

Expérience d'ébourgeonnement sur le pin maritime

H. POLGE

avec la collaboration technique de Simone GARROS

Station de Recherches sur la Qualité des Bois — Centre National de Recherches Forestières, I.N.R.A.,
Champenoux, 54280 Seichamps

Résumé

Tous les bourgeons de 12 Pins maritimes de 9 ans ont été enlevés avant la pousse 1971 et les effets de ce traitement sur certains critères de densité et de croissance, sur la structure anatomique du bois, sur la formation des aiguilles et des pousses sont analysés par comparaison avec des témoins.

A hauteur d'homme, l'ébourgeonnement a entraîné une augmentation de la largeur du cerne 1971 et une diminution des densités maximales 1971 et minimales 1972 (tabl. 1).

A l'intérieur de la pousse de printemps 1972, il n'y a pas d'effet du traitement sur l'épaisseur du bois produit, mais une diminution significative de l'épaisseur de l'écorce, du diamètre de la moelle et du diamètre total de la tige (tabl. 2).

L'ébourgeonnement a provoqué sur les arbres traités un retour à l'état juvénile, caractérisé par un pourcentage élevé de fascicules à trois aiguilles dans la pousse 1972 et par la production cette même année d'une pousse d'août (tabl. 3).

Le nombre total de pousses pour l'ensemble des verticilles 1971 et 1972 a été plus élevé sur les arbres traités, mais le nombre total de fascicules produits plus faible.

La figure 3 montre que, dans la partie supérieure de la cime, les arbres ébourgeonnés ont produit du bois plus dense ; le diamètre de leur moelle a été réduit de façon très importante ; il y a eu un effet dépressif faible, mais significatif, sur la croissance radiale 1971 qui a totalement disparu en 1972.

Quelques commentaires sont faits dans la 4^e partie.

1. — But de l'expérience

On ne sait guère à l'heure actuelle comment fonctionne la véritable usine à bois qu'est l'assise génératrice des arbres ; on ignore notamment pourquoi les produits qu'elle élabore sont aussi variables quant à leur structure, leurs dimensions ou l'épaisseur de leurs parois, non seulement entre espèces et entre individus, mais encore, pour un même individu, d'une saison de production à une autre et d'une période à une autre à l'intérieur d'une même saison de production.

Or seule cette connaissance permettrait d'expliquer les effets qu'exercent les diverses sources de variations : facteurs écologiques ou sylvicoles, hérédité, interventions humaines artificielles telles que fertilisation ou élagage, sur la qualité de la matière première « bois » mise à la disposition de l'économie nationale, et même de prévoir l'influence de tel ou tel traitement nouveau sur telle ou telle caractéristique de ce matériau.

Malheureusement, la complexité et les interactions des processus physiologiques en cause et la multiplicité des sources de variation qui s'exercent sur l'arbre adulte *in situ* rendent de telles recherches particulièrement longues et difficiles. Aussi, l'étude du déterminisme de la production des divers types de cellules du bois a-t-elle été essentiellement entreprise jusqu'ici (Larson P.R., 1960 ; Wareing P.F., 1958 ; Woodzicki T., 1964) sur des modèles réduits, c'est-à-dire sur de jeunes plants que l'on peut cultiver en chambre conditionnée en ne faisant varier qu'un seul des facteurs du milieu à la fois, et auxquels on peut facilement appliquer des traitements divers : amputation partielle ou totale de tel ou tel organe du végétal, apport de substances de croissance ou de substances antagonistes...

Cependant, l'extrapolation des résultats du laboratoire à la forêt est problématique et l'expérimentation sur de vrais arbres, obligatoirement moins rigoureuse ne doit pas être négligée chaque fois qu'elle apparaît possible.

