

Que peut faire le gestionnaire forestier face au risque de sécheresse ?

Myriam Legay, Christian Ginisty, Nathalie Bréda

▶ **To cite this version:**

Myriam Legay, Christian Ginisty, Nathalie Bréda. Que peut faire le gestionnaire forestier face au risque de sécheresse ?. Rendez-vous Techniques de l'ONF, 2006, 11, pp.35-40. hal-02656453

HAL Id: hal-02656453
https://hal.inrae.fr/hal-02656453

Submitted on 29 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Que peut faire le gestionnaire forestier face au risque de sécheresse ?

Le stress hydrique est l'une des principales contraintes écologiques auxquelles les forêts doivent faire face dans de nombreuses régions françaises ; l'été 2003 nous l'a brutalement rappelé. Les scénarios de changement climatique prévoient de surcroît une aggravation de cette contrainte, avec une diminution des précipitations estivales accompagnée d'une augmentation des températures. Or, si l'effet de la canicule a été relativement peu étudié, de nombreux travaux ont porté sur les conséquences de la contrainte hydrique sur les arbres et les peuplements. Faisons le point sur ce que l'on peut en tirer au plan pratique.

Porter un diagnostic... avec prudence

Lorsque l'état de sécheresse a été reconnu, et que des symptômes se manifestent dans les peuplements, les gestionnaires sont amenés à porter un diagnostic sur l'impact de l'épisode, pour porter à connaissance de la collectivité, ou pour prévoir les travaux, les coupes voire les modifications éventuelles d'aménagement nécessaires pour gérer ces dégâts.

Les travaux du DSF nous montrent que l'on doit se garder de rendre des conclusions hâtives : il y a très peu de lien entre les symptômes observés juste après la sécheresse et l'état sanitaire des arbres l'année suivante, en particulier pour les feuillus, pour lesquels les symptômes observés peuvent correspondre à des stratégies d'évitement de la sécheresse (Belrose *et al.*, dans ce même numéro). En 2003, ce sont les symptômes provoqués par la canicule qui ont révélé la gravité de la sécheresse. Il faut donc se garder des récoltes hâtives dans l'hiver suivant une sécheresse, et **mieux vaut attendre le débourrement au printemps suivant pour marquer les récoltes de produits accidentels feuillus.** Pour les résineux, le diagnostic précoce d'après l'état des houppiers est plus fiable.

Soulignons qu'une récolte rapide ne se justifie que dans le cas des bois scolytés, ou pour les bois qui se dégradent vite (comme le hêtre). Encore faut-il dans ce dernier cas s'assurer des débouchés commerciaux avant l'exploitation, car les bois se dégradent plus vite après abattage que sur pied (Flot, 2004).

