

# Chronique de dépérissements de douglas en France depuis 1989

Anne-Sophie Sergent\*, Nathalie Bréda\*, Louis-Michel Nageleisen\*\*

*Dans le cadre du programme de recherche Dryade<sup>(1)</sup> sur la vulnérabilité des forêts face aux aléas, l'Inra de Nancy et le Département de la santé des forêts ont analysé rétrospectivement les signalements de dépérissement pour le douglas pour les dater, identifier les régions les plus touchées et quantifier les épisodes de sécheresse associés.*

**D**es cas de dépérissement de douglas ont été signalés en France à plusieurs reprises au cours des 30 dernières années. À chaque épisode de dépérissements, les gestionnaires se sont inquiétés. Des descriptions et des analyses locales ont été menées (Charnet, 1996, Legrand, 1997, Vallée 2004, Belrose, 2006), mais aucun bilan d'envergure nationale n'avait jusqu'à présent été dressé.

Pour mieux comprendre le phénomène, nous avons réalisé une étude rétrospective à l'échelle nationale afin de :

- dater les épisodes de dépérissement et évaluer leur importance relative,
- identifier les principales régions touchées et,
- valider l'hypothèse selon laquelle les sécheresses sont à l'origine de ces épisodes de dépérissement.

## Qu'est-ce qu'un dépérissement ?

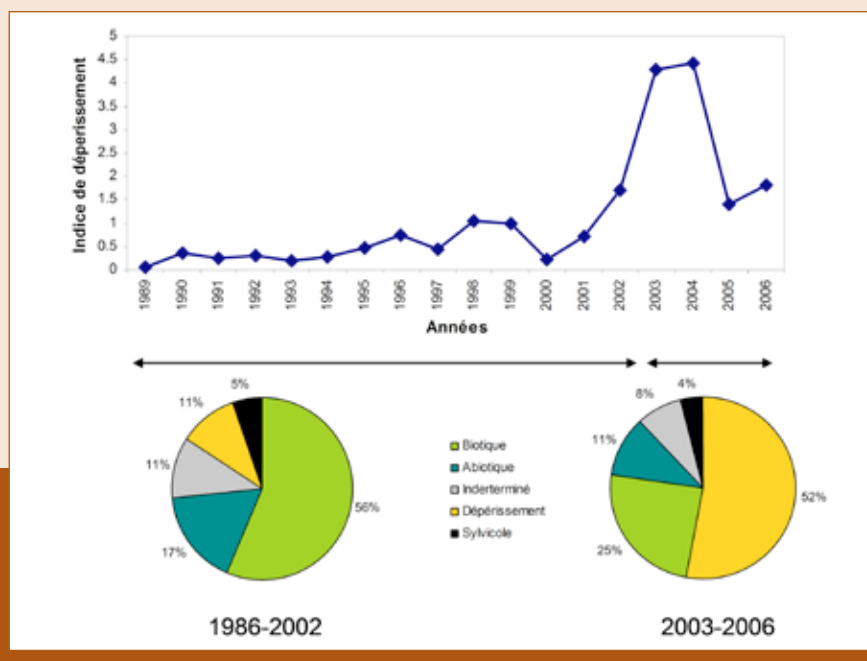
Le dépérissement est un phénomène complexe qui se caractérise par une détérioration générale et graduelle de l'arbre pouvant soit être suivie d'une phase de récupération, soit aboutir à sa mort. Cette détérioration se manifeste sur l'aspect visuel (branches mortes, déficit foliaire, coloration anormale...) (Fig. 1) et s'accompagne d'une réduction durable de la croissance radiale (voir p. 19-23 du dossier) et en hauteur de l'arbre.

De manière générale, le dépérissement intervient lorsqu'un peuplement est exposé à un aléa auquel il est vulnérable. Ces aléas peuvent être d'origines climatiques (sécheresse, gel...) ou biotiques (champignon, ravageur). La sensibilité, quant à elle, est liée à de nombreux facteurs dits de vulnérabilité qui peuvent être sylvicoles, stationnels ou individuels (génétique, phytosanitaire...).