Tel avait été le cas pour l'étude faite à l'occasion d'un essai de défoliation destiné à simuler les dégâts provoqués sur le Pin maritime par les chenilles processionnaires. Elle avait permis de recueillir des informations intéressantes en montrant notamment (Polge H. et Garros S., 1971) que l'enlèvement au printemps de toutes les aiguilles des années précédentes entraînait la formation d'un bois initial à densité exceptionnellement faible formé de grandes cellules à parois très minces. Ce premier résultat, obtenu sur des arbres adultes en forêt, concordait bien avec la théorie hormonale développée par les auteurs précités à partir de leurs tests sur modèles réduits puisque le traitement subi par les pins avait eu pour effet de réduire la photosynthèse sans diminuer pour autant l'apport de l'auxine formée dans les bourgeons et les seules aiguilles en voie d'élongation, ce qui doit normalement occasionner la formation de trachéides à grands lumens et à membranes de faible épaisseur.

Il était dès lors tentant de faire sur la même espèce l'expérience inverse, c'est-à-dire d'enlever tous les bourgeons avant le départ de la végétation sans réduire l'appareil assimilateur déjà formé et d'étudier l'influence de ce traitement sur la structure du bois produit.

2. — Matériel et méthode

L'expérience a été entreprise sur des pins situés dans des lignes neutres en lisière de deux tests de descendance D 441 et D 442 implantés à l'Hermitage près de Bordeaux.

Malheureusement, il est apparu après coup que les arbres échantillonnés dans le test D 442 appartenaient à quatre familles différentes, ce qui a entraîné de fortes interactions entre le génotype et le traitement rendant difficile l'interprétation des résultats, faute d'un échantillonnage suffisant pour faire la part des diverses sources de variation. Il ne sera donc rendu compte ici que des observations faites sur les arbres du test D 441.

Ceux-ci, au nombre de vingt-quatre, situés sur une même ligne, ont été répartis alternativement en arbres traités et en témoins.

L'opération d'ébourgeonnement a été effectuée au mois de février 1971 ; les arbres étaient alors âgés de 9 ans et mesuraient environ 7 m de hauteur ; de plus, s'agissant d'arbres de lisière, ils avaient encore la totalité de leurs branches vivantes,

mais avaient subi un élagage sur environ 1 m de hauteur pour faciliter l'accès au peuplement.

Sur les arbres traités, tous les bourgeons terminaux ou subterminaux ont été enlevés sur la totalité des branches à quelque verticille qu'ils appartiennent, et ceux, en très petit nombre, qui avaient pu être oubliés par mégarde, ont été supprimés dès le départ de la végétation par les soins de l'Unité « Amélioration » de la Station de Recherches Forestières de Bordeaux.

Des carottes de sondage de 5 mm de diamètre ont été prélevées à hauteur d'homme sur les vingt-quatre arbres de l'expérience au mois de mai 1972 suivant une direction Nord-Nord Est perpendiculaire au sens d'inclinaison des tiges de façon à éliminer les zones de bois de compression où le résultat de l'expérience aurait pu se trouver faussé.

Ces échantillons ont été radiographiés en utilisant les conditions d'exposition suivantes :

- distance source-film : 2,50 m
- tension accélératrice : 15 kV
- intensité du flux électronique : 20 mA
- durée de l'exposition : 4 mn

et les images obtenues ont fourni, par analyse au microdensitomètre, des courbes représentatives des variations de la densité du bois suivant une méthode déjà décrite (Polge H., 1966), sur lesquelles on a relevé, pour chaque année, les densités maximales et minimales et les largeurs d'accroissements.

En outre, deux prélèvements de pousses successifs ont été faits : l'un à la fin du mois de juin 1972 (à la diligence de l'unité « Sylviculture » de la Station de Recherches Forestières de Bordeaux), l'autre au mois de novembre 1972, donc à la fin de la deuxième saison de végétation après traitement. Les premiers ont porté sur cinq couples arbres traités et témoins choisis au hasard et ont servi à étudier la structure anatomique du bois à 30 cm environ du bourgeon terminal.

