

## RESULTATS 2005 DU RESEAU COMPLEMENTAIRE CANICULE








*Hubert Pauly, DSF Bordeaux*

Le réseau canicule a été implanté dès 2003 pour évaluer les dommages forestiers de la sécheresse et de la canicule exceptionnelles qui ont eu lieu cette année-là. Les placettes ont été installées de façon non systématique, au sein de peuplements qui présentaient des symptômes liés à l'évènement climatique qu'ils venaient de subir. Sans prétendre décrire l'ensemble de la forêt française, l'objectif de ce réseau est d'analyser l'évolution phytosanitaire des arbres suivis, en fonction de leur essence et de leur taux de symptômes en automne 2003.

### Confirmation des résultats 2004 du réseau

La notation des symptômes présentés par les arbres du réseau canicule en automne 2003 a consisté à évaluer la part de houppier globalement affecté à partir des trois critères de vitalité suivants : taux de houppier mort, de coloration anormale, et de feuillage absent. Cela a permis d'attribuer à chaque arbre une note, du plus indemne (note 0) au plus affecté (note 4).

#### Notation du déficit foliaire 2004 et 2005

|  |  |
|--|--|
|  4 : 91 à 100 % |  Mort     |
|  3 : 61 à 90 %  |  Exploité |
|  2 : 26 à 60 %  |  |
|  1 : 6 à 25 %   |  |
|  0 : 0 à 5 %    |  |

Au cours des étés 2004 et 2005, la notation du déficit foliaire des mêmes arbres a permis une confrontation des notations 2003 et 2004, puis 2003 et 2005, afin d'appréhender d'une part l'intensité de l'impact de la sécheresse et de la canicule en 2003 par essence et d'autre part d'estimer le niveau de réaction des arbres en fonction de leur intensité de symptômes en automne 2003.

En 2004 ce type d'analyse nous a amené à commenter de façon assez détaillée les réactions immédiates et différées des différentes essences forestières (Pauly et Belrose 2004). Les conclusions avancées sont globalement confirmées par les données 2005, comme le montre l'examen des diagrammes de la figure 1.

Les principales conclusions de 2004 sont confirmées en 2005 :

- l'impact de la canicule sécheresse a été spectaculaire en 2003 sur les feuillus mais plus discret pour les résineux (bien que les rougissements de résineux aient été fortement médiatisés en 2003) ;
- en 2004 et en 2005, le niveau de déficit foliaire des feuillus apparaît globalement peu dépendant de leur aspect visuel après l'été 2003, contrairement aux résineux qui connaissent des déficits foliaires très corrélés à leur niveau d'intensité de symptômes de l'automne 2003. Pour les résineux présentant des signes de faiblesse à l'automne 2003, la dégradation amorcée en 2004 s'est confirmée en 2005



