de Météo-France qualifient la sécheresse de 2003 de « marquée », en raison notamment de sa durée, mais pas d'« exceptionnelle » : la pluviométrie de février à août 2003 a été partout déficitaire par rapport à la normale, notamment dans le Centre-Est et la Corse où le déficit a dépassé 50 %. Seuls le Nord et le Nord-Ouest de la France ont paru relativement épargnés. Les travaux du Réseau national des données sur l'eau permettent de traduire les conséquences de ces déficits de précipitations printanières et estivales sur les réserves utiles en eau des sols (calculées pour des sols couverts de pelouses).

En résumé de cette année climatique, signalons tout d'abord que les précipitations abondantes de l'automne 2002 et de l'hiver 2002-2003 avaient rechargé correctement les nappes phréatiques et que la saison de végétation 2003 a démarré avec de bonnes réserves en eau des sols.





Evolution de la végétation en 2003 par rapport à 2002 :



Progressivement à partir de juin, puis très nettement au début du mois d'août, on a constaté sur l'ensemble du territoire un déficit général des réserves utiles, que n'ont pas comblé les pluies orageuses du mois de juillet sur l'Ouest de la France. Les résultats publiés par le Centre national d'études spatiales permettent de visualiser nettement, grâce aux photographies satellitaires (instrument Végétation-2 embarqué sur le satellite SPOT5), les conséquences de cette sécheresse sur la couverture végétale du territoire. Les premiers signes de la sécheresse sont apparus ainsi dès le mois de juin en Midi-Pyrénées et dans le Massif-Central. Au mois d'août, seules les régions du Nord et le bassin de la Loire semblaient épargnés (fig. 1), le pourtour méditerranéen étant dans une situation intermédiaire à la suite d'une série d'orages.

Figure 1. Interprétation des photos satellites transmises par SPOT5 (Végétation 2) et illustration des conséquences de la canicule et de la sécheresse sur la végétation. Source : CNES

Interpretation of photographs sent by the satellite SPOT5: consequences of drought and heatwave on vegetation. (CNES)

En ce qui concerne les températures, les services de Météo-France qualifient la canicule d'« exceptionnelle », par sa durée (près de deux semaines) et son intensité. Les records absolus de température maximale ont été battus dans 39 % des stations météorologiques. A Paris, où les relevés remontent à 1873, « la canicule d'août 2003 dépasse de très loin tout ce qui a été connu depuis 1873 par son intensité et sa longueur, tant au niveau des températures minimales, maximales que moyennes ». Cet épisode caniculaire estival a été précédé à partir de fin mai dans certaines régions par plusieurs pics de chaleur.

Enfin, ces données générales du contexte climatique national de l'année 2003 peuvent être précisées dans le Nord-Est vis-à-vis des exigences de quelques essences forestières, grâce aux recherches en écophysiologie forestière menées à l'INRA de Nancy. Il ressort que le déficit hydrique de l'année 2003 apparaît comme le plus fort des 54 dernières années pour les essences feuillues, se place au second rang pour les résineux sur sols à réserves utiles moyennes et au 5^{ème} rang pour les résineux sur sols profonds (Bréda et al, 2004).

La première conséquence de la sécheresse et de la canicule de 2003 sur les forêts est liée à l'étendue des surfaces forestières ravagées par des incendies de forêts. Bien que la thématique ne relève pas des missions du Département de la santé des forêts, et ne fasse donc pas l'objet de cet article, il paraît nécessaire de mentionner ici quelques chiffres. En 2003, plus de 73 000 ha de formations forestières et sub-forestières ont été parcourues par le feu en France métropolitaine (Gilbert, 2004), soit 2,8 fois plus que la surface moyenne des 10 dernières années. 85 % des surfaces incendiées se situent sur le pourtour méditerranéen. La Haute-Corse et le Var cumulent à eux seuls près de 65% du total. Le nombre de départs de feux s'élève à environ 6000. Ce point fait, revenons-en aux aspects phytosanitaires.

Le dispositif d'évaluation et de suivi

Immédiatement après l'épisode de canicule et de sécheresse, le Département de la santé des forêts a publié deux notes d'information (téléchargeables à partir du site www.agriculture.gouv.fr) pour répondre aux inquiétudes des professionnels et des citoyens, puis a mis en place un dispositif d'évaluation et de suivi des conséquences de la canicule et de la sécheresse sur les arbres. Il s'agissait, d'une part d'établir un premier état des lieux pour les peuplements adultes, tant que les symptômes n'étaient pas perturbés par les rougissements automnaux, en précisant la répartition spécifique et spatiale des impacts observés, et d'autre part d'organiser pour plusieurs années le



suivi de l'évolution des tiges concernées (mortalité ou récupération). Ce dispositif repose sur les éléments suivants :

■ les correspondants-observateurs ont synthétisé par essence et par région forestière de l'Inventaire Forestier National l'ensemble des observations qu'ils avaient effectuées d'août à octobre 2003. Il leur a été demandé d'indiquer, pour chaque unité et pour les peuplements adultes de chacune des principales essences forestières, si les symptômes attribués à la canicule et à la sécheresse étaient très intenses et fréquents (en rouge sur les cartes), assez intenses et fréquents (en orange), faibles et peu fréquents (en jaune), ou absents (en vert). Sur les cartes présentées dans cet article, les zones en blanc correspondent à des régions où l'essence concernée est peu présente ainsi que, localement, à des données manquantes. Ces symptômes ne doivent pas être interprétés comme des indices de dommages futurs. Ils caractérisent les peuplements qui ont développé une réaction immédiate face aux conditions climatiques. L'efficacité de ces réactions ne peut être évaluée que par des suivis réalisés durant plusieurs années ;

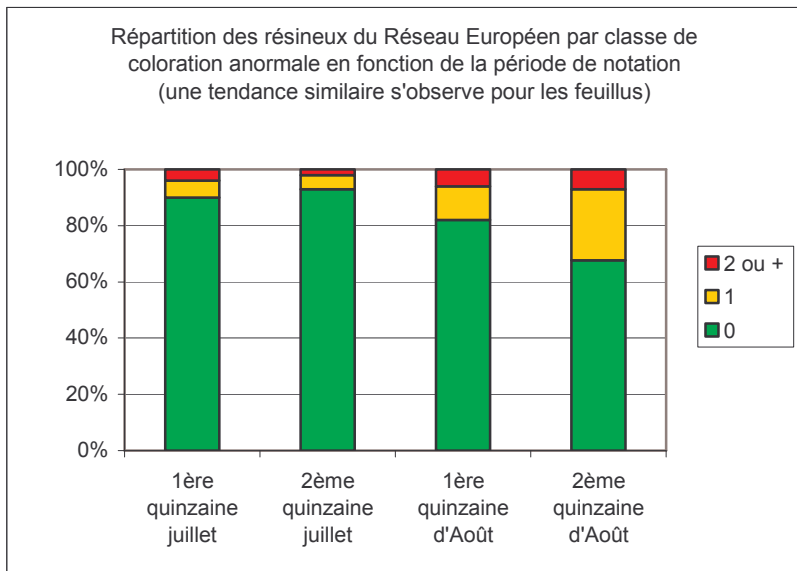
■ sur une sélection de 250 placettes parmi les 520 du réseau européen de suivi des dommages forestiers (soit un total de 4 894 arbres) et sur la centaine de placettes du réseau RENECOFOR (soit un total de 4 351 arbres), une notation complémentaire a été effectuée courant septembre pour les feuillus et avant la fin octobre pour les résineux pour caractériser l'effet immédiat de la canicule sur les houppiers, en précisant si le symptôme dominant était une décoloration, un dessèchement ou une chute de feuilles ou d'aiguilles. Sur ces mêmes placettes, les notations de l'aspect visuel des houppiers prévues en 2004 et durant les années suivantes doivent permettre de suivre l'évolution individuelle des tiges et de caractériser les relations entre les symptômes visuels précoces et les conséquences pour les peuplements forestiers ;

■ un protocole standardisé a été défini pour mettre en place et suivre un réseau complémentaire de 377 placettes de 20 arbres dans des peuplements concernés par la canicule et représentatifs d'essences et de conditions écologiques mal prises en compte dans les deux réseaux précédents.

■ dans le cadre de leur mission de surveillance des forêts, les correspondants-observateurs ont spontanément effectué 559 signalements durant le 2^{ème} semestre 2003 de problèmes imputés directement ou indirectement à la sécheresse ou à la canicule. Ces signalements représentent 18 % des fiches de la base DSF pour l'année 2003.

L'objet de cet article n'est pas de faire un point détaillé sur les conséquences de la sécheresse et de la canicule sur la physiologie des arbres ni sur les mécanismes d'adaptation mis en place, mais plutôt de dresser un état des lieux des impacts observés en forêt. Sur ces thèmes relevant de la physiologie, le lecteur est invité à se reporter aux travaux de Breda, Dreyer et Granier cités dans les références bibliographiques.





