



**HAL**  
open science

# Le rôle clé des déficits hydriques dans le dépérissement de chênaies en Forêt de la Harth (Alsace du Sud) établi par une analyse dendroécologique et écophysologique

Nathalie Bréda, Marianne Peiffer, Jean-Luc Dupouey, Francois Géréma, R. Schipfer, C. Kieffer

## ► To cite this version:

Nathalie Bréda, Marianne Peiffer, Jean-Luc Dupouey, Francois Géréma, R. Schipfer, et al.. Le rôle clé des déficits hydriques dans le dépérissement de chênaies en Forêt de la Harth (Alsace du Sud) établi par une analyse dendroécologique et écophysologique. Cahiers du DSF, 1999, 1, pp.92-94. hal-02696550

**HAL Id: hal-02696550**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02696550>**

Submitted on 1 Jun 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.

- **Desprez-Loustau M.-L., Dupuis F.** (1993). Spatial distribution and pathogenicity of *Phytophthora cinnamomi* isolates originating from soil of an infested red oak stand. In: *Diseases and insects in forest nurseries*, pp. 79-91. *Les colloques n°68*. Perrin and Sutherland (eds.), INRA
- **Maugard F.** (1997). L'encre du chêne pédonculé une inquiétude nouvelle dans le Sud-Ouest. *Les Cahiers du DSF*, 1-1997 (La Santé des Forêts [France] en 1996), Min. Agri. pêche (DERF), Paris, pp. 2-30.
- **Robin C., Desprez-Loustau M.-L.** (1999). Optimisation des méthodes de production de plants ligneux, étude des risques de dissémination de *Phytophthora cinnamomi*. Rapport final de contrat avec la DERF.

### LE RÔLE CLÉ DES DÉFICITS HYDRIQUES DANS LE DÉPÉRISSEMENT DE CHÊNAIES EN FORÊT DE LA HARTH (ALSACE DU SUD) ÉTABLI PAR UNE ANALYSE DENDROÉCOLOGIQUE ET ÉCOPHYSIOLOGIQUE

Nathalie Bréda, Marianne Peiffer, Jean-Luc Dupouey, François Gérémia, Roger Schipfer et Christian Kieffer, INRA Nancy



**Water shortage as a key factor in the case of oak dieback in the Forêt de la Harth (southern Alsatian plain) as demonstrated by dendroecological and ecophysiological study** - The taxonomic status of oak species on 70 plots selected from the 134 plots of the Harth Forest Ecological Observation Area was identified using leaf morphological analysis. About 40 % of the studied trees were pedunculate oaks (*Quercus robur*), the other trees being mainly sessile oaks (*Quercus petraea*). A strong reduction of radial growth has been pointed out in recent years through a dendroecological study, this decline being stronger for pedunculate oaks. Both a restricting pedoclimat (shallow and stony soils) and a high leaf area index (old coppice with standards) are responsible for severe and frequent droughts. Reduction of radial growth has been clearly related to water shortage as computed from a daily soil water balance model.

Les chênes de la forêt domaniale de la Harth ont été particulièrement affectés à partir de 1992 par un dépérissement aigu se traduisant par des mortalités massives d'arbres. Plus de 35 000 m<sup>3</sup> de bois sec ou dépérissant d'essences feuillues, dont 95 % de chênes, ont été récoltés entre 1992 et 1996,



Peuplement typique de la Forêt domaniale de la Harth (chênes sessile, pédonculé, pubescent, charme, ...)

avec un maximum en 1994. La mortalité a également été importante dans le taillis de charme. L'ampleur du phénomène a incité l'Office National des Forêts à mettre en place en 1994 un réseau systématique de 134 placettes permanentes de surveillance de l'état sanitaire des arbres ("Observatoire écologique de la Harth"). L'INRA a été sollicité en 1995 pour identifier les espèces de chênes présentes, dater et quantifier les pertes de croissance radiale des chênes, analyser leurs variations au sein du massif de 13 000 ha, et, enfin, rechercher les causes climatiques de ce dysfonctionnement récent.

