



**HAL**  
open science

# Le dépérissement du Chêne. Les causes écologiques (exemple de la forêt de Tronçais) et premières conclusions

Michel Becker, Gérard Lévy

► **To cite this version:**

Michel Becker, Gérard Lévy. Le dépérissement du Chêne. Les causes écologiques (exemple de la forêt de Tronçais) et premières conclusions. *Revue forestière française*, 1983, 35 (5), pp.341-356. 10.4267/2042/21669 . hal-03423774

**HAL Id: hal-03423774**

**<https://hal.science/hal-03423774v1>**

Submitted on 10 Nov 2021

**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.

# biologie et forêt

## LE DÉPÉRISSEMENT DU CHÊNE LES CAUSES ÉCOLOGIQUES Exemple de la Forêt de Tronçais et premières conclusions

M. BECKER - G. LÉVY

Sévisant avec des intensités très variables, un dépérissement inquiétant du Chêne s'est développé depuis quelques années dans diverses régions (Bourgogne, Centre, Auvergne, Aquitaine, Midi-Pyrénées...). Ce phénomène a fait l'objet d'une enquête nationale de la part de la Direction technique de l'Office national des Forêts en 1980 et 1981.

Il importe de savoir s'il s'agit d'un accident, dont il convient cependant de déterminer les causes pour éviter qu'il ne se répète, ou d'une véritable épidémie susceptible à terme de compromettre l'un des principaux revenus de la forêt française [1]<sup>(\*)</sup>.

C'est certainement en forêt domaniale de Tronçais que le dépérissement apparaît le plus spectaculaire et le plus préoccupant, compte-tenu de son intensité, mais aussi de la renommée de ce massif, qui constitue une des plus prestigieuses futaies de Chêne de France, et de la valeur commerciale des produits que l'on en extrait.

Les premières observations inquiétantes remontent à l'été 1978 ; aucune mortalité particulière n'a cependant alors été constatée. Les chênes « atteints » se caractérisaient par des cimes peu fournies, avec des feuilles chétives et vert jaunâtre. C'est en 1979 que le phénomène a pris toute son ampleur : de l'absence de débourrement à des débourrements médiocres, suivis du développement de cimes très claires, et de la mort progressive des arbres.

La forêt est touchée de façon très inégale. Le secteur le plus atteint se situe à l'intérieur d'un périmètre centré sur le « Rond de la Cave », dans le bassin du ruisseau de Chandon. En mai 1980, 600 hectares étaient atteints dans ce secteur, où le gestionnaire dénombrait 20 % de chênes morts et 60 % de chênes dépérissants. La situation s'est encore aggravée au cours des saisons 1980 et 1981, et ce sont des parcelles entières de jeune futaie de 80 à 100 ans qui ont dû être exploitées.

(\*) Les numéros entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

Dans le reste de la forêt, le dépérissement est beaucoup plus diffus et concerne, soit des arbres isolés, soit des bouquets de taille variable.

Selon le gestionnaire, on ne connaîtrait pas de dépérissement antérieur en forêt de Tronçais.

Un groupe de travail s'est constitué au plan national en 1980 pour étudier le phénomène. Il rassemble divers représentants de l'Office national des Forêts et des chercheurs de diverses disciplines de l'Institut national de la Recherche agronomique (écologie, pathologie, entomologie, télédétection).

Ce sont les résultats des observations d'ordre écologique qui sont présentés ici sans attendre davantage, car ils sont de nature à orienter la démarche du travail des autres spécialistes, ainsi qu'à permettre de poser en termes plus généraux la question de la place du Chêne dans la forêt française.

## **LA FORÊT DE TRONÇAIS**

La forêt domaniale de Tronçais s'étend sur près de 10 600 hectares, dans le nord-est du département de l'Allier, à la limite du bocage bourbonnais.

Le climat est de régime atlantique, avec dominance des vents d'ouest ; la forêt forme une sorte de frontière entre le climat du Bassin Parisien vers le nord et celui du Massif Central vers le sud. La pluviométrie annuelle est d'environ 790 mm. En moyenne, le déficit en eau estival est faible (100 mm) ; par contre les excédents hivernaux et de début de printemps (200 mm) sont localement difficiles à évacuer, faute d'un drainage naturel satisfaisant [5].

La forêt occupe un plateau au relief mamelonné (altitude variant de 220 m à 320 m), dont le soubassement est constitué par les grès et argiles du Trias, souvent recouverts par les sables et argiles du Bourbonnais. Ces matériaux ont donné naissance à des sols à texture dominante sableuse, acides, plus ou moins lessivés ou parfois podzolisés, localement plus ou moins hydro-morphes [5].

## **NATURE DES OBSERVATIONS**

Une étude phyto-écologique a été menée au cours des mois de septembre et octobre 1981, à base essentiellement d'observations floristiques et pédologiques, complétées par quelques données concernant le peuplement.

L'efficacité de cette démarche dépend pour beaucoup de la pertinence de l'échantillonnage des points d'observations (appelés « relevés »). Ce dernier a été considérablement facilité par les résultats de la photo-interprétation d'une mission aérienne exécutée en 1980 grâce à une collaboration I.N.R.A. - O.N.F. [13]. La mission portait sur 129 parcelles, totalisant 2 900 ha, soit 27 % du massif, parmi lesquelles les plus touchées par le dépérissement. Pour chaque parcelle, nous disposons de la répartition, pratiquement pied à pied, des arbres atteints, en quatre catégories (« supposé mort », « mort », « dépérissant », « affaibli »). Les relevés écologiques ont été répartis le plus souvent par couples de points proches l'un de l'autre (zone très atteinte — zone peu ou pas atteinte), et ceci de façon à couvrir au mieux la diversité des situations, tant sur le plan de la structure des peuplements que, et surtout, sur le plan stationnel (roche-mère et situation topographique). Par ailleurs, des prospections ont également été faites dans des secteurs indemnes de tout dépérissement sur de grandes surfaces, ainsi que dans d'autres où seul un dépérissement diffus était observé ; dans ce cas, le concours du personnel local a été précieux.

Une trentaine de relevés ont été ainsi réalisés, complétés par des observations plus légères dans certaines situations. Chaque relevé comprend un inventaire floristique complet, une description de sol minutieuse et des observations sur l'état du peuplement dominant. Quelques arbres représentatifs de la diversité locale ont fait l'objet d'un carottage sur quelques centimètres, à 1,30 m du sol, et d'une mesure de circonférence ; les trous de tarière ont été soigneusement rebouchés à l'aide de chevilles en bois traité. Des observations et mesures diverses ont pu être faites sur ces mini-carottes : fluctuation des largeurs d'accroissement au cours des dernières années, largeur de l'aubier, présence de thylles dans les gros vaisseaux, etc...



Une des prestigieuses vieilles futaies de Chêne rouvre de Tronçais.

Photo M. BECKER

## RÉSULTATS

### Les essences en présence

L'observation la plus importante — et dont le caractère absolu n'est pas le moins inattendu — est la suivante : **seul le Chêne pédonculé est victime du dépérissement** en forêt de Tronçais.