L'évolution des notations de coloration anormale effectuées tout au long de l'été 2003 sur les placettes du réseau européen (fig. 2) montre une progression importante des colorations anormales au cours du mois d'août. Les anomalies de coloration du feuillage en fin d'été sont plus importantes en 2003 qu'en 2002, en particulier pour les feuillus (et notamment dans les plaines de la moitié Nord de la France), et de façon moins marquée pour les résineux. Une partie importante de cette détérioration semble liée à l'épisode de sécheresse et de canicule, les autres facteurs d'influence signalés par les notateurs n'ayant pas d'incidence

Figure 2. Evolution en cours d'été 2003 des notations de coloration anormale des résineux effectuées sur les placettes du réseau européen de suivi des dommages forestiers

Evolution during summer 2003 of conifer abnormal coloration on European network plots

particulièrement marquée à cette période de l'année. En effet, les déficits foliaires et colorations anormales observés durant la deuxième quinzaine d'août sont imputés par les notateurs dans 16% des cas à un problème climatique, contre 2 % pour les notations effectuées durant la première quinzaine de juillet. Enfin, la comparaison inter-annuelle du nombre de signalements de déficit foliaire ou de coloration anormale attribués à la chaleur, à la sécheresse ou à un déficit hydrique montre une très nette progression de ces signalements en 2003, sans pour autant atteindre le niveau de 1990 (fig. 3). Il faut rappeler qu'en raison de l'apparition classique de symptômes préautomnaux en août, en particulier lors d'étés chauds et secs, il est conseillé aux notateurs d'effectuer les observations sur les réseaux en juillet, ce qui limite les analyses sur ces dispositifs pour caractériser finement la canicule 2003 avec les observations de l'année en cours. Les observations 2004 rendront sans doute mieux compte des conséquences de cet événement climatique exceptionnel.

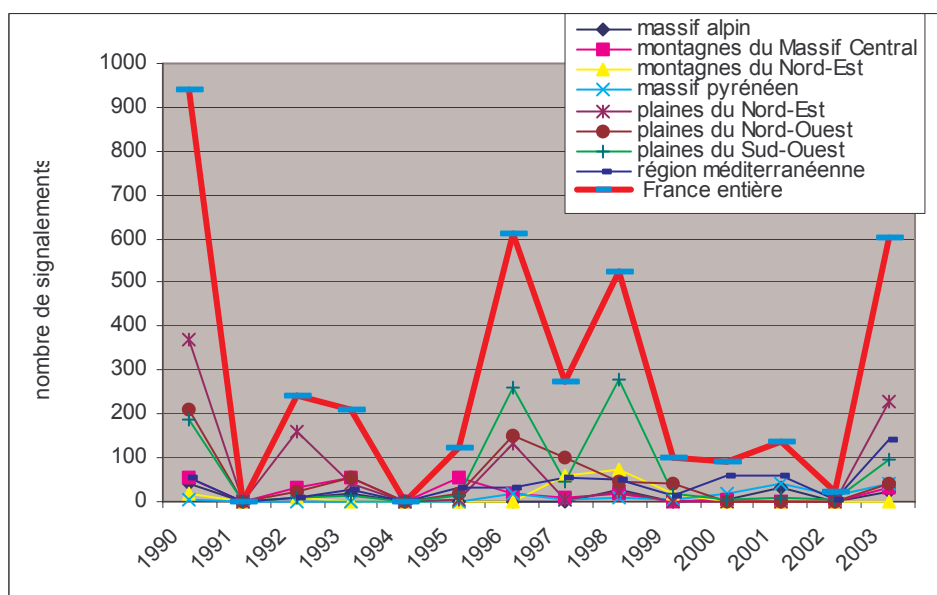


Figure 3. Evolution annuelle du nombre d'arbres observés sur les placettes du réseau européen de suivi des dommages forestiers, pour lesquels le déficit foliaire ou la coloration anormale est attribué à la chaleur, à la sécheresse ou à un dégât hydrique.

Annual evolution of the number of trees observed on European network plots on which defoliation loss or abnormal coloration is due to heat, drought or a hydrous damage.



Les feuillus visuellement plus marqués que les résineux

Les cartes de la figure 4 présentent à la fin de l'été 2003 l'impact visuel sur les arbres de l'épisode de canicule et de sécheresse. Elles sont construites à partir des résultats de l'enquête menée par les correspondants-observateurs et des notations de défoliation réalisées en septembre et en octobre sur les placettes des réseaux à maillage systématique. Elles montrent que l'incidence visuelle de la canicule est plus forte chez les feuillus que chez les résineux. Toutes essences confondues, les dommages paraissent particulièrement marqués à l'Est de l'axe Charleville-Mézières/Toulouse, ce qui est cohérent avec les observations météorologiques. Les symptômes dominants sont une coloration anormale ou une chute de feuilles ou d'aiguilles. Les dessèchements de feuilles ou d'aiguilles restées sur l'arbre sont moins fréquents. Enfin, on constate que les résultats de l'enquête effectuée « à dire d'expert » par les correspondants-observateurs sont globalement en phase avec les observations effectuées sur les réseaux systématiques.

L'enquête montre qu'à l'échelle locale, les symptômes de la canicule et de la sécheresse ont été plus marqués sur les arbres fortement exposés au soleil (arbres isolés, arbres d'alignement et lisières Sud ou Sud-Ouest des peuplements). Pour autant, les autres configurations n'ont pas été épargnées, puisque 60 % des signalements spontanés effectués par les correspondants-observateurs concernent des arbres disséminés ou répartis par taches. L'enquête indique également que les symptômes ont été plus forts sur les zones à sol superficiel ou en situation particulièrement drainante, ce que confirment les signalements spontanés (50 % des peuplements en situation de haut ou de milieu de versant ; principaux facteurs édaphiques consignés : sol superficiel, très drainant ou position drainante). Les notations effectuées à l'automne sur le réseau européen montrent que l'intensité des symptômes augmente avec l'âge du peuplement. Ceci est particulièrement vrai pour le sapin pectiné, l'épicéa commun et le hêtre, essences pour lesquelles le réseau européen comporte des peuplements de moins de 60 à plus de 120 ans, ainsi que pour le châtaignier et le chêne pubescent, pour lesquels le réseau européen ne comprend pas d'arbres de plus de 120 ans. Cette tendance ne se vérifie par contre pas pour les chênes rouvre et pédonculé. En ce qui concerne l'exposition, on constate, sur le réseau systématique, que les symptômes automnaux sont plus intenses dans les peuplements exposés à l'ouest, au sud-ouest, au sud et au sud-est, par rapport aux autres expositions et aux configurations planes. L'insolation plus importante de ces expositions en fin de journée, accompagnée de températures plus élevées que celles du matin, permet d'expliquer que les dégâts de la canicule y soient plus marqués. Parmi les signalements spontanés (en dehors des réseaux systématiques) de problèmes liés à la canicule ou à la sécheresse, 30 % concernent des peuplements exposés à l'ouest, au sud-ouest ou au sud (mais 45 % correspondent à des situations plates). Enfin, l'étude des variations de l'intensité de la défoliation en fonction de l'altitude des peuplements montre que c'est entre 250 et 500 mètres d'altitude que les symptômes sont les plus importants. Cette tendance s'observe pour le châtaignier, les chênes, le hêtre et le pin sylvestre. Pour le sapin pectiné, on observe une baisse marquée de l'intensité des symptômes avec l'altitude.