### Une étude basée sur 70 placettes de chêne choisies parmi les 134 placettes de l'Observatoire écologique de la Harth

Notre travail s'est appuyé sur un sous-échantillon de 70 placettes en chênaias de l'Observatoire écologique de la Harth, sur lesquelles au moins 10 chênes adultes étaient notés par l'ONF (état sanitaire, défoliation, présence de collybie). Nous avons éliminé de notre étude les placettes installées en régénérations ou plantations de chênes, en peuplements résineux, ou en peuplements adultes mixtes pauvres en chênes. A la mise en place de ces placettes, l'ONF n'avait retenu aucun arbre mort (note DEPEFEU=4) et notre échantillon ne comporte donc que des arbres vivants en 1995. Par contre, l'échantillonnage étant systématique, les autres classes d'état du houppier (note DEPEFEU) sont représentées proportionnellement aux effectifs globaux du massif (5 % en classe 0 ; 67 % en classe 1 ; 25 % en classe 2 ; 3 % en classe 3<sup>1</sup>).

### Des chênes pédonculés présents dans tout le massif, généralement en mélange intime avec les chênes sessiles et pubescents

Les conclusions de Becker et Lévy relatives au dépérissement du chêne à Tronçais, au début des années 1980, ont naturellement orienté la première étape du travail, à savoir identifier précisément la taxonomie de chacun des individus étudiés. L'identification a été réalisée par analyse de la morphologie des feuilles et de la pilosité des rameaux (Dupouey et Badeau, 1993). Un ensemble de 67 variables a été décrit sur 10 feuilles de lumière récoltées au fusil sur chacun des 690 arbres. L'analyse factorielle des correspondances réalisée sur les caractéristiques foliaires moyennes des arbres a permis la séparation assez nette de deux groupes : sessile-pubescent (*Quercus petraea*, *Quercus pubescens*) d'une part, et pédonculé (*Quercus robur*) d'autre part. Par contre, au sein du groupe sessile-pubescent, la séparation d'individus typiquement pubescents a été plus délicate. Les individus les plus pubescents de ce groupe ont été localisés dans les placettes de l'extrême nord et de l'extrême sud du massif. L'espèce la plus abondante est le chêne sessile (61 % des individus identifiés), et 39 % d'individus pédonculés (*Q. robur*) ont été identifiés pour la plupart dans le nord du massif, alors que les conditions écologiques n'y sont pas favorables à cette espèce. On retrouve également une plus forte proportion de peuplements gérés en taillis-sous-futaie dans le nord du massif. Peu de placettes monospécifiques ont été identifiées : le mélange sessile - pédonculé est intime au sein des peuplements (Bréda *et al.*, 1998).

### Des pertes de croissance récentes, particulièrement marquées pour le chêne pédonculé

L'analyse rétrospective de la croissance radiale de ces chênes réalisée par dendrochronologie a mis en évidence de faibles accroissements radiaux annuels moyens (largeur moyenne sur la période 1850-1994 : 1,5 mm/an), confirmant la faible productivité de cette forêt. La fréquence des années caractéristiques pour la croissance radiale est excep-