Aucun chêne sessile dépérissant n'a pu être observé. Tous les arbres atteints (mais encore vivants) observés, du stade « début de dépérissement » à « très dépérissant », voire « presque mort » (quelques derniers gourmands encore verts), sont des pédonculés ; et l'on peut penser qu'il en était de même des arbres secs sur pied ou déjà exploités... Par ailleurs, bien rares sont les chênes pédonculés parfaitement sains, ou du moins dans un état comparable à celui des sessiles ; encore sont-ils dans des conditions de station, qui, nous allons le voir, expliquent leur meilleur comportement.

Il faut reconnaître qu'en l'absence de fructifications, identifier avec certitude l'espèce à laquelle se rattache un arbre de haute futaie nécessite un peu d'habitude et une excellente paire de jumelles... D'autant que le Chêne sessile de Tronçais s'éloigne quelque peu des « canons » classiques de l'espèce, en particulier par la fréquence élevée d'oreillettes plus ou moins marquées à la base du limbe des feuilles. La longueur du pétiole, toujours supérieure à environ 12 mm chez le Sessile, apparaît être le critère le plus sûr ; encore est-il prudent d'éviter d'observer les gourmands, surtout les plus récemment apparus sur le tronc. Avec un peu d'expérience, la disposition des feuilles sur les rameaux de la périphérie du houppier est également caractéristique : feuilles relativement distantes les unes des autres chez le Sessile ; feuilles nettement groupées comme en bouquets à l'extrémité des rameaux chez le Pédonculé (ce qui, chez ce dernier, rend d'ailleurs plus difficile l'observation des pétioles...).

L'intensité du dépérissement du Chêne en forêt de Tronçais, exprimé en pourcentage d'arbres atteints par parcelle, est donc en fait l'expression très directe de la proportion de Chêne pédonculé dans le peuplement.



Lorsque l'on sait l'assimilation classique qui se fait dans beaucoup d'esprits entre « forêt de Tronçais » et « Chêne rouvre » (= Chêne sessile), il paraît d'ailleurs surprenant de constater l'importance qu'y prend (ou qu'y prenait ?..) le Chêne pédonculé. Si son existence est admise dans tous les documents consultés, il semble que l'on ignore à peu près tout de sa répartition et de sa proportion dans les peuplements. Les descriptions de parcelles de l'aménagement en vigueur sont ainsi le plus souvent muettes sur ce point, ou donnent des informations imprécises (voire erronées au vu de quelques tentatives faites pour les utiliser). Ce fait est d'ailleurs assez compréhensible, compte tenu des difficultés d'identification évoquées et dans la mesure où cela semblait sans conséquence sur le plan sylvicole.

Quoi qu'il en soit, 45 % des relevés effectués portent sur des peuplements à Chêne pédonculé exclusif ou très dominant, et 21 % sur des peuplements comprenant les deux essences également représentées. Compte tenu de nos critères d'échantillonnage, ces chiffres ne doivent bien sûr en aucun cas être extrapolés à l'ensemble du massif (qui comporte heureusement de très vastes surfaces à Chêne sessile quasi exclusif, et parfaitement indemnes), mais ils mériteront d'être à nouveau évoqués lors de la discussion.

Côte à côte, un Chêne rouvre parfaitement sain et un Chêne pédonculé mort en 1982.

Photo M. BECKER

### Les stations observées

Les quelques relevés effectués sont bien sûr trop peu nombreux, étant donné l'importance du massif, pour élaborer une typologie complète des stations. Schématiquement, il est cependant possible de les rattacher à quatre types différents, que l'observation conjointe de la flore et du sol permet de distinguer. Leur déterminisme est double et fait intervenir :

— d'une part le régime hydrique des sols : ceux-ci peuvent être filtrants (et donc potentiellement secs), simplement humides (on dit aussi frais) ou franchement hydromorphes, selon la texture de la roche-mère, la position topographique ou la présence de niveaux imperméables plus ou moins profonds ;

— d'autre part la richesse minérale, selon que le sol est pauvre et acide, ou mieux pourvu en bases échangeables et plus proche de la neutralité.

#### 1 - Station sur sol non hydromorphe (sinon éventuellement en profondeur) et très acide

Il semble que ce soit, avec la suivante, la station la plus représentée à Tronçais.

La végétation herbacée et arbustive est relativement peu abondante, et l'on y rencontre, par acidité décroissante :

<p><i>Leucobryum glaucum</i> (une mousse)  <i>Calluna vulgaris</i> (Callune)  <i>Pteridium aquilinum</i> (Fougère aigle)  <i>Ilex aquifolium</i> (Houx)  <i>Deschampsia flexuosa</i> (Canche flexueuse)</p>	<p><i>Carex pilulifera</i> (Carex à pilules)  <i>Polytrichum formosum</i> (Polytric élégant, une mousse)  <i>Oxalis acetosella</i> (Oxalis petite oseille)</p>
---	--

La Molinie (*Molinia coerulea*) peut s'y rencontrer, mais seulement par pieds isolés.

Les sols sont souvent des sols bruns acides [profil  $A_1(B)C$ ] ; ils ont cependant dans certains cas subi une certaine podzolisation : sols bruns cryptopodzoliques [présence d'un horizon  $B_h$  peu épais entre  $A_1$  et (B)] et sols ocres podzoliques ( $B_h$  plus épais et apparition par endroits d'un horizon  $A_2$  discontinu et très peu épais entre  $A_1$  et  $B_h$ ). Ces sols peuvent être marmorisés en profondeur, parfois assez fortement. Leur texture est sableuse à sablo-argileuse. L'humus varie, selon le type du sol, du mull acide au moder. Le rapport C/N de l'horizon  $A_1$  est compris entre 16 et 25 et son pH entre 4,0 et 4,5.

#### 2 - Station sur sol non hydromorphe (sinon éventuellement en profondeur) et mésotrophe

Certaines des espèces précédentes peuvent encore se rencontrer, auxquelles s'ajoutent, toujours par acidité décroissante :

<p><i>Rubus</i> sp. (Ronce)  <i>Polystichum filix mas</i> (Fougère mâle)  <i>Athyrium filix femina</i> (Fougère femelle)  <i>Atrichum undulatum</i> (une mousse)  <i>Viola riviniana</i> (Violette des bois)</p>	<p><i>Melica uniflora</i> (Mélique à une fleur)  <i>Festuca heterophylla</i> (Fétuque hétérophylle)  <i>Euphorbia amygdaloïdes</i> (Euphorbe des bois)  <i>Brachypodium silvaticum</i> (Brachypode des bois)</p>
--	--

Ce type de station est caractérisé par des sols bruns mésotrophes [profil :  $A_1(B)C$ ] ou des sols bruns lessivés marmorisés (profil :  $A_1A_2B_gC$ ). La texture est sableuse à sablo-argileuse dans les horizons supérieurs, la teneur en argile augmentant souvent sensiblement en profondeur. Le rapport C/N de l'horizon  $A_1$  est inférieur à 15, et son pH est un peu supérieur à celui des stations du type 1.