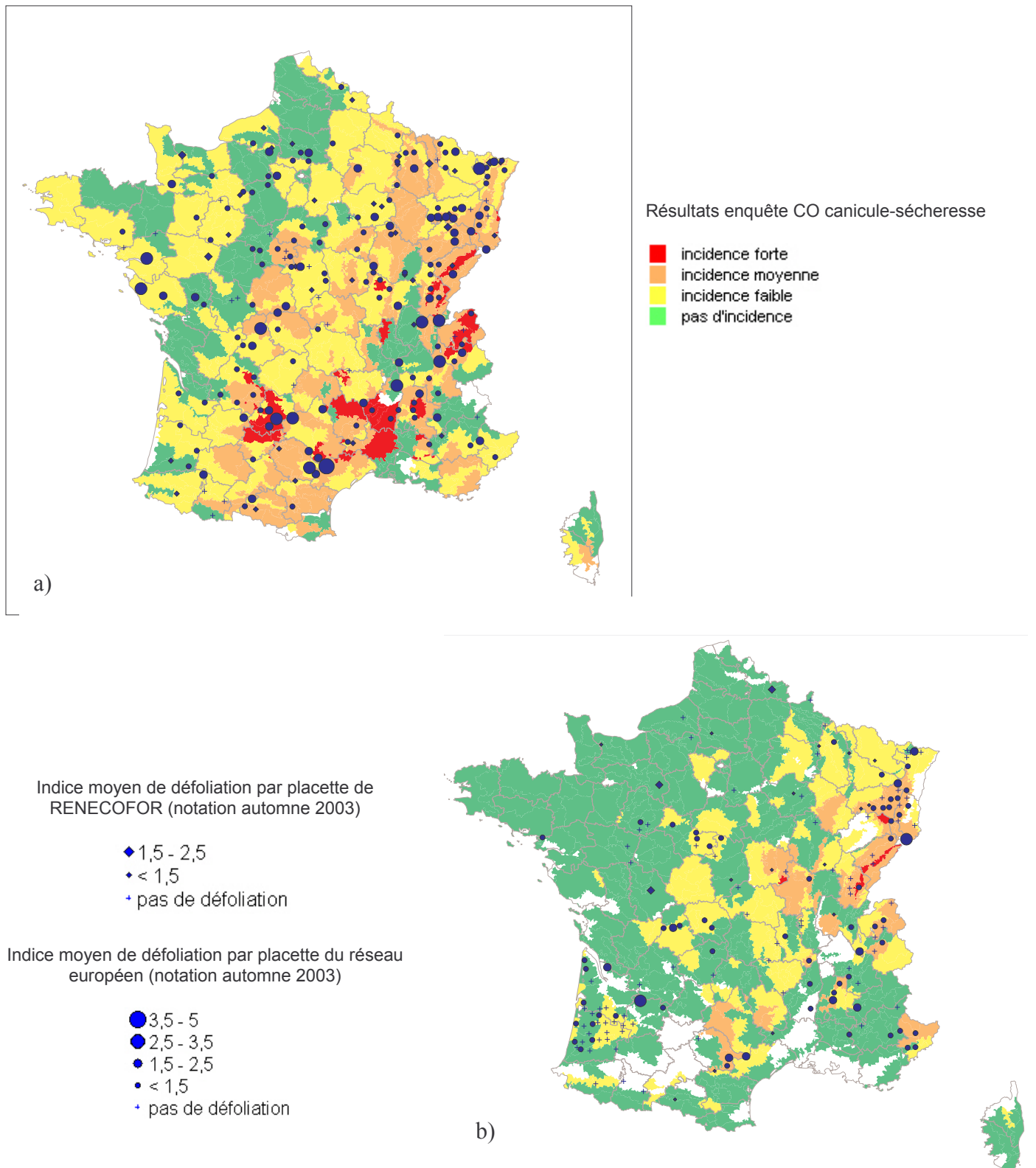


Figure 4. Impact visuel de la canicule et de la sécheresse à l'automne 2003 sur les feuillus (a) et les résineux (b). Synthèse des résultats de l'enquête menée par les correspondants-observateurs, et des notations effectuées sur le réseau européen de suivi des dommages forestiers et sur le réseau Rénécófor.
Visual impact of the 2003 heatwave and drought during autumn in 2003 on broad-leaved trees (a) and conifers (b). Synthesis of the inquiry carried out by the DSF observers and notation on the European network level 1 and 2.

Avant d'entrer dans le détail des impacts visuels sur les différentes essences, il faut se rappeler que les dommages visibles en fin d'été 2003 ne permettent pas d'apprécier si l'arbre pourra récupérer ou survivre. D'une part, les symptômes provoqués par la chaleur et la sécheresse au niveau des houppiers correspondent généralement à un mécanisme d'adaptation du végétal plutôt qu'à une pathologie : le sacrifice des organes caduques que sont les feuilles permet de limiter



l'apparition de dégâts irréversibles aux organes pérennes que sont les troncs, les branches et les rameaux. D'autre part, si les potentialités de récupération sont souvent faibles chez les résineux, dont les capacités de nouvelle feuillaison et d'émission de nouvelles pousses sont très limitées, voire inexistantes, il n'en est pas de même pour les feuillus. L'évolution de chaque arbre dépendra, non seulement des dommages provoqués en 2003 par la canicule et la sécheresse, mais aussi de son état sanitaire antérieur et des conditions climatiques et phytosanitaires de 2004 et des années suivantes. Rappelons cependant que des mortalités ont été constatées dès 2003 : parmi les signalements spontanés par les correspondants-observateurs de problèmes liés à la canicule ou à la sécheresse (559 fiches), 43 % signalent des mortalités, en jeunes plantations et en peuplements adultes. La figure 5 illustre la répartition par essence de ces signalements de mortalité, sans tenir compte de l'âge du peuplement.

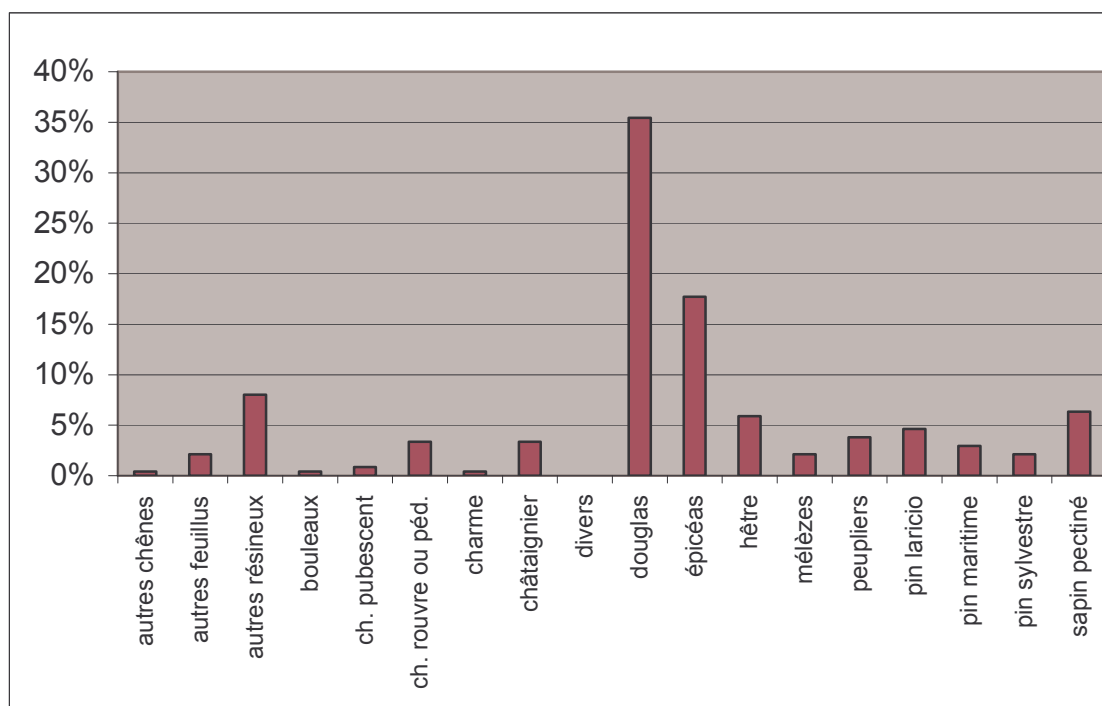


Figure 5. Répartition entre les différentes essences des signalements spontanés de mortalités liées à la canicule-sécheresse (fiches base DSF) – jeunes plantations et peuplements adultes non séparés.
Repartition by species of spontaneous mortalities tied to the 2003 drought and heatwave according to DSF database. Young plantations and adult plants are not separated.

Des réactions différentes selon les essences

A partir des données des réseaux européens et RENECOFOR, il est possible de comparer l'importance des effets visuels de la canicule et de la sécheresse entre les différentes essences. La notation de symptômes effectuée en automne, qui porte sur la part de la surface foliaire détruite, endommagée ou non fonctionnelle, estimée par rapport au feuillage de l'année, permet de mesurer les effets des facteurs biotiques et abiotiques de l'année sur le feuillage. Il est également possible d'utiliser les notations de déficit foliaire pratiquées en été (notation par rapport à un arbre de référence, tenant compte non seulement de la défoliation, mais aussi des descentes de cime, des branches mortes...), et de comparer les valeurs de 2002 et de 2003 pour apprécier l'impact des facteurs de l'année 2003 sur le feuillage (avec les limites signalées plus haut d'une notation effectuée majoritairement en début d'été donc avant la canicule). Que l'on travaille sur l'un ou l'autre paramètre, il est important de rappeler que les effets observés peuvent résulter de la canicule et de la sécheresse, mais aussi d'autres facteurs abiotiques ou biotiques. Le graphique (fig. 6) confirme la tendance observée dans l'enquête menée par les correspondants-observateurs d'un impact visuel moindre de la canicule et de la sécheresse sur le houppier des résineux par rapport aux feuillus (en particulier, le pin sylvestre et le pin maritime apparaissent assez peu touchés). Parmi les feuillus, le châtaignier, le charme, le bouleau et le hêtre sont des essences dont le houppier s'est fortement dégradé au cours de l'année 2003. C'est à des facteurs abiotiques



qu'est imputée cette dégradation dans 15 % des cas, au lieu de 3 % en moyenne sur les années 1997-2002.

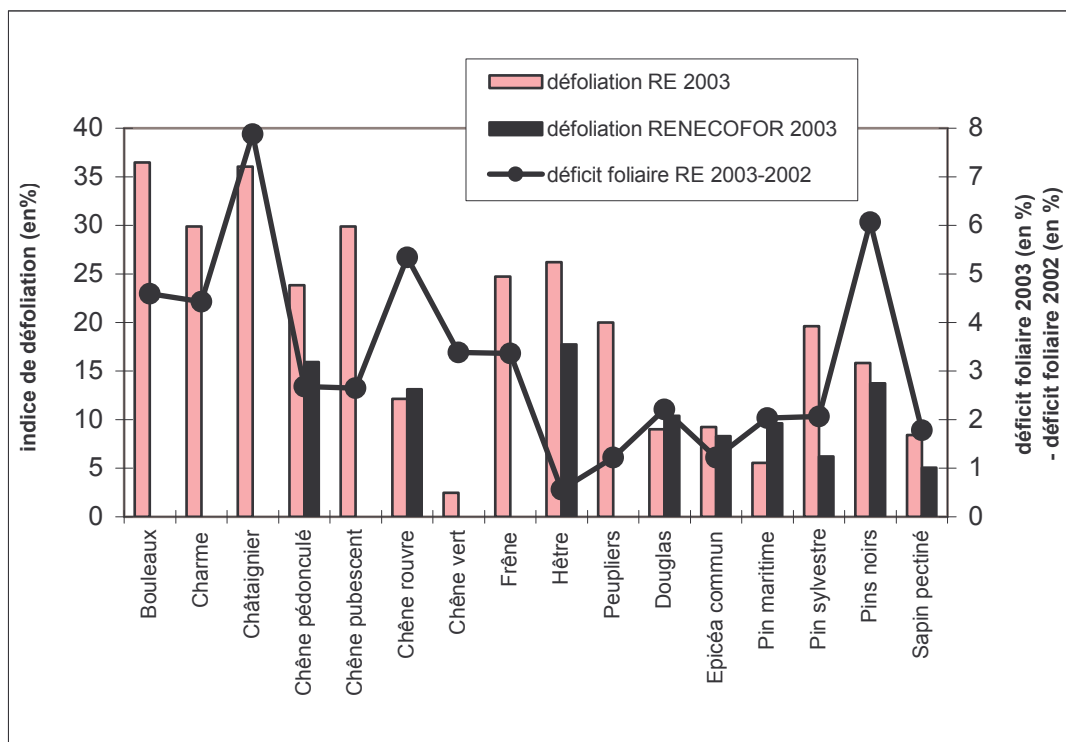


Figure 6. Incidence visuelle de la canicule et de la sécheresse sur le houppier des différentes essences. L'indice de défoliation noté à l'automne 2003 sur les réseaux européen et Rénécófor prend en compte les chutes de feuilles, dessèchements et colorations anormales. Pour le hêtre et les pins noirs, le décalage entre les niveaux de défoliation de 2003 et l'aggravation du déficit foliaire entre 2002 et 2003 est vraisemblablement lié aux périodes de notation.