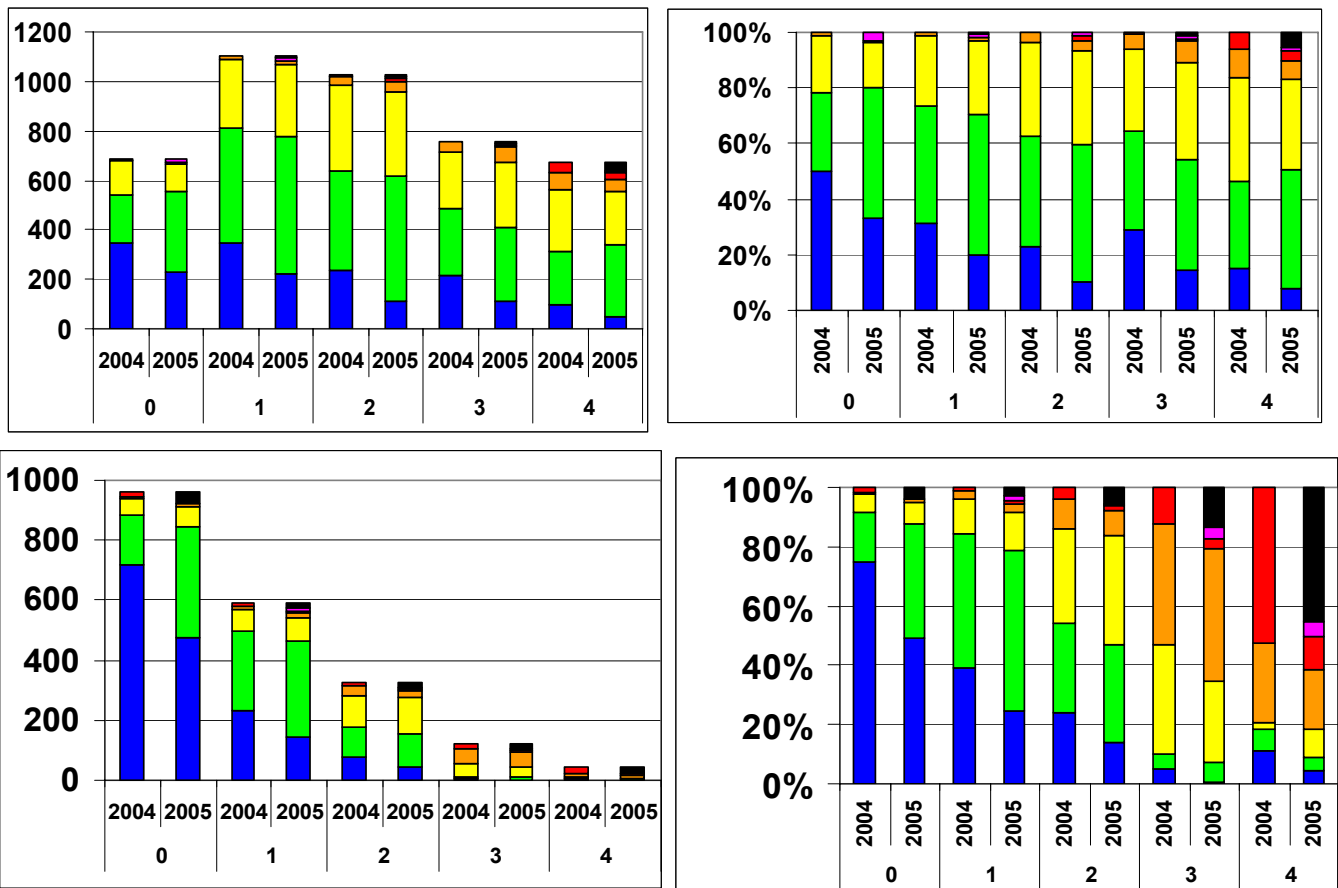


Figure 1 : Réseau complémentaire canicule : diagrammes présentant la répartition par classe de déficit foliaire en 2004 et en 2005 des tiges feuillues (diagrammes supérieurs), des tiges résineuses (diagrammes inférieurs), en fonction de leur classe d'intensité des symptômes à l'automne 2003 : répartition selon les valeurs absolues à gauche, en pourcentage à droite

### Peuplier et sapin ont un comportement singulier sur le réseau

Bien que l'état sanitaire de la plupart des essences ait peu évolué de 2004 à 2005, le déficit foliaire du peuplier et du sapin a augmenté sérieusement en 2005 (figure 2).

Pour le peuplier, l'augmentation du déficit foliaire, qui touche notamment les classes de symptômes les plus forts en 2003, peut trouver son explication dans le contexte stationnel dans lequel se situent les placettes suivies : sélectionnées en 2003 en raison de leur niveau de symptômes important, ces peupleraies sont très probablement situées sur des terrains dont les réserves en eau sont insuffisantes en période de sécheresse prolongée. Par ailleurs, majoritairement situées dans le Sud-Ouest de la France, ces placettes de peupliers ont subi un été 2005 peu arrosé au cours duquel les nappes phréatiques (celle de la Garonne en particulier) sont descendues très bas, privant ainsi d'eau les peuplements les moins bien situés. Il est donc logique que des symptômes identiques aient été observés en 2005 comme en 2003.

Dans le cas du sapin, l'augmentation du déficit foliaire est couplée à une importante mortalité qui touche toutes les classes de symptômes de 2003. Toutefois, une analyse plus détaillée de la localisation géographique de ces mortalités fait apparaître que deux des neuf placettes où domine le sapin sont situées en limite d'aire, dans des conditions stationnelles délicates et représentent la majeure part de ces dégradations soudaines.