Sur les seconds prélèvements, qui intéressaient quatre arbres traités et quatre témoins, également choisis au hasard, on a étudié comparativement la structure des deux pousses annuelles 1971 et 1972 et procédé à des dénombrements d'aiguilles sur chacune d'elles.

En outre, à la base de la pousse 1971 ont été découpées, à l'aide d'une scie fraise jumelée, des rondelles de 5 mm d'épaisseur qui ont été radiographiées dans les conditions rappelées ci-dessus pour les carottes de sondage de même épaisseur.

3. — Résultats

3.1. — *Incidence du traitement sur la densité du bois formé à hauteur d'homme*

Les profils xylochronologiques synthétiques de la figure 1 font ressortir les variations des densités maximales et minimales annuelles, ainsi que des largeurs d'accroissements des témoins d'une part, des arbres ébourgeonnés d'autre part, avant et après l'année du traitement.

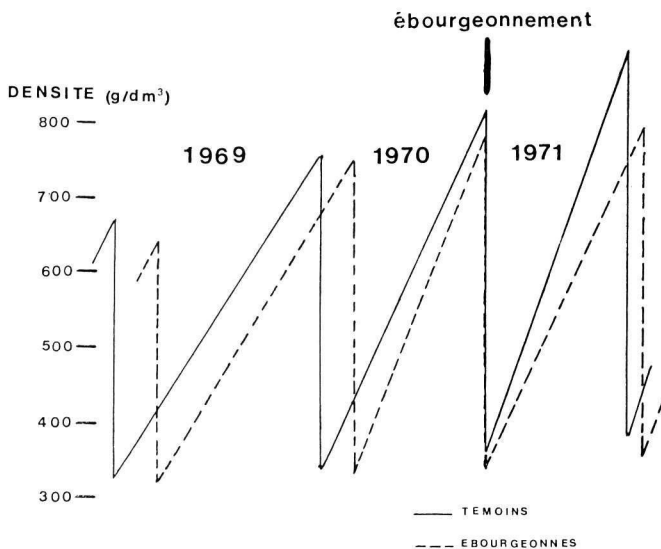


FIG. 1.

Par ailleurs, sur le tableau 1 ci-dessous sont indiqués les résultats des tests de comparaison de moyennes correspondants :

TABLEAU 1

	Arbres témoins (Control tree)	Arbres ébourgeonnés (Disbudded tree)	t
1968 : Densité maximale (Maximum density)	669	640	2,01 NS
1969 : Densité minimale (Minimum density)	324	318	0,72 NS
Densité maximale	760	752	0,50 NS
Largeur de cerne (Ringwidth)	553	518	0,78 NS
1970 : Densité minimale	341	332	1,09 NS
Densité maximale	815	790	1,03 NS
Largeur de cerne	435	349	2,12*
1971 : Densité minimale	359	343	1,75
Densité maximale	895	794	5,33**
Largeur de cerne	373	413	1,05 NS
1972 : Densité minimale	385	354	3,00**
Densité minimale 1969-densité minimale 1970	— 17	— 14	0,38 NS
Densité maximale 1969-densité maximale 1970	— 55	— 38	0,67 NS
Largeur de cerne 1969-largeur de cerne 1970	118	169	1,81 NS
Densité minimale 1970-densité minimale 1971	— 18	— 11	0,96 NS
Densité maximale 1970-densité maximale 1971	— 80	— 4	2,50*
Largeur de cerne 1970-largeur de cerne 1971	62	— 64	6,35**
Densité minimale 1970-densité minimale 1972	— 44	— 22	3,80**

Limites de signification (Critical value of « t ») : * 2,074. ** 2,819.

En raison de la taille relativement réduite de l'échantillonnage, les comparaisons ont porté à la fois sur les valeurs annuelles des diverses variables et sur les différences mesurées entre années avant et après l'application du traitement.