3 - Station sur sol à forte hydromorphie superficielle et très acide

Cette station est typiquement caractérisée par la présence et l'abondance de *Molinia coerulea* (Molinie) à laquelle se joint souvent *Rhamnus frangula* (Bourdain). Certaines des espèces de la station 1 se maintiennent également : Fougère aigle, Callune, Polytric, Chèvrefeuille en particulier ; ainsi que la Ronce.

On se trouve généralement en situation topographique basse, mais peu accusée.

Les sols, qui sont d'un type moins bien connu que les précédents, et dont le nom est d'ailleurs sujet à controverse, méritent d'être décrits avec plus de précision.

Nous les avons qualifiés de « pseudogleys podzoliques ». Ils sont caractérisés par un humus de type hydromoder, à pH de 4,0 à 4,5, surmontant un horizon A<sub>2</sub>g décoloré, souvent même totalement blanchi, sauf à sa partie supérieure qui est assez fréquemment infiltrée de matière organique. Cette couche décolorée, dont l'épaisseur est variable, comporte généralement des taches rouille diffuses. Le rapport C/N de A<sub>2</sub>g, élevé (toujours > 19), confirme une pédogénèse de type podzolique. A la base de cet horizon, le sol est souvent compact, avec des concrétions rouille (fer) et noires (fer-manganèse) dont le nombre augmente avec la profondeur. La texture de ces horizons supérieurs est sableuse à sablo-argileuse. Puis apparaît l'horizon B<sub>g</sub>, plancher de la nappe d'eau temporaire, plus argileux, bariolé de zones assez importantes, les unes rouille, les autres grises. La texture devient argilo-sableuse à partir de - 70 à - 90 cm (C<sub>g</sub>).

Dans ces sols, la remontée de la nappe temporaire, provoquée à l'origine par la situation topographique et la texture assez argileuse de la roche-mère, a probablement été accentuée par un certain lessivage des argiles des horizons supérieurs. La présence d'une nappe superficielle a alors induit, ou accru, les phénomènes de podzolisation, favorisés par la texture grossière, l'acidité et la pauvreté du sol en cations, et accentué la décoloration de l'horizon A<sub>2</sub> par entraînement latéral du fer.

4 - Station sur sol à hydromorphie forte, mais moins superficielle, et moins acide

Ce type de station est peu représenté (du moins dans notre échantillonnage).

La végétation est, selon les cas, soit nettement acidiphile (mais moins cependant que dans les stations 1 et 3) soit, le plus souvent, à tendance neutro-acidiphile. Elle présente alors de fortes similitudes avec celle de la station 2 ; une attention particulière doit donc être portée à l'observation du sol pour distinguer ces deux stations. On note cependant dans la station 4 la fréquence particulière des espèces suivantes :

<p><i>Eurhynchium striatum</i> (une mousse)</p> <p><i>Thuidium tamariscifolium</i> (une mousse)</p> <p><i>Carex silvatica</i> (Carex des bois)</p> <p><i>Deschampsia coespitosa</i> (Canche cespiteuse)</p>	<p><i>Carex glauca</i> (Carex glauque)</p> <p><i>Stellaria holostea</i> (Stellaire holostée)</p> <p><i>Circea lutetiana</i> (Circée)</p> <p><i>Veronica chamaedrys</i> (Véronique petit-chêne)</p>
---	--

Les sols sont des sols bruns lessivés (ou des sols lessivés) à pseudogley, à humus de type mull mésotrophe (parfois mull acide). L'hydromorphie est assez accentuée mais non superficielle ; elle débute souvent vers - 30 ou - 35 cm (alors que dans les stations de type 1 et 2, l'hydromorphie, quand elle existe, apparaît plus profondément et elle est généralement moins accentuée).

**Caractères du sol vis-à-vis du peuplement**

Nous venons de constater certaines différences de propriétés chimiques entre les sols des divers types de stations ; elles concernent notamment le pH et le rapport C/N de l'horizon A<sub>1</sub>. Ainsi,

certaines difficultés d'alimentation en azote peuvent intervenir sur les sols ayant subi une pédogénèse de type podzolique.

Le taux de saturation en cations (S/T) de l'horizon A<sub>1</sub> ne dépasse 20 % que dans les mull mésotrophes. Dans les autres cas, il est faible, descendant parfois jusqu'à 4 %. Ce phénomène peut créer des difficultés de nutrition minérale pour les arbres, indépendamment de la teneur effective en cations du complexe absorbant.

Quel que soit le type de station, la teneur en éléments nutritifs est d'ailleurs généralement peu élevée dans l'horizon situé directement sous A<sub>1</sub> (l'analyse de cet horizon constitue, rappelons-le, un meilleur test pour les potentialités nutritives du sol que celle de A<sub>1</sub>). Il y a en particulier très peu de calcium, souvent même seulement 0,1 ou 0,2 m.e. de Ca<sup>++</sup>/100 g de sol. Les teneurs en potassium (0,07 à 0,12 m.e. de K<sup>+</sup>/100 g) et en magnésium (0,03 à 0,07 m.e. de Mg<sup>++</sup>/100 g) ne sont pas non plus très élevées. Quant au phosphore, il est presque toujours nettement déficitaire (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> méthode Duchaufour : 0,02 à 0,04 ‰, rarement 0,05 ‰ ou plus).

Sur le plan physique, la texture très souvent grossière des sols leur confère une réserve maximum en eau utilisable par les racines relativement faible ; on peut l'évaluer à 100 à 120 mm en sol brun acide, sur 1 m de profondeur. Cette réserve peut dépasser ces valeurs en sol plus limoneux ou lorsque la teneur en argile augmente en profondeur, ou au contraire leur être nettement inférieure si des obstacles (en particulier une nappe d'eau temporaire) s'opposent à la pénétration profonde des racines. Bien que le déficit en eau, qui se situe en juillet-août, soit habituellement faible (environ 100 mm d'après Bonfils [5]), on peut penser que des conditions de sécheresse climatique exceptionnelle peuvent, certaines années, entraîner de très importantes difficultés d'alimentation en eau en forêt de Tronçais.

### Relations station-dépérissement

Les zones où le dépérissement du Chêne pédonculé est massif sur de vastes surfaces appartiennent essentiellement à la station 3, sur sol acide et très hydromorphe, caractérisée par l'abondance de la Molinie. Il est vrai que c'est la seule station où le Chêne pédonculé ait été rencontré pratiquement pur. Cependant, lorsque c'est le Chêne sessile qui domine (ce qui apparaît rare), celui-ci, bien que peu vigoureux dans cette station très médiocre, est **parfaitement sain**.