Visual impact on crown condition of different species after the 2003 drought and heatwave. The defoliation indicator marked in 2003 autumn on European networks level 1 and 2 takes into account leaves fall, withering and abnormal coloration. For beech and black pines, the gap between defoliation loss in 2003 and the worsening of defoliation loss between 2002 et 2003 is probably due marling periods.

Des feuillus les plus touchés immédiatement...

Si les notations réalisées sur le réseau européen conduisent à classer **le charme** parmi les essences les plus touchées en terme d'impact au feuillage (symptôme dominant : chute de feuilles), l'enquête effectuée par les correspondants-observateurs indique que les zones avec les symptômes les plus marqués se situaient dans le Nord-Est de la France, jusqu'à une limite Sud coïncidant avec l'aire de répartition de l'essence. Les peuplements de Picardie et du Nord-Pas-de-Calais ont été épargnés, ce qui est cohérent avec les données météorologiques. Dans la moitié Sud de la France, l'ensemble des charmes ont été affectés par l'épisode de canicule et de sécheresse et les symptômes ont été les plus marqués dans les peuplements de la vallée de la Garonne installés sur des sols hydromorphes, ainsi que dans l'Ain.

Le châtaignier fait partie des essences feuillues pour lesquelles l'impact visuel de la canicule et de la sécheresse a été le plus élevé. Seules les régions de la frange Nord-Ouest du pays ont été épargnées. Dans le Sud de la France, les arbres ont surtout manifesté des chutes foliaires précoces et massives. Dans le Nord, ils ont rougi et les feuilles ne sont tombées que tardivement. Localement, sur des arbres à écorce lisse, d'importantes nécroses cambiales ont été observées. Les symptômes les plus marqués ont été observés sur des sols très filtrants et sur des positions topographiques drainantes. Dans le Sud-Ouest, zone exprimant les symptômes les plus forts d'après les données du réseau européen, l'intensité des dommages progressait selon un gradient Ouest-Est.



Les seules informations disponibles concernant **le bouleau** sont celles issues du réseau européen, où l'on constate une aggravation marquée du déficit foliaire durant l'été 2003 par rapport à 2002. Les signalements pour lesquels le principal facteur en cause est un problème abiotique (incluant les problèmes de chaleur et de sécheresse) sont plus fréquents en 2003 que durant les années précédentes. Les correspondants-observateurs ont signalé par ailleurs des chutes importantes de feuillage et une décoloration précoce dans certaines zones dès le milieu de l'été 2003.

Pour **le merisier**, les observations réalisées sur le réseau européen indiquaient une très nette aggravation du déficit foliaire en 2003, avec une proportion particulièrement élevée par rapport aux années précédentes de cas imputés à des facteurs abiotiques. Le faible effectif de merisiers sur le réseau européen conduit cependant à considérer cette information avec prudence. Par ailleurs, les correspondants-observateurs ont signalé fréquemment des chutes de feuilles précoces pour le merisier. Cependant, de façon paradoxale, certains merisiers étaient encore parfaitement feuillés en septembre 2003, du fait de l'absence de pathogènes foliaires et notamment de la cylindrosporiose (*Phloeosporrella padi*), qui classiquement provoque la chute précoce des feuilles au cours de l'été.

Les résultats de l'enquête menée par les correspondants-observateurs et ceux des notations effectuées à l'automne sur les réseaux systématiques s'accordent pour placer **le hêtre** parmi les essences visuellement les plus touchées (fig. 7). Les signalements spontanés effectués par les correspondants-observateurs ont révélé que la moitié des peuplements touchés se trouvaient en situation de haut ou de milieu de versant, ou bien en bordure de plateau. C'est dans la moitié Est de la France que les symptômes sur hêtre ont été les plus forts : jaunissements, dessèchements et pertes de feuilles spectaculaires ont concerné toutes les classes d'âge. Certains arbres ont ensuite reverdi à l'automne. Dans le Sud-Est et notamment en Corse, toutes les stations étaient concernées, alors que dans le Nord-Est, les arbres affectés se rencontraient principalement soit sur des sols calcaires peu profonds, soit sur des sols à limons profonds mais dégradés par les tassements. Dans cette dernière situation, il existe un risque élevé de mortalité. Par ailleurs, dans le Massif Central et les Pyrénées, les symptômes s'atténuaient avec l'altitude. Localement, ils ont pu être amplifiés dans des peuplements touchés par des dégâts d'exploitation ou par les tempêtes de décembre 1999 (arbres déstabilisés ou isolés). Extrêmement peu de cas de mortalité ont été signalés en 2003 en peuplements adultes.

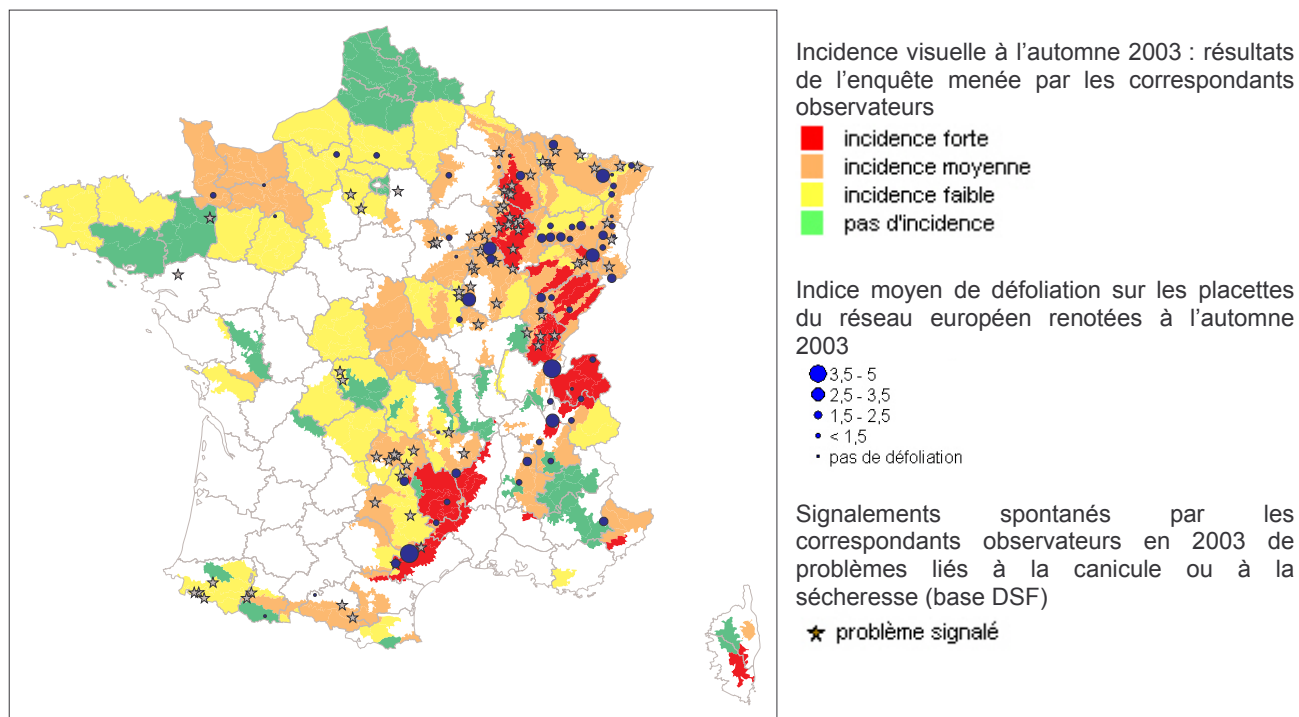


Figure 7. Impact de la canicule et de la sécheresse sur le hêtre. Synthèse des résultats de l'enquête menée par les correspondants-observateurs, et des notations effectuées sur le réseau européen de suivi des dommages forestiers.
Impact of the 2003 drought and heatwave on beech. Synthesis of results from the inquiry carried out by the DSF observers and from the European Network

Seuls les **chênes pubescents** situés au Sud d'une ligne Bordeaux-Lyon ont été fortement touchés par la canicule et la sécheresse, encore davantage dans le Sud-Ouest que dans le Sud-Est d'après les notations d'automne effectuées sur le réseau européen. Dans cette moitié Sud, le chêne pubescent est l'essence qui a exprimé de façon la plus précoce et la plus spectaculaire les effets de la canicule et de la sécheresse. Sur des régions forestières entières, les arbres ont rougi avant même la canicule, puis perdu une part importante de leurs feuilles en septembre. Des reverdissements significatifs ont été observés en octobre. Si les symptômes ont été les plus marqués sur les sols superficiels ou sur les versants chauds, les stations qu'occupe naturellement cette essence (causses, hauts de versants, croupes rocheuses) se caractérisent de toutes façons par une réserve en eau très faible. Dans le Sud-Est, les symptômes étaient accentués sur substrats acides. Des mortalités sont à craindre localement (arbres surannés ou tiges dominées), d'autant plus que l'état général des houppiers se détériore de façon continue depuis la sécheresse du début des années 1990.