On observe que pour les trois critères : densité maximale annuelle, densité minimale annuelle et largeur de cerne, il n'y a pas de différence significative entre arbres ébourgeonnés et non ébourgeonnés si l'on prend en considération les différences entre les valeurs 1969 et 1970, c'est-à-dire les deux dernières années précédant l'intervention.

Le traitement n'a pas eu d'effet sur la densité minimale du bois formé au printemps de 1971 ; en revanche, la densité maximale des arbres ébourgeonnés est abaissée de façon significative par rapport aux témoins ; quant aux largeurs des accroissements, il y a également un effet très significatif, l'accroissement 1971 étant inférieur à celui de 1970 pour les témoins et supérieur pour les arbres ébourgeonnés.

Enfin, on trouve un effet marqué sur la densité minimale de la deuxième année après traitement qui est significativement réduite sur les arbres ébourgeonnés.

3.2. — *Incidence sur la structure anatomique au niveau de la première pousse 72*

Cette étude sommaire a été entreprise sur les premières pousses qui se sont produites de façon concomitante sur les arbres traités et sur les témoins ; il n'avait pas été possible d'y procéder dès la première année après l'ébourgeonnement car en 1971 ne s'étaient formées qu'une pousse normale sur les témoins et une pousse différée, assimilable du point de vue phénologique à une pousse d'août sur les arbres ébourgeonnés.

Les coupes microscopiques réalisées à égale distance à partir de l'apex ont servi à mesurer les éléments suivants :

- sur l'image grossie cent fois au microscope de projection : l'épaisseur du bois, l'épaisseur de l'écorce, le diamètre de la moelle et le diamètre total de la tige ;

- sur des projections de microphotographies donnant un grossissement total d'environ trois mille fois : le diamètre des trachéides et l'épaisseur de leurs membranes (mesurées sur une moyenne de soixante cellules pour chacun des arbres de l'expérience).

Enfin, la longueur moyenne des aiguilles a été calculée pour la totalité des fascicules portés par les pousses en cause.

Les résultats sont consignés dans le tableau 2 ci-après.

L'observation la plus intéressante a trait à l'influence du traitement sur les différentes parties constitutives de la tige : le diamètre total de celles-ci est réduit de façon très importante, alors qu'il n'y a pas de différences significatives pour l'épaisseur du bois produit.

En ce qui concerne les trachéides, leurs diamètres moyens ne sont pas statistiquement différents entre témoins et arbres ébourgeonnés, mais le traitement entraîne une réduction de l'épaisseur des membranes qui est à la limite du seuil de signification à 5 p. 100.

Il n'y a pas enfin de différences statistiques entre les deux groupes pour la longueur des aiguilles qui n'avaient vraisemblablement pas atteint leur taille définitive lors du prélèvement.

TABLEAU 2

	Témoins	Arbres ébour- geonnés	Test de comparaison de moyennes (Student « t » values)
Epaisseur du bois (en mm) (Xylem thickness)	1,24	1,11	1,65
Epaisseur de l'écorce (en mm) (Bark thickness)	1,07	0,69	4,78**
Diamètre de la moelle (en mm) (Pith diameter)	5,09	3,26	4,01**
Diamètre de la tige (en mm) (Stem diameter)	9,72	6,87	4,43**
Diamètre moyen des trachéides (en μm) (Mean tracheid diameter)	18,2	17,5	0,50
Epaisseur moyenne des membranes (en μm) (Cellwall mean thickness)	7,3	6,3	2,30*
Longueur moyenne des aiguilles (en cm) (Mean needle length)	8,01	6,93	1,06

3.3. — Incidence sur l'organisation de la cime et sur la phyllotaxie durant les deux années qui ont suivi l'ébourgeonnement

L'ensemble des observations qui ont été faites sur les huit arbres étudiés se trouve rassemblé dans le tableau 3.

