

Déterminisme génotypique de la structure anatomique du bois chez *Quercus robur*

Par G. NEPVEU

Station de Recherches sur la Qualité des Bois,
Centre de Recherches Forestières (I.N.R.A.),
Champenoux - 54280 Seichamps (France)

(Reçu 24ème Novembre 1983)

Résumé

A l'aide d'un analyseur d'images, le plan ligneux de 56 chênes greffés (*Quercus robur*) répartis en 14 clones a été étudié pour 5 années. Quatre éléments anatomiques ont été considérés: la largeur de la zone de bois initial, la largeur de la zone de bois final, le pourcentage de vaisseaux dans le bois initial, le pourcentage de fibres dans le bois final.

Des analyses de variance ont ensuite permis de décomposer la variabilité totale en fonction des quatre sources de variation contrôlées: variabilité due au clone, variabilité individuelle non génétique, variabilité due à l'année, variabilité due à l'interaction clone \times année.

Les résultats indiquent qu'on peut expliquer un pourcentage élevé de la variabilité totale à l'aide des sources de variation étudiées. Cependant, les comportements des quatre caractéristiques anatomiques sont différents: il y a un contrôle génotypique étroit pour la largeur de la zone de bois initial, moyen pour le pourcentage de vaisseaux dans le bois initial, alors que les effets du milieu (effets individuels non génétiques et effets dus à l'année) sont importants dans les deux autres cas avec un contrôle clonal assez faible.

Les relations entre quelques données climatiques et la structure du plan ligneux sont brièvement étudiées.

Mots clefs: *Quercus robur*, anatomie du bois, clone, analyse des images.

Summary

By means of an image analyser, wood anatomy was studied for 5 years in 56 grafted oaks (*Quercus robur*) from 14 clones. Four anatomical characteristics were measured: width of early wood zone, width of late wood zone, vessel percentage in early wood, fiber percentage in late wood.

Then by means of variance analysis the total variability was split according to 4 controlled sources of variation: clone, tree in clone, year, year \times clone interaction.

The results indicate that these sources of variation explain a high percentage of total variability. However, the detailed results are different for the 4 anatomical characteristics: genotypic control is strict for width of early wood zone and intermediate for vessel percentage in early wood, whereas environmental effects (tree in clone and year effects) are highly significant for the 2 other characteristics with a relatively slight clonal effect.

The relationships between climatic data and anatomical wood structure are briefly studied.

Key words: *Quercus robur*, wood anatomy, clone, image analysis.

Zusammenfassung

Mit Hilfe eines Bild-Analysators wurde die Holzanatomie von 56 *Quercus robur* Pflanzlingen aus 14 Klonen über 5 Jahre hinweg studiert. Dabei wurden vier anatomische Merkmale festgestellt: die Breite der Frühholzzone, die Breite der Spätholzzone, der Gefäßanteil im Frühholz und der Faseranteil im Spätholz. Mit Hilfe einer Varianzanalyse wurde die Gesamt-Variabilität in die vier Variations-

ursachen (die Variabilität innerhalb eines Klons, die nicht genetisch bedingte Variabilität des Individuums (Mutterbaum), die sich auf 1 Jahr begrenzende Variabilität und die sich auf die Interaktion Klon \times Jahr begrenzende Variabilität) aufgegliedert. Die Ergebnisse zeigen, daß die untersuchten Variationsursachen einen hohen Prozentsatz der Gesamtvariation erklären. Die einzelnen Ergebnisse für die vier anatomischen Merkmale sind unterschiedlich: die Breite der Frühholzzone ist in hohem Maße genetisch kontrolliert, der Gefäßanteil im Frühholz in geringem Maße. Dagegen sind die Umwelteinflüsse bei den zwei anderen Merkmalen stark ausgeprägt und relativ wenig klonbedingt.

Zusammenhänge zwischen klimatischen Bedingungen und Holzstruktur werden kurz untersucht.

Introduction

Un programme d'amélioration génétique sur le chêne (*Quercus robur* et *Quercus petraea*) utilisant la voie végétative et mettant l'accent sur la qualité intrinsèque du bois est actuellement en cours en France. Trois Stations du Département des Recherches Forestières de l'Institut National de la Recherche Agronomique (I.N.R.A.) sont actuellement impliquées pour réaliser ce programme.

