



**HAL**  
open science

## Utilisation de la densité du bois en dendrochronologie et dendroclimatologie. Avantages et inconvénients

Hubert Polge

### ► To cite this version:

Hubert Polge. Utilisation de la densité du bois en dendrochronologie et dendroclimatologie. Avantages et inconvénients. *Revue forestière française*, 1977, 29 (6), pp.421-433. <10.4267/2042/21163>. <hal-03396626>

**HAL Id: hal-03396626**

**<https://hal.science/hal-03396626v1>**

Submitted on 22 Oct 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.



HAL Authorization

# UTILISATION DE LA DENSITÉ DU BOIS EN DENDROCHRONOLOGIE ET DENDROCLIMATOLOGIE

## Avantages et inconvénients

H. POLGE

*Class. Oxford 521 : 181.2*

La Station de recherches sur la qualité des bois de l'Institut national de la recherche agronomique (I.N.R.A.) ne s'est intéressée, il convient de le rappeler, qu'à titre accessoire aux questions de dendrochronologie et de dendroclimatologie à la faveur des retombées inattendues qu'ont eues dans ce domaine les recherches entreprises pour quantifier l'hétérogénéité du bois qui est un défaut important de ce matériau.

La méthode qui y a été développée à cet effet permet d'obtenir, à partir de radiographies de simples carottes de sondage, des courbes représentatives des variations de la densité du bois tout au long de la vie de l'arbre sur lesquelles on peut estimer facilement l'homogénéité en mesurant les différences entre les densités maximales et les densités minimales annuelles, ou encore la pente des courbes au passage du bois initial au bois final.

Or, après avoir examiné seulement quelques centaines d'enregistrements, on a pu montrer (Polge, 1966) :

— que la seule forme des courbes annuelles de densité était souvent caractéristique de l'année de production du cerne ;

— que certaines données quantitatives tirées sur ces courbes, et notamment les densités maximales et minimales annuelles, étaient plus discriminantes pour différencier les années que les largeurs d'accroissements, seule caractéristique jusque-là utilisée en dendrochronologie ;

— que ces densités maximales et minimales étaient liées de façon très étroite aux facteurs du climat, et particulièrement à la pluviosité et à la température.

A la suite de ces premiers résultats, plusieurs expériences ont confirmé l'utilité des critères de densité pour la datation du bois.

Une étude sur l'influence des fumées industrielles sur l'épicéa a permis de mettre en évidence les points suivants (Polge et Keller, 1969) :

— la pollution de l'air modifie de façon très nette la forme et les données quantitatives des courbes de densité du bois ;

— les années caractéristiques (qui sont, par définition, les années pour lesquelles un paramètre varie dans le même sens par rapport à l'année précédente pour au moins 80 % de l'échantillonnage) sont beaucoup plus nombreuses pour les densités maximales et minimales annuelles que pour les largeurs d'accroissements, ce qui rend plus aisée la recherche des cernes manquants ;

— les critères de densité dépendent moins que les largeurs de cernes de l'âge de l'arbre, en sorte qu'il est plus facile de trouver un peuplement témoin de référence pour estimer la pollution ;

— densités et largeurs ne caractérisent pas toujours les mêmes années et apparaissent, par suite, complémentaires, la prise en considération des unes et des autres, rendant les datations plus faciles et plus sûres.

Une autre expérience concernant le sapin pectiné et l'épicéa commun (Keller et Millier, 1970) a permis de confirmer cette dernière indication :

Dans la population de sapins, 4 années étaient caractéristiques pour la largeur des accroissements et 10 pour un critère de densité, mais une seule était commune à l'ensemble des paramètres.

Dans la population d'épicéas, il n'y avait également qu'une seule année figurant à la fois parmi les deux années caractéristiques pour leur largeur et les 10 années caractéristiques pour leur densité.

Une analyse des composantes principales a montré que dans l'épicéa par exemple, la première composante, qui rendait compte de 54 % de la variation totale entre années, ne faisait intervenir que des critères de densité, en particulier les différences entre les densités maximales et minimales annuelles.

Fletcher et Hughes (1970) ont utilisé l'analyse densitométrique du bois pour dater des poutres de chêne de l'époque médiévale : se servant à la fois des données relatives à la croissance et des données relatives à la densité, ils ont pu proposer une datation précise pour ces échantillons. Ils ont mis en évidence une relation entre une densité élevée du bois final et de forts rendements en blé et ils ont également décrit un type de profil caractérisé par une baisse notable de la densité en fin de saison de végétation qui leur paraît liée à une pluviosité abondante à la fin de l'été.

Parker et Henoch (1971) ont montré que la densité du bois final de l'épicéa d'Engelmann était fortement liée à la température maximale moyenne du mois d'août (coefficient de corrélation  $r = 0,79^{+++}$  pour 18 années) et au débit durant ce même mois de la Saskatchewan qui est une rivière de régime glaciaire ( $r = + 0,85^{+++}$ ). Ils ont également établi que, sur des échantillons de 117 ans, la densité maximale du bois final fournissait un critère dendrochronologique plus efficace que la largeur des cernes, grâce notamment à un coefficient d'intercorrélation et à un coefficient de sensibilité plus élevés.

Enfin, Röthlisberger (1976) a mis en évidence un parallélisme étonnant entre la densité maximale du mélèze et, d'une part la fonte du glacier d'Aletsch, d'autre part la température moyenne des mois de juillet et août (fig. n° 1).

Ainsi, de nombreux exemples prouvent l'intérêt des variations de la densité du bois en complément ou en substitution de la largeur des accroissements pour les études dendrochronologiques et dendroclimatologiques. Mais peut-on considérer cette densité comme une panacée universelle dans ce domaine ?