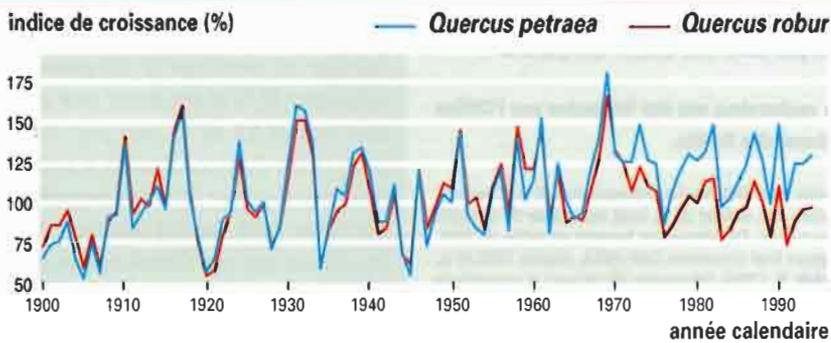
<sup>1</sup> La notation de DEPérissement FEUillu (DEPEFEU), proposée par Nageleisen en 1995, décrit l'état sanitaire de l'arbre à partir de l'aspect de la partie supérieure du houppier. Les arbres notés en classe 0 ne présentent aucun symptôme de dépérissement, les arbres notés en classe 1 présentent des rameaux fins desséchés dans la périphérie du houppier, parfois des rameaux en fouets et des fenêtres. Les arbres notés en classe 2 présentent des échancrements nettes dans le houppier, moins de 50 % de branches desséchées et des feuilles regroupées en paquets. Les arbres notés en classe 3 présentent plus de 50 % de branches mortes dans leur houppier. La classe 4 comporte les arbres morts ou moribonds.

tionnellement élevée sur ce massif (en moyenne 1 année sur 2). De plus, la croissance des chênes traverse une période de baisse sous la moyenne depuis les 20 dernières années. Le chêne pédonculé est plus affecté par la réduction récente de croissance que le sessile (fig. 46) : sa croissance chute et s'écarte significativement de celle du chêne sessile depuis 1972, dans l'ensemble du massif. La position géographique des placettes au sein du massif joue un rôle majeur dans les niveaux de croissance des chênes. Les croissances anciennes (1890 à 1945) et récentes (1967 à 1994) des chênes du nord sont significativement plus faibles que celles des individus du sud de la Harth, ce qui s'explique par des conditions climatiques et stationnelles plus favorables au sud.

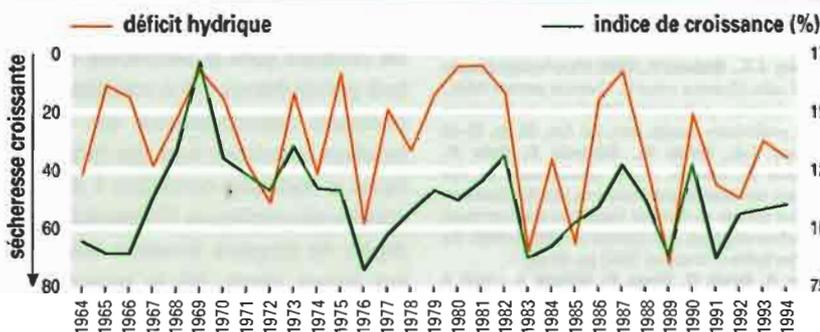
La croissance radiale des chênes a ensuite été corrélée avec les données mensuelles de température et de plu-

viométrie. La pluviométrie cumulée des mois de mai, juin et juillet explique la plus grande part de la variabilité interannuelle de croissance (46 % pour le sessile, 41 % pour le pédonculé). Toutefois, sur la période récente, au cours de laquelle une perte de croissance et un dépérissement ont été constatés (1964-94), les variables pluviométriques mensuelles n'expliquent pas de façon satisfaisante la variance interannuelle de croissance, ni les écarts entre espèces. A ce stade de l'investigation, on pouvait donc faire deux hypothèses : soit le climat récent ne suffit pas à expliquer les variations de croissance observées ici, soit la méthode utilisée était trop peu précise.

**Des indices foliaires élevés dans un contexte pédo-climatique contraignant génèrent des stress hydriques très marqués**



**Fig. 46 : Comparaison des indices de croissance entre chênes sessiles (*Quercus petraea*, 415 arbres) et pédonculés (*Quercus robur*, 262 arbres) en forêt domaniale de la Harth. L'indice de croissance corrige la croissance radiale des effets de l'âge et de la compétition. Comparison of radial growth index between sessile oak (*Quercus petraea*, 415 trees) and pedunculate oak (*Quercus robur*, 262 trees) in the national forest of La Harth. The radial growth index takes into account cambial age and the effects of competition**