En ce qui concerne la qualité du bois, le programme comprend plusieurs parties qui constituent un ensemble cohérent:

— *étude de la variabilité de la qualité du bois:* celle-ci est mesurée essentiellement à l'aide de carottes de sondage.

Les résultats disponibles sont assez prometteurs (POLGE et KELLER, 1973; COURTOISIER, 1976; MOUREY 1979), notamment en ce qui concerne la variabilité génétique (POLGE *et al.*, 1977; NEPVEU, 1982; DERET-VARCIN, 1983; NEPVEU, à paraître).

— *étude des relations entre les propriétés mesurables sur échantillons non destructifs et l'aptitude technologique du bois,* en particulier l'aptitude au tranchage.

— *étude des relations entre anatomie et propriétés physiques du bois:* cette étude est utile sur un plan fondamental, mais également pour employer l'anatomie comme prédiction de la qualité dans les cas où la sélection sur des critères anatomiques s'avère plus commode.

— *étude de la variabilité, en particulier de la variabilité génétique, de la structure anatomique du bois de chêne.*

Le travail dont nous rendons compte ici étudie précisément la variabilité clonale chez *Quercus robur* pour quatre caractéristiques anatomiques.

Après avoir présenté la méthodologie adoptée, nous exposerons les résultats et les comparerons aux rares indications de la littérature disponibles.

1. Matériel et Méthodes

Des carottes de sondage de 5 mm de diamètre ont été prélevées à la tarière de Pressler en Juin 1979 dans un verger à graines de clones greffés de *Quercus robur* in-

stallé en 1957 à proximité de Hanovre (Allemagne Fédérale). Les greffes provenaient d'arbres de futaies âgées dispersées sur l'ensemble du territoire fédéral; ces arbres avaient été sélectionnés pour leurs caractéristiques de forme. L'opération avait pour but de produire en verger de la graine améliorée (KRAHL-URBAN, 1972; KLEINSCHMIT *et al.*, 1975).

Pour notre étude, on a considéré 56 carottes de sondage extraites de 14 clones à raison de 4 arbres par clone.

Les éprouvettes ont été débitées en plaquettes de 1,6 mm d'épaisseur à l'aide de scies-fraises jumelées (THIERCELIN et PERRIN, 1972), puis radiographiées (POLGE, 1966).

L'image radiographique de chaque plaquette a été étudiée à l'aide d'un analyseur de texture TAS qui a permis de noter, cerne par cerne, les caractéristiques anatomiques suivantes:

- la largeur de la zone de bois initial ou bois de printemps,
- la largeur de la zone de bois final ou bois d'été,
- le pourcentage de vaisseaux dans le bois initial,
- le pourcentage de fibres dans le bois final.

Nous avons retenu les cernes correspondant aux années 1973 à 1977.

Les deux pourcentages mesurés sont rapportés à la surface explorée sur les images radiographiques en excluant la surface occupée par les rayons ligneux. La taille des échantillons utilisés ne permet pas en effet de mesurer la proportion de ce type de tissu de façon représentative pour l'arbre.

Pour avoir plus de détails sur la méthodologie d'utilisation du TAS dans les mesures d'anatomie du bois et prendre connaissance de quelques exemples d'utilisation, le lecteur pourra se reporter aux travaux publiés par notre laboratoire (POLGE, 1979; PREISS, 1981; FERRAND, 1981).

2. Résultats et Commentaires

2.1. — Traitement des résultats

Chacun des quatre caractères mesurés a été traité par une analyse de variance qui a permis de tester les effets „année“, „clone“, „interaction clone × année“ et „arbre dans clone“.

Tous ces effets étant considérés aléatoires, chaque carré moyen estime une combinaison linéaire des variances des différents effets étudiés.

Le Tableau 1 présente l'analyse de variance effectuée. On rappelle qu'il y a 280 observations pour chaque caractère (14 clones, 4 arbres par clone, 5 années).

D'après HICKS (1973), v dépend des valeurs et des degrés de liberté des carrés moyens CM_{ar} , CM_{cxa} et CM_e , ainsi que des coefficients affectant chacun de ceux-ci dans la combinaison linéaire $CM_{ar} + CM_{cxa} - CM_e$.

Il vient:

$$v = \frac{(CM_{ar} + CM_{cxa} - CM_e)^2}{\left(\frac{CM_{ar}}{42}\right)^2 + \left(\frac{CM_{cxa}}{52}\right)^2 + \left(\frac{CM_e}{168}\right)^2}$$

v a dû donc être calculé pour chacune des quatre analyses de variance effectuées. Il varie entre 39,22 et 52,39.