**Figure 1 : peuplement présentant de nombreux arbres dépérissants. Bourgogne à la fin de l'année 2007, lors de l'exploitation du peuplement.**

**Figure 2 : évolution annuelle de l'indice de dépérissement calculé pour le douglas entre 1989 et 2006 et répartition par nature de problèmes pour les périodes 1986-2002 et 2003-2006.**



## Analyse des signalements par le DSF

Le Département de la santé des forêts (DSF) centralise depuis 1989 tous les signalements de problèmes, dont il est informé grâce à son réseau de correspondants-observateurs.

Lorsqu'un propriétaire forestier ou un gestionnaire, privé ou public, l'alerte pour un dysfonctionnement dans ses peuplements, la visite d'un correspondant-observateur est suivie d'un signalement enregistré dans la base nationale. Celui-ci peut concerner un problème biotique (rouille suisse<sup>(2)</sup>, hylésine<sup>(3)</sup>...), climatique (chaleur, gel, sécheresse...), sylvicole (dégâts de débardage, surdensité...) ou bien d'interactions complexes aboutissant à un dépérissement et concerner des plantations ou des peuplements adultes.

Dans le cas du douglas, 2217 mentions de problème sur douglas ont été enregistrées entre 1989 et 2006, dont 430 mentions de dépérissement. Les mentions autres que celles relatives à des dépérissements sont utilisées comme référence permettant de rendre compte à la fois de la distribution de l'essence sur

le territoire et de l'activité des correspondants-observateurs, variable entre interrégions et/ou au cours du temps. Un taux de dépérissement global peut être calculé en divisant le nombre de mentions de dépérissement par le nombre de mentions de référence. Un indice de dépérissement peut être calculé annuellement, à l'échelle de la France entière ou bien régionalement en faisant le ratio entre le taux de dépérissement annuel et/ou régional et le taux de dépérissement global. Ainsi par exemple, une valeur de l'indice de dépérissement de 1 indique un taux de dépérissement annuel et/ou régional identique au taux de dépérissement enregistré sur l'ensemble de la période à l'échelle de la France et une valeur de 2 indique un taux annuel et/ou régional deux fois plus élevé que le taux global.

## Explosion des signalements de dépérissements après 2003

L'analyse chronologique fait apparaître des signalements de dépérissements de douglas tous les ans et une variabilité en relation avec les grands épisodes de sécheresse (1989-1990, 1996-1999, 2001-2006) (Fig. 2).

Entre 1989 et 2002, 56 % des problèmes signalés étaient d'origine biotique (rouille suisse, hylobe<sup>(4)</sup>, kermès<sup>(5)</sup>...) et 11 % concernaient des dépérissements. À partir de 2003 et jusqu'en 2006, ces derniers explosent et représentent plus de la moitié de l'ensemble des signalements.

## Plusieurs régions concernées

L'analyse régionale des signalements a permis d'identifier les régions les plus touchées par des dépérissements au cours de la période 1989-2006.

Parmi celles où le douglas couvre des surfaces importantes (plus de 10000 ha), les plus affectées sont : la Bourgogne, Midi-Pyrénées et la Basse-Normandie (Fig. 3).

Les dépérissements en Bourgogne et en Midi-Pyrénées sont assez récents, ils correspondent majoritairement à des signalements effectués à partir de 2003. En Basse-Normandie et plus généralement dans le quart nord-ouest, au contraire, plusieurs épisodes antérieurs ont également été observés : de 1989 à 1991, de 1996 à 1999.

## La sécheresse : aléa responsable des récents dépérissements

L'analyse conjointe de l'évolution de l'indice de dépérissement et des déficits hydriques dans chacune des cinq interrégions du DSF<sup>(6)</sup> a ainsi montré non seulement le rôle de l'intensité de la sécheresse sur le déclenchement des vagues de dépérissements (celle de 2003 ayant été la plus intense) mais aussi celui de la récurrence d'épisodes secs. Le travail réalisé a notamment permis d'établir que l'indice de dépérissement est lié à l'intensité de la sécheresse cumulée sur deux années consécutives et de déterminer le seuil d'intensité sécheresse à partir duquel des dépérissements sont observés. Ce résultat est illustré figure 4 pour les deux interrégions incluant la Bourgogne et Midi-Pyrénées.