Vraisemblablement pas, car si la densité du bois est très sensible à l'influence des facteurs du climat, on sait qu'elle est également soumise à un fort contrôle génétique, qu'elle varie largement en fonction des caractéristiques du sol, et aussi à l'intérieur d'un même arbre, en fonction de la distance à la couronne vivante dans laquelle les produits de la photosynthèse et la plupart des substances de croissance sont élaborés. On peut donc prévoir des risques d'interaction entre climat et génotype (à l'intérieur de l'espèce et entre espèces), entre climat et sol, et entre climat et position à l'intérieur de l'arbre.

Quelques expériences récentes ont permis de mettre en évidence de telles interactions :

## INTERACTION ENTRE CLIMAT ET GÉNOTYPE

### Interaction à l'intérieur de l'espèce

L'expérience concerne deux familles (5302 et 5308) d'un test de descendance de pin maritime et 10 plants échantillonnés au hasard à l'intérieur de chaque famille. Leurs profils synthétiques, où figurent en abscisses les largeurs de cernes et en ordonnées les densités, et sur lesquels les densités maximales et minimales annuelles sont arbitrairement réunies par un segment de ligne droite, sont reproduits en figure n° 2.

On peut voir que les effets des variations annuelles du climat sur la densité du bois diffèrent d'une famille à l'autre, particulièrement en ce qui concerne la densité maximale de 1970 comparée à celles de 1969 et 1971. Les données sont résumées dans le tableau ci-dessous :

		Densités moyennes famille 5302	Densités moyennes famille 5308	Test « t » Student-Fischer
Index de densité maximum	1966	103,9	111,6	1,99
	1967	110	126,7	3,93+++
	1968	110,3	130,2	4,49+++
	1969	124,7	148	4,84+++
	1970	131,9	141,5	1,31
	1971	133,7	160,8	3,54+++
	$\frac{1969 + 1971}{2} - 1970$	-5,4	25,8	2,19+
Index de densité minimum	1967	57,1	57,5	0,23
	1968	57,9	59,4	1,11
	1969	53,6	56,6	1,89
	1970	57,7	61	1,34
	1971	57,2	63,3	2,13+
	1972	64,8	72,9	2,76+
Largeur de cerne	1967	44,7	43,3	0,39
	1968	38,9	36,0	0,81
	1969	27,7	24,5	1,25
	1970	21,3	20,1	0,45
	1971	18,7	15,1	1,58

Il n'y a pas de différence significative pour les largeurs de cernes, et seulement deux pour les index de densité minimale annuelle, mais qui ne font que traduire une tendance générale à une augmentation plus rapide dans la famille 5308 que dans la famille 5302.

La densité maximale annuelle apparaît à nouveau comme plus discriminante : le test  $t$  est très significatif pour toutes les années de 1967 à 1971, sauf pour 1970. Si l'on compare le maximum de 1970 à la moyenne des maxima de l'année précédente et de l'année suivante, on trouve une valeur négative pour la famille 5302 et positive pour 5308, et une différence entre famille significative.

L'explication doit, au moins en partie, être cherchée dans la phénologie différente des deux familles : les carottes de sondage utilisées dans cette étude ont été prélevées en juin 1972 et à ce moment-là, le passage du bois initial au bois final ne faisait que commencer dans la famille 5308 (niveau de densité atteint supérieur de seulement 90 g/dm<sup>3</sup> à la densité minimale), mais était déjà très avancé pour la famille 5302 (niveau de densité supérieur de 260 g/dm<sup>3</sup>), et la différence entre familles est encore une fois très significative ( $t = 4,07$ ).

Ceci tend à prouver que la croissance en hauteur et l'élongation des aiguilles cessent plus tôt dans la famille 5302 et les rythmes de croissance n'étant pas les mêmes, il n'est pas surprenant qu'un événement climatique se produisant à un moment donné n'ait pas la même incidence sur la densité du bois des deux familles.

### Interaction entre espèces

La première étude sur les relations entre les données climatiques et les facteurs du climat (Polge, 1966 *op. cit.*) concernait deux essences résineuses exotiques : le sapin de Douglas et l'*Abies grandis*. De nombreuses corrélations significatives avaient été trouvées entre les densités maximales ou minimales annuelles et la pluviosité ou l'insolation. Si l'on s'en tient aux relations entre densités maximales et pluviosité, il y avait, pour le douglas, un coefficient de corrélation de  $-0,89^{+++}$  pour 11 ans avec la somme des pluies recueillies en août, septembre et octobre, et pour l'*Abies grandis* un coefficient de  $-0,77^{++}$  avec la pluviosité de septembre et octobre seulement.

Ainsi, pour les deux espèces, de faibles précipitations entraînent la formation de bois final dense, et inversement, ce qui apparaît clairement sur la figure n° 3 relative au sapin de Douglas ; ce résultat semblait très logique à la suite des expériences de Larson (1963) qui, en modifiant artificiellement l'alimentation en eau de *Pinus resinosa*, avait montré que, placés en condition de sécheresse, les pins produisaient des fibres de type bois final à cavités cellulaires très étroites, et par suite, du bois dense.

Cependant, une autre expérience (Bazerque, 1974) a conduit à des résultats tout à fait opposés avec le Pin sylvestre ; toutes les corrélations calculées entre les densités maximales annuelles et les précipitations de juin, juillet, août, septembre et octobre sont positives, et un coefficient de corrélation très significatif a été trouvé avec les précipitations totales de juin à octobre ( $r = +0,623^{+++}$  pour 50 ans).