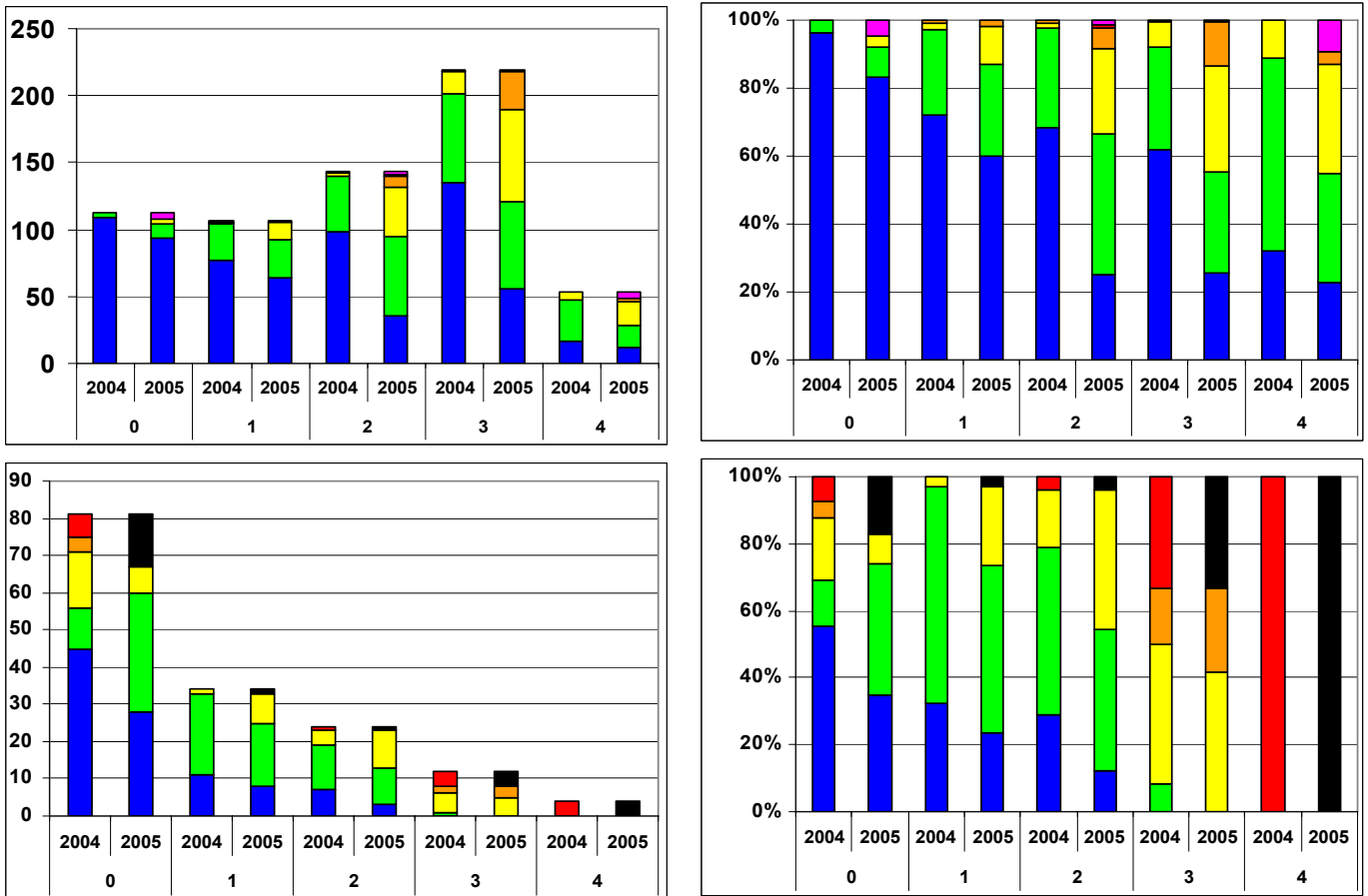


Figure 2 : Réseau complémentaire canicule : diagrammes présentant la répartition par classe de déficit foliaire en 2004 et en 2005 des tiges de peupliers (diagrammes supérieurs), des tiges de sapins (diagrammes inférieurs), en fonction de leur classe d'intensité des symptômes à l'automne 2003 : répartition selon les valeurs absolues à gauche, par pourcentage à droite

### Mortalités plus importantes chez les résineux que chez les feuillus

Par rapport à 2004, le signalement de la mortalité est un nouveau critère introduit dans le protocole de notation de 2005.

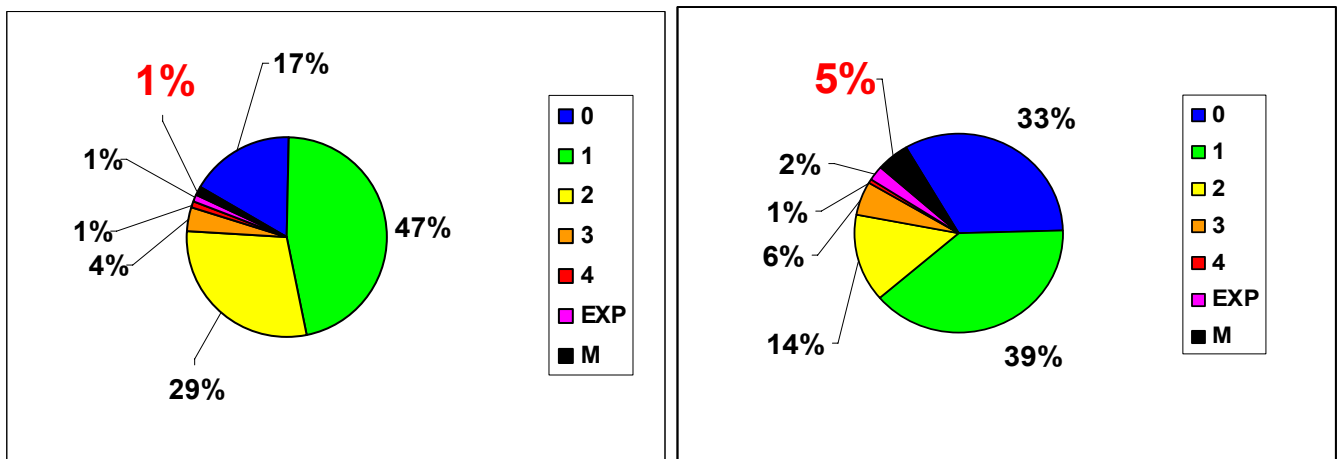


Figure 3 : Répartition des classes de déficit foliaire à gauche chez les feuillus, à droite chez les résineux

Les feuillus présentent habituellement un déficit foliaire plus important que les résineux (Nageleisen, 2006), ce qui est de nouveau vérifié ici : alors que la classe de défoliation la plus faible est mieux représentée chez les résineux (33 % des tiges contre 17 % chez les feuillus), plus de trois quarts des arbres feuillus montrent une défoliation faible à moyenne (classes 1 et 2), contre seulement la moitié pour les conifères.

En revanche, le taux de mortalité des résineux (5 %) apparaît beaucoup plus élevé que celui des feuillus (1,3 %). Ce résultat est cohérent avec ceux obtenus par d'autres observations et en particulier ceux du réseau européen pour lequel la mortalité des résineux 2004 est environ trois

fois supérieure à celle des feuillus (Renaud et Nageleisen, 2004). Ce résultat peut paraître contradictoire par rapport à la connaissance que l'on a de la résistance supérieure chez les résineux du système conducteur vis-à-vis des problèmes d'embolie (perte de conduction du réseau vasculaire par formation de bulles d'air). Toutefois certains aspects physiologiques, stationnels ou sylvicoles apportent des éléments susceptibles d'expliquer ce phénomène :

- dotés d'un feuillage persistant, les résineux sont capables de transpirer toute l'année, même si cette capacité est fortement réduite lorsque les températures sont peu élevées, réduisant d'autant les réserves en eau du sol. De plus, ce feuillage, d'indice foliaire souvent très élevé, intercepte une partie des pluies, en particulier estivales, affectant ainsi la reconstitution potentielle du stock hydrique ;
- la morphologie du réseau racinaire traçant des résineux les rend moins aptes que la plupart des feuillus à mobiliser les eaux en profondeur. Par ailleurs les nombreux peuplements résineux issus de plantation sont susceptibles de posséder un système racinaire moins performant que celui d'arbres issus de semis. Souvent installés sur des sols difficiles, voire superficiels, en particulier dans le cas de boisement artificiels, ces peuplements ont été d'autant plus soumis à des contraintes hydriques fortes en 2003, et ont pu être sur-échantillonnés au moment de la création du réseau canicule en 2003 ;
- les résineux ont une capacité de perte de feuillage très inférieure aux feuillus, lorsque la régulation stomatique se révèle insuffisante ; le départ incontrôlé de l'eau se traduit alors chez les résineux par des pertes d'organes puis par la mort de l'arbre.