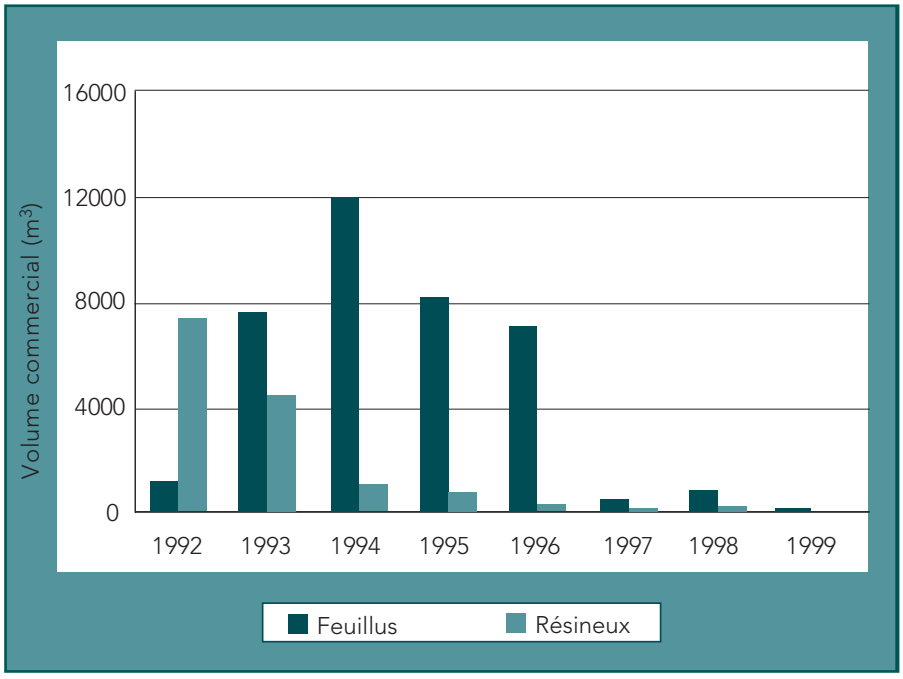


Fig. 1 : récoltes de bois secs et dépérissants en Forêt Domaniale de la Harth suite à l'épisode de sécheresse 1989-1991 (source ONF Mulhouse)

Pour les peuplements de chêne de grande qualité, pour les chênes de haute valeur patrimoniale, ou encore pour les placettes de suivi à long terme, la mesure des réserves sous forme d'amidon (par un test colorimétrique simple sur des mini-carottes prélevées à l'empattement) pourrait permettre de porter un diagnostic de survie fiable. Cet outil est en cours de validation à l'INRA.

En ce qui concerne les plantations, une méthode quantitative de diagnostic des pertes à l'échelle de la parcelle a été élaborée à l'occasion de l'épisode 2003 (note de service ONF 04-D-254 du 23/04/04 et Mortier dans RDVT n°8), qui pourra être remise en œuvre pour tout épisode de mortalité importante. Pour les régénérations naturelles, a priori moins sensibles, on pourra utiliser la méthode REGENAT (Sardin, 2004- méthode, fiche de relevé et application sur WorkAbout disponibles sur intraforêt).

Les sécheresses dont les conséquences ont été suivies sur plusieurs années nous apprennent que les récoltes de produits accidentels consécutifs à ces épisodes s'étalent couramment sur 4 à 5 ans. **La quantification de ces récoltes est importante** (non seulement au niveau du massif, mais si possible au niveau de la parcelle) pour évaluer a posteriori la gravité du phénomène et faire progresser l'expertise : mieux connaître la sensibilité des peuplements en fonction des différents facteurs, mais aussi connaître l'importance des pertes imputables à l'évènement (par rapport aux récoltes annuelles, à d'autres épisodes de dépérissement, etc.). Voir figure 1 page précédente.

Protéger les peuplements affectés

Suite à un stress abiotique tel que sécheresse ou tempête, l'accumulation de bois dépérissant peut provoquer un essor des parasites de faiblesse (insectes ou champignons opportunistes), susceptibles de provoquer des dégâts sur les tiges affaiblies. En particulier il faut récolter les bois scolytés avant la sortie de la deuxième génération d'insectes, afin de limiter l'essor des populations. Dans le cas du typographe de l'épicéa (*Ips typographus*), la pullulation permet même la réussite d'attaque sur des arbres sains, transformant ce parasite de faiblesse en ravageur primaire (Nageleisen, 2005). Pour connaître les éléments diagnostics et les méthodes de lutte, on se référera aux fiches du Département Santé des Forêts, disponibles sur internet.

D'une façon générale, les arbres déjà affaiblis par la sécheresse sont particulièrement vulnérables en cas d'attaques de ravageurs (cf. Piou *et al.*, ce même numéro). Une invasion de chenilles, contre laquelle le forestier n'interviendrait pas en temps normal, peut justifier une lutte active dans un peuplement ayant souffert de la sécheresse à une ou plusieurs reprises au cours des années récentes.

Dans tous les cas, on se conformera aux prescriptions du Département Santé des Forêts, auprès duquel on pourra prendre un conseil spécifique.

Composer des peuplements adaptés

Bien choisir l'essence objectif

L'action principale du forestier face au risque de sécheresse consiste à implanter ou favoriser des espèces adaptées aux conditions du milieu :

- climat (en particulier bilan hydrique en période de végétation, c'est-à-dire différence entre pluies et évapotranspiration potentielle),
- sol (profondeur, réserve utile estimée à partir des textures des différents horizons prospectables),
- position topographique.