Dans les stations 1 et 2, non ou peu hydromorphes, le Chêne pédonculé est beaucoup moins fréquent. Dans la station 1, sur sol acide, le dépérissement de cette espèce est généralement moyen à fort, mais moins important cependant que dans la station 3. Dans la station 2, sur sol mésotrophe, le dépérissement est le plus souvent nul à faible, parfois moyen ; il est parfois fort lorsque la profondeur du sol est limitée (par exemple à 50 cm) par un horizon induré ou par une couche quasi-continue de cailloux.

Dans la station 4, sur sol mésotrophe, à hydromorphie non superficielle (absence de Molinie), la proportion de Chêne pédonculé est moyenne et son dépérissement est souvent faible, parfois assez fort.

Il est ainsi possible de classer les stations par ordre de sensibilité décroissante du Chêne pédonculé au dépérissement : station 3 > station 1 > station 4 > station 2.

### Informations apportées par les mini-carottes

Les observations faites sur les 73 carottes prélevées montrent de façon irréfutable que le début du processus de dépérissement remonte à 1976 (voir photos page 349).

Chez le Chêne sessile, on n'observe qu'un léger affaiblissement de l'accroissement en 1976 et 1977, suivi d'une reprise d'activité tout à fait normale.

Chez le Chêne pédonculé au contraire, plusieurs cas de figures sont possibles. Les arbres ayant un comportement analogue à celui du Chêne sessile sont exceptionnels. La chute d'accroissement en 1976 et, surtout, en 1977 est généralement beaucoup plus marquée. Certains arbres ont continué de s'affaiblir, plus ou moins rapidement, mais parfois de façon spectaculaire, à partir de 1978, jusqu'à donner des cernes pratiquement réduits à un rang de gros vaisseaux de bois initial. D'autres sont alors restés stationnaires, et l'on peut encore se demander s'ils sont condamnés à terme ou s'ils peuvent encore « se remettre ». D'autres enfin voient leurs accroissements augmenter progressivement à partir de 1978, jusqu'à retrouver des valeurs comparables à celles d'avant 1976 à partir de 1980.

Il est ici intéressant et important de remarquer que l'observation des derniers cernes donne des informations beaucoup plus fiables sur l'état de santé réel de l'arbre que celle de l'aspect du houppier ; la présence et l'abondance des branches mortes peut y être trompeuse, et il s'est avéré fréquent d'avoir surestimé la gravité du dépérissement d'un arbre lors du relevé phytocologique, alors que l'inverse ne s'est jamais produit.

Toutes stations confondues, les chênes sessiles et pédonculés carottés ont en moyenne la même circonférence (respectivement 126 cm et 124 cm). Mais toutes les autres données mesurées séparent nettement les deux espèces :

— l'accroissement moyen annuel sur le rayon **avant** 1976 : respectivement 1,8 mm et 1,4 mm, soit 22 % de moins pour le Pédonculé par rapport au Sessile, qui apparaît donc, même en période « normale » plus vigoureux en moyenne que le précédent ;

— l'accroissement moyen annuel sur le rayon **depuis** 1976 : respectivement 1,7 mm et 0,7 mm, soit près de 59 % de moins pour le Pédonculé par rapport au Sessile, chiffre qui traduit bien le dépérissement du Pédonculé ;

— la largeur de l'aubier : respectivement 30,5 mm et 19,8 mm, soit 35 % de moins chez le Pédonculé, ce qui rejoint les observations de E. Deret-Varcin en forêt de Morimond (1982). Le même pourcentage est obtenu lorsque l'on sélectionne seulement les relevés où Pédonculé et Sessile sont présents côte à côte. Bien qu'une partie de cette différence soit la conséquence de la sécheresse de 1976, nous verrons plus loin l'intérêt possible de cette observation. Par contre, l'année de formation du dernier cerne duraminisé est sensiblement la même (en moyenne, mais avec de fortes différences individuelles) chez les deux espèces : 1964 ; l'aubier est donc composé en moyenne des 17 derniers cernes.

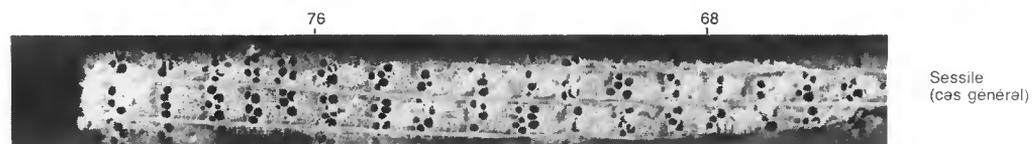
## ÉVOLUTION ACTUELLE DU DÉPÉRISSEMENT

Il n'est guère possible de donner pour l'instant d'information objective générale sur l'évolution du dépérissement observé. Il est nécessaire pour cela d'attendre les résultats de la mission photographique effectuée en 1981. Les premières indications fournies par celle-ci (J. Riom, communication orale) montrent que dans le périmètre déjà couvert en 1980 de nouveaux arbres sont morts, mais toujours à l'intérieur de bouquets d'arbres déjà morts précédemment : il n'y a pas de nouvelles taches de dépérissement.

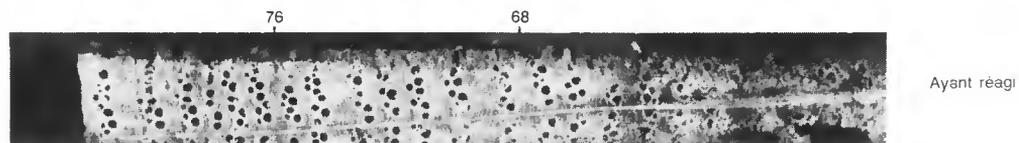
En fait, compte tenu des observations précédentes, il semblerait que l'essentiel des peuplements à Chêne pédonculé dominant et en situation stationnelle défavorable aient déjà été touchés. Si le Sessile confirme sa résistance, il ne pourrait donc plus y avoir de nouveaux dépérissements aussi spectaculaires.

Chênes de Tronçais. Quelques carottes caractéristiques.

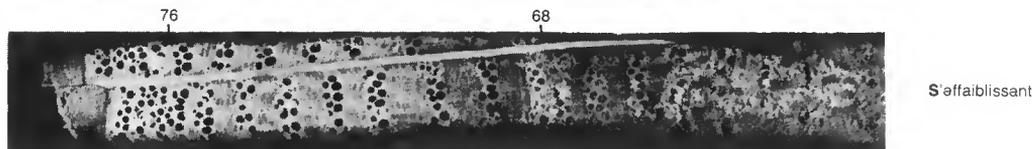
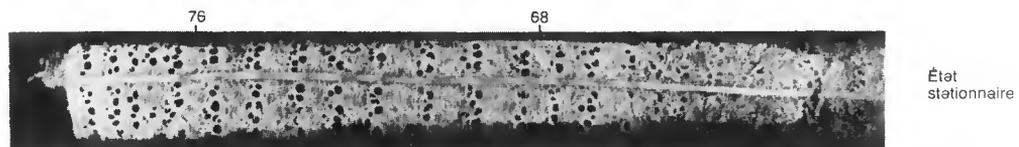
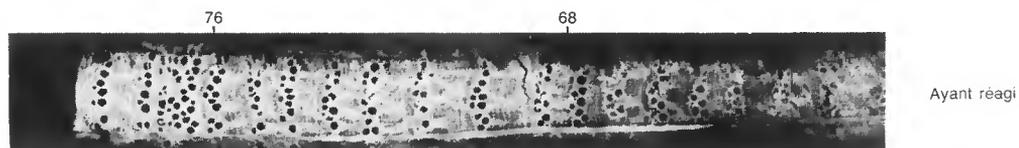
La position des années 1976 et 1968 est indiquée (cette dernière servant de repère lorsque les derniers cernes sont peu visibles).