Ces différentes raisons ont concouru à générer un déficit hydrique plus long chez les résineux que chez les feuillus (Breda, 2005), vraisemblablement à l'origine de leur taux de mortalité supérieur.

L'examen de la figure 4 apporte des précisions sur l'origine des arbres morts par rapport aux symptômes observés en automne 2003 : on constate un lien très fort entre le niveau des symptômes de 2003 et le taux de mortalité deux ans plus tard. On note que chez les feuillus l'essentiel des mortalités a lieu dans les classes de symptômes les plus élevés. Quant aux résineux, le taux de mortalité non négligeable dans les classes de symptômes les plus faibles est dû en bonne partie au sapin.

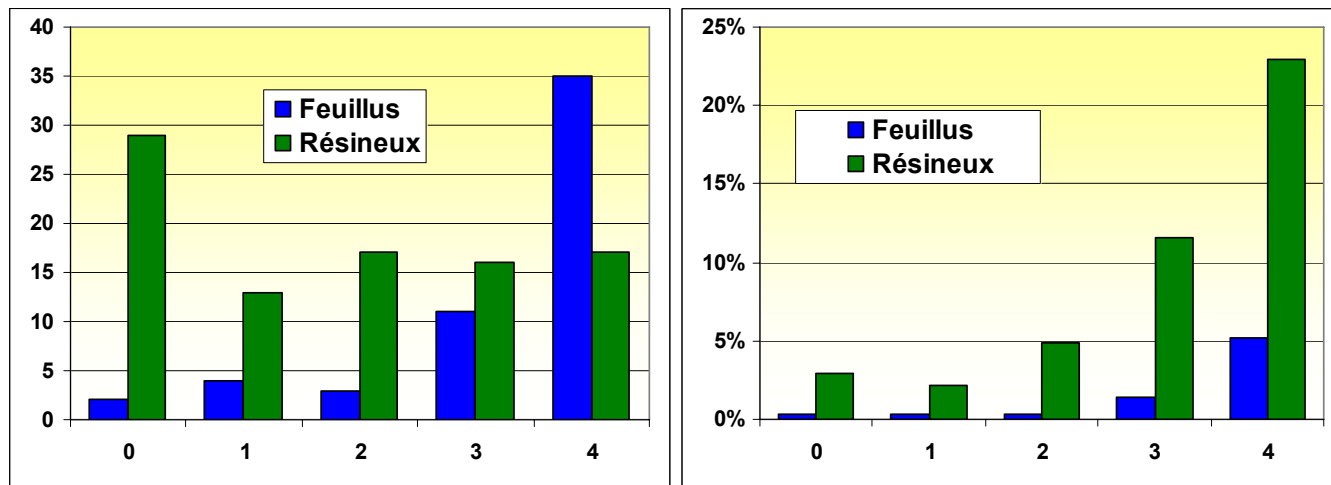


Figure 4 : Répartition de la mortalité chez les feuillus et chez les résineux à gauche en valeur absolue, à droite en pourcentage

Les taux de mortalités présentés en figure 5 révèlent cependant une grande variabilité d'une essence à l'autre : chez les résineux, outre le cas de la forte mortalité du sapin pectiné déjà mentionnée, celle du douglas est l'une des plus élevées. Essence très présente sur ce réseau (près de 1 000 arbres), elle y est majoritairement représentée par les boisements d'origine artificielle du Massif Central et de ses contreforts. Ces mortalités sont essentiellement imputables aux dégâts directs de la canicule et à des problèmes stationnels d'alimentation en eau dus à la sécheresse (Legrand, 2005). On note chez les résineux la bonne tenue des pins, malgré une incidence plus forte pour le pin sylvestre due à une placette particulièrement affectée dans le Puy de Dôme. Chez les feuillus, le « pic » enregistré pour le chêne vert est essentiellement lié au taux de mortalité constaté sur des placettes de Corse. On note le très faible taux de mortalité du hêtre,



essence très représentée sur ce réseau avec plus de 1 000 arbres. Cette essence a néanmoins connu un taux de prélèvement relativement important (figure 7).