Les exemples de mauvaises introductions sont nombreux : par exemple, la vague de plantation de feuillus précieux (merisier, noyer,…) engagée dans les années 1980 et 1990 a induit de nombreuses plantations sans avenir car implantées dans des milieux qui ne convenaient pas à ces essences exigeantes tant pour l'alimentation hydrique que minérale. De même, les dégâts observés sur douglas et mélèze lors de 2003 montrent bien la prudence qu'il faut avoir pour l'utilisation de ces essences dans les plaines de l'Ouest de la France.

Par ailleurs, on ne le répétera jamais assez, les chênes pédonculés installés sur des stations inadaptées payent un lourd tribut à chaque sécheresse. Dans les chênaies comportant, pour des raisons historiques (anciens TSF notamment) une forte proportion de pédonculés hors station, il faut exercer un effort constant pour réduire la proportion des pédonculés, qui ont naturellement tendance à reprendre le dessus à chaque régénération, par la vigueur de leur croissance juvénile. On n'hésitera pas à marteler ce type de peuplement à la feuille, au stade des premières éclaircies (alors que le sous-étage est encore discret) pour pouvoir favoriser les chênes sessiles.

C'est principalement au moment de la révision du document d'aménagement que les questions de choix des essences sont étudiées ou lors des phases de rédaction des Directives Régionales (SRA, DRA). Il convient ensuite de faire un diagnostic précis lors de la mise en régénération (naturelle ou artificielle) et de confronter les caractéristiques de la parcelle avec les conditions d'autécologie des essences envisagées comme essences objectif.

Veiller à la provenance et à la qualité génétique

Lorsqu'on renouvelle par plantation, une attention particulière doit être portée à la « provenance » des plants et donc leur origine et qualité génétique : une grande diversité génétique (« base génétique large »), gage d'une grande capacité d'adaptation, est généralement considérée comme une sécurité. Le principe généralement admis consiste à privilégier la région de provenance à laquelle appartient le site.

Le classeur « Conseils d'utilisation de matériels forestiers de reproduction » (octobre 2003), coordonné par le Cemagref est une référence essentielle pour le choix des provenances à utiliser en reboisement. Ces conseils sont valables même si le changement clima-

Des stratégies différentes

Le manque d'eau dans le sol induit dans l'arbre un ensemble de réactions physiologiques, la première de ces manifestations étant la réduction de la transpiration par la fermeture des stomates. Lorsque le déficit hydrique est installé, les différentes espèces y font face avec des stratégies différentes.

Le frêne, le noyer, le peuplier ou le bouleau, mal armés contre la sécheresse édaphique, régulent mal leur consommation d'eau, et en sont parfois réduits à sacrifier leurs feuilles, au prix d'un arrêt total des échanges gazeux (photosynthèse et transpiration) pour la saison de végétation en cours, signifiant un arrêt prématuré de fabrication des composés de réserve. Ceci peut compromettre la reprise de végétation au printemps suivant.

D'autres, comme les pins, sont prudentes, et ferment précocement leurs stomates, ce qui réduit leur consommation d'eau, mais aussi leur croissance.
D'autres encore maintiennent leur croissance à des **potentiels hydriques** plus bas, et tolèrent une part d'**embolie,** comme les chênes sessile ou pédonculé.

Enfin certaines espèces sont capables de supporter sans dommage un dessèchement important des tissus, comme les espèces méditerranéennes : Cèdres, Chêne vert, chêne pubescent, Pin d'Alep ou le Pin de Salzmann
Ces différents exemples permettent de comprendre pourquoi il est difficile de classer les espèces selon un axe unique de résistance à la sécheresse édaphique, et que le choix des espèces doit aussi se raisonner en référence aux caractéristiques précises de la station. Ainsi, à réserve utile égale, un sol filtrant profond sera plus propice au chêne, dont la résistance à la sécheresse tire parti de la puissance de son enracinement, qu'un sol argileux superficiel. Le choix des espèces doit aussi tenir compte des objectifs de la gestion : maintien d'un couvert résistant à des sécheresses sévères ou recherche d'une production soutenue en année normale peuvent conduire à des choix très différents.