La figure n° 4 confirme que, d'une façon générale, des densités maximales élevées sont liées à des pluies abondantes : cela est difficile à comprendre, mais l'exception des années 1938 et 1939 peut fournir au moins une partie de l'explication ; leurs pluviosités ont été les plus élevées de toute la période 1923-1973, mais leurs densités maximales annuelles, bien que fortes, sont semblables à celles de beaucoup d'autres années moins humides ; cette observation amène à penser à un phénomène de seuil : le peuplement de pins concerné pousse sur un sol sableux très pauvre à Fessenheim dans la vallée du Rhin, et l'approvisionnement en eau peut y être un facteur limitant pour toutes les fonctions physiologiques, et même pour la

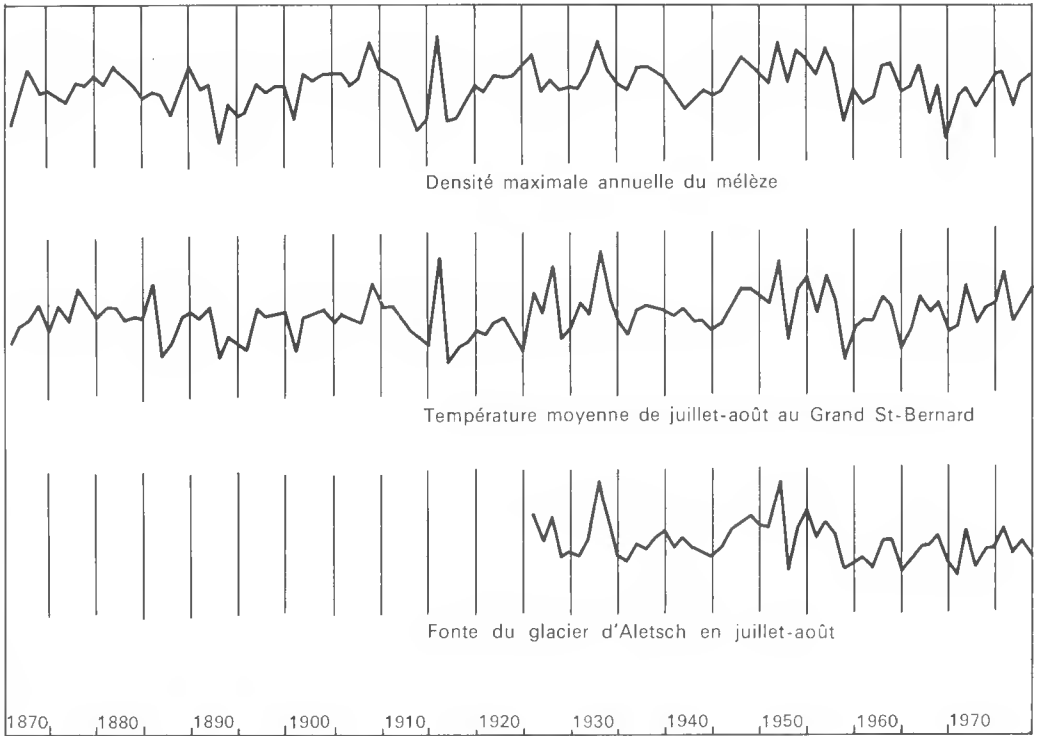
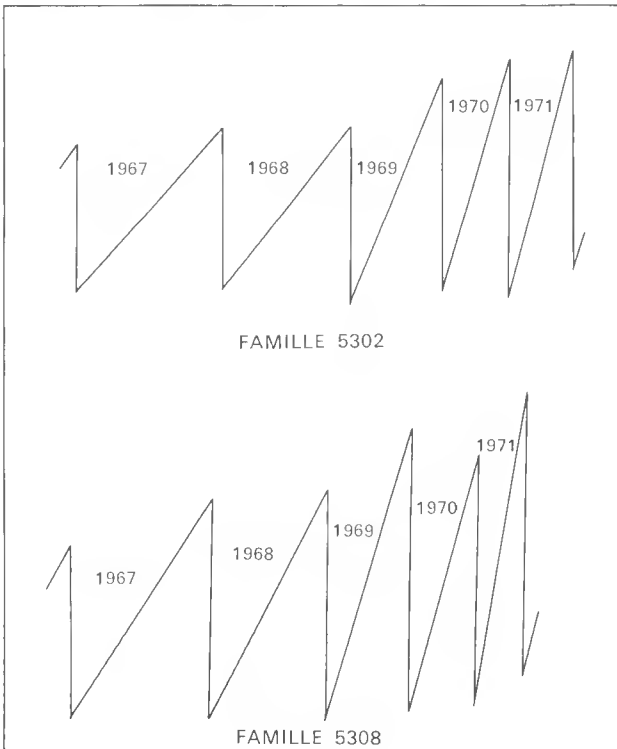


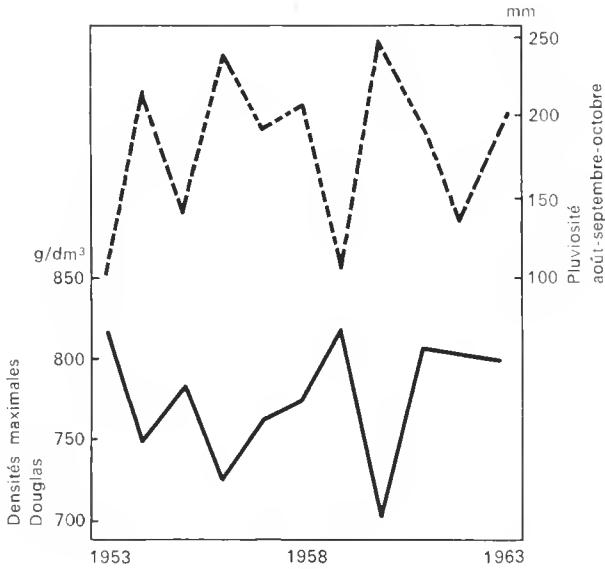
Figure n° 1 ▲

**COMPARAISON ENTRE LES VARIATIONS DES DENSITÉS MAXIMALES ANNUELLES DU MÊLÈZE, CELLES DE LA TEMPÉRATURE MOYENNE, ET CELLES DE LA FONTE D'UN GLACIER ALPIN.**