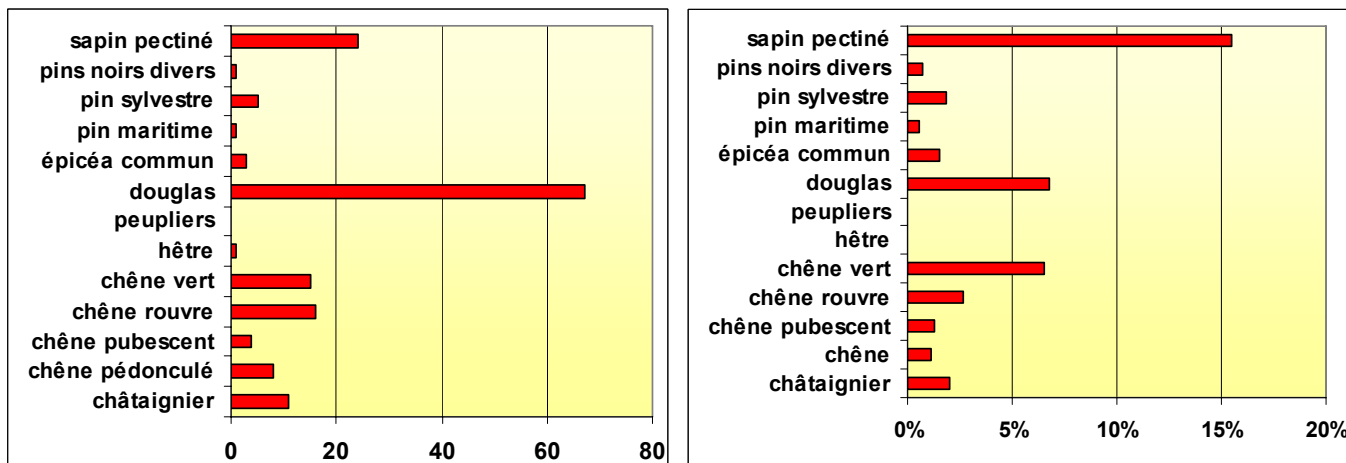


Figure 5 : Répartition de la mortalité par essence en valeur absolue à gauche, en pourcentage à droite

### Evolution de la mortalité de branches et de la coloration anormale

Le recueil en 2004 et 2005 des données relatives à la mortalité des branches et à la coloration anormale, réalisé sur les placettes du réseau canicule par les correspondants observateurs, permet d'effectuer une comparaison entre les deux années. Nous nous intéresserons particulièrement à interpréter les évolutions différentielles d'une essence à l'autre. En revanche les tendances générales ne seront pas commentées, dans la mesure où elles sont susceptibles d'être induites par un biais dû à un ajustement du protocole de relevé des données en 2005,.

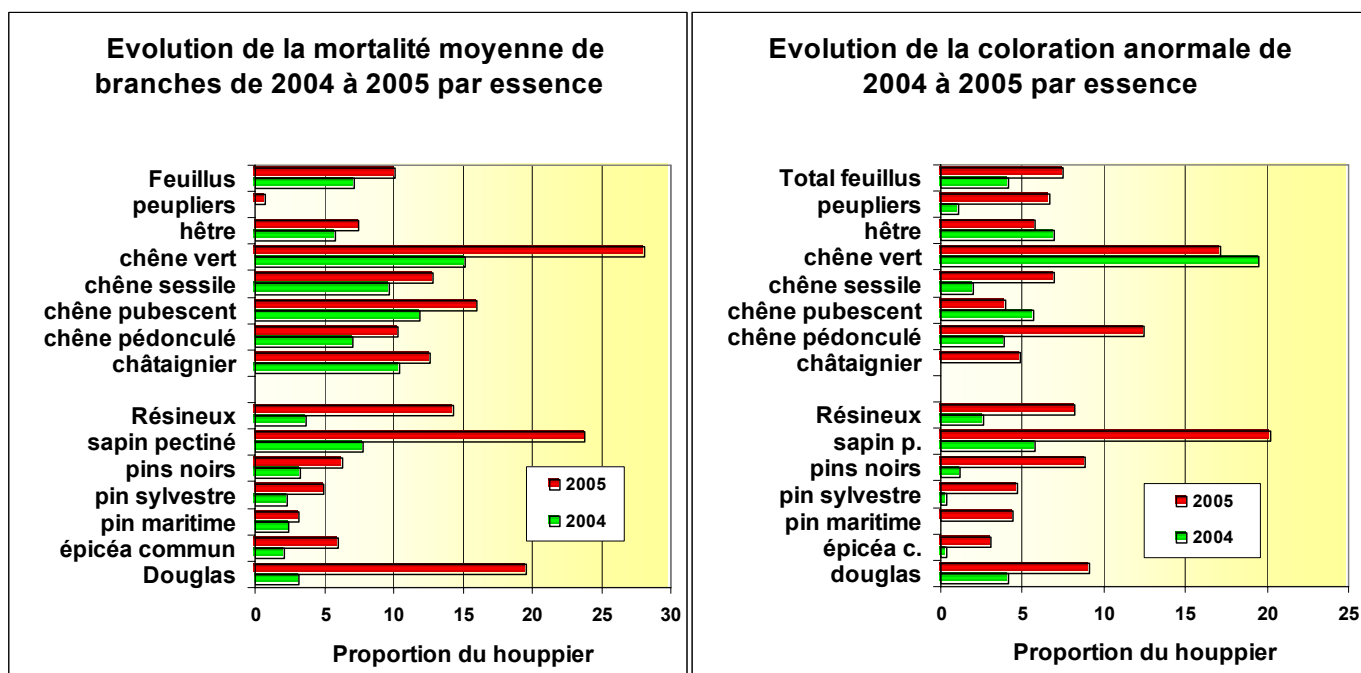


Figure 6 : Evolution de 2004 à 2005 des taux de mortalité moyenne de branches (à gauche) et de coloration anormale (à droite) par essence

Certaines essences comme le chêne vert, le sapin pectiné et le douglas, frappées de taux de mortalité élevés présentent logiquement des différentiels de taux de branches mortes importants qui se traduisent aussi pour les résineux par une augmentation de la coloration anormale.

On note chez les différentes essences feuillues une grande variabilité de l'évolution de la coloration anormale de 2004 à 2005 : la forte augmentation de ce phénomène chez le peuplier est à mettre en parallèle avec l'augmentation de son déficit foliaire déjà signalée et probablement

imputable à l'effet de la sécheresse 2005. Le chêne pédonculé et dans une moindre mesure le chêne sessile présentent eux aussi une importante augmentation de coloration anormale : cela peut être expliqué par les attaques d'oïdium et de défoliateurs qui ont affecté ces deux essences, ou éventuellement, par les prémices de phénomènes de dépérissement. L'augmentation du taux de coloration anormale du châtaignier peut s'expliquer par l'influence de la sécheresse de l'été 2005, particulièrement marquée dans l'Ouest et le Sud-Ouest, où cette essence est très présente et par les problèmes récurrents de chancre.