La sécheresse est donc l'aléa responsable des épisodes de dépérissements enregistrés en France depuis la mise en place du DSF. Il reste à définir comment le sylviculteur peut intervenir pour limiter les impacts d'épisodes secs. Un préalable est de déterminer quels sont les facteurs qui rendent un peuplement plus ou moins vulnérable à la sécheresse : comment

la fertilité du sol, la sylviculture, etc., interviennent pour aggraver ou au contraire atténuer ses impacts ? L'article suivant apporte quelques éléments de réponse à ses questions. ■

\* UMR « Écologie et écophysologie forestières », Inra Nancy

\*\* Expert référent national « Entomologie forestière et dépérissement », Département de la santé des forêts, MAAF.

1) Voir FE n° 182, p. 44-45

2) Maladie due à un champignon parasite des feuilles.

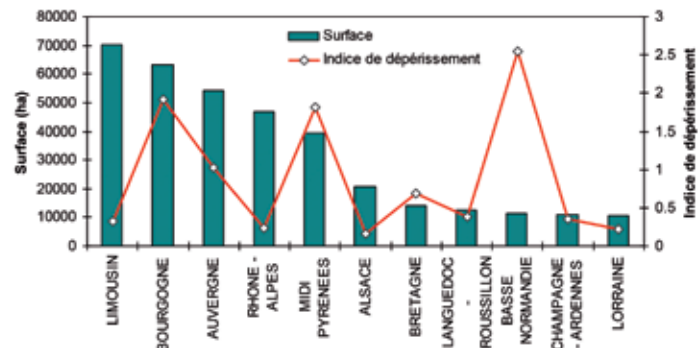
3) Insecte ravageur.

4) Charançon ravageur des résineux.

5) Cochenille, insecte piqueur-sueur.

6) Le déficit hydrique a été évalué par calcul grâce au modèle de bilan en eau des sols Biljou© (voir Forêt-entreprise n° 196, p. 22-24).

**Figure 3 : indice de dépérissement enregistré par le DSF sur la période 1989-2006 pour les régions où le douglas couvre plus de 10 000 ha.**



*Les barres correspondent aux surfaces couvertes par le douglas dans les régions correspondantes.*

(Source : Base de données du Département Santé des Forêts, données AFCEC, 2004.)

## Résumé

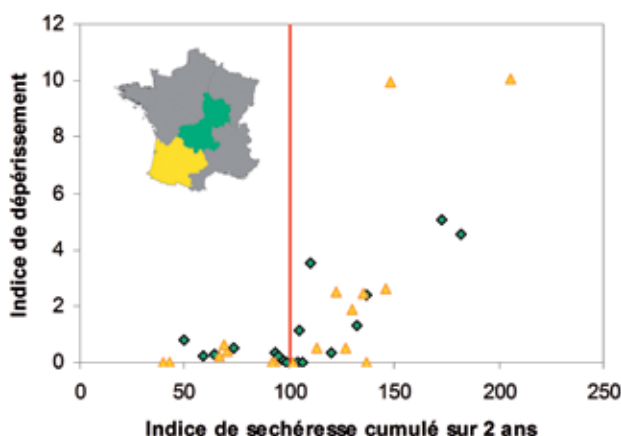
L'intensité de la sécheresse et le déficit hydrique cumulé sur deux années sont déterminants et expliquent les dépérissements de douglas signalés dans des régions comme la Bourgogne, Midi-Pyrénées et Basse-Normandie.

**Mots-clés :** dépérissement, douglas, sécheresse.

## Pour en savoir plus

<http://agriculture.gouv.fr/sante-des-forets>

**Figure 4 : relation entre l'indice de dépérissement annuel et l'indice de sécheresse (sans dimension) cumulé sur deux années consécutives.**



*Pour les deux interrégions du DSF illustrées ici (incluant la Bourgogne en vert, Midi-Pyrénées - Aquitaine en jaune), tous les dépérissements sont intervenus au-delà d'un seuil d'intensité de sécheresse souligné en rouge.*

## Bibliographie

- Belrose V., 2006. Les conséquences de la canicule-sécheresse de l'été 2003 sur les forêts : synthèse des observations collectées par le Département de la santé des forêts. Les Cahiers du DSF, p. 17-25.
- Chamet F., 1996. Étude du dépérissement du douglas dans l'Ouest, après les sécheresses de 1989-1992. Forêt-entreprise, 107, p. 46-47.
- Legrand P., 1997. L'état sanitaire du douglas en France. Les cahiers du DSF. Département de la santé des forêts, Paris.
- Vallée B., Bombraut S., 2004. Conséquences de la canicule de l'été 2003 sur les peuplements de douglas en Solgne. Forêt-entreprise, 159, p. 11-13.