◀ Figure n° 2

**PROFILS XYLOCHRONOLOGIQUES SYNTHÉTIQUES — PIN MARITIME.**



◀ Figure n° 3

VARIATIONS COMPARÉES DES DENSITÉS MAXIMALES ANNUELLES DU DOUGLAS ET DE LA PLUVIOSITÉ DES MOIS D'AOUT, SEPTEMBRE ET OCTOBRE.

Figure n° 5 ▶

POSITIF DE RADIOGRAPHIE DE CAROTTES DE SONDAGE PRÉLEVÉES AU HASARD DANS L'ÉCHANTILLONNAGE DES FORÊTS DE CHARMES ET DE FESSENHEIM (L'IMAGE EST D'AUTANT PLUS FONCÉE QUE LA DENSITÉ DU BOIS EST PLUS ÉLEVÉE).

Le lecteur pourra s'amuser à noter les ressemblances et dissemblances entre stations et entre individus à l'intérieur des stations au point de vue largeur des accroissements, densité maximale et minimale annuelle et proportion de bois final; à titre d'exemple, on a noté les années 1948 (où la densité maximale est plus faible qu'en 1947 et 1949 à Charmes et plus forte à Fessenheim) et les années 1962 et 1964 où la situation inverse se produit.

Figure n° 4

ÉTUDE DES CORRÉLATIONS ENTRE LES PRÉCIPITATIONS MOYENNES DE JUIN-JUILLET-AOÛT-SEPTEMBRE-OCTOBRE ET LA DENSITÉ MAXIMALE (D) (Station de Fessenheim).

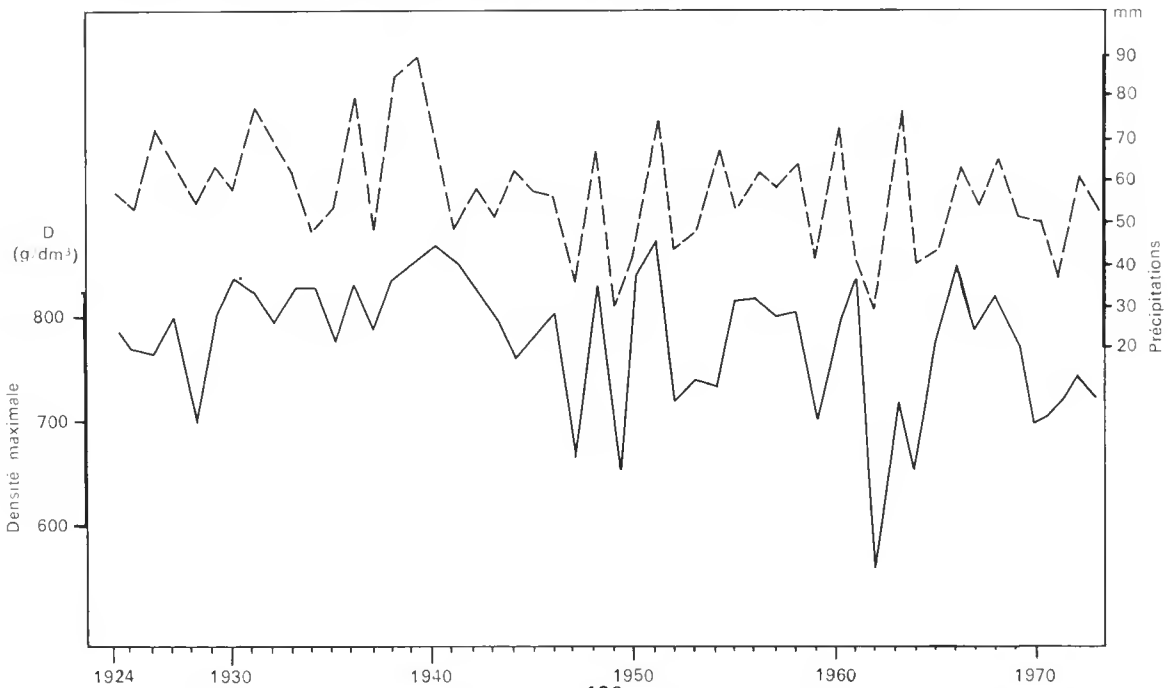
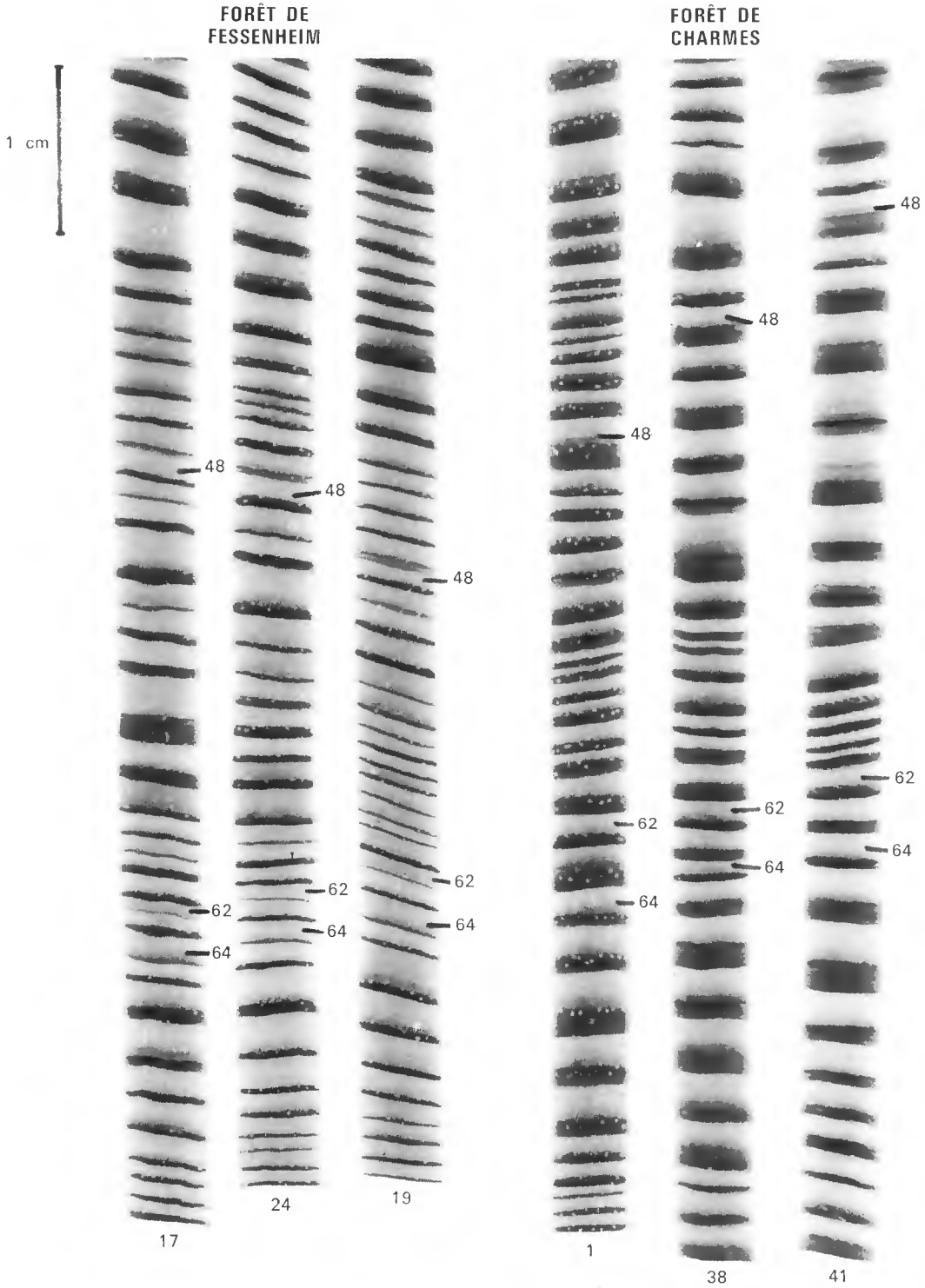