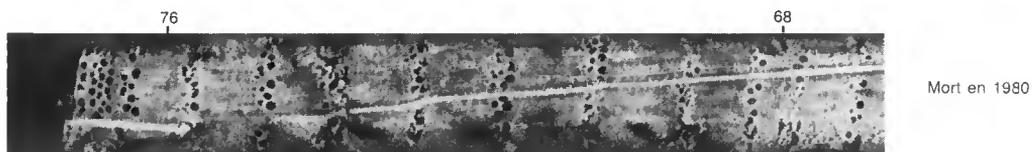
**ARBRES SAINS**



**PÉDONCULÉS D'ASPECT PEU DÉPÉRISANT**



**PÉDONCULÉS D'ASPECT ASSEZ DÉPÉRISANT**



**PÉDONCULÉS TRÈS VIGOUREUX AVANT DÉPÉRISSEMENT BRUTAL**

La question de l'évolution du processus se pose donc essentiellement pour les chênes pédonculés encore en vie. A l'examen des carottes prélevées dans les troncs, nous avons vu que le sort des arbres physiologiquement classés comme « peu dépérissants » ou « moyennement dépérissants » était encore très incertain. Par ailleurs, des informations communiquées par le personnel de terrain montrent que dans certains secteurs, jusqu'ici considérés comme indemnes, tel le canton des Loges, des mortalités anormales et **récentes** (depuis 1980) sont intervenues. Notre prospection a montré que, là aussi, il s'agissait de chênes pédonculés disséminés dans un peuplement à Sessile dominant. Ainsi, dans la seule parcelle 353 (150-160 ans ; 34 ha), les arbres secs suivants ont été dénombrés par le personnel : 5 le 22 mai 1979, 36 le 21 avril 1980, 107 le 3 décembre 1980, 43 le 24 juin 1981. Lors de notre passage, le 15 octobre 1981, de nouveaux arbres morts ont été aperçus.

### PROCESSUS PROBABLE DU DÉPÉRISSEMENT

Au vu de leur répartition relative dans des forêts où leur spontanéité ne peut guère être suspectée, les deux grandes espèces de Chênes, Chêne sessile et Chêne pédonculé, ont le comportement général suivant :

— Chêne pédonculé : espèce plus exigeante sur le plan nutrition que le Sessile, tolérant bien l'hydromorphie temporaire et résistant mal à la sécheresse ;

— Chêne sessile : espèce globalement plus rustique, s'accommodant de sols plus pauvres chimiquement, tolérant aussi une hydromorphie assez marquée et résistant beaucoup mieux à la sécheresse.

Il s'agit là pourtant « seulement » du fruit de l'observation des écologistes, et, étant donné l'enjeu, il est urgent d'étudier expérimentalement ces propositions et de mieux quantifier les phénomènes. En matière de résistance à la sécheresse, l'observation relative à la largeur d'aubier respective des deux espèces mériterait une attention particulière : une largeur plus faible est un atout technologique en faveur du Pédonculé (l'aubier doit être en effet purgé), mais peut être une explication, au moins partielle, à sa moindre résistance, du simple fait d'une capacité moindre à stocker l'eau [11].

Quoi qu'il en soit, la plupart des sols de Tronçais apparaissent très défavorables au Chêne pédonculé, en raison, d'une part de leur pauvreté chimique, d'autre part et sans doute surtout, de leur régime hydrique.

En effet, les sols bruns acides à ocres podzoliques observés (type 1), par leur texture, ont une faible capacité de rétention en eau, que peut ne pas compenser — surtout dans les parties hautes des reliefs — une profondeur utile souvent importante.

Les sols du type 2 sont moins défavorables en raison d'une texture moins grossière en profondeur ou d'une situation topographique de bas de pente (ils sont ainsi moins sujets à se dessécher), et aussi, peut-être, de leurs propriétés chimiques un peu moins mauvaises.

Quant aux sols très hydromorphes, la présence d'une nappe près de la surface crée des conditions défavorables à l'enracinement, qui demeure superficiel, même chez une espèce particulièrement résistante comme le Chêne pédonculé ([10] ; M. Belgrand, à paraître). Le volume de sol prospecté est donc moindre, ce qui expose les arbres au risque d'une sécheresse ultérieure, risque encore accru par une texture sableuse des horizons supérieurs. Ceci explique que ce soit la sécheresse, paradoxalement en apparence, qui menace le plus le Chêne pédonculé sur les pseudogleys podzoliques observés à Tronçais.

En année « normale », les remontées capillaires et l'apport régulier des pluies sont suffisants

pour éviter des stress hydriques graves. Sa meilleure résistance à l'asphyxie printanière du sol peut même être un atout pour le Pédonculé.

Mais que survienne un « accident climatique » tel que la sécheresse historique de 1976 (très marquée à Tronçais, et suivant elle-même un déficit marqué de pluviosité en 1975), et il se produit une rupture brutale dans les remontées capillaires, le sol s'assèche à l'extrême et l'on comprend que ce soit alors le Chêne pédonculé qui en souffre en priorité.

Toutefois, cette sorte de verdict écologique, qui condamne ainsi des peuplements de plus d'un siècle de façon aussi sélective, nous paraît trop absolu pour ne faire intervenir que des causes abiotiques (les propriétés du sol).

Celles-ci n'expliquent d'ailleurs pas pourquoi les premières mortalités inquiétantes ne sont intervenues qu'en 1979, et que le dépérissement continue de sévir six ans après la sécheresse, alors que la pluviométrie est depuis redevenue parfaitement normale. Il convient donc de préciser la part qu'ont pu jouer d'autres facteurs, biotiques ceux-là, pour aggraver ou précipiter cette sanction : facteurs entomologiques (chenilles défoliatrices diverses ; en particulier forte attaque de Tordeuse verte au printemps 1977) et surtout sans doute facteurs pathologiques. A ce sujet, une attaque d'Oïdium a été notée au cours de l'été 1977 ; mais c'est surtout sur l'Armillaire, et sur d'autres champignons encore indéterminés à ce jour, mais très présents sur les arbres en cours de dépérissement, que se porte l'attention de divers spécialistes de l'I.N.R.A. [4]. Il importe en effet de savoir si un processus épidémique s'est mis en place ou si les arbres encore touchés aujourd'hui paient toujours leur affaiblissement consécutif à la sécheresse passée et leur moindre résistance aux agressions.