# Récent dépérissement du douglas : des sécheresses extrêmes et récurrentes en cause

Anne-Sophie Sergent, Nathalie Bréda\*

*Dans le cadre du programme Dryade, l'Inra, l'IDF, les CRPF de Bourgogne et Midi-Pyrénées et les propriétaires privés ont associé leurs efforts pour comprendre la vulnérabilité du douglas aux aléas climatiques récents. Voici le point sur l'impact des sécheresses sur la croissance radiale de cette espèce introduite en France pour la production de bois.*

**L**es dépérissements enregistrés sur douglas après la sécheresse de 2003 ont suscité de nombreuses inquiétudes. En 2003, le douglas a été le conifère dont la croissance radiale a été la plus touchée (Girard, 2010) et comme beaucoup d'autres espèces forestières, il a connu une dégradation de l'état des cimes (déficits foliaires, branches mortes) et des mortalités (Belrose, 2006). Ce phénomène s'est poursuivi pendant plusieurs années, marquant l'entrée dans une dynamique de dépérissement (Fig. 1). De plus, le contexte de changements climatiques, où une augmentation de la fréquence des sécheresses équivalentes est attendue, conduit à s'interroger sur l'adaptation de l'espèce aux aléas climatiques.

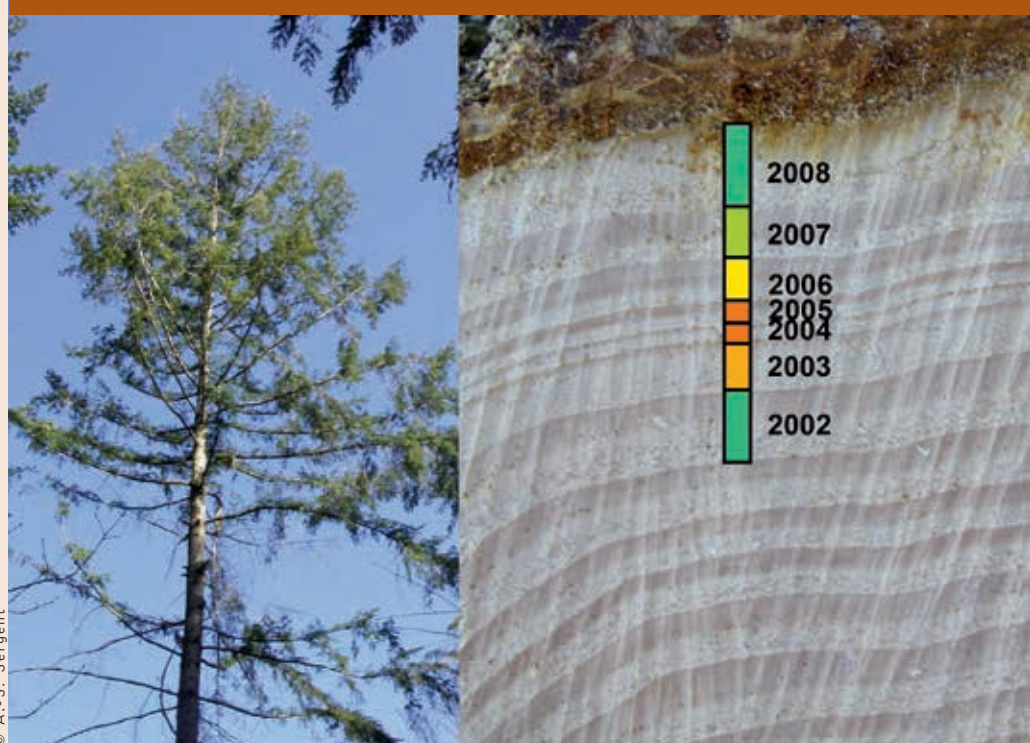
Pour mieux comprendre ce phénomène complexe, nous avons mené entre 2008 et 2011, avec l'appui des CRPF, une étude écologique et rétrospective de la croissance radiale du douglas dans les deux régions les plus affectées par le dépérissement : la Bourgogne et Midi-Pyrénées (Tarn et Aveyron). L'objectif était d'identifier l'aléa déclenchant et les facteurs

stationnels et sylvicoles de vulnérabilité associés. Les facteurs individuels ne sont pas présentés ici.