Potentiel hydrique : Il caractérise l'énergie qu'il faut développer pour extraire l'eau d'un volume unitaire de matière (cette grandeur est homogène à une pression). Le potentiel hydrique des tissus de l'arbre est égal à celui du sol en l'absence de transpiration (avant le lever du soleil), et devient inférieur lorsque la transpiration s'amorce.
Embolie : En dessous d'une valeur seuil dépendant des essences (en fait des caractéristiques hydrauliques de leurs tissus conducteurs), il y a rupture des colonnes d'eau dans les vaisseaux (cavitation), et entrée d'air. Les vaisseaux embolisés ne peuvent plus conduire l'eau. La perte de feuilles vertes chez certaines essences traduit une embolie des vaisseaux conducteurs des pétioles.

tique n'a pas pu être pris en compte dans cette réflexion ; la connaissance sur ce sujet est aujourd'hui encore nettement insuffisante pour que l'on puisse intégrer quantitativement les différents scénarios d'augmentation de température moyenne, de variation de pluviométrie ou d'augmentation de la fréquence des évènements extrêmes (froid, sécheresse, chaleur,…) dans les préconisations d'emploi des essences. Cependant, ces scénarios peuvent être pris en compte au titre du « principe de précaution », en évitant plus que jamais d'installer ou de favoriser des essences ou des provenances en conditions limites, surtout sur le plan de l'alimentation en eau.

Favoriser les mélanges

Nous ne pouvons entrer ici dans le débat complexe sur les mérites ou inconvénients relatifs de la futaie régulière monospécifique (dominée par une essence principale objectif) et de la futaie hétérogène (en composition et en structure) pour lequel nous renvoyons le lecteur au dossier thématique de RDVT n° 10. Cependant, il paraît recommandable de rechercher le mélange des peuplements dans les situations où le choix de l'essence principale est délicat, ce qui devrait améliorer la résilience de ces peuplements, c'est-à-dire leur capacité à se rétablir après un aléa. Dans le cas d'essences compatibles et adaptées au milieu, ce parti a l'avantage, en cas d'effet brutal du changement climatique, d'atténuer des situations de dépérissement traumatisantes, ou de permettre la recolonisation du peuplement « mité », par les composantes résistantes du mélange.

Néanmoins la conduite de ce type de peuplement est souvent délicate et insuffisamment maîtrisée. Par ailleurs, il ne faut pas négliger les autres facteurs d'exposition à la sécheresse du peuplement : un peuplement mélangé mal géré (par exemple trop dense, ou de composition inadaptée ou instable) peut être plus exposé qu'une futaie régulière bien conduite.

Améliorer la résistance des peuplements

Respecter les règles de plantation et protéger les régénérations

Si l'on choisit de régénérer par plantation dans une station présentant des risques de sécheresse, il conviendra d'être attentif à la conception du chantier, au conditionnement et à la mise place des plants, puis à l'entretien de la plantation :

■ **Conception du chantier :** Le maintien d'abri peut préserver un microclimat plus frais. Ainsi, dans une clairière dont le diamètre est de l'ordre de deux à trois fois la hauteur du peuplement environnant, l'évapotranspiration potentielle est significativement réduite par rapport à un plein découvert (Aussenac, Bréda, 2006).

■ **Choix des types de plants :** l'âge, la hauteur et le mode d'élevage des plants sont importants à étudier. Depuis 15 ans, on assiste dans ce domaine à une certaine évolution des pratiques avec notamment une part grandissante des plants en conteneurs, aux dépens des plants à racines nues. L'avantage des plants en conteneurs est relativement net pour les espèces à reprise difficile (pin laricio, pin maritime). Par contre leur faible taille (< 15 cm en résineux, < 30 cm en feuillus), leur coût et les risques de