### Statut du Chêne pédonculé en forêt de Tronçais

On peut s'étonner de la fréquence et de l'abondance du Chêne pédonculé dans des stations qui correspondent si peu à son écologie habituelle. Mais il est permis de douter de la spontanéité des peuplements correspondants. En effet, des reboisements importants auraient eu lieu à Tronçais au siècle dernier, par semis et par plantations. Il est vraisemblable que l'on ait alors récolté les glands nécessaires là où ils étaient les plus abondants et les plus accessibles, c'est-à-dire sur des arbres « de plaine » ou de lisière ; et l'on sait que ceux-ci sont le plus souvent des chênes pédonculés...

Ces glands auraient surtout servi à reboiser les zones hydromorphes, peut-être déjà depuis assez longtemps retournées à l'état de landes, et en tout cas difficiles à régénérer naturellement (même avec des porte-graines de Chêne sessile) ; ce sont ces zones hydromorphes qui connaissent aujourd'hui le dépérissement le plus spectaculaire. Ces glands auraient pu également servir çà et là, sur des surfaces variables, pour des compléments de régénération. Ils ont d'ailleurs donné le plus souvent des arbres de qualité apparemment comparable à celle des chênes sessiles avant que ne survienne l'accident climatique des années 1975-1976.

Les difficultés de la forêt de Tronçais dans un passé encore plus lointain sont d'ailleurs attestées par l'étude historique du massif réalisée par F.X. ROY [14]. Au XVII<sup>e</sup> siècle déjà, la forêt était décrite comme une « *futaie fort ancienne, caduque et bien claire d'arbres* », parsemée « *par quantités de vuides naturels et infructueux et terres vagues qui ne servent à aucun usage* ». Des mesures salutaires ont alors été prises pour régénérer les peuplements en haute futaie (destinée à alimenter la marine en gros bois...), dont les dernières dizaines d'hectares peuvent encore être admirées aujourd'hui (« futaie Colbert »). On peut ici s'interroger sur la provenance des glands utilisés pour « *piquer dans les places vuides* ». Puis, à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, des concessions importantes furent accordées pour alimenter des forges installées à la périphérie du massif, avec exploitation à tire et aire ; les vides furent également mis en culture, « *à la charge de les semer et de replanter en glands pendant les dix dernières années* ». Dans la toponymie locale, et par-

ticulièrement dans les zones où sévit le dépérissement le plus intense, on retrouve des indications de ce passé non boisé : Près Laugers, Les Petits Jardins, Lande des Chevaux, Les Grandes Landes, Les Prés Billy.

## DISCUSSION

### Le contexte historique et géographique

Le déterminisme écologique du dépérissement du Chêne en forêt de Tronçais paraît assez clair. On peut se demander dans quelle mesure les conclusions proposées pourraient être extrapolées hors de ce contexte précis. La plus grande prudence s'impose à ce sujet, mais un certain nombre d'observations parallèles méritent d'être rapportées ou rappelées, qui permettent de bâtir des hypothèses à valeur plus générale.

Si des dépérissements antérieurs ne semblent pas avoir été mentionnés dans le passé à Tronçais, il n'en est pas de même dans d'autres forêts du Centre de la France. Un processus très semblable a sévi sur le Plateau nivernais entre 1922 et 1925 [16]. Il est d'ailleurs remarquable de constater que les conclusions de l'auteur, bien qu'elles ne s'appuient pas sur une approche scientifique rigoureuse mais sur l'expérience et les observations d'un gestionnaire, sont parfaitement cohérentes avec les nôtres :

— responsabilité de la sécheresse de 1921, associée à des causes biotiques secondaires variées (Oïdium, chenilles défoliatrices, scolytes, Armillaire...),

— sensibilité exclusive du Chêne pédonculé, pour des raisons autécologiques : « j'ai cru pouvoir conclure de l'étude des zones contestées que des deux chênes, seul le rouvre, parfaitement résistant, y est à sa place ». « Je tentais d'expliquer par l'assèchement du sol, soit naturel, soit artificiel, la déchéance de mainte station de pédonculé ». Seul le paradoxe apparent des sols très hydromorphes n'est pas évoqué.

En forêt de Vierzon (Cher), Molleveux [12] met surtout en avant les causes biotiques (chenilles défoliatrices essentiellement). Pourtant « dans des cantons envahis par les chenilles, il est remarquable que le Chêne rouvre a été rigoureusement respecté ».

L'oubli quasi complet dans lequel était tombé le fruit de ces observations, dont nous n'avons eu connaissance qu'après notre étude de terrain, mérite d'être médité... Sinon, dans vingt ans, cinquante ou un siècle, la même « calamité » viendra nous surprendre.

Un « dépérissement généralisé » a également sévi en France au cours de la période 1941-1950, rapporté par Rol (1951). Les conclusions, tant sur l'espèce de Chêne incriminée que sur les causes possibles, sont cependant peu nettes.

Pour le dépérissement actuel, les deux enquêtes successives (1980 et 1981) menées par l'Office national des Forêts semblent indiquer que le phénomène est en voie de résorption ; mais elles ne permettent pas d'établir avec certitude si les conclusions de l'étude faite à Tronçais peuvent être largement généralisées. La nature de l'essence concernée, si le Pédonculé est le plus souvent mentionné, fait l'objet de divergences plus ou moins marquées, mais dont il a été établi que certaines au moins tenaient à des problèmes d'identification botanique. De façon générale, les stations incriminées sont le plus souvent caractérisées par des sols hydromorphes, ce qui est également compatible avec nos conclusions.

Le dépérissement du Chêne fait également l'objet d'une étude dans les Pyrénées-atlantiques. Les premières conclusions ([15], [9]) ont là aussi établi que le Chêne sessile (que l'on pensait d'ailleurs pratiquement absent de la région...) échappait totalement au dépérissement. Le rôle décisif

d'un déficit hydrique, associé à l'acidité du sol, est également proposé. Il est d'ailleurs tout à fait étonnant de constater la quasi-exclusivité du Pédonculé dans ces conditions.

### Place du Chêne pédonculé dans la forêt française

Ce que l'on sait de l'autécologie respective du Sessile et du Pédonculé, joint aux descriptions approfondies faites à Tronçais et dans les Pyrénées-Atlantiques, ainsi qu'aux observations diverses rapportées à l'occasion de l'enquête de l'O.N.F., amène à penser que la répartition actuelle des deux espèces est peut-être beaucoup moins climacique qu'on ne pourrait le croire.

D'une part ont eu lieu des semis et plantations, plus ou moins nombreux selon les régions ; l'exemple de Tronçais en témoigne [14]. La facilité à se procurer des glands a dû jouer nettement en faveur du Chêne pédonculé, pour les raisons déjà évoquées. Une interprétation abusive de l'autécologie supposée de ce dernier, « exigeant en eau », a peut-être même poussé à l'installer en toute conscience dans les milieux les plus hydromorphes (surtout acides, là où les difficultés de régénération naturelle sont les plus critiques).