**Plus de 900 arbres carottés et les bilans hydriques de 60 parcelles calculés**

L'étude a porté sur 60 placettes et plus de 900 arbres, présentant en 2009 des intensités de dépérissements variables allant de peuplements indemnes à des peuplements comprenant des arbres dépérissants et des individus morts (Fig. 2).

Figure 1 : illustration des symptômes de dépérissement observés sur douglas



*Déficit foliaire important et réduction de la croissance radiale durant plusieurs années.*



**Figure 2 : gamme de symptômes visuels de dégradation de l'état des cimes observés chez le douglas**

Dans chaque grande région, la répartition des placettes a été réalisée de manière à couvrir les variabilités climatique et géologique et à représenter la proportion de douglas plantés dans les principales régions forestières définies par l'IFN (Fig. 3).

Chaque peuplement a fait l'objet de descriptions détaillées, en termes de caractéristiques édaphiques (relevé floristique, description de sol, topographie, exposition...) et sylvicoles (inventaires, état sanitaire, relevés de souches...). Une enquête auprès de chaque propriétaire a également permis de préciser les itinéraires techniques et sylvicoles (antécédent culturel, conditions de préparation du sol et de plantation, dates et intensités d'éclaircies). La croissance radiale annuelle a été mesurée à l'aide d'un échantillon de bois allant de l'écorce au cœur, sur 15 arbres par peuplement. Pour tenir compte de la diversité des âges des peuplements étudiés, les variations interannuelles de croissance ont ensuite été exprimées en % de la croissance attendue d'après l'âge de chaque arbre. Pa-

rallèlement, les épisodes de déficit en eau du sol depuis 1989 ont été évalués à l'aide du modèle de bilan hydrique journalier Biljou<sup>(1)</sup>. Les variations inter-annuelles de croissance radiale mesurées ont été interprétées en fonction de l'intensité des sécheresses subies.

### Des sécheresses intenses et récurrentes à l'origine des dépérissements

Globalement, de 1989 à 2008, les deux régions ont subi des déficits hydriques équivalents en dépit de leur localisation géographique distincte. Ceci résulte de combinaisons différentes entre pluviométrie, évapotranspiration potentielle, réserve en eau des sols et sylviculture.

L'analyse rétrospective de la croissance radiale sur cette période montre qu'une réduction importante a été observée l'année la plus sèche c'est-à-dire en 2003 : - 30 % en moyenne en Bourgogne et - 21 % en Midi-Pyrénées (Fig. 4).

De 2003 à 2006, la croissance radiale a également été significativement réduite : de -16,8 % en moyenne

en Bourgogne et de -14,8 % en Midi-Pyrénées. Cette période est caractérisée par deux sécheresses successives en Bourgogne (2003 et 2005) et quatre années sèches en Midi-Pyrénées (2003, 2004, 2005 et 2006). Ensuite, une période de récupération a été observée en 2007 et 2008, avec un retour à une croissance normale voire supérieure, pour ces années où la disponibilité en eau dans les sols s'est nettement améliorée.

Ainsi, dans les deux régions étudiées, le dépérissement n'est pas le résultat de la seule sécheresse de 2003 mais d'une succession d'années particulièrement sèches.