2.2. — Résultats des analyses de variance: valeurs extrêmes:

Le Tableau 2 donne les valeurs des F (ou F') des tests de Fisher-Snedecor effectués dans l'analyse de variance. Il donne aussi les valeurs extrêmes des moyennes de clones, d'années ou d'arbres lorsque les effets de chacune de ces sources de variation sont significatifs.

2.3. — Parts de la variabilité totale expliquées par les sources de variation étudiées (clone, arbre dans clone, année, interaction clone × arbre)

La Figure 1 complète le Tableau 2 en indiquant les parts de la variabilité totale (en %) expliquées par les diverses

Tableau 1. — Tableau d'analyse de variance.
Variance analysis table.

Sources de variation	Degrés de liberté	Carrés moyens	Estimations fournies par les carrés moyens	F (ou F') observés à calculer	Degrés de liberté du F (ou F')
clone	13	CM_c	$\sigma_e^2 + 5\sigma_{ar}^2 + 4\sigma_{cxa}^2 + 20\sigma_c^2$	$\frac{CM_c}{CM_{ar} + CM_{cxa} - CM_e}$	13 et v
année	4	CM_a	$\sigma_e^2 + 4\sigma_{cxa}^2 + 56\sigma_a^2$	$\frac{CM_a}{CM_{cxa}}$	4 et 52
interaction clone x année	52	CM_{cxa}	$\sigma_e^2 + 4\sigma_{cxa}^2$	$\frac{CM_{cxa}}{CM_e}$	52 et 168
arbre dans clone	42	CM_{ar}	$\sigma_e^2 + 5\sigma_{ar}^2$	$\frac{CM_{ar}}{CM_e}$	42 et 168
erreur	168	CM_e	σ_e^2		
total	279				

avec σ_e^2 : variance du terme d'erreur

σ_{ar}^2 : variance "arbre dans clone"

σ_{cxa}^2 : variance de l'interaction "clone x année"

σ_a^2 : variance "année"

σ_c^2 : variance "clone"

v : nombre de degrés de liberté du dénominateur du F' calculé par :

$$\frac{CM_c}{CM_{ar} + CM_{cxa} - CM_e}$$

Tableau 2. — Résultats des analyses de variance pour la largeur de la zone de bois initial, la largeur de la zone de bois final, le pourcentage de vaisseaux dans le bois initial et le pourcentage de fibres dans le bois final.

Valeurs extrêmes pour les clones, les années et les arbres.

Results of variance analysis for width of early wood zone, width of late wood zone, vessel percentage in early wood, fiber percentage in late wood.

Extreme values for clones, years and trees.

Caractères	13 _v F clone	Moyennes des clones extrêmes	4 _F 52 _F année	Moyennes des années extrêmes	52 _F 168 _F interaction clone x année	42 _F 168 _F arbre dans clone	Moyennes des arbres extrêmes
largeur de la zone de bois initial	5,61 **	0,7 à 1,6 mm	< 1 NS	-	1,99 **	5,59 **	0,5 à 1,9 mm
largeur de la zone de bois final	2,21 *	2,9 à 6,0 mm	37,18 **	3,3 à 5,4mm	2,08 **	10,69 **	1,9 à 7,7 mm
pourcentage de vaisseaux dans le bois initial ...	3,35 **	22 à 32 %	3,88 **	23 à 26 %	< 1 NS	4,25 **	17 à 42 %
pourcentage de fibres dans le bois final	2,05 *	45 à 62 %	8,96 **	47 à 56 %	1,16 NS	4,11 **	19 à 70 %
valeurs des F tabulés							
seuil 5 %	1,93 à 1,98 suivant v		2,56		1,44	1,48	
seuil 1 %	2,57 à 2,62 suivant v		3,72		1,67	1,73	

** test F significatif au seuil de 1%

* test F significatif au seuil de 5%

NS test F non significatif au seuil de 5%

sources de variation étudiées. Pour obtenir les estimations des différentes variances σ^2_c , σ^2_{ar} , σ^2_{cxa} et σ^2_e mentionnés au 2.1, il suffit d'effectuer les combinaisons linéaires judicieuses des carrés moyens des analyses de variance.