...à ceux qui semblent plus épargnés au premier abord

Le **chêne pédonculé** présentait des symptômes (colorations anormales, dessèchements et chutes de feuilles) sur une grande partie de son aire de présence (sauf la frange Nord-Ouest du pays), plus marqués à l'Est qu'à l'Ouest, plutôt faibles dans les plaines et moyens sur les piémonts des reliefs de l'Est et du Centre de la France. L'impact de la canicule était surtout visible sur les versants exposés au soleil ou sur des sols superficiels à faible réserve en eau ou à hydromorphie temporaire. Dans les vallées et les bas de versants au sol bien alimenté en eau, le chêne pédonculé a peu exprimé les effets de la canicule. Une partie des brunissements les plus visibles à la fin août 2003, observés notamment en Lorraine, correspondait en fait à de fortes attaques d'oïdium consécutives soit à des gels de printemps, soit à des défoliations par le bombyx disparate, la processionnaire du chêne ou les géométrides. Le caractère globalement limité à l'échelle nationale des impacts visuels de la sécheresse et de la canicule en début d'automne 2003 ne doit pas faire oublier que le chêne pédonculé a déjà été marqué par des dépérissements importants, en stations critiques, suite aux sécheresses de 1976 et de 1989 à 1991. Des martelages effectués durant l'hiver 2003-2004 dans les Pyrénées-Atlantiques, les Hautes-Pyrénées, en Ariège en Lorraine et en Alsace ont permis d'observer de nombreuses galeries d'agrides. Ce constat fait craindre des dépérissements ces prochaines années.

C'est dans les départements de l'Est et en région Midi-Pyrénées (fig. 8) que les symptômes les plus forts sur **chêne sessile** sont apparus à la fin de l'été 2003. Dans la majorité des autres régions, l'impact visuel de la sécheresse et de la canicule est resté faible ou nul. Les effets les plus significatifs se rencontraient donc sur les versants Sud des Vosges cristallines, ainsi que dans les taillis du Sud en conditions thermophiles et xériques. Les résultats des observations réalisées sur le réseau européen confirment que l'intensité de la défoliation était plus élevée dans les stations dont la disponibilité en eau est insuffisante. Dans les contreforts du Massif Central et dans le Piémont Pyrénéen, un effet net de l'altitude a été constaté (disparition des symptômes au-delà de 800 mètres d'altitude). Réputé plus tolérant à la sécheresse que le chêne pédonculé, le chêne sessile présentait pourtant à l'automne 2003 un impact visuel plus marqué sur le feuillage, à la fois d'après les « dire d'expert » des correspondants-observateurs et les résultats des notations du réseau européen, sans que ceci puisse être interprété en terme de capacités relatives de récupération. Parmi les chênes notés sur le réseau européen, le chêne sessile est celui dont l'aggravation du déficit foliaire a été la plus importante en 2003 (effet notamment de l'épisode de sécheresse et de canicule et de diverses défoliations par des insectes).



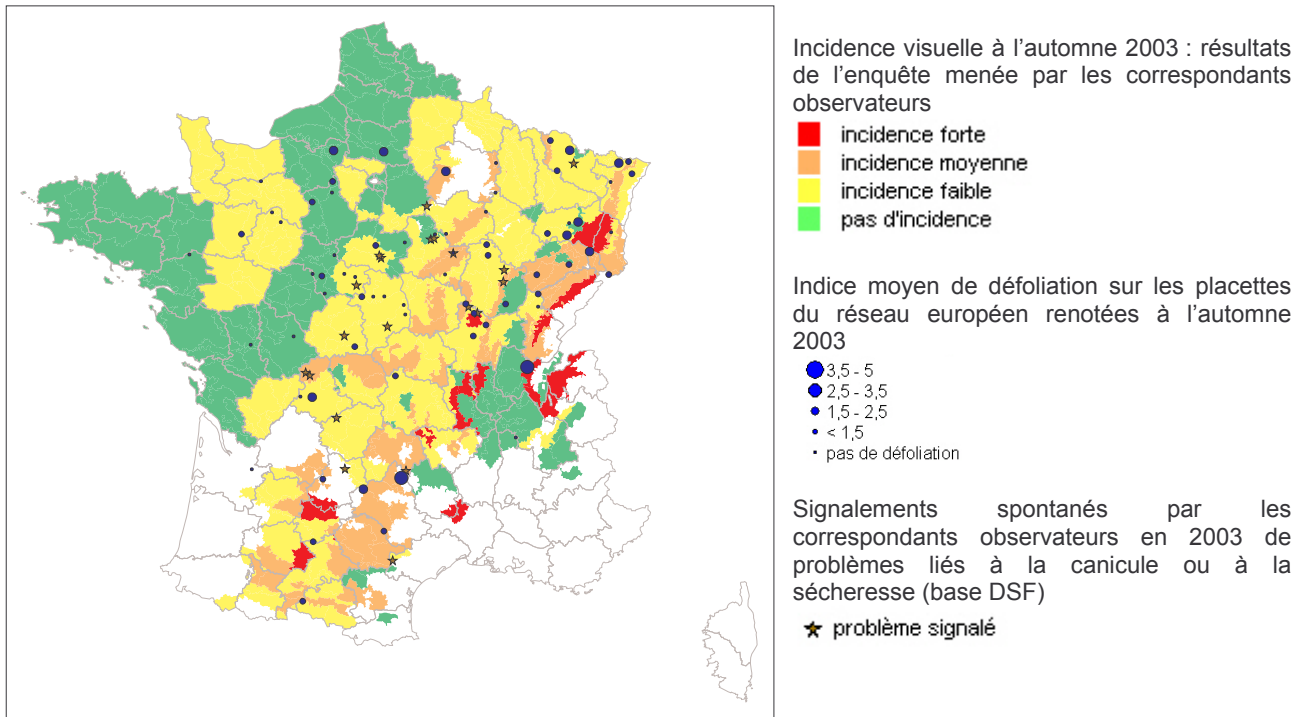


Figure 8. Impact de la canicule et de la sécheresse sur le chêne sessile. Synthèse des résultats de l'enquête menée par les correspondants-observateurs, et des notations effectuées sur le réseau européen de suivi des dommages forestiers. *Impact of the 2003 drought and heatwave on sessile oak. Synthesis of results from the inquiry carried out by the DSF observers and from the European Network*

Les chênes méditerranéens ont paru relativement peu affectés par l'épisode climatique. Si les **chênes liège** des Maures et de l'Estérel ont montré des dessèchements, ils n'ont pas présenté de dépérissement généralisé, malgré un état sanitaire déjà fortement dégradé par les défoliations répétées dues au bombyx disparate (*Lymantria dispar*). Dans les Pyrénées Orientales et en Corse, les peuplements ont souvent été affectés de pertes foliaires ou de dessèchements. Pour le **chêne vert**, les dessèchements et chutes de feuilles n'ont concerné que les sols les plus superficiels, avec des dommages plus marqués (allant localement jusqu'à des mortalités) sur une partie de la Corse, dans les Corbières méridionales et sur les plateaux de Provence.