D'autre part a pu se produire un phénomène plus spontané, et donc plus insidieux. Etant donné la durée des générations, nos forêts d'aujourd'hui sont encore une copie assez peu déformée, au moins dans leur composition spécifique, de celles d'il y a deux ou trois siècles. Or nous savons que celles-ci étaient souvent, et depuis longtemps, dans un état assez lamentable, surexploitées et clairsemées. On peut s'expliquer que le Pédonculé soit alors plus ou moins largement sorti de ses stations naturelles (sols assez riches et constamment bien alimentés en eau), pour aller, spontanément, coloniser ces forêts ouvertes :

— il paraît en effet plus héliophile ; c'est le Chêne des haies, des lisières et des accrues forestières ;

— il est plus hygrophile, et le bilan hydrique des forêts clairsemées peut lui être plus favorable que celui des forêts fermées ([2],[1]).

— il semble fructifier plus souvent et plus abondamment que le Sessile.

En ce qui concerne le deuxième point, il est remarquable de constater qu'en forêt de Champroux, toute proche de Tronçais mais traitée en taillis-sous-futaie, le Chêne pédonculé, qui est dominant, est de forme très médiocre mais semble indemne de véritable dépérissement. Il est vrai que le sol y est également plus limoneux, mais il est aussi acide qu'à Tronçais. En raison de sa structure, le taillis-sous-futaie est très certainement plus favorable au Pédonculé, tant par son micro-climat lumineux que par son bilan hydrique.

Par ailleurs, sans pouvoir affirmer qu'il s'agisse là d'un usage général, Turc [16] a relevé qu'au XIII<sup>e</sup> siècle déjà, seul le Chêne — *excepta quercu viva* — était soustrait des coupes de bois de feu dans le Nivernais. On devait ainsi ménager les possibilités de panage ultérieures.

On peut donc penser que beaucoup de forêts de chênes actuelles, y compris celles où domine le Pédonculé, sont en fait climaciquement des hêtraies, ou plus exactement des hêtraies-chênaies (à Chêne sessile) (1).

Ce pourrait donc être le retour à une bonne gestion — et en particulier au traitement en futaie dense — qui serait fatal au Chêne pédonculé. A l'échelle du rythme lent de la forêt, nous serions dans une phase de reflux de cette espèce vers ses bases stationnelles naturelles, plus favorables sur le plan édaphique. Le dépérissement actuel, comme les précédents observés depuis 60 ans, ne serait que l'expression un peu brutale de ce reflux inéluctable.

(1) En forêt de Tronçais, les « futaies Colbert » indiquent d'ailleurs clairement que, sans l'action de l'homme, la forêt (sauf les zones hydromorphes) évoluerait vers la hêtraie (Roy, 1977). La forêt domaniale de Civrais, presque contiguë et caractérisée par les mêmes sols qu'à Tronçais, mais au passé sylvicole à coup sûr différent, est également plus riche en hêtres.



Aspect typique de houppier de Chêne pédonculé semblant avoir surmonté la crise du dépérissement et en train de se refaire un feuillage.

Photo M. BECKER

Bien entendu, il ne s'agit là que d'une hypothèse de travail, mais qui rejoint parfaitement celle formulée par Turc [16] :

*« Ainsi sur le plateau nivernais, le Chêne pédonculé dépérirait sur les stations qui ne sont pas ou ne sont plus ses stations naturelles, peut-être aussi sur celles-ci lorsqu'elles ne sont pas assez favorables pour lui permettre de prospérer avec les formes que la sylviculture moderne lui a imposées ».*

C'est également ce que conclut l'actuel gestionnaire de la forêt de Vierzon dans son récent aménagement lorsqu'il constate que *« bien qu'il soit abondant, le Chêne pédonculé n'est pas dans sa station »*, alors que *« les chênes sessiles partout où ils existent ont une végétation satisfaisante, très supérieure aux chênes pédonculés ».*

Une enquête phyto-écologique apparaît souhaitable dans les diverses chênaies françaises pour en préciser avec certitude la composition spécifique (Pédonculé ou Sessile), les conditions stationnelles, la structure des peuplements, leur état sanitaire et, si possible, leur passé. Cette prospection pourrait se faire sur la base de la carte de la végétation au 1/200 000 (C.N.R.S. — Service de la Carte de la Végétation de Toulouse), des résultats des enquêtes de l'O.N.F. déjà mentionnées et des indications de responsables forestiers divers, tant de la forêt soumise que de la forêt privée. Sur le plan pratique, une telle étude devrait permettre de déterminer les zones où le Chêne pédonculé n'est écologiquement pas à sa place, et où il apparaît donc qu'il y a risque pour lui.

#### **Autres études souhaitables**

Sur le plan scientifique, rappelons la nécessité impérieuse de confirmer et de préciser expérimentalement l'autécologie respective des deux espèces de Chêne, en particulier en ce qui concerne leur comportement hydrique (résistance à la sécheresse surtout) en interaction avec la nutrition minérale. La variabilité infraspécifique devra vraisemblablement tôt ou tard être également prise en compte.

De telles recherches sont en cours à l'I.N.R.A., ainsi que des études en forêt de Tronçais même, sur la morphologie des systèmes racinaires de chênes sessiles et de chênes pédonculés à différents stades de dépérissement dans les mêmes stations ; ces dernières recherches sont menées conjointement à celles portant sur les champignons pathogènes des racines.

Il conviendrait également d'étudier de façon approfondie le problème de la systématique de ces espèces, de leur caractérisation botanique et de la fréquence réelle de leur hybridation. Sur ce point, contrairement à notre crainte, nous n'avons qu'exceptionnellement hésité dans les détermi-

nations, malgré l'absence de fructifications. Ou bien cela est dû à une origine artificielle relativement récente de tous les pédonculés rencontrés — ce qui exclut la possibilité d'observer des hybrides âgés — ou bien ces possibilités d'hybridation sont beaucoup plus limitées que cela a été parfois avancé. C'est cette deuxième hypothèse que retient d'ailleurs Dupouey [8] à l'issue d'une récente étude sur le cas des forêts du Hurepoix.

## CONCLUSIONS PRATIQUES PROVISOIRES

Pour la forêt de Tronçais, la conclusion principale est plutôt optimiste, en ce sens que le dépérissement devrait s'y limiter, **au pire**, à la disparition du Chêne pédonculé (soit semble-t-il, avant le dépérissement, au maximum 20 % du peuplement). Tronçais deviendrait alors (ou redeviendrait) effectivement la grande forêt de « rouvres » tant vantée...

En ce qui concerne la conduite à tenir pour l'avenir, un certain nombre de suggestions peuvent être avancées.