En appelant σ^2_T la variance totale des caractères, on a naturellement:

$$\sigma^2_T = \sigma^2_c + \sigma^2_{ar} + \sigma^2_a + \sigma^2_{cxa} + \sigma^2_e$$

2.4. — Commentaire des résultats

. largeur de la zone de bois initial

C'est le caractère qui apparaît le plus nettement sous un contrôle génétique: la variance σ^2_c explique en effet 41% de la variabilité totale. Les valeurs moyennes des clones extrêmes vont de 0,7 à 1,6 mm (Tableau 2). La réponse à la sélection pour un tel caractère serait donc très efficace, surtout si l'on utilisait l'information fournie par l'observation du grand nombre de cernes en général disponible pour chaque individu.

Si l'on considère la totalité de la variabilité due à l'arbre (à l'exception des phénomènes interactifs), c'est-à-dire si l'on ajoute la variabilité clonale et la variabilité „arbre dans clone“ (d'origine non génétique), on parvient à un pourcentage explicatif de 66%. On dépasse donc sensiblement

les 41% de variabilité „arbre“ (très significative avec une valeur calculée du F de Fisher-Snedecor à 36 et 684 degrés de liberté de 17,9) observés par HUBER (à paraître) sur un échantillon de 37 chênes étudiés sur 20 cernes, avec la même méthodologie que nous.

Cette valeur plus faible donnée par HUBER étonne d'autant plus que son échantillonnage comportait un mélange de *Quercus petraea* et de *Quercus robur*, ainsi que leurs (hypothétiques) hybrides. Ce fait aurait dû accroître la variabilité „arbre“ pour la largeur de la zone de bois initial puisque, tant les observations empiriques que les études s'appuyant sur des tests statistiques (DERET-VARCIN, 1983 op. cit.) indiquent une largeur de la zone de bois initial sensiblement plus importante chez *Quercus robur* que chez *Quercus petraea*.

Cependant, nous ne pouvons pas pousser plus avant la comparaison entre nos résultats et ceux de HUBER car beaucoup d'autres conditions sont différentes, par exemple l'âge des arbres, la hauteur du prélèvement (à la base de l'arbre pour HUBER), les conditions de croissance (arbres de futaie traditionnels pour HUBER, arbres croissant hors concurrence dans notre cas), mais également le fait que nous

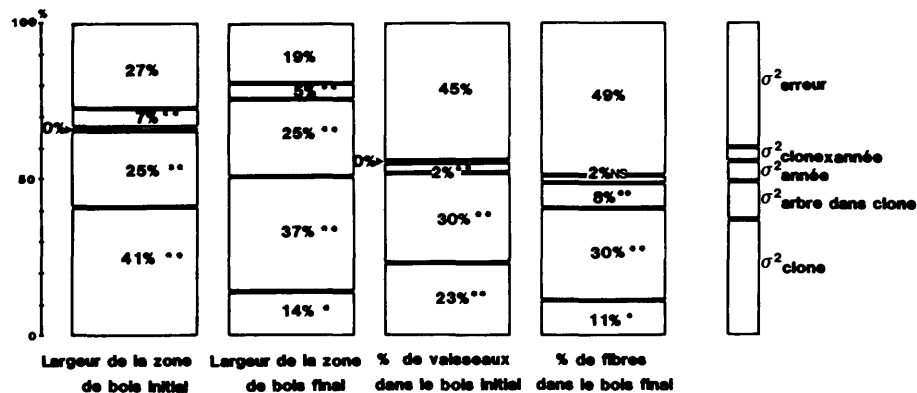


Figure 1. — Parts de la variabilité totale expliquées par les sources de variation étudiées (clone, arbre dans clone, année, interaction clone × année). Voir au Tableau 2 la signification de NS, * et **.

Percentages of total variability explained by the sources of variation studied (clone, tree in clone, year, clone × year interaction. Signification of NS, * and **: see Table 2.

avons étudié des arbres greffés. A ce sujet, il serait sans doute intéressant d'observer l'influence du plan ligneux du porte-greffe sur celui du greffon, comme l'ont fait HEITZ et JACQUIOT (1972) à propos d'une greffe de châtaignier sur chêne.