Figure n° 5



photosynthèse qui joue un rôle important dans la formation de bois dense. Ainsi en dessous du seuil, la densité maximale annuelle pourrait bien être liée positivement à la pluviosité.

### INTERACTION ENTRE CLIMAT ET SOL (fig. n° 5)

Le peuplement de pins de Fessenheim faisant l'objet du paragraphe précédent a été comparé à un autre peuplement de même espèce de la forêt de Charmes, c'est-à-dire poussant dans la plaine des Vosges à une latitude assez voisine et à une distance à vol d'oiseau de 110 km. Les conditions climatiques sont légèrement différentes, puisque la pluviosité totale à Charmes est de 802 mm régulièrement répartie tout au long de l'année, alors qu'elle n'atteint à Fessenheim que 524 mm, avec un minimum en hiver et un maximum en été. Mais les deux stations sont surtout opposées au point de vue du sol, car, contrairement à celui de Fessenheim déjà décrit, celui de Charmes est un sol lessivé à pseudogley qui assure aux arbres un meilleur approvisionnement en eau, mais où des risques d'asphyxie des racines existent lorsque le niveau de la nappe s'élève.

Sur le tableau de la figure n° 6 sont portées les années caractéristiques des deux peuplements au point de vue largeurs de cernes et densités maximales et minimales annuelles. On peut faire les commentaires suivants :

— le nombre d'années caractéristiques est plus élevé pour les largeurs de cernes à Charmes et pour la densité maximale à Fessenheim ;

— à Charmes, 10 années sont caractérisées par la largeur de cerne seule, 10 années pour la densité seule, et 11 années à la fois pour la densité et la largeur ;

— à Fessenheim, on n'a que 4 années caractéristiques pour la seule largeur des accroissements, mais 22 pour la seule densité et 12 pour l'ensemble de ces deux critères ;

— une observation plus importante peut être faite en ce qui concerne les années caractéristiques communes aux deux peuplements ; elles sont au nombre de 8 pour la largeur de cerne : 1930, 1934, 1942, 1944, 1950, 1951, 1952, 1962, 1966, et le sens de variation est toujours le même pour Fessenheim et pour Charmes. Pour la densité minimale annuelle, on a 5 années communes : 1926, 1934, 1935, 1941, 1958, également toujours dans le même sens. Mais pour la densité maximale annuelle, sur 5 années caractéristiques communes (1935, 1937, 1940, 1960 et 1961), le sens de variation est, pour 3 d'entre elles (1935, 1937 et 1960) différent à Fessenheim et à Charmes, ce qui traduit une forte interaction sol-climat pour ce critère de densité particulièrement sensible aux conditions biologiques de l'arbre.