### Sécheresse et douglas : impact immédiat sur la croissance

Les variations interannuelles de l'intensité du déficit hydrique du sol expliquent à elles seules plus de 60 % des variations interannuelles de croissance dans les deux régions. Ce résultat démontre la grande sensibilité de la croissance du douglas aux variations de bilan hydrique, premier facteur limitant dans les régions étudiées. Il est également inté-





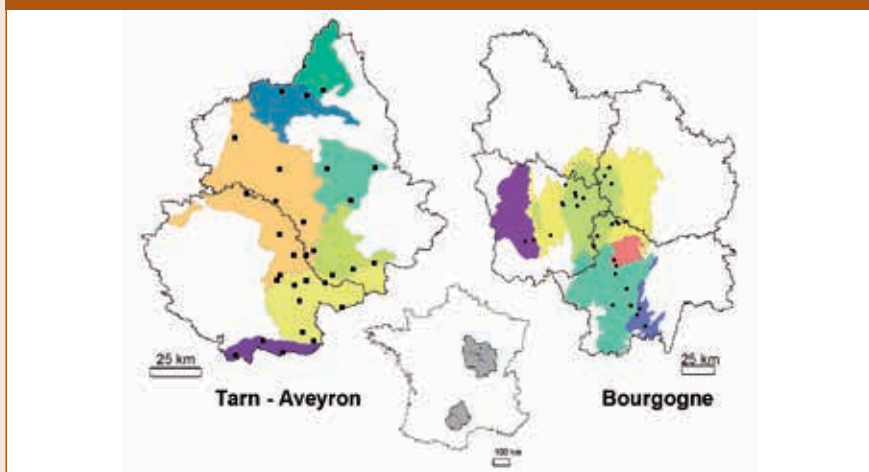
*De l'arbre mort à l'arbre sain en passant par la descente de cime et les pertes foliaires associées à des mortalités de branches.*

ressant de noter que **la réponse de la croissance à la sécheresse est immédiate et n'entraîne que peu ou pas d'effets différés** comme cela est observé chez certaines essences feuillues, notamment le hêtre et les chênes.

### Propriétés du sol et sylviculture modulent l'intensité de la sécheresse

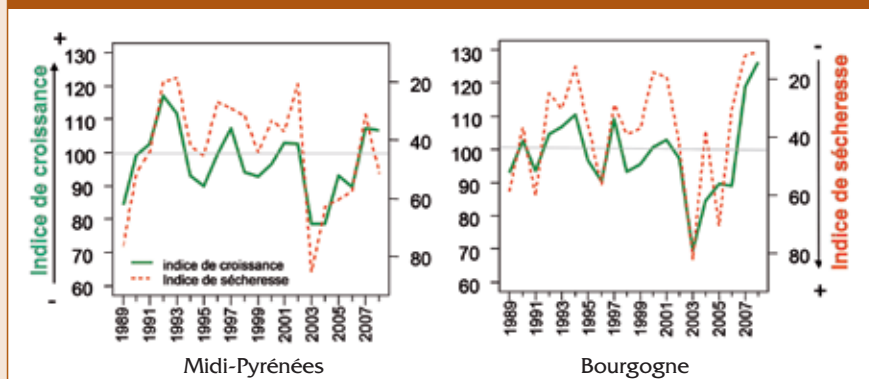
Néanmoins, au sein d'une même région, l'impact sur la croissance radiale est variable selon les peuplements. Ainsi, les plus affectés ont perdu près de 40 % de croissance durant la période de dépérissement alors que la moyenne avoisinait les 15 %. Ces différences s'expliquent principalement par l'intensité locale de la sécheresse, par sa précocité et sa durée. L'intensité du déficit en eau du sol est non seulement liée à la pluviométrie et à l'évapotranspiration potentielle, mais aussi à la capacité de rétention en eau du sol, à sa profondeur, à l'interception des pluies par la canopée et à la transpiration des arbres. Pour des conditions climatiques identiques, l'intensité de la