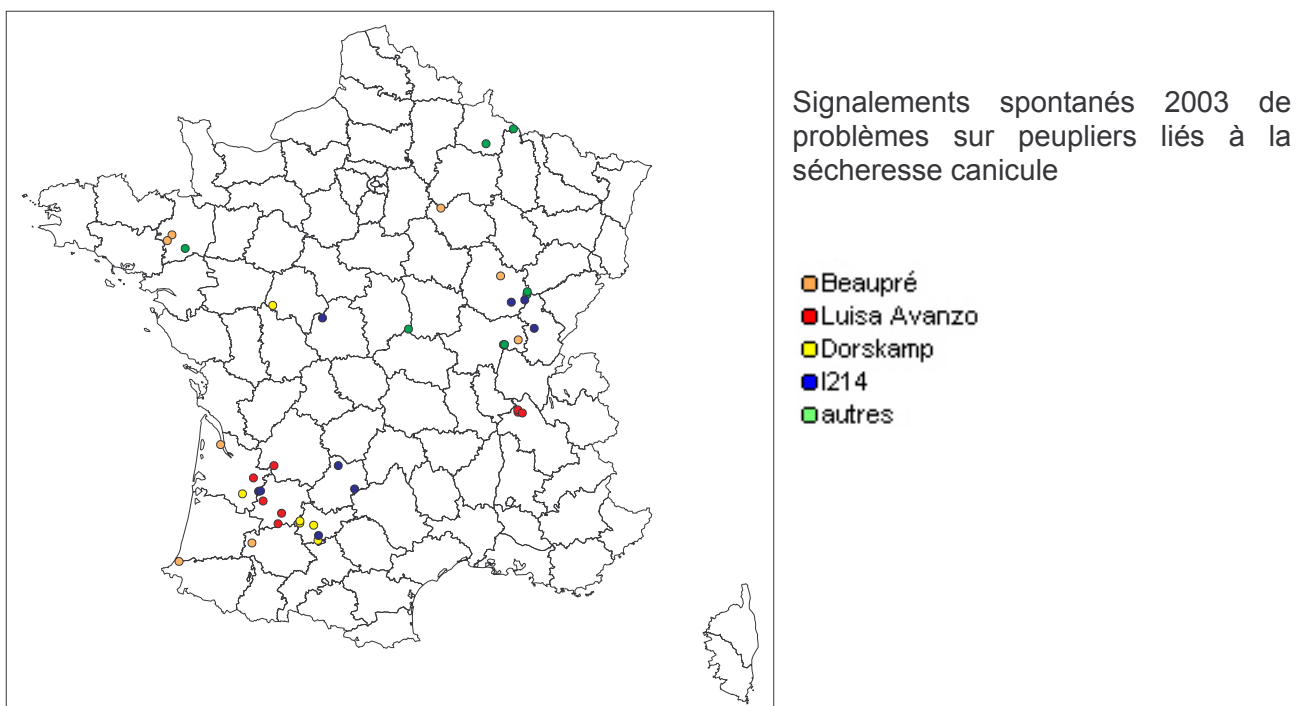


Figure 9. Signalements spontanés de problèmes sur peupliers liés à la canicule ou à la sécheresse et répartition selon les cultivars.
Spontaneous sights of problems on poplar trees tied to the 2003 drought and heatwave.

Sur **peupliers**, les atteintes de la canicule et de la sécheresse ont surtout concerné la moitié Sud et une petite zone Est de la France (fig. 9). Des chutes de feuilles précoces, ainsi que des dessèchements et décolorations ont affecté les cultivars I214, Dorskamp, Flevo, Beaupré et Luisa Avanzo. En plus des effets directs, dont quelques cas de coups de soleil sur les troncs (rougissement de l'écorce, fentes), des attaques de ravageurs (xylophages principalement) et de pathogènes semblent être des conséquences indirectes de l'épisode de sécheresse-canicule (affaiblissement des arbres, conditions plus favorables aux insectes...). Si les peupleraies installées hors vallée et sur sols à nappe superficielle montraient logiquement les symptômes les plus forts, les signalements spontanés par les correspondants-observateurs de problèmes liés à la sécheresse ou à la canicule (60 fiches sur peuplier) correspondent cependant dans 25 % des cas à des peuplements situés en vallée. Dans la très grande majorité des signalements, les symptômes concernaient plusieurs plantations, mais pas la totalité de la région forestière. Aucune mortalité directe n'a été signalée, hormis dans les très jeunes plantations. A contrario, dans le Nord-Ouest et le Nord-Est de la France, les fortes températures ont freiné le développement de la rouille (*Melampsora larici-populina*) et ont permis aux cultivars sensibles de garder leur frondaison intacte plus longtemps qu'en année normale (fig. 10).



Figure 10. Suivi photographique d'une plantation de peupliers située à Anthelupt (54) en septembre 2002 (a) et septembre 2003 (b) : visualisation de l'incidence réduite des attaques de rouille en 2003 (photo : J. Poirot)
Photographic follow-up of a poplar plantation near Anthelupt (Meurthe-et-Moselle) in September 2002 (a) and September 2003 (b) : decrease in rust attacks in 2003

Certains résineux paraissent très affectés dès la fin de l'été...

Le **douglas** représente 20 % des signalements spontanés effectués en 2003 par les correspondants-observateurs de problèmes liés à la canicule ou à la sécheresse. Dans certaines des régions (fig. 11) où il a été le plus massivement introduit (Bourgogne en particulier dans le Morvan, Auvergne, Sud et Est du Massif Central...), on a observé fréquemment des rougissements partiels ou totaux de certains arbres, en particulier en lisière de peuplement (surtout



les lisières exposées au Sud). Les symptômes ont été moins fréquents dans le Limousin et dans le Nord-Est, et quasiment absents de Bretagne et de Basse-Normandie. Ces rougissements correspondaient souvent à une mortalité partielle voire totale des houppiers. Il s'agissait quasi-exclusivement d'un effet direct des conditions climatiques, sans intervention d'un agent biotique. Ces rougissements n'étaient pas tous brutalement apparus au mois d'août 2003 : une proportion significative était observée à partir de début avril, témoignant des effets locaux de la sécheresse printanière. Localement, ces atteintes ont fortement marqué le paysage. En effet, 35 % des signalements correspondent à un problème se manifestant à l'échelle de la région IFN, tandis que 25 % ont une étendue de l'ordre du massif forestier ou de plusieurs communes.

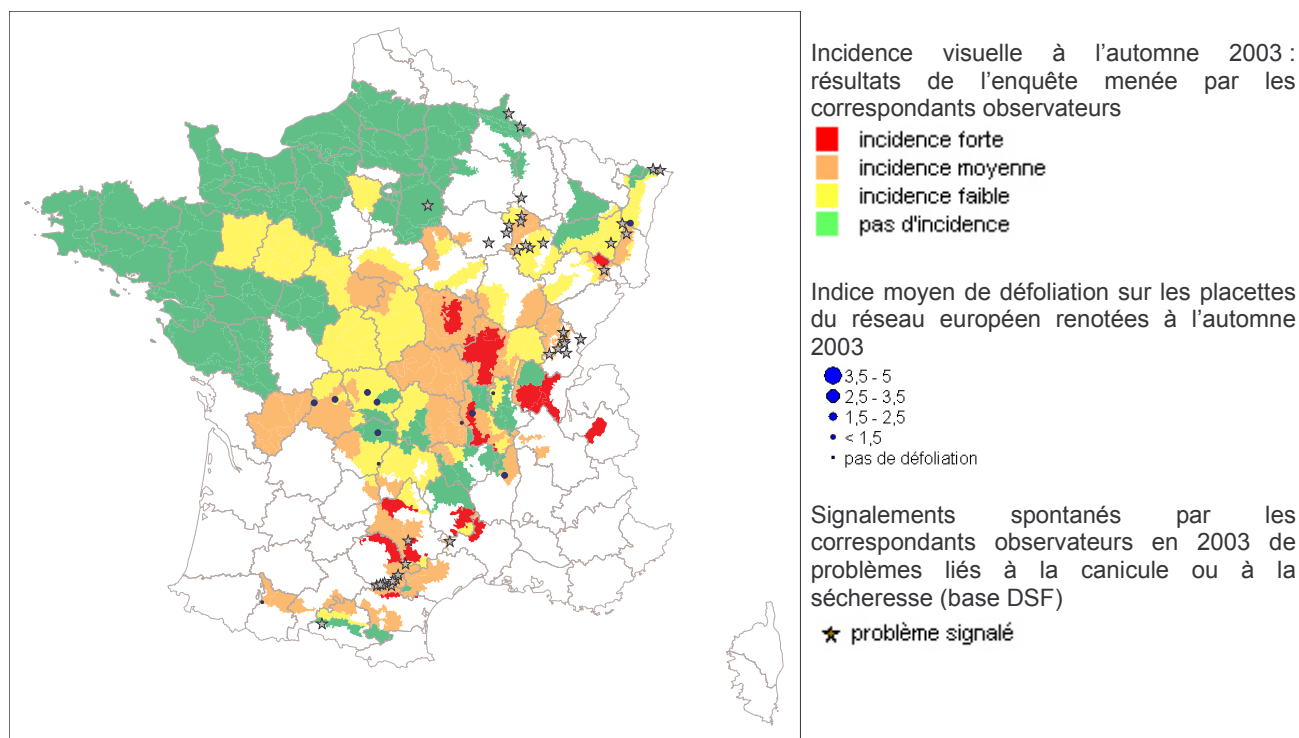
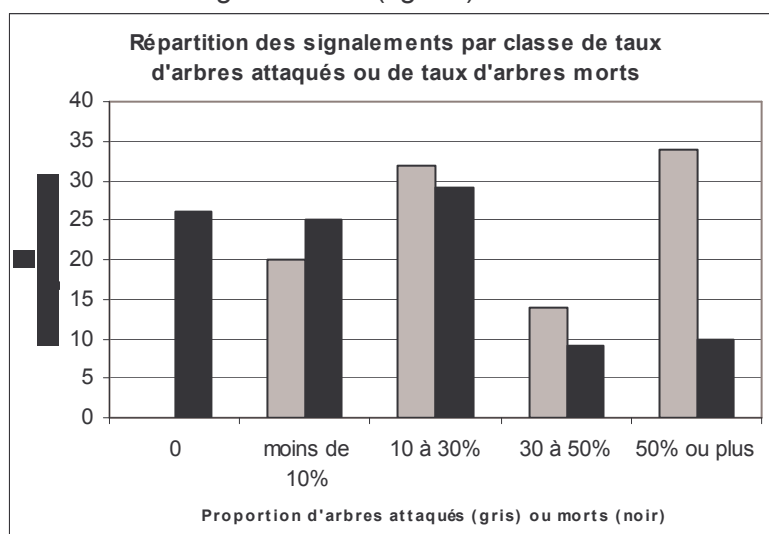


Figure 11. Impact de la canicule et de la sécheresse sur douglas. Synthèse des résultats de l'enquête menée par les correspondants-observateurs, et des notations effectuées sur le réseau européen de suivi des dommages forestiers.
Impact of the 2003 drought and heatwave on Douglas fir. Synthesis of results from the inquiry carried out by the DSF observers and from the European Network

Parmi les signalements spontanés effectués par les correspondants-observateurs (qui se sont probablement concentrés sur les phénomènes les plus marqués), 50 % concernent des situations dans lesquelles plus de 30 % des arbres étaient atteints ; les peuplements avec plus de 10 % d'arbres morts représentent également la moitié des signalements (fig. 12).