## Réseau canicule et exploitation forestière

Les peuplements au sein desquels ont été implantées les placettes du réseau canicule ont été choisis en 2003 parce qu'ils avaient été sensiblement affectés par la sécheresse et la canicule ; cependant, ils ont continué de faire l'objet d'une gestion forestière « normale ». Ainsi, les tiges dépérissantes ou mal venantes ont pu être récoltées préférentiellement par les gestionnaires forestiers. Les graphiques de la figure 7 précisent les types de prélèvements qui ont été effectués parmi les arbres suivis au cours des deux ans d'existence du réseau, et la comparaison entre taux de prélèvement constaté et taux de prélèvement théorique, estimé en ne prenant en compte que l'âge d'exploitabilité mentionné entre parenthèse pour chaque essence.

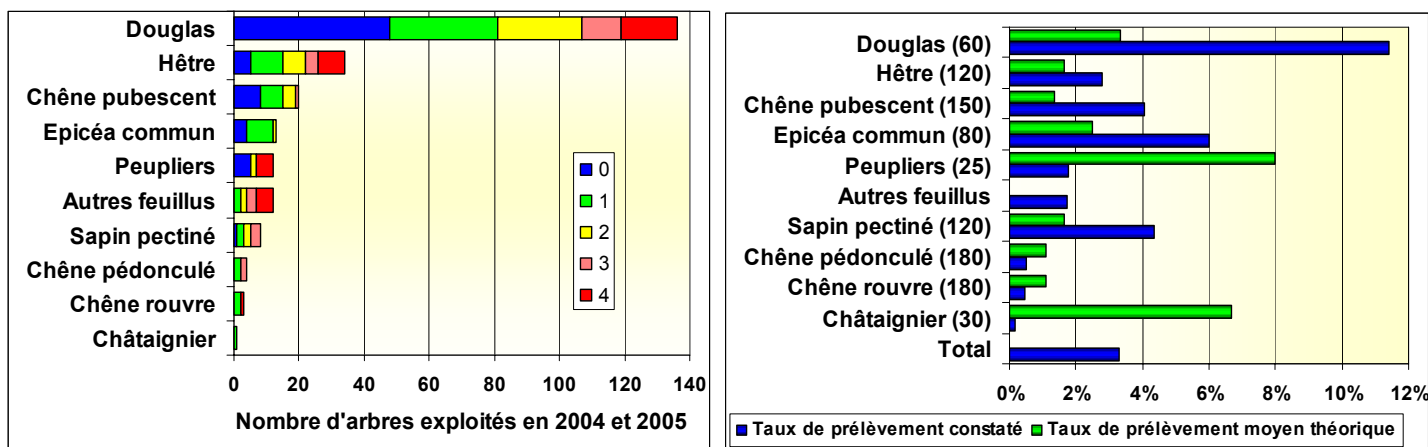


Figure 7 : Répartition par essences des prélèvements effectués : selon leur taux de symptôme en automne 2003 (à gauche), comparaison des taux de prélèvement constaté et théorique (à droite).

Le douglas constitue de très loin l'essence la plus exploitée tant en nombre d'arbres qu'en taux de prélèvement. Sur deux années, ce dernier est plus de trois fois supérieur au taux de prélèvement moyen calculé en ne prenant en compte que l'âge d'exploitabilité théorique (mentionné entre parenthèse) pour chaque essence. Cette différence traduit donc un niveau d'intervention du sylviculteur au sein de ces peuplements de douglas nettement supérieur à la moyenne théorique. Le hêtre semble avoir également été prélevé plus que d'ordinaire.

Les effectifs moindres des autres essences figurant sur les graphiques incitent à une interprétation plus prudente des données. Notons toutefois pour l'épicéa commun un taux d'exploitation élevé lié à des prélèvements d'ordre sanitaire liés à des attaques de tytophage.

Enfin, la figure 8 rend compte, par essence, du cumul des taux de prélèvement calculé pour chaque classe de symptôme. On constate que la classe 4 du douglas a fait l'objet de prélèvements proportionnellement plus élevés que dans les autres classes. En revanche pour le hêtre, les taux

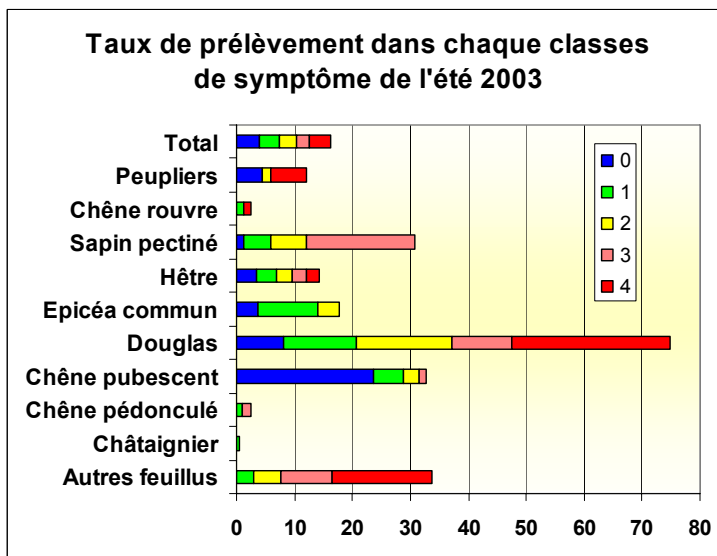


Figure 8 : Cumul des taux de prélèvements par essence et par classe de symptôme



d'exploitation oscillant entre 2,2 et 3,5 % d'une classe à l'autre, les prélèvements apparaissent très équilibrés. De même, sur l'ensemble du réseau, les taux de prélèvements par classe varient de 2,4 % à 3,9 % dénotant une répartition homogène d'une classe à l'autre des exploitations effectuées.