Quant à l'effet de l'année, il présente une variance nulle statistiquement. Il intervient seulement par le biais d'une interaction clone \times année, certes significative mais n'expliquant que 7% de la variabilité totale. Ce résultat est assez conforme aux observations empiriques de radiographies de carottes de sondage qui montrent que tout au long de sa vie, et malgré des largeurs de cerne très variables, le chêne présente une zone de bois initial de largeur assez constante. Les résultats de HUBER (1982 et à paraître, op. cit.) nuancent un peu ce propos puisqu'ils indiquent une variabilité „année“ significative (bien que faible par rapport à l'effet „arbre“) intervenant pour 10 à 12% de la variabilité totale.

. largeur de la zone de bois final

Les résultats concernant ce caractère apparaissent opposés à ceux relatifs à la largeur de la zone de bois initial: l'effet clonal est seulement significatif au seuil de 5% (14% de la variabilité totale contre 41% pour le caractère précédent), alors que les effets du milieu au sens large apparaissent importants, ainsi qu'en témoignent les parts expliquées par la variabilité individuelle non génétique (37% contre 25%) et celle due à l'année (25% contre 0%).

Ces constatations rejoignent relativement bien celles de HUBER (1982 et à paraître, op. cit.).

. pourcentage de vaisseaux dans le bois initial et pourcentage de fibres dans le bois final

Pour ces caractères, la part de variabilité „non expliquée“ est beaucoup plus importante que dans les deux cas examinés précédemment. Ceci reflète notamment le fait que l'appréciation à l'analyseur d'images de ces caractères est bien plus difficile que celle des deux premiers. Quoi qu'il en soit et de manière relative, il apparaît que les effets génétiques sont assez significatifs pour le pourcentage de vaisseaux dans le bois initial (toutefois moins que pour la largeur de la zone de bois initial) et faiblement significatifs pour le pourcentage de fibres dans le bois initial. Les effets individuels non génétiques sont assez sensibles (30% de la variabilité totale), de même que la variabilité due à

l'année, avec cependant, pour le pourcentage de fibres, une valeur plus élevée (8% contre 2%). Cette valeur est assez proche de celle trouvée par HUBER (1982, op. cit.), alors qu'elle observait un effet année bien plus important que nous sur le pourcentage de vaisseaux dans le bois initial. Cette constatation doit bien sûr être faite sans oublier les différences dans le matériel végétal, ainsi que les conditions de prélèvement et de mesure.

2.5 — Effet du climat sur les caractéristiques anatomiques

Bien que nous ne disposions que de données anatomiques relatives à cinq années (1973 à 1977), il nous est apparu intéressant de chercher à les relier à quelques paramètres climatiques. Ces derniers nous ont été fournis par le poste de Hameln, voisin du dispositif, par M. MERKEL de l'Albert Ludwigs-Universität de Freiburg que nous remercions ici vivement. La faiblesse de l'échantillonnage incitera naturellement à quelque prudence.

Le Tableau 3 présente les valeurs moyennes des trois caractéristiques anatomiques sensibles à l'effet „année“, ainsi que deux paramètres climatiques a priori représentatifs de la saison de pleine végétation.

A la lecture de ce tableau, on peut avancer l'hypothèse que ce sont les conditions de végétation défavorables de l'année n - 1 (pluviosité faible et température élevée de Mai à Août) qui interviennent sur les caractéristiques anatomiques de l'année n. Elles conduiraient à une chute de la largeur de la zone de bois final (donc de la largeur de cerne puisque la largeur de la zone de bois initial n'est pas ici sensible à l'effet „année“), du pourcentage de fibres dans le bois initial et plus légèrement semble-t-il du pourcentage de vaisseaux dans le bois initial.

Il faut noter que cette chute n'est sensible pour les trois caractères qu'en 1977, alors qu'en 1974 elle n'intervient que sur la largeur de la zone de bois initial, de façon d'ailleurs moins brutale qu'en 1977. Il est possible que l'effet de l'année 1977, défavorable sur le plan de la pluviométrie, se soit ajouté à celui déjà néfaste de 1976 pour accuser le phénomène.

Ces résultats sont assez conformes à ceux de HUBER (à paraître, op. cit.) qui a observé elle aussi une influence notable du climat de l'année précédente sur la structure du bois final, alors que celle du bois initial y est peu sensible.

Ceci ne doit pas faire oublier la nature particulière du matériel végétal observé ici; il se peut également que les

Tableau 3. — Relations entre certaines caractéristiques anatomiques du bois de *Quercus robur* (largeur de la zone de bois final, pourcentage de vaisseaux dans le bois initial, pourcentage de fibres dans le bois final) et deux variables climatiques (pluviométrie totale de Mai à Août, température moyenne de Mai à Août).