**Fig. 47 : Variations inter-annuelles de l'indice de croissance des chênes de la Harth et du déficit hydrique du sol. Le déficit hydrique du sol (sans dimension) est calculé par modélisation rétrospective du bilan hydrique journalier du sol (Granier et al., 1999), et intègre à la fois la durée et l'intensité du stress (Bréda, 1996). L'axe du déficit hydrique est inversé afin de faciliter la lecture. Interannual variations in both radial growth index of oaks from the Harth forest and soil water deficit. Soil water deficit (dimensionless) is computed from retrospective modelling of daily soil water balance (Granier et al., 1999), and includes both duration and intensity of water shortage (Bréda, 1996). Vertical axis for soil water deficit is inverted for easier reading of the graph**

Pour évaluer le rôle des sécheresses dans les phénomènes récents de dépérissement des chênes (mortalité et perte de croissance), nous avons donc cherché à identifier et quantifier plus précisément les contraintes hydriques subies par les chênaies de la Harth. En effet, le contexte pédo-climatique de la région forestière de la Harth (alluvions rhénanes grossières, et climat continental sec avec une pluviométrie annuelle variant du nord [640 mm] au sud [800 mm]) est contraignant. Dans cette partie de la plaine d'Alsace, la nappe phréatique a toujours été à plus de 15 m de profondeur, même antérieurement aux travaux d'aménagement du Rhin et aux pompages pour l'irrigation (Würtz et al., 1995), ce qui exclut le rôle d'une baisse récente de la nappe phréatique dans le dépérissement de la chênaie.

Un travail analytique du fonctionnement hydrodynamique des sols a tout d'abord été réalisé sur deux placettes typiques, et les paramètres clés du fonctionnement hydrique des peuplements ont ensuite été déterminés pour l'ensemble des 70 placettes. La réserve utile (RU) des sols a été estimée à partir de descriptions pédologiques de fosses, réalisées par Oberti dans le cadre de la réalisation du catalogue de stations. Les sols, à texture sableuse et à forte charge en cailloux, offrent une réserve utile moyenne faible (< 100 mm). Le couvert de chaque peuplement a été caractérisé en 1996 par son indice foliaire (LAI, pour "Leaf Area Index"). Les indices foliaires mesurés sont encore élevés après les récoltes d'arbres morts (LAI moyen supérieur à ceux mesurés sur les placettes de chênes de l'Est de la France dans le réseau RÉNÉCOFOR).

**Le rôle déterminant des déficits hydriques dans les pertes de croissance démontré à l'aide d'un modèle de bilan hydrique journalier**

Notre modèle "mécaniste" (c'est-à-dire fondé sur un certain nombre de relations fonctionnelles décrivant l'utilisation de l'eau par l'arbre) de bilan hydrique forestier journalier (Granier et al., 1999) a été utilisé pour calculer l'évolution saisonnière de la réserve en eau du sol et déterminer les périodes de déficit hydrique. Ces calculs ont été validés par des mesures directes de l'humidité volumique du sol et des précipitations sous couvert. Le modèle a ensuite été utilisé pour une reconstruction rétrospective du bilan hydrique depuis 1964 (fig. 47), première année de disponibilité des données climatiques quoti-



Dans ces sols alluviaux, l'enracinement est fortement influencé par les couches d'éléments de granulométrie différentes

diennes pour les stations météorologiques les plus proches (Bâle et Colmar, source Météo-France). Le déficit hydrique a été calculé pour chaque année et chaque placette.