### Facteurs biotiques, abiotiques et symptômes

La première parade d'un organisme végétal vis-à-vis d'un stress hydrique est la fermeture de ses stomates pour limiter la perte en eau par évapotranspiration. Cette fermeture prolongée des stomates limite les échanges gazeux de la plante avec l'atmosphère et en particulier l'absorption du dioxyde de carbone et son intégration aux chaînes carbonées par la photosynthèse. L'incidence directe d'un évènement climatique tel que l'été 2003 se traduit logiquement par une baisse de la productivité des peuplements forestiers (Cf. Soutrenon, 2006), mais aussi, phénomène moins facile à quantifier, par une reconstitution moindre, voire insuffisante, des réserves des arbres avant l'hiver. Or l'état des réserves de l'arbre détermine sa capacité à résister aux éventuelles attaques d'agents extérieurs biotiques (insectes, pathogènes) ou abiotiques (gel).

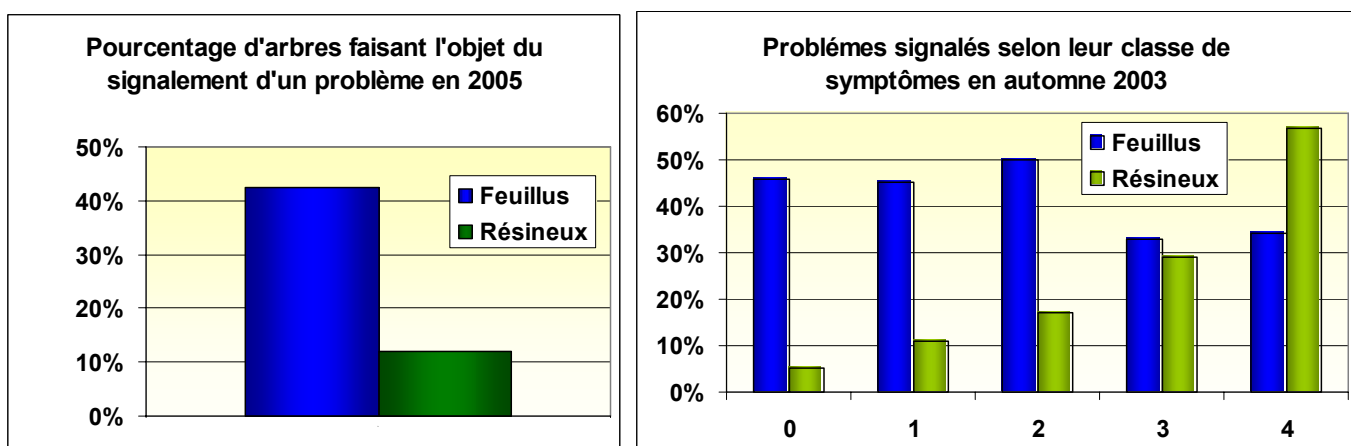


Figure 9 : Répartition des problèmes chez les feuillus et les résineux

Les diagrammes présentés en figure 9 permettent d'appréhender quels ont été en 2005 les taux de signalement des principaux problèmes au sein du réseau canicule, selon le niveau de symptômes en automne 2003 et selon l'appartenance des essences aux feuillus ou aux résineux.