L'altitude s'est avérée être un facteur déterminant : au-delà de 700 mètres, les douglas n'ont pas montré de symptômes. L'importance des dommages sur cette essence semble s'expliquer par son inaptitude physiologique à supporter de fortes insulations ou des températures élevées (d'où des rougissements plus marqués en lisière de peuplement) et par le fait qu'une partie des boisements ont été effectués sur des stations peu favorables. Les symptômes ont été plus fréquents et plus précoces en conditions stationnelles critiques



(pluviométrie insuffisante, faible réserve hydrique du sol) : 75 % des fiches de la base DSF mentionnant

Figure 12. Répartition des signalements de problèmes liés à la canicule ou à la sécheresse sur douglas, en fonction du pourcentage d'arbres attaqués et du pourcentage d'arbres morts.

Repartition of problems tied to the 2003 drought and heatwave on Douglas fir, as terms of attacked trees and dead trees.

des problèmes liés à la sécheresse ou à la canicule sur douglas concernent effectivement des peuplements installés en milieu ou en haut de versant. Pour autant, les situations plus favorables n'ont pas toujours été épargnées, y compris à l'intérieur des peuplements (80 % des signalements indiquent une répartition disséminée ou par tâches des arbres ayant rougi). Les arbres les plus exposés au soleil ou les plus jeunes, qui ont fortement rougi, n'ont que de minces chances de survie, alors que ceux qui étaient plus âgés ou plus abrités, et qui ont montré des descentes de cime ne seront vraisemblablement menacés qu'à moyen terme. Lorsque ces dommages sont survenus dans des zones déjà affectées par les tempêtes de 1999, l'avenir du peuplement peut être compromis. L'importance économique de ces dommages doit cependant être relativisée : une étude réalisée dans la Nièvre montre que le taux de mortalité variait de 1 à 12 %, en fonction notamment de la région forestière. Par ailleurs, les résultats des notations de symptômes réalisées à l'automne 2003 sur les réseaux systématiques (incluant les colorations anormales du feuillage) donnent un indice modéré. Enfin, il n'existe pas, pour le douglas, de cortège de scolyte susceptible d'aggraver ou d'accélérer de manière très significative les dépérissements engendrés par la canicule et la sécheresse.

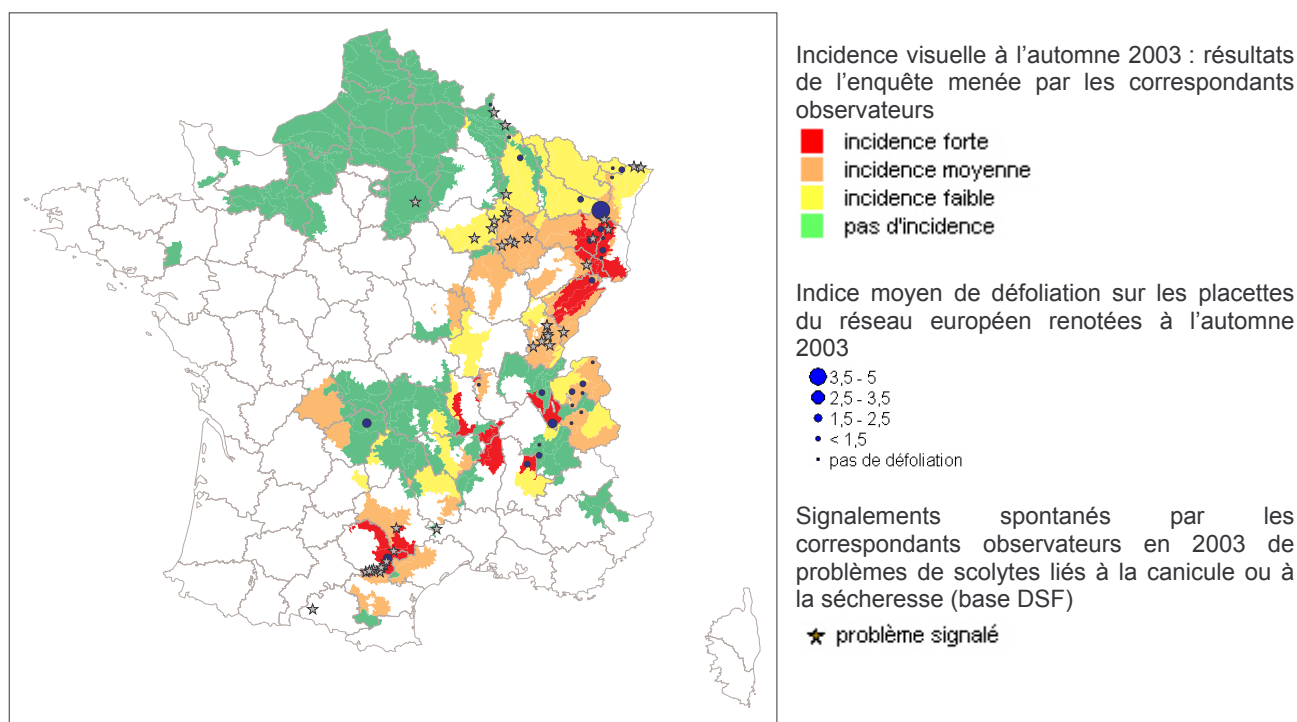


Figure 13. Impact de la canicule et de la sécheresse sur l'épicéa commun. Synthèse des résultats de l'enquête menée par les correspondants-observateurs, des notations effectuées sur le réseau européen de suivi des dommages forestiers, et des signalements spontanés d'attaques de scolytes liées à la canicule ou à la sécheresse.

Impact of the 2003 drought and heatwave on spruce. Synthesis of results from the inquiry carried out by the DSF observers and from the European Network and spontaneous sights of bark beetles tied to the 2003 drought and heatwave

Parmi les résineux en peuplement adulte, l'épicéa commun est une des essences qui a exprimé les symptômes les plus forts suite à l'épisode de sécheresse. La carte (fig. 13) présente à la fois l'incidence visuelle de la sécheresse-canicule en fin d'été (enquête), les niveaux moyens de symptômes sur les placettes du réseau européen à l'automne, ainsi que les signalements par les correspondants-observateurs de problèmes de scolytes liés à cet épisode climatique (de mi-août à fin décembre 2003). Les rougissements massifs observés dès début août traduisaient des mortalités de grande ampleur, liées à des attaques de scolytes (typographe (*Ips typographus*) et chalcographe (*Pityogenes chalcographus*)) dès le printemps, auxquelles les arbres ont moins bien résisté qu'habituellement, étant affaiblis par la sécheresse et la canicule, d'autant plus que ces



conditions climatiques étaient particulièrement favorables au développement des scolytes. Les rougissements étaient les plus marqués dans les Vosges, le Jura, l'Est et le Sud du Massif Central, et dans une partie des massifs préalpins. Dans le Nord-Est de la France, les correspondants-observateurs rapportent que les problèmes de scolytes concernaient souvent des régions forestières en entier. Ces attaques de scolytes sont signalées essentiellement dans des peuplements âgés de 30 à 60 ans, mais des peuplements plus jeunes étaient également touchés par taches (attaques de chalcographe). Les dégâts se répartissaient en fait sur la totalité de l'aire de présence de l'épicéa commun, mis à part le département des Ardennes et une zone centrale à cheval sur l'Est du Limousin et l'Ouest de l'Auvergne, avec des symptômes plus marqués sur les arbres de lisière et dans les portions de peuplements situées sur des croupes. Dès l'automne 2003, des dégâts liés à la deuxième génération de scolytes (et peut-être localement à une troisième génération) ont été signalés dans le Nord-Est (notamment en Lorraine et en Franche-Comté), ainsi que sur la bordure Sud-Ouest du Massif Central et en Rhône-Alpes (dégâts diffus ou localisés dans le Vercors, le Bugey méridional et la Savoie). Pour autant, la Haute-Savoie, déjà affectée en 2002 par de forts dégâts dus au typographe, est restée en 2003 au même niveau de dommages. Au bilan, en plus des fentes de sécheresse signalées localement, il est apparu à la fin 2003 que les dommages aux épicéas provoqués par la canicule et la sécheresse étaient essentiellement liés à une amplification des attaques de scolytes, dont les populations avaient certes diminué en 2002 après les pullulations post-tempête, mais sans être retombées partout à un niveau d'endémisme. Il est donc vraisemblable que les conséquences économiques de cet épisode climatique seront, malgré un impact visuel similaire pour les deux essences à la fin de l'été 2003, plus élevées à terme pour l'épicéa que pour le douglas.