Les variations inter-annuelles des indices de stress hydrique sont significativement corrélées aux variations de croissance radiale mises en évidence par l'étude dendroécologique du massif. La perte de croissance du chêne pédonculé s'est amorcée lors de la sécheresse de 1972, et l'écart entre sa croissance et celle du chêne sessile s'est accentué progressivement lors des déficits hydriques de 1976, 1983 et 1985. La contrainte hydrique de l'année 1989 a été la plus sévère depuis 1964 et peut être considérée comme le facteur déclenchant du dépérissement. Un affaiblissement progressif des chênes, surtout pédonculés, était toutefois engagé depuis les sécheresses enregistrées à partir de 1972. Ces travaux ont de plus mis en évidence des différences de réponse au climat entre les deux espèces de chênes, la croissance du pédonculé lors d'une année étant fortement conditionnée par le niveau de sécheresse de l'année et, ce qui n'est pas le cas pour le chêne sessile, de l'année précédente. Le calcul du bilan hydrique journalier s'est donc clairement montré beaucoup plus puissant que les pluviométries mensuelles pour détecter les contraintes hydriques affectant significativement la croissance radiale des deux espèces de chênes.

Les conclusions de ces études, discutées avec l'Office National des Forêts, se traduisent par des recommandations de gestion. Le chêne pédonculé, mal en station sur une fraction importante du massif, devrait être

progressivement identifié et éliminé prioritairement sur les sols à plus faible réserve en eau. Ce travail a en outre montré le risque accru de stress hydrique dans le cas de couverts trop denses (LAI élevés) sur sols à faible réserve en eau : cet exemple pose de façon aiguë le problème de la gestion des taillis-sous-futaie où le taillis contribue à présent à l'étage dominant.

Dans le contexte général de dépérissement de chênes dans la vallée du Rhin, ces travaux mettent clairement en évidence le rôle déterminant des stress hydriques et la faible action des défoliateurs dans le cas de la Harth, situation très différente d'Haguenau où les défoliations par le bombyx étaient responsables de la forte réduction de croissance (Dupouey *et al.*, 1998). Enfin, soulignons une fois encore l'importance des facteurs stationnels prédisposants pour le chêne pédonculé, qui se trouve en péril aussi bien dans un scénario type "défoliation" (Haguenau) que type "sécheresse" (Harth) s'il n'est pas dans une station adéquate ■

### Ces recherches ont été financées par l'Office National des Forêts.

- **Bréda N.** (1998). Analyse rétrospective de la croissance radiale des chênes de la forêt domaniale de la Harth (Haut-Rhin). Dépérissement forestier en vallée du Rhin, rapport final convention ONF-INRA, octobre 1998, 50 p.
- **Bréda N.** (1996). Séquences climatiques et successions de sécheresses : outils d'analyse et exemples sur la période 1979-1994. *Les Cahiers du DSF*, 1-1996 (La santé des forêts [France] en 1995), pp. 45-47
- **Bréda N., Dupouey J.-L., Peiffer M.** (1998). Étude taxonomique des chênes de la forêt domaniale de la Harth (Haut-Rhin). Dépérissement forestier en vallée du Rhin, rapport final convention ONF-INRA, mai 1998, 59 p.
- **Bréda N., Peiffer M.** (1999). Étude 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. Dépérissement forestier en vallée du Rhin, rapport final convention ONF-INRA, juillet 1999, 64 p.
- **Dupouey J.-L., Bateau V.** (1993). Morphological variability of oaks (*Quercus robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl., *Quercus pubescens* Willd.) in northeastern France: preliminary results. *Ann. Sci. For.*, 50, pp. 35-40
- **Dupouey J.-L., Bréda N., Gérémia F., Behr P., Geldreich P., Duc G.** (1998). Confirmation du rôle important des facteurs prédisposants lors du dépérissement des chênes en forêt de Haguenau par une étude dendrochronologique. *Les Cahiers du DSF*, 1-1998, (La santé des forêts [France] en 1997) pp. 85-87
- **Granier A., Bréda N., Biron, P., Villette S.** (1999). A lumped water balance model to evaluate duration and intensity of drought constraints in forest stands. *Ecological Modelling*, 116, pp. 269-283
- **Würtz M., de Mongolfier J., Dridi B.** (1995). Influence et évolution de la nappe phréatique en Forêt de la Harth. Dépérissement forestier en vallée du Rhin, Programme INTERGEG II, ENGEEES, ONF, 41 p + annexe.