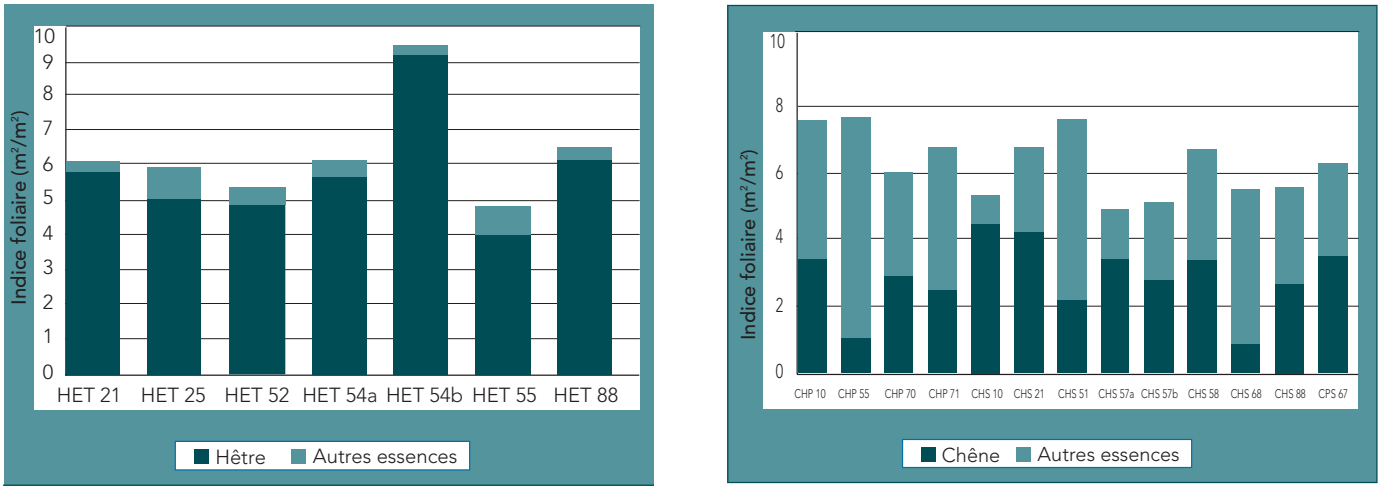


Fig. 2 : exemples de valeurs d'indices foliaires en chênaies et en hêtraies pour quelques placettes RENÉCOFOR en 1996. L'indice foliaire a été déterminé à partir des collectes de feuilles et permet de distinguer la contribution de l'essence principale (chêne ou hêtre) des essences d'accompagnement. (Adapté d'après Bréda, 2003, Journal of Experimental Botany, 54, 392)

déformations racinaires (donc de mauvaise stabilité à terme) sont autant de facteurs négatifs à regarder de près. Sur ce point, l'évolution des techniques d'élevage et notamment l'utilisation des « paniers ajourés » limite sensiblement les risques de déformation rédhibitoire des systèmes racinaires. Dans les stations à fort déficit hydrique estival, le choix de conteneur de grand volume assure généralement une meilleure reprise.

■ **Transport et mise en jauge ou conservation sur le chantier :** ce sont aussi des étapes importantes : il faut absolument éviter le dessèchement des parties racinaires.

■ **Mise en terre :** une mise en terre soigneuse est un gage de réussite de la plantation. Le potet ouvert, ou au moins travaillé, garantit un bon positionnement des racines et une bonne cohésion racine-sol. Un tassement modéré achève la mise en terre : le planteur forestier tasse souvent du bout du pied ou du talon ; les jardiniers préconisent l'arrosage comme moyen de tasser la terre.

La vitalité d'une plantation et sa résistance à un épisode de sécheresse sont largement dépendantes de ces opérations et des choix successifs. Le raisonnement basé uniquement sur la minimisation des coûts immédiats (des plants, de la mise en place) est généralement un mauvais calcul !

Enfin, au cours des premières années suivant la plantation, le contrôle de la végétation adventive est déterminant. C'est aussi valable pour les régénérations naturelles : il y a compétition pour l'eau et pour la lumière entre les végétaux herbacés, semi-ligneux ou ligneux qui colonisent les zones de régénération et de découvert et les semis ou les plants installés, dont les racines, encore superficielles, exploitent les mêmes horizons.
Ainsi, des dégagements manuels mécaniques et/ou chimiques doivent être programmés : l'absence d'entretien est trop souvent responsable de mortalité et disparition des semis et plants. De nombreux exemples et résultats d'essais démontrent l'efficacité des dégagements notamment chimiques. Bien sûr, l'utilisation des herbicides doit être raisonnée : elle ne doit pas devenir systématique ; elle nécessite des applicateurs et gestionnaires bien formés, attentifs et raisonnables. Les herbicides sont des outils, au même titre que les outils de préparation (broyeurs, travail du sol) et de dégagement (du croissant au broyeur) : ils sont à utiliser à bon escient. La note technique « Herbicides pour la forêt » du Cemagref, dont la mise à jour paraîtra courant 2006, constituera à ce titre une référence utile.