En premier lieu — c'est évident — une attention très précise devra être portée à la nature des espèces en présence, en particulier au moment des coupes de régénération. Excepté éventuellement dans la station 4, d'ailleurs peu représentée, seul le Chêne sessile devrait être gardé pour l'ensemencement, quitte à faire des compléments de régénération plus ou moins larges par plantation. Dans la station 3, très pauvre et très hydromorphe, des espèces de substitution peuvent également être envisagées : Pin sylvestre, Pin maritime et peut-être Chêne rouge...

Pour les peuplements de Chêne pédonculé non encore parvenus à leur terme d'exploitabilité, deux attitudes opposées peuvent se concevoir :

- précipiter leur extraction sans attendre une nouvelle vague de dépérissement ou l'aggravation de signes de dépérissement déjà visibles. Cette solution pourrait avoir le mérite de clarifier rapidement la situation, mais aussi de limiter les risques de voir se déclencher (ou s'aggraver) un processus épidémique, dont l'éventualité n'est toujours pas écartée (études phytopathologiques en cours) et qui pourrait gagner à terme les chênes sessiles apparemment réfractaires actuellement. Par ailleurs, on supprimerait également ainsi les risques de « pollution génétique », c'est-à-dire d'abâtardissement des futures régénérations de chênaies sessiles par le pollen des chênes pédonculés des alentours. Nous avons cependant vu que ce risque était peut-être plus limité qu'on ne pourrait le craindre ;

- intervenir pour tenter de sauver les chênes pédonculés ne présentant actuellement que des signes limités de dépérissement ou pour préserver des peuplements encore indemnes. Des expériences sont en cours à Tronçais en vue de tester l'efficacité de divers types de fertilisations sur la faculté des arbres à réagir, tant au stress physiologique consécutif à la sécheresse qu'aux agressions de divers agents biotiques (champignons en particulier) (2). Il convient cependant d'avoir à l'esprit que ces engrais vont induire la formation de cernes annuels plus larges ; or l'on sait que ces à-coups sont préjudiciables à la qualité du bois.

Nous pouvons en tout cas formellement déconseiller de drainer les stations très hydromorphes (station 3 en particulier), du moins lorsque les peuplements sont déjà adultes. Des expériences menées en forêt de Mondon (Meurthe-et-Moselle) sur des sols assez comparables ont montré non seulement l'inefficacité, mais l'effet dépressif du drainage sur la croissance des chênes pédonculés adultes (Becker, Lévy, à paraître). Ceux-ci apparaissent incapables de profiter de la tranche de sol assainie ainsi mise à leur disposition et souffrent au contraire d'un dessèchement inhabituel

(2) Nous ne parlerons pas ici des moyens de lutte directe contre ces agents (surtout chenilles défoliatrices).

des horizons supérieurs du sol en phase estivale. C'est d'ailleurs ce processus qui s'est spontanément produit dans les stations hydromorphes de Tronçais en 1975-1976 et qui, poussé à l'extrême, est à l'origine même du dépérissement. Il semble que le drainage de telles zones devrait attendre la période de mise en régénération, en espérant que les systèmes racinaires des jeunes plants seront davantage capables de coloniser efficacement les horizons plus profonds ce qui reste d'ailleurs à démontrer.

M. BECKER, G. LÉVY  
CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES FORESTIÈRES (I.N.R.A.)  
Champenoux 54280 SEICHAMPS

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] AUSSENAC (G.). — Couverts forestiers et facteurs du climat : leurs interactions, conséquences écophysologiques chez quelques résineux. Thèse Doctorat d'Etat, Université Nancy 1, 1975, 241 p.
- [2] BECKER (M.). — Etude des relations sol-végétation, en conditions d'hydromorphie, dans une forêt de la plaine lorraine. — *Annales des Sciences forestières*, vol. 29, n° 2, 1972, pp. 143-182.
- [3] BECKER (M.), LÉVY (G.). — Le dépérissement du Chêne en forêt de Tronçais. Les causes écologiques. — *Annales des Sciences forestières*, vol. 39, n° 4, 1982, pp. 439-444.
- [4] BERNARD (C.). — Contribution à l'étude du dépérissement du Chêne en forêt de Tronçais. Interventions des champignons pathogènes des racines. Document interne, I.N.R.A. Clermont-Ferrand, mémoire 3<sup>e</sup> année E.N.I.T.E.F., 1982, 107 p.
- [5] BONFILS (P.). — La forêt de Tronçais. Etude pédologique. — *Revue forestière française*, vol. 22, n° 1, 1970, pp. 35-43 + 1 carte.
- [6] DELATOUR (C.). — Le dépérissement des chênes. Revue bibliographique des cas connus. Note interne, Laboratoire de pathologie, I.N.R.A.-C.N.R.F., 1980, 9 p.
- [7] DERET-VARCIN (E.). — Etude comparative de la qualité du bois de trois types de chênes (rouvres, pédonculés et intermédiaires), en forêt de Morimond. — *Annales des Sciences forestières*, 1983, sous presse.
- [8] DUPOUEY (J.L.). — Analyse multivariable de quelques caractères morphologiques de populations de chênes [*Quercus robur* L. et *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.] du Hurepoix. — *Annales des Sciences forestières*, 1983, sous presse.
- [9] DURAND (Ph.). — Ecologie du dépérissement du Chêne pédonculé dans les Pyrénées-Atlantiques. Document interne, I.N.R.A. Sylviculture et Ecologie Bordeaux, mémoire 3<sup>e</sup> année E.N.I.T.E.F., 1982, 84 p + annexes.
- [10] GARREAU (B.). — Influence de certaines interventions expérimentales (coupes et drainage) sur diverses composantes d'un milieu forestier hydromorphe : microclimat, eau du sol, végétation herbacée, peuplement. Document interne, I.N.R.A.-C.N.R.F., mémoire de 3<sup>e</sup> année E.N.I.T.E.F., 1977, 78 p.
- [11] GRANIER (A.). — Etude des relations entre la section du bois d'aubier et la masse foliaire chez le Douglas [*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco]. — *Annales des Sciences forestières*, vol. 38, n° 4, 1981, pp. 503-512.
- [12] MOLLEVEAUX (J.). — La faillite du Chêne tardif à Vierzon. — *Revue des Eaux et Forêts*, vol. 64, n° 6, 1926, pp. 614-617.
- [13] RIOM (J.). — Le dépérissement du Chêne en forêt de Tronçais. Etude par photographies aériennes. Document interne, I.N.R.A.-Téledétection, 1981.
- [14] ROY (F.X.). — La forêt domaniale de Tronçais. — *Revue forestière française*, vol. 29, n° spécial : Eléments d'histoire forestière, 1977, p. 82-89.
- [15] TIMBAL (J.). — Premier rapport sur le dépérissement du Chêne dans les Pyrénées-Atlantiques. Note interne, I.N.R.A. Sylviculture et Ecologie Bordeaux, 1981, 5 p.
- [16] TURC (L.). — Note sur le dépérissement du Chêne pédonculé dans les forêts du Plateau nivernais. — *Revue des Eaux et forêts*, vol. 65, n° 11, 1927, pp. 561-565.