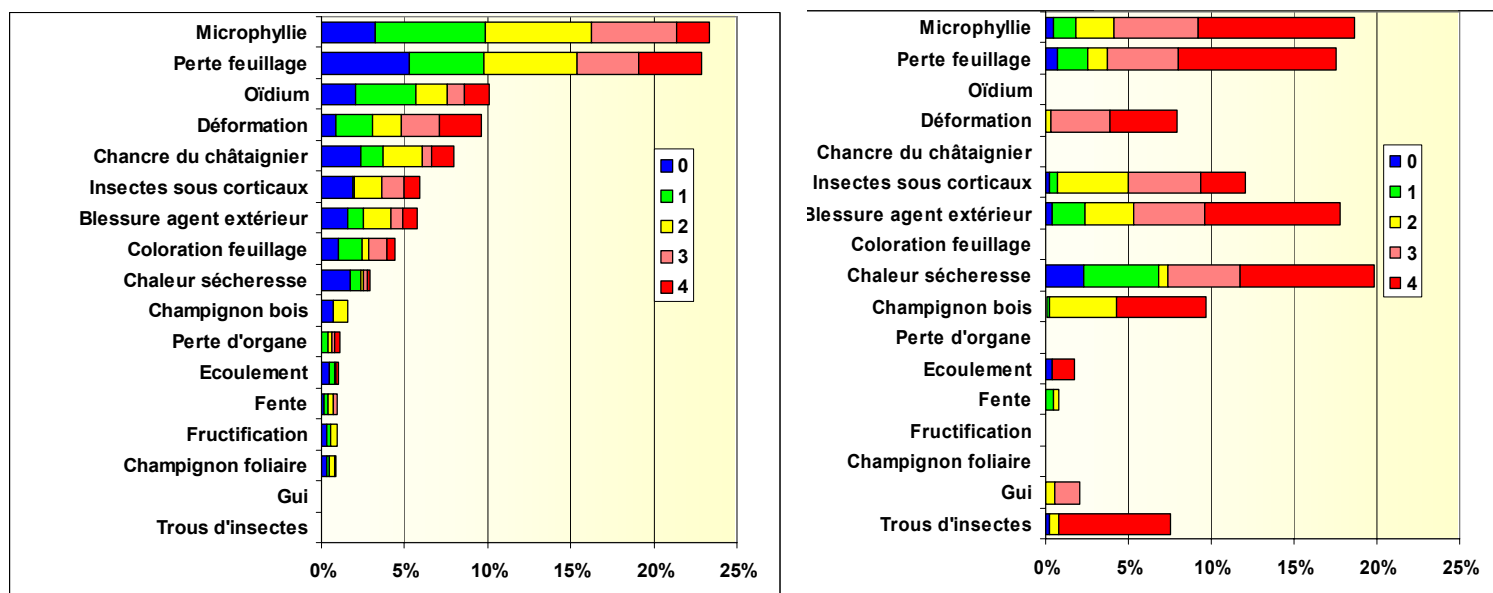


Figure 10 : Cumul des occurrences, par classe de symptômes en automne 2003, des différents problèmes chez les feuillus à gauche et chez les résineux à droite. Pour plus de lisibilité, les consommations de feuillage par les chenilles phyllophages (109 % de pourcentage cumulés chez les feuillus, 3 % chez les résineux) ne sont pas inclus.



Les feuillus font l'objet d'une quantité de signalements de problèmes environ quatre fois supérieure à celle des résineux. En revanche si, pour les résineux, le nombre de signalements augmente avec l'intensité des symptômes notés en 2003, on constate qu'il est peu variable d'une classe à l'autre pour les feuillus. Alors que pour les feuillus elle est peu dépendante du niveau de symptômes notés en 2003, les taux de déficit foliaire chez les résineux sont d'autant plus élevés en 2004 et 2005 que les arbres ont été plus marqués en 2003. Cependant dans le cas présent, l'explication tient à la nature des problèmes relevés. En effet, l'analyse par problème révèle que les défoliations et les consommations de feuillage ont constitué l'immense majorité des signalements chez les feuillus. L'importance de ces défoliations sont l'expression de la gradation actuelle des défoliateurs de feuillus (Cf Carouille 2006). De même des attaques d'oïdium, pouvant entraîner des manifestations de microphyllie constituent également chez les feuillus des sources importantes de signalements, indépendantes de l'état des arbres en automne 2003.

Chez les résineux, on note par rapport aux feuillus le niveau nettement inférieur des pourcentages cumulés par classe de symptôme et la prépondérance des pourcentages de signalements liés à la classe de symptôme 4 ; ce sont des problèmes traduisant l'incidence directe du climat (microphyllie, perte de feuillage, chaleur...) qui constituent la majorité des signalements. Les agents biotiques (insectes sous-corticaux, champignons...) dont le développement est favorisé par l'affaiblissement des arbres, viennent en second plan.

## Conclusion

Les résultats du réseau en 2005 viennent confirmer les observations réalisées en 2004. Par ailleurs, l'analyse de la mortalité et des taux de prélèvement apporte des données complémentaires sur la physiologie des essences forestières et sur les pratiques sylvicoles.

L'originalité de ce réseau tient au choix de l'implantation de ses placettes. Le fait de travailler sur des peuplements particulièrement sensibles permet l'observation amplifiée de phénomènes tels que la mortalité d'arbres, la mortalité de branches ou la coloration anormale et d'analyser les réactions immédiates et différées selon les essences. Les analyses qui en sont extraites fournissent aux sylviculteurs et aux propriétaires forestiers des éléments de réflexion et d'interprétation pouvant leur permettre d'élaborer des diagnostics en fonction de la manifestation d'évènements climatiques a priori appelés à se reproduire.

L'analyse du suivi de l'évolution sur plusieurs années des peuplements au regard de l'état des arbres immédiatement après l'accident climatique permet d'améliorer nos connaissances sur l'écophysiologie des différentes essences forestières tant au niveau des conséquences directes de la chaleur et du stress hydrique que des effets indirects liés aux attaques d'insectes et de pathogènes induites ou inhibées par ce même événement. Mais cette étude est avant tout l'occasion de tirer des enseignements propres à être mis à profit dans l'éventualité de nouveaux stress hydriques de forte ampleur.

## Références bibliographiques

**Nageleisen L.-M., Renaud J.-P.** (2006). Les résultats 2005 du réseau européen de suivi des dommages forestiers

**Legrand P.** (2005). Le douglas après la sécheresse-canicule de 2003  
[http://www.agriculture.gouv.fr/spip/IMG/pdf/2004\\_douglas.pdf](http://www.agriculture.gouv.fr/spip/IMG/pdf/2004_douglas.pdf)

**Bréda N., Huc R.** (2005). Les réponses écophysiologiques des arbres : comprendre pour prévoir.

**Baldocchi D.** (2005). The carbon cycle under stress. Nature

**Pauly H., Belrose V.** (2005). Sécheresse et canicule de l'été 2003 : observation en 2004 des conséquences sur les peuplements forestiers adultes

[http://www.agriculture.gouv.fr/spip/IMG/pdf/reseaux\\_2004\\_suite\\_secheresse\\_canicule.pdf](http://www.agriculture.gouv.fr/spip/IMG/pdf/reseaux_2004_suite_secheresse_canicule.pdf)

[http://www.agriculture.gouv.fr/spip/IMG/pdf/feuillus\\_2004\\_suite\\_secheresse\\_canicule.pdf](http://www.agriculture.gouv.fr/spip/IMG/pdf/feuillus_2004_suite_secheresse_canicule.pdf)





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

**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.

**Soutrenon A.** (2006). Diminution de la croissance des tiges de taillis de châtaignier après la sécheresse-canicule de 2003 et les sécheresses de 2004 et 2005, *Lettre du DSF 33, mai 2006*, p. 7-8, [http://www.agriculture.gouv.fr/spip/IMG/pdf/lettre\\_dsf33.pdf](http://www.agriculture.gouv.fr/spip/IMG/pdf/lettre_dsf33.pdf)