Adapter la sylviculture des peuplements en place

En ce qui concerne les peuplements adultes, de nombreux résultats montrent que la sylviculture peut modifier leur régime hydrique, en agissant sur leur évapotranspiration, sur l'interception des pluies ou sur les conditions microclimatiques.

En particulier, la demande en eau des peuplements est proportionnelle à leur **indice foliaire** (la surface cumulée des feuilles du peuplement ramenée à la surface occupée au sol par le peuplement). De même, l'interception des précipitations est dépendante de cet indice. Or il peut varier dans une gamme importante, en fonction notamment de la sylviculture (figure 2). Il n'est pas simple, pour autant, de relier l'indice foliaire aux caractéristiques dendrométriques du peuplement (densité et surface terrière).

Dans les stations soumises au risque de sécheresse, des éclaircies énergiques et régulières doivent contrôler la surface foliaire. Dans les peuplements comportant un sous-étage dense (en particulier les peuplements issus de taillis sous futaie en voie de régularisation), les éclaircies doivent **intervenir également dans le sous-étage, et éviter en particulier qu'il ne rejoigne l'étage principal.** Il ne s'agit donc pas de réduire les peuplements à

une seule strate, mais de maintenir dans toutes les strates une densité compatible avec les ressources en eau disponibles, faute de quoi la mortalité naturelle se chargera de rétablir l'équilibre à la prochaine sécheresse.

Faut-il craindre que ces éclaircies portant à la fois sur l'étage principal et sur le sous-étage ne favorisent une strate herbacée gourmande en eau ? Il a pu être montré (Bréda et Peiffer 1999) que la concurrence pour l'eau de la couverture herbacée n'était pas réellement limitante pour les peuplements adultes, car la transpiration des herbacées, maximale au début du printemps, se réduit ensuite avec la feuillaison du couvert arboré (figure 3 page suivante). Par ailleurs, les herbacées prospectent des horizons plus superficiels et sont moins performantes pour extraire l'eau du sol que les arbres.

Mais aussi préserver les sols en évitant le tassement

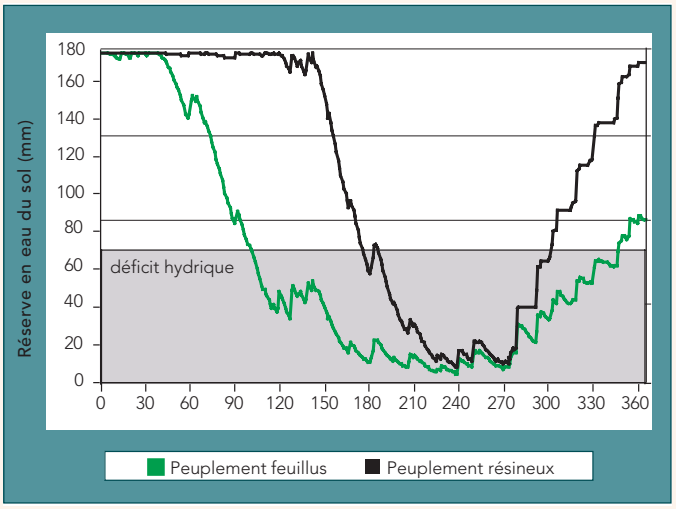
Le tassement des sols altère leur structure et écrase les porosités, notamment les macroporosités permettant la circulation de l'air et le drainage des excès d'eau. Non seulement les racines en place sont abîmées, mais le développement racinaire ultérieur est entravé, par l'augmentation de la résistance des sols à la pénétration, et par la réduction des échanges gazeux. Cette altération de l'enracinement réduit la capacité des arbres à extraire l'eau du sol en période de déficit hydrique.

Préserver les sols est donc une action importante pour maintenir le potentiel de résistance à la sécheresse des peuplements : en prévoyant des cloisonnements de débardage, en régulant l'accès des engins aux parcelles sensibles lorsque les sols sont engorgés ou mieux encore, en développant des techniques de débardage à faible impact, les gestionnaires peuvent limiter ou éviter les dégâts d'exploitation, qui ne doivent pas être considérés comme une fatalité (cf. dossier « Tassements du sol dus à l'exploitation forestière », RDVT n° 8).