Les signes + et - signalent les années où les caractéristiques anatomiques ou les conditions climatiques sont sensiblement différentes des valeurs moyennes (moyennes de 1965 à 1979 pour les données climatiques).

Relationships between some anatomical wood characteristics in *Quercus robur* (width of late wood zone, vessel percentage in early wood, fiber percentage in late wood) and two climatic data (total pluviometry and mean temperature from May to August).

+ and - signs indicate the years in which anatomical characteristics or climatic conditions are noticeably apart from mean values (mean climatic data 1965—1979).

Années	Largeur de la zone de bois final (mm)	Pourcentage de vaisseaux dans le bois initial (%)	Pourcentage de fibres dans le bois final (%)	Pluviométrie totale de Mai à Août (mm)	Température moyenne de Mai à Août (°C)	Années
1973	5,32	25	56	406 +	15,1	1972
1974	4,11 -	25	54	193 -	16,3	1973
1975	5,38	26	55	253	14,9 -	1974
1976	5,38	25	52	265	16,6 +	1975
1977	3,33 -	23 -	47 -	207 -	16,7 +	1976
				196 -	15,5	1977
				288	15,7	Moyenne sur 15 ans (1965 à 1979)

rejets de greffe constatés au cours des quelques années précédant les prélèvements soient aussi à l'origine de l'effet défavorable attribué au climat observé sur le cerne 1977.

3. Conclusion

Ces résultats assez originaux apportent des informations qui confortent les observations empiriques sur l'anatomie du bois de *Quercus robur* et les études assises sur un matériel végétal et une méthodologie „sérieuse“ déjà menées au Département des Recherches Forestières de l'INRA. On n'oubliera cependant pas la nature bien particulière du matériel végétal et la faible taille de l'échantillonnage, notamment en ce qui concerne le nombre d'années étudiées.

Il apparaît nettement qu'on peut expliquer une bonne partie de la variabilité des caractéristiques anatomiques étudiées, avec un comportement assez différent suivant les cas: contrôle génotypique étroit pour la largeur de la zone de bois initial, effets du milieu (effets individuels non génétiques et effets dus à l'année) importants dans les deux autres cas avec un contrôle clonal assez léger.

En outre, on observe qu'à la différence de la largeur de la zone de bois initial insensible aux effets annuels, les autres caractères (en particulier la largeur de la zone de bois final et la proportion de fibres dans le bois) étaient sous une certaine dépendance des conditions climatiques précédant la formation du cerne considéré.

Remerciement

Nous remercions vivement M. KLEINSCHMIT du Niedersächsisch Forstliche Versuchsanstalt d'Escherode (Allemagne Fédérale) pour la mise à disposition du matériel végétal étudié.

Bibliographie

COURTOISIER, F.: Etude des relations entre stations et qualité du bois de chêne en forêt de Bride et de Saint Jean. Rapport de stage E.N.I.T.E.F., Station de Recherches sur la Qualité des Bois, C.N.R.F., Champenoux (1976). — DERET-VARCIEN, E.: Etude comparative de la qualité du bois de trois types de chênes (rouvres, pédonculés et intermédiaires), en forêt de Morimond. Ann. Sci.