**Figure 3 : localisation des 60 peuplements étudiés en forêt privée en Bourgogne et en Midi-Pyrénées.**



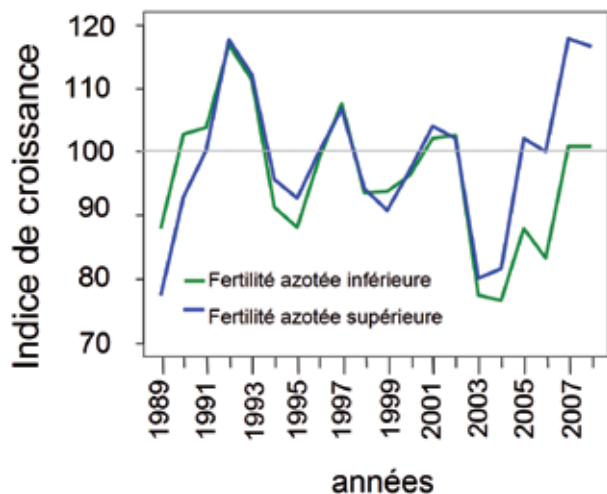
© A.-S. Sergent

**Figure 4 : illustrations des variations interannuelles de la croissance radiale (exprimée en % de la croissance normale) et de l'intensité de la sécheresse (grandeur sans unité) en moyenne dans les 30 peuplements étudiés dans chaque région**



© A.-S. Sergent

**Figure 5 : illustration de variations inter-annuelles de la croissance pour deux groupes de peuplements caractérisés par des fertilités azotées supérieures et inférieures à la moyenne observée sur les 30 peuplements étudiés en Midi-Pyrénées.**



© A.-S. Sergent

© A.-S. Sergent

sécheresse peut donc être modulée par les propriétés du sol et la sylviculture appliquée. Cette dernière contrôle en effet l'indice foliaire<sup>(2)</sup> du peuplement et donc à la fois sa consommation en eau et l'interception des pluies.

### La richesse trophique du sol influence la récupération des arbres

Tout comme pour la période de dépérissement, la tendance régionale observée pendant la période de récupération masque des disparités importantes entre placettes. Certains peuplements étudiés n'avaient pas récupéré une croissance normale en 2007-2008 et présentaient encore des réductions de croissance de l'ordre de 30 % en Bourgogne et de 40 % en Midi-Pyrénées. De façon logique, la récupération de la croissance est fortement liée à l'ampleur de sa réduction pendant la période de dépérissement. En effet, les sécheresses intenses sont connues pour entraîner d'une part des arrêts de croissance et des limitations de

l'assimilation du carbone et des nutriments, et d'autre part des dégâts irréversibles comme des chutes anormales d'aiguilles, des mortalités de branches ou de racines fines. Les arbres affectés par des sécheresses intenses doivent donc compenser ou réparer progressivement ces dégâts avant de retrouver leurs niveaux de croissance antérieurs à la crise.

Pour expliquer la variabilité observée entre peuplements dans la récupération de la croissance, nous avons cherché à identifier les facteurs impliqués. Parmi tous ceux qui ont été testés (conditions climatiques moyennes, altitude, exposition, fertilité azotée indiquée par la végétation, âge, facteur d'espacement, hauteur à 50 ans...) seule la fertilité azotée semble jouer un rôle important dans les deux régions étudiées. Les peuplements situés sur les sols à fertilité élevée récupèrent plus vite et plus complètement (Fig. 5). Ceci pourrait indiquer une interaction entre la nutrition minérale et la résistance ou la résilience<sup>(3)</sup> à la sécheresse dont les

mécanismes restent néanmoins à élucider.

### Comment réduire le risque de dépérissement ?

Si l'on considère que le risque résulte de l'exposition à l'aléa sécheresse de peuplements vulnérables, deux voies sont possibles pour réduire le risque :

- 1/atténuer l'exposition à l'aléa,
- 2/réduire la vulnérabilité et maintenir la résilience des peuplements.

### Éclaircir régulièrement

Nous avons vu que le premier facteur explicatif du dépérissement à l'échelle régionale et locale est l'intensité du déficit hydrique. À climat donné, l'épaisseur de sol prospectable, sa charge en éléments grossiers, sa texture et les caractéristiques du peuplement (âge, densité) peuvent atténuer ou amplifier l'intensité, la durée et la précocité du déficit hydrique. Pour les peuplements en place, le seul paramètre sur lequel le gestionnaire peut agir est l'indice foliaire. Ce paramètre clé contrôle en effet l'interception des précipi-