Repères

Sécheresse climatique et sécheresse dans le sol

La sécheresse ressentie par les arbres à une date donnée ne dépend pas directement du **déficit hydrique climatique**, mais de l'état des réserves en eau du sol. Celui-ci dépend de la capacité de stockage en eau du sol, de la quantité de pluie arrivée au sol et des prélèvements faits par les arbres eux-mêmes.



*Graphique : évolution calculée du contenu en eau du sol au cours de l'année 2003 sous peuplement feuillu et résineux, sur un sol à forte réserve utile (180 mm). Données climatiques sources : Météo France, station de Tomblaine (54). (D'après Bréda et al., Revue Forestière Française, 2004) : Le feuillage persistant des résineux **intercepte** toute l'année une partie des pluies et transpire, c'est-à-dire consomme de l'eau plus tôt en saison que celui des feuillus : les résineux connaissent, à station égale, une période de déficit hydrique plus longue, généralement tolérée grâce à une résistance plus grande de leur système conducteur.*

- **Évapotranspiration potentielle :** Elle est définie comme la transpiration d'un couvert végétal fermé bien alimenté en eau. Elle dépend de l'humidité de l'air, de la température, du vent et du rayonnement. L'évaporation réelle est inférieure ou égale à l'ETP.
- **Déficit hydrique climatique :** C'est le bilan des pluies moins l'**évapotranspiration potentielle** (ETP). Ainsi défini, le déficit hydrique est donc uniquement lié au climat du lieu.
- **Réserve utile :** C'est la quantité d'eau maximale stockée dans un sol qui peut être mobilisée par la végétation. Elle dépend de la profondeur prospectable par les racines, ainsi que de la charge en éléments grossiers, de la texture, et de la densité des différents horizons.
- **Interception des précipitations :** quantité d'eau retenue par le feuillage lors d'une pluie et réévaporée sans atteindre le sol.

Conclusion et perspectives

En conclusion, le gestionnaire doit jouer un rôle actif dans le façonnage de peuplements plus résistants à la sécheresse, en particulier au stade du choix des essences en fonction des contraintes de la station, et dans la conduite des peuplements en place.

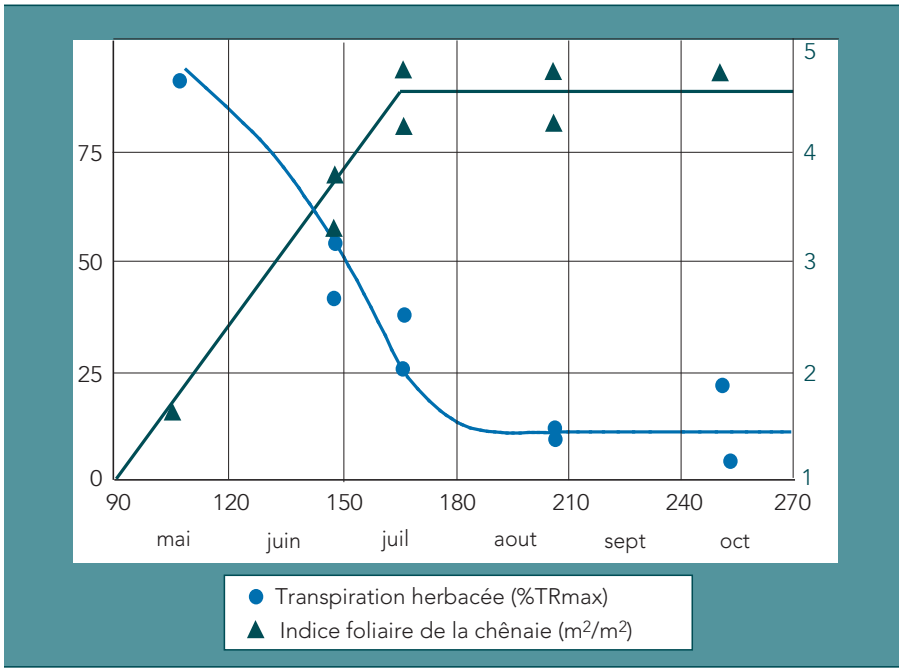


Fig. 3 : exemple d'évolution saisonnière de la transpiration herbacée (à base de pâturin des bois ou de houlque molle) en forêt domaniale de la Harth. L'évolution de l'indice foliaire du peuplement (futaie sur souche de chêne sessile) est représentée. (D'après Bréda et Peiffer, 1998)