forest. 40 (4), 401—420 (1983). — FERRAND, J. CH.: Recherches de solutions pratiques à apporter aux problèmes posés par les contraintes de croissance des arbres forestiers. Thèse de Docteur en Sciences du Bois, I.N.P.L. Nancy, 11 Décembre (1981). — HEITZ, R. et JACQUIOT, C.: Etude anatomique de la greffe d'un châtaignier sur chêne. Ann. Sci. forest. 29 (3), 391—395 (1972). — HICKS, C. R.: Fundamental concepts in the design of experiments. Holt, Rinehart and Winston, Londres (1973). — HUBER, F.: Effet de défoliations des chênes par les hannetons sur la structure du bois. Rev. for. franc., XXXIV, n° 3, 185—190 (1982). — HUBER, F.: Etude anatomique du bois de Chêne (*Quercus petraea*, *Quercus robur*) en liaison avec le climat. A paraître dans Ann. Sci. forest. — KLEINSCHMIT, J., OTTO, H. und SAUER, A.: Möglichkeiten der züchterischen Verbesserung von Stiel- und Traubenweiden (*Quercus robur* und *Quercus petraea*). 1 - Inventur der Eichensamenplantagen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 146 (9), 157—166 (1975). — KRAHL-URBAN, J.: Die Eignung von Pfropfpflanzen der Traubenweide, der Stieleiche und der Rotbuche zu Veranlagungs-Klonprüfung. Silvae Genetica 21 (5), 198—202 (1972). — MOUREY, J. M.: Les chênes de la vallée de l'Ognon. Rapport de stage E.N.I.T.E.F., Station de Recherches sur la Qualité des Bois, C.N.R.F., Champenoux (1979). — NEPVEU, G.: Variabilité clonale de l'infradensité chez *Quercus petraea*. Premiers résultats obtenus sur boutures d'un an. Ann. Sci. forest. 39 (2), 45—58 (1982). — NEPVEU, G.: Contrôle héréditaire de la densité et de la rétractibilité du bois de trois espèces de chêne (*Quercus petraea*, *Quercus robur* et *Quercus rubra*). A paraître dans Silvae Genetica. — POLGE, H.: Etablissement des courbes de variation de la densité du bois par exploration densitométrique de radiographies d'échantillons prélevés à la tarière sur des arbres vivants. Applications dans les domaines technologique et physiologique. Thèse de Docteur ès Sciences Appliquées, Faculté des Sciences de l'Université de Nancy, 27 Juin (1966). — POLGE, H. et KELLER, R.: Qualité du bois et largeur d'accroissements en forêt de Tronçais. Ann. Sci. Forest. 30 (2), 91—126 (1973). — POLGE, H., LEMOINE, M. et DERET, E.: Etude de la variabilité spécifique et infraspécifique de la structure du bois juvénile du bois de chêne à l'aide d'un analyseur d'images. Ann. Sci. forest. 34 (3), 285—292 (1977). — POLGE, H.: Utilization of an image analyzer for quantitative anatomy in relation with wood quality. Communication présentée à Amsterdam: "Wood Anatomy Conference". IUFRO-IAWA, 27—30/8 (1979). — PREISS, J. P.: Influence du type de station et du traitement sylvicole sur la qualité du bois de hêtre dans le Nord-Est. Essai d'explication de certaines caractéristiques physiques par la structure du plan ligneux. Rapport de stage E.N.I.T.E.F., Station de Recherches sur la Qualité des Bois, C.N.R.F., Champenoux (1981). — THIERCELIN, F. et PERRIN, J. R.: Débit d'échantillons d'épaisseur rigoureusement uniforme à l'aide de scies-fraises jumelées. Ann. Sci. forest. 30 (2), 285—299 (1972).

Short Note: Relationship between the Total Phenol Content of Scots Pines and Browsing by the Arctic Hare

By M. ROUSI and J. HÄGGMAN¹⁾

(Received 27th November 1983)

Abstract

The difference in total phenol content of pines browsed and not browsed by the arctic hare was investigated within the framework of a larger research project for investigating the reason why mammalian herbivores prefer certain individual trees. The sample comprised 157 Scots pine grafts and 45 pole stage pines.

It was found that the total phenol content in both intact ramets and pole stage pines was significantly higher than in browsed ones. The total phenol content in grafts was higher than in pole stage pines. Preliminarily it seems that the phenol content of Scots pine is not strictly determined by the genotype.

Key words: Scots Pine, phenols, arctic hare.

¹⁾ The Finnish Forest Research Institute, Kolari Research Station, SF-95900 Kolari, Finland.

Zusammenfassung

Es wurde der Unterschied im Gesamt-Phenol-Gehalt bei Kiefern, die von Schneehasen (*Lepus timidus* L.) verbissen werden oder unbeschadet bleiben im Rahmen eines größeren Forschungsprojektes untersucht, d. h. um die Ursachen zu erforschen, warum manche pflanzenfressende Säugetiere bestimmte Einzelbäume bevorzugen. Der Versuch umfaßte 157 Kiefernpropflinge und 45 Einzelbäume im Stangenholzalder.

Es wurde herausgefunden, daß der Gesamtphenolgehalt sowohl bei intakten, als auch bei Bäumen im Stangenholzalder signifikant höher lag, als bei den geschädigten. Der Gesamtphenolgehalt der Propflinge war höher als der der Bäume im Stangenholzalder.

Vorläufig scheint es so, als ob der Phenol-Gehalt bei *Pinus sylvestris* nicht streng vom Genotyp bestimmt wird.