### INTERACTION AVEC LA POSITION A L'INTÉRIEUR DE LA TIGE

Quand les dendrochronologistes ont à dater un morceau de bois, ils ignorent de quelle portion de la tige il provient. Il serait donc intéressant de comparer la largeur des accroissements et d'autres paramètres de la structure du cerne à différents niveaux à l'intérieur de la tige ; ceci a été fait dans un peuplement de pins sylvestres à proximité de Versailles sur 63 accroissements annuels de 28 arbres étudiés à deux niveaux différents : à 1,30 m (hauteur d'homme) et à 10 m (base de la couronne vivante).

Figure n° 6

## Années caractéristiques

Années	Largeurs de cernes		Densités maximales		Densités minimales	
	Charmes	Fessenheim	Charmes	Fessenheim	Charmes	Fessenheim
1925						
1926	-				+	+
1927		+				
1928		-		-		
1929		+		+		-
1930	+	+				
1931					-	
1932	+			-		
1933						+
1934	-	-			+	+
1935			+	-	-	-
1936	+		-			
1937	+		+	-	-	
1938				+	+	
1939			-			
1940	-		+	+		+
1941		+			-	-
1942	-	-		-	+	
1943	+					
1944	-	-	-			
1945	+		+			
1946				+		
1947	-			-		
1948	+			+		-
1949	-			-		+
1950	+	+		+		
1951	+	+		+		
1952		-		-	+	
1953				+		
1954						
1955				+		
1956		-				-
1957	+		+			+
1958					-	-
1959				-		
1960			-	+		
1961			+	+		
1962	-	-		-	+	
1963				+		
1964						
1965	+			+	-	
1966	+	+		+		
1967				-		
1968						
1969						
1970		-		-		
1971			-			+
1972	+					
1973		-				
Nombre d'années caractéristiques	21	16	11	26	12	13

+ Valeur des données supérieure à celle de l'année précédente.  
- Valeur des données inférieure à celle de l'année précédente.

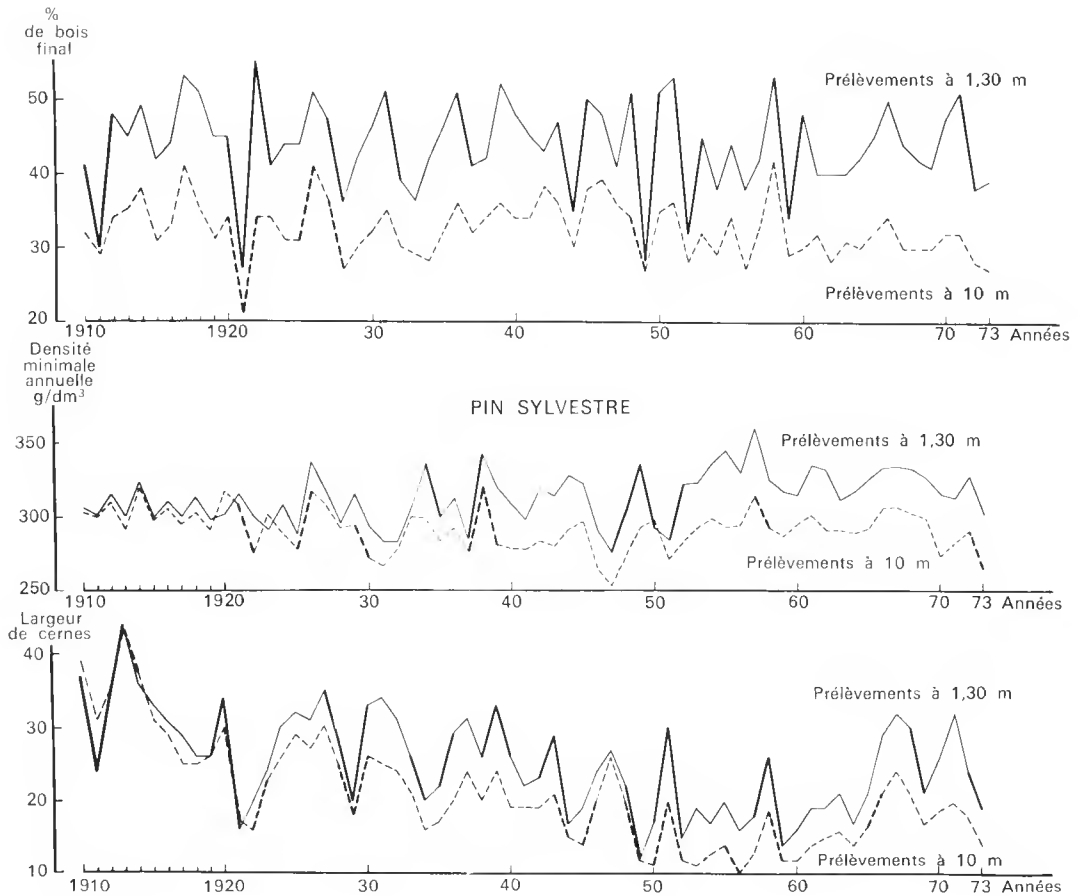


Figure n° 7

**VARIATIONS COMPARÉES DES POURCENTAGES DE BOIS FINAL, DES DENSITÉS MINIMALES ANNUELLES ET DES LARGEURS DE CERNES A HAUTEUR D'HOMME ET A LA BASE DE LA COURONNE VIVANTE (PIN SYLVESTRE).**

Les figures n°s 7 et 8 représentent les variations des largeurs de cernes, des densités minimales, des pourcentages de bois final et des densités maximales aux deux niveaux, les années caractéristiques étant marquées par des traits plus épais.