## Bibliographie

- Belrose V., 2006. *Les conséquences de la canicule-sécheresse de l'été 2003 sur les forêts: synthèse des observations collectées par le Département de la Santé des Forêts*. Les cahiers du DSF, 1, 2006, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, p. 17-26.
- Bréda N. & Granier A., 2011. *Outils pour raisonner les calculs de flux d'eau et de bilan hydrique à l'échelle du peuplement*. Forêt-entreprise, n° 196, p. 22-24.
- Girard Q., 2009. *Étude de l'impact de la sécheresse 2003 sur la croissance des arbres des forêts française à partir des données IFN*. Rapport de fin d'étude. AgroParisTech. 94 p.
- Ranger J., Gelhaye D. et Turpault M.-P., 2002. *Impact des plantations forestières traitées semi-intensivement sur la fertilité minérale des sols et la qualité de l'environnement*. Étude et Gestion des Sols, Volume 9 (3), p. 159-176.

## Pour en savoir plus

Sur le bilan hydrique en forêt, consultez les fiches pédagogiques du site :

<https://appgeodb.nancy.inra.fr/biljou/>

tations (donc la quantité d'eau qui arrive au sol) et l'évapotranspiration c'est-à-dire la consommation en eau du peuplement. Ainsi pour réduire la fréquence de l'exposition à l'aléa sécheresse et en atténuer l'intensité, il apparaît important de **réaliser des éclaircies régulières pour maintenir une surface foliaire en adéquation avec le contexte pédo-climatique**.

## Préserver la fertilité des sols

Concernant la fertilité, nous avons pu mettre en évidence dans cette étude que les sols ayant subi une préparation drastique avant plantation (élimination de taillis et décapage des rémanents) présentent aujourd'hui une richesse trophique plus faible que les autres. Le gestionnaire cherchera donc à préserver la fertilité des sols par des préparations adaptées, en évitant décapage et andainage. De même, les récoltes précoces, parfois envisagées pour réduire l'exposition aux événements extrêmes, peuvent entraîner une diminution de la fertilité du sol notamment avant l'âge de 60 ans (Ranger et al., 2002).

Elles devraient être évitées sur les sols les plus pauvres ou associées à des compensations par amendement et fertilisation pour maintenir les capacités de résilience des arbres des révolutions suivantes.

## Étoffer le diagnostic initial

Pour l'installation de nouveaux peuplements, un diagnostic initial précis des fertilités hydrique et minérale du sol, couplé à une analyse de la dégradation possible des bilans hydriques dans les 50 ans à venir à partir de différents scénarios d'évolution du climat, est recommandé.

Quant à la sylviculture à appliquer, des itinéraires sylvicoles adaptés doivent être évalués, tant sur le plan de la réduction du risque que de la rentabilité économique. Des travaux sont actuellement en cours sur ce sujet dans le cadre du RMT AForce dont Forêt-entreprise se fera prochainement l'écho. ■

\* UMR « Écologie et écophysologie forestières », INRA Nancy.  
Contact: [breda@nancy.inra.fr](mailto:breda@nancy.inra.fr)

1) Développé par l'Inra de Nancy (voir FE n° 196, pp. 22-24), ce modèle a permis de calculer rétrospectivement le bilan hydrique jour par jour depuis 1989, à partir des données quotidiennes de pluie, température, humidité relative de l'air, rayonnement et vitesse du vent, des caractéristiques du sol (épaisseur des horizons, réserve utile, densité apparente...) et des caractéristiques du peuplement (indice foliaire avant dépérissement, distribution des racines fines).

2) Cet indice correspond à la surface foliaire par unité de sol (soit des m<sup>2</sup> de feuilles par m<sup>2</sup> de sol), il est appelé en anglais Leaf Area Index (LAI).

3) NDLR: la résilience est la capacité d'un écosystème, d'un habitat, d'une population ou d'une espèce à retrouver un fonctionnement et un développement normal après avoir subi une perturbation importante.

## Résumé

Le douglas est sensible aux variations de bilan hydrique, comme l'explique l'étude menée par l'Inra et les CRPF de Bourgogne et Midi-Pyrénées sur les dépérissements suivant la sécheresse de 2003. Une bonne fertilité du sol et une sylviculture dynamique et régulière sont essentielles pour réduire les risques d'exposition aux aléas climatiques.

**Mots-clés :** douglas, vulnérabilité, sécheresse.