L'effort d'expérimentation et de développement sur les techniques de plantation, qui s'est nettement ralenti depuis une dizaine d'années, mériterait d'être repris et adapté aux exigences sociales et économiques actuelles (réduction des moyens et souci croissant de respect du milieu), ainsi qu'à l'évolution des techniques de production des plants.

Quant aux connaissances relatives à l'autécologie des essences, elles mériteraient la mise au point de synthèses pratiques et d'outils d'aide à la décision, ainsi que la reprise de travaux d'écophysiologie comparative.

La mise au point d'itinéraires sylvicoles prenant en compte la surface foliaire ouvre quant à elle un champ nouveau à la recherche forestière pratique. Il reste à introduire le « LAI » (= leaf area index ou surface foliaire), ce paramètre clef du fonctionnement des peuplements forestiers, dans les expérimentations sylvicoles voire les modèles de croissance, afin de mieux connaître son dosage en fonction de la sylviculture, et de mettre au point des itinéraires sylvicoles prenant en considération le régime hydrique du peuplement.

Les dispositifs de la coopérative de données sur la croissance des peuplements forestiers, dans lesquels l'ONF s'implique activement depuis 14 années, aux côtés de ses partenaires de la recherche scientifique, semblent un terrain idéal pour développer ces investigations.

Myriam Legay,
Chargée de recherche développement INRA/ONF, interface R&D changement climatique

Christian Ginisty,
CEMAGREF, Ecosystèmes forestiers, Les Barres

Nathalie Bréda,
INRA Ecologie et Ecophysiologie Forestières, Nancy

Bibliographie

AUSSENAC G., BRÉDA N., 2006 : Adapter la sylviculture aux contraintes hydriques, Revue Forestière Française, n° spécial Journées Scientifiques et Techniques de l'INRA 2005 (à paraître).

BRÉDA N., PEIFFER M., 1999 : Etude du bilan hydrique des chênaies de la Forêt Domaniale de la Harth (Haut-Rhin) et impact des épisodes de sécheresse sur la croissance radiale des chênes. Programme INTERREG II, Rapport final convention ONF-INRA, juillet 1999, 60 p.

BRÉDA N., GRANIER A., AUSSENAC G., 2004 : La sécheresse de l'année 2003 dans le contexte climatique des 54 dernières années : analyse écophysiologique et influence sur les arbres forestiers. Revue Forestière Française LVI-2, 109-131.

BRETHES A., CHARNET F., 2005 : Pour une gestion respectueuse des sols, Rendez-Vous Techniques n° 8, pp 24-26.

FLOT J.L., 2004 : Sécheresse et canicule 2003 : du diagnostic à la gestion, Rendez-Vous techniques n° 3, pp 56-60.

GAMA, A (à paraître en 2006) : Herbicides pour la forêt, note technique du Cemagref.

MAPAAR. Direction générale de la forêt et des affaires rurales, Cemagref 2003. Conseils d'utilisation des matériels forestiers de reproduction : régions de provenance, variétés améliorées. 174 p.

MORTIER F., CHOPART J.C., SARDIN T., 2005 : Conséquences de la sécheresse et de la canicule 2003 : bilan pour les plantations des forêts publiques en 2004, Rendez-Vous Techniques n°8, pp 52-56.

NAGELEISEN L.M., 2005 : Insectes sous-corticaux, des mortalités record dans l'Est de la France en 2004, Département Santé des Forêts.

RANGER J., LAMANDÉ M., LEFÈVRE Y., 2005 : Perturbations au sol liées à l'exploitation forestière et conséquences pour l'écosystème, Rendez-Vous Techniques n° 8, pp 27-35.

SARDIN T., 2004 : Ma régénération est-elle réussie ?, Rendez-Vous Techniques n° 4, pp 15-16.