Pour les largeurs de cernes, il y a 19 années caractéristiques à 1,30 m et 13 à 10 m dont 8 communes aux deux niveaux. Contrairement aux indications fournies par la littérature pour d'autres espèces, les largeurs de cernes sont en général plus fortes à 1,30 m qu'à la base de la couronne, mais les variations entre années sont dans l'ensemble assez semblables.

Pour les densités minimales annuelles, on ne trouve que 5 années caractéristiques à hauteur d'homme et 7 à 10 m, avec seulement une année commune aux deux niveaux ; de très rares exceptions, les variations observées entre 1910 et 1973 sont assez indépendantes de la hauteur de prélèvement.

Pour les pourcentages de bois final, on trouve 17 années caractéristiques à 1,30 m et 5 à 10 m dont 4 se retrouvent au niveau inférieur. Ici encore, les deux graphiques sont dans l'ensemble assez parallèles avec, comme on pouvait s'y attendre, des pourcentages plus élevés à hauteur d'homme.

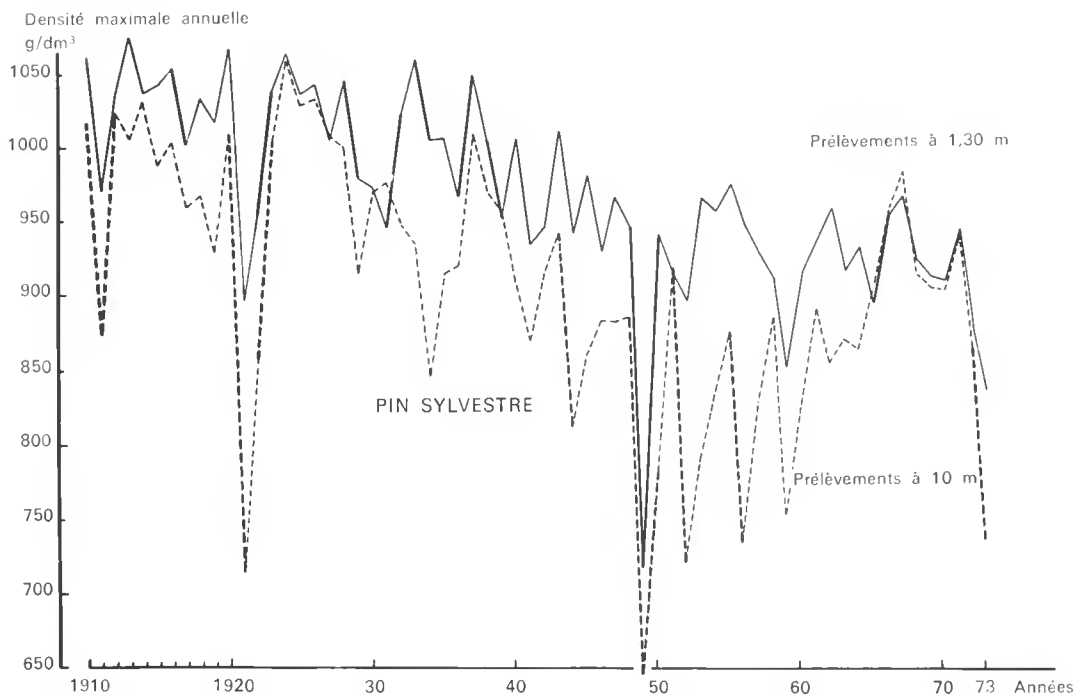


Figure n° 8

**VARIATIONS COMPARÉES DES DENSITÉS MAXIMALES ANNUELLES A HAUTEUR D'HOMME ET A LA BASE DE LA COURONNE VIVANTE (PIN SYLVESTRE).**

Pour les densités maximales enfin, on trouve 10 années caractéristiques à 1,30 m et 9 à 10 m, mais seulement 3 sont communes aux deux niveaux. En dehors des années caractéristiques, on observe assez souvent des variations en sens contraire d'un niveau à l'autre et les graphiques sont dans l'ensemble assez différents si l'on excepte les 3 années marquées par une densité maximale particulièrement faible (1911, 1921 et 1949), ainsi que les 8 dernières années ; là encore, la grande variabilité de la densité maximale n'est donc pas sans contrepartie, puisque ses variations dépendent de façon sensible du niveau du prélèvement. Ceci ne doit pas surprendre puisque la densité maximale est le plus souvent celle des dernières cellules produites chaque année par l'assise cambiale et que la date à laquelle celle-ci cesse de fonctionner est notablement plus tardive à la base du houppier qu'à la partie inférieure du tronc ; un certain type de climat s'établissant en fin de saison de végétation peut dès lors se répercuter à la partie supérieure de la bille de pied et rester sans effet à hauteur d'homme.

**INTERACTION AVEC LES ATTAQUES D'INSECTES**

La réduction plus ou moins massive de l'appareil assimilateur ne peut pas ne pas avoir d'effet sur la quantité et les caractéristiques des cellules de bois formées.

L'action sur la largeur des accroissements est spécialement marquée : ainsi Varley (1977) a montré que, lors d'infestations particulièrement sévères, l'épaisseur du bois final du chêne

était mieux corrélée avec le nombre de chenilles que portent les arbres (*Operophtera brumata* et *Tortrix viridana*) qu'avec les facteurs du climat.

En ce qui concerne les effets sur la densité du bois, il n'a pas paru possible de les étudier sur des arbres effectivement attaqués par des insectes en raison de la difficulté qu'il y a à trouver de vrais témoins : les dégâts s'étendent en général avec plus ou moins d'intensité sur des zones étendues, en sorte que des arbres vraiment indemnes ne peuvent être trouvés que sur des stations où les conditions écologiques, l'âge des peuplements ou la compétition entre tiges sont différents.