Des dessèchements brutaux de houppiers ont affecté le **sapin pectiné** dans le Jura et les Vosges, le département de la Loire et le Puy-de-Dôme, alors que les peuplements d'altitude des massifs alpins et pyrénéens n'ont manifesté que très peu de symptômes. Ils correspondaient, selon les cas, à des dégâts d'origine strictement climatique (sur sols superficiels ou très acides), ou à des attaques de scolytes ou de pissode sur gros bois principalement. L'exigence d'une humidité atmosphérique élevée et constante, y compris en été, et d'une bonne alimentation en eau, explique pour cette essence la répartition géographique des symptômes, en particulier pour les stations de basse altitude. Ainsi, sur les placettes du réseau européen observées à l'automne 2003, une corrélation très nette apparaît entre l'intensité des symptômes et le manque de disponibilité en eau de la station. Globalement, l'épisode de canicule et de sécheresse a été favorable aux populations de scolytes et de pissodes, qui n'étaient pas revenues à un niveau endémique depuis la tempête de 1999, et qui ont proliféré à nouveau suite à l'affaiblissement des arbres, d'où des mortalités. Tous les foyers de scolytes n'ayant pas été détectés à l'automne 2003, il faut s'attendre à avoir davantage d'arbres rouges répertoriés en 2004, en particulier dans les peuplements de faible altitude, et éventuellement durant les années suivantes si les pullulations de scolytes et du pissode se prolongent.

...alors que d'autres semblent bien résister

Le **pin maritime** fait partie des essences qui, en fin d'été 2003, exprimaient le moins les effets de la canicule, comme le confirment les notations effectuées sur le réseau européen. Seuls quelques dessèchements et pertes d'aiguilles anciennes ont été observés très localement dans des jeunes peuplements (rougissements « de l'intérieur », donnant un aspect clair aux houppiers suite à la chute de ces aiguilles). En début d'automne, les signalements spontanés de problèmes liés à la canicule ou à la sécheresse étaient très peu nombreux et apparemment bénins, mis à part le redémarrage local de foyers de sexdentés. Cependant, en fin d'année 2003, des mortalités de pins maritimes ont été constatées dans le massif landais : il s'agit d'arbres préalablement affaiblis par des pathogènes racinaires (armillaire, fomès) ou des scolytes, et pour lesquels la canicule semble avoir précipité le processus de mortalité. Signalons par ailleurs que la canicule a eu dans de nombreux secteurs un effet dépressif sur les populations de chenilles processionnaires, ce qui devrait limiter l'intensité des défoliations lors du prochain cycle. En Corse, le dépérissement initié par la cochenille *Matsucoccus feytaudi* n'a pas progressé de façon significative.

L'enquête réalisée par les correspondants-observateurs montre que les effets de la canicule sont restés discrets sur **pin sylvestre**. Des rougissements limités de pousses, souvent associés à



Sphaeropsis sapinea, ont été observés dans les houppiers. Seule une étroite bande allant de la Meuse au Jura était concernée par une incidence visuelle moyenne. Comme le pin sylvestre, le **pin d'Alep** n'a pratiquement pas manifesté de symptômes suite à l'épisode de sécheresse et de canicule.

Pour les **pins noirs et laricio**, les différentes sources de données n'indiquent pas les mêmes tendances. L'enquête menée par les correspondants-observateurs ne révèle pas de dégâts visuels significatifs, hormis des symptômes d'incidence moyenne sur pin laricio principalement dans l'Aude et l'Hérault (sur sols superficiels), et sur pin noir dans l'Ain (plaines humides). Il s'agissait de dessèchement d'aiguilles anciennes. Les signalements spontanés de problèmes liés à la sécheresse-canicule en dehors des très jeunes plantations étaient très rares. Les résultats des notations effectuées sur les réseaux systématiques montrent quant-à-eux des résultats moins optimistes, mais ils ne permettent pas de distinguer l'effet des conditions climatiques de l'été, de celui des agents biotiques habituels. Les notations de symptômes réalisées à l'automne donnent un indice de défoliation moyen de 15 % environ, supérieur à celui des autres résineux, et significativement plus élevé dans les peuplements exposés à l'Ouest, au Sud-Ouest, au Sud ou au Sud-Est.

Enfin, des jaunissements de **mélèze** ont été signalés en lisière de peuplement ou sur stations difficiles, principalement dans le Massif Central (en particulier dans les peuplements mités par les chablis de 1999), en Bourgogne, dans l'Est (Alsace...) et localement dans les Alpes du Sud. Hormis dans les cas de dessèchements importants de rameaux, le mélèze, en raison de son feuillage annuel, semble plus susceptible que les autres résineux de récupérer après une forte défeuillaison.

Dans les jeunes plantations

Toutes les données disponibles n'ayant pu être exploitées à la date de rédaction de cet article, il ne s'agit pas ici de faire un état des lieux essence par essence pour les jeunes plantations. Les données présentées ci-dessous seront complétées ultérieurement avec les résultats d'une enquête spécifique menée en 2004 par l'Office national des forêts concernant les jeunes plantations, et grâce à la synthèse nationale des déclarations de dégâts aux jeunes plantations effectuées par les propriétaires forestiers en 2004. Il est bien connu que les très jeunes plantations résistent difficilement aux aléas climatiques pendant la durée de leur crise de transplantation, du fait notamment d'un déséquilibre entre le système foliaire et le système racinaire en cours d'installation. Par ailleurs, en cas de protection mécanique individuelle, il peut y avoir un « effet four » lorsque les températures sont très élevées. Ceci peut conduire à « griller » non seulement les feuilles, mais aussi les bourgeons. Lorsque le dessèchement touche aussi le système racinaire, le plant est perdu. Les seules données quantitatives disponibles à la fin 2003 sont celles issues de la première année d'observation de l'enquête spécifique sur l'hylobe conduite par le Département de la Santé des Forêts. 403 placettes de plantations résineuses ont été observées à l'automne 2003, sur lesquelles les notateurs devaient distinguer les mortalités causées par l'hylobe de celles liées à d'autres causes. Malgré l'effectif limité, on peut donc considérer que ce dispositif ne présente pas de biais par rapport aux facteurs climatiques et qu'il est représentatif des plantations résineuses. Globalement, les taux de survie paraissent assez bons, même si l'on ne dispose pas d'information statistique concernant les taux moyens de reprise des plantations en année « normale ». Ainsi, moins de 8% des placettes étaient concernées par des taux de survie inférieurs à 60 %, et environ 25 % étaient concernées par des taux de survie inférieurs à 80 %. Le douglas et l'épicéa commun sont les deux essences pour lesquelles les taux de survie étaient les moins bons, alors que celui des pins semblait particulièrement bon. A ce stade, l'analyse n'a pas cherché à distinguer les différentes causes de mortalité. Les chiffres présentés ci-dessus incluent donc tous les facteurs (dont l'hylobe, la sécheresse, la canicule...).

Conclusion

A la fin de l'année 2003, il est apparu que l'impact visuel de la canicule et de la sécheresse sur les peuplements forestiers était globalement plus important pour les feuillus que pour les résineux. Les



essences montrant, à la suite de cet épisode climatique, les symptômes les plus marqués étaient : le hêtre, le chêne pubescent, le châtaignier, le charme, le bouleau, ainsi que le douglas. Il convient de rappeler que les dommages subis par les arbres ne sont pas uniquement liés à ces symptômes visuels et qu'on ne peut pas, à partir des données d'impact visuel, prédire l'évolution des peuplements.

Au-delà des mortalités directement provoquées par la sécheresse et la canicule, en particulier celles constatées dans les jeunes plantations, les dommages à moyen terme sur la santé des forêts sont en effet liés à l'existence de parasites de faiblesse qui vont pouvoir s'exprimer sur des tiges à la résistance amoindrie par cet événement climatique exceptionnel. Ainsi, pour l'épicéa et le sapin pectiné en particulier, les populations de scolytes ont retrouvé en 2003 des niveaux épidémiques et ont provoqué des mortalités. Pour le chêne pédonculé, on peut craindre dans les années prochaines des processus assez lents de dépérissement, dont l'épisode climatique de l'été 2003 a pu être le facteur déclencheur. En dehors de ces situations, la sécheresse et la canicule se sont révélées être les fossoyeurs de tous les arbres déjà affaiblis par divers facteurs biotiques ou abiotiques ; elles ont localement mis en évidence des choix d'essences ou des gestions sylvicoles mal adaptés.

L'évolution, dans les prochains mois ou années, vers la récupération ou vers la détérioration de l'état de santé des arbres, est suivie en continu par le Département de la santé des forêts, grâce, non seulement à la vigilance permanente des correspondants-observateurs, mais aussi aux notations annuelles pratiquées sur les réseaux de placettes systématiques et permanents, ainsi que sur ceux spécialement mis en place à la suite de cet épisode climatique.

Bibliographie :

Centre National d'Etudes Spatiales. Les conséquences de la sécheresse vues de l'espace. Communiqué de presse de septembre 2003. www.cnes.fr

Bréda N. et Dreyer E. Sécheresse et canicule : une conjonction durable exceptionnelle en 2003. La lettre du DSF n° 28. Octobre 2003

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

Bulletins mensuels de la situation hydrologique. Réseau national de données sur l'eau. www.rnde.tm.fr

Département de la santé des forêts. Sécheresse et canicule de l'été 2003 : quelle incidence visuelle sur les peuplements forestiers ? Information santé forêt, février 2004, 8p

Gilbert M. 2004. Premier bilan des feux de forêt en 2003 (France/Europe). Les rendez-vous techniques n°4, printemps 2004. Office national des forêts. p18-22.

INRA Nancy. Point Sécheresse : conséquences forestières et économiques de la sécheresse et de la canicule. 2004. www.nancy.inra.fr

Météo-France. Retour sur la canicule, le 04 septembre 2003. Les dossiers de Météo-France. www.meteofrance.com