Une expérience a cependant été faite sur le pin maritime en simulant les effets d'une invasion de chenilles processionnaires à l'époque réelle des dégâts de *Thaumetopoea pityocampa* par des défoliations pratiquées suivant des modalités variées (Joly, 1970). On a pu mettre en évidence (H. Polge, Simone Garros, 1971) des différences significatives qui ont affecté les largeurs de cernes pendant les 10 années durant lesquelles cette étude a été conduite, mais qui ne se sont manifestées sur les densités minimales annuelles que pendant deux années. Contrairement aux interactions précédentes, les densités maximales annuelles sont apparues comme particulièrement peu sensibles à cette forme de dégâts puisqu'aucune différence n'a pu être observée entre les diverses modalités de traitement et les témoins.

## QUE PEUT-ON CONCLURE DE CES DIFFÉRENTES OBSERVATIONS ?

Les Chercheurs de la Station de recherches sur la qualité des bois de l'Institut national de la recherche agronomique (I.N.R.A.) pourraient être suspectés de pratiquer vis-à-vis des dendrochronologistes un régime de « douche écossaise » puisque, après avoir été à l'origine de l'emploi des composantes de la densité du bois en dendrochronologie et en dendroclimatologie, ils fournissent maintenant un certain nombre d'exemples montrant que cette utilisation peut parfois comporter des risques.

En fait, et d'un point de vue général, la densité maximale annuelle demeure bien le meilleur paramètre pour la datation du bois, mais on ne peut éviter que sa grande sensibilité vis-à-vis des facteurs du climat, qui est à l'origine de cette supériorité, s'accompagne d'une sensibilité égale à d'autres sources de variation : génotype, climat, proximité et état sanitaire de l'appareil assimilateur.

Ceci peut certes être un inconvénient en matière de datation du bois si l'on procède à des généralisations trop hâtives ou si l'on s'abstient de faire, comme il convient, la part des différents « traitements » au sens statistique du terme. Mais cette difficulté peut se transformer en avantage lorsqu'auront suffisamment progressé les connaissances sur ces interactions et sur leur déterminisme : ainsi, la mise en évidence d'une année caractérisée, par exemple par une faible densité maximale dans une espèce et une forte dans une autre espèce, ou pour la même espèce par une densité élevée dans une station et basse dans une autre, devrait permettre à terme de reconstituer, non seulement les caractéristiques globales du climat, mais encore et de façon précise, la pluviosité ou la durée d'insolation durant une période limitée de la saison de végétation.

Enfin, toutes les études faites jusqu'ici montrent que les informations fournies par la densité ne font pas double emploi avec celles que donne la largeur de cerne : ainsi, en prenant en

considération l'ensemble des paramètres que l'on peut maintenant mesurer à l'intérieur d'un accroissement annuel, la datation du bois et, par elle, la reconstitution du climat des temps passés, doivent devenir de plus en plus faciles et de plus en plus sûres.

Hubert POLGE

Directeur de recherches  
Station de recherches  
sur la qualité des bois

CENTRE NATIONAL  
DE RECHERCHES FORESTIÈRES (I.N.R.A.)

Champenoux  
54280 SEICHAMPS

### BIBLIOGRAPHIE

- BAZERQUE (F.). — Étude dendrochronologique et dendroclimatique de deux peuplements de pins sylvestres. — Thèse de spécialité Université de Nancy I, U.E.R. Physique, Chimie, Biologie, 24 octobre 1974.
- FLETCHER (J.M.), HUGHES (J.F.). — Uses of X-rays for density determinations and dendrochronology. The University of British Columbia, Faculty of Forestry, Bulletin n° 7, June 1970.
- JOLY (R.). — Action des déprédations dues aux insectes défoliateurs sur le pin maritime (*Pinus pinaster*). *Revue forestière française*, n° sp. « La lutte biologique en forêt », 1970.
- KELLER (R.), MILLIER (C.). — Utilisation des composantes de la densité en xylochronologie. *Annales des Sciences Forestières*, vol. 27, n° 2, 1970, pp. 157-196.
- LARSON (Ph.). — The indirect effect of drought on tracheid diameter in Red Pine. *Forest Science*, vol. 9, n° 1, 1963, pp. 53-62.
- PARKER (M.L.), HENOCH (W.E.S.). — The use of Engelmann Spruce latewood density for dendrochronological purpose. *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 1, n° 2, 1971.
- POLGE (H.). — Établissement des courbes de variation de la densité du bois par exploration densitométrique d'échantillons prélevés à la tarière sur des arbres vivants. Applications dans les domaines technologique et physiologique. — Thèse Docteur ès Sciences appliquées, Faculté des Sciences Université de Nancy, 27 juin 1966.
- POLGE (H.), KELLER (R.). — La xylochronologie, perfectionnement logique de la dendrochronologie. *Annales des Sciences Forestières*, vol. 26, n° 2, 1969, pp. 225-256.
- POLGE (H.), GARROS (Simone). — Influence de défoliations sur la structure du bois de pin maritime. *Annales des sciences forestières*, vol. 2B, n° 2, 1971, pp. 195-206.
- ROTHLISBERGER (F.). — Gletscher- und Klimaschwankungen im Raum Zermatt, Gerpeche und Arolla. *Die Alpen*, n° 3/4, 1976.
- VARLEY (G.C.). — The effects of defoliation on the growth of oaks in England. — International Symposium on Dendrochronology in Northern Europe, Greenwich, 11-14 July 1977.