En 1971, il n'y a eu chez les témoins qu'une seule vague de croissance : au printemps, qui ne s'est naturellement pas produite sur les arbres ébourgeonnés, en raison du traitement même qu'ils avaient subi. De nombreux bourgeons latents se sont développés ultérieurement et ont donné naissance à un ensemble de pousses plus nombreuses, mais moins longues, que les pousses normales des témoins. Mais ce qui caractérise surtout les arbres ébourgeonnés, c'est le très petit nombre d'aiguilles qu'ils ont produit en 1971, que l'on prenne en considération le nombre total ou la densité d'aiguilles par unité de longueur de la pousse principale.

En 1972, les témoins n'ont eu à nouveau qu'une seule vague de croissance, cependant que les arbres traités ont fait successivement une pousse normale et une pousse d'août, ce retour à la multinodalité pouvant être considéré comme un premier signe de rejuvenilisation.

Si l'on compare les deux vagues de croissance du printemps des témoins et des arbres ébourgeonnés, on constate à nouveau que ces derniers ont formé un plus grand nombre de pousses au niveau du verticille, mais des pousses plus courtes. Cependant, l'observation la plus intéressante a trait à l'apparition, sur les arbres traités, de très nombreux fascicules à trois aiguilles (et même d'un à quatre aiguilles), ce qui traduit également un retour à l'état juvénile occasionné par l'ébourgeonnement.

Si l'on considère l'ensemble de l'année 1972, le nombre de pousses produites sur l'axe principal est significativement plus élevé chez les arbres traités que chez les témoins, alors que le nombre de fascicules par cm de longueur est, au contraire, significativement plus faible. Quant à la pousse totale en hauteur, il n'y a pas de différences significatives entre les deux groupes, bien que les arbres ébourgeonnés aient eu, grâce à leur pousse d'août, une croissance totale supérieure.

TABLEAU 3

			Témoins					Ebourgeonnés					Test de comparaison de moyennes
			127	129	131	133	Moy.	126	128	130	132	Moy.	
Année 1971	Pousse de printemps (Spring shoot)	Nbre de pousses au niveau du verticille (Number of shoots in the whorl)	9	5	4	5	5,7	—	—	—	—	—	
		Longueur de la pousse principale (cm) (Length of the main shoot)	122	101	93	83	99,7	—	—	—	—	—	
		Nbre de fascicules à 2 ou 3 aiguilles	465	320	358	319	365,5	—	—	—	—	—	
		(Number of 2 ou 3 needles fascicles)	1	—	—	1	0,5	—	—	—	—	—	
		Nbre total de fascicules par cm de longueur (Number of fascicles per cm of shoot length) . .	3,8	3,2	3,8	3,9	3,7	—	—	—	—	—	
Année 1972	2 ^e pousse (Second shoot)	Nbre de pousses au niveau du verticille	—	—	—	—	—	11	7	7	6	7,7	
		Longueur de la pousse principale (cm)	—	—	—	—	—	18	73	82	78	63	
		Nbre de fascicules à 2 aiguilles	—	—	—	—	—	2	—	38	31	17,8	
		à 3 aiguilles	—	—	—	—	—	4	—	—	—	1	
		Nbre total de fascicules par cm de longueur	—	—	—	—	—	0,3	0	0,5	0,4	0,3	
	pousse de printemps	Nbre de pousses au niveau du verticille	8	11	6	6	7,7	6	18	3	10	9,2	
		Longueur de la pousse principale (cm)	109	79	98	65	87,7	45	59	60	63	56,7	
		Nbre de fascicules à 2 aiguilles	472	318	408	153	337,7	17	38	18	54	31,7	
		à 3 aiguilles	1	1	—	—	0,5	27	24	19	9	19,7	
		à 4 aiguilles	—	—	—	—	—	—	1	—	—	0,2	
		Nbre total de fascicules par cm de longueur	4,3	4,0	4,2	2,4	3,7	1,0	1,1	0,6	1	0,9	
	2 ^e pousse	Nbre de pousses au niveau du verticille	—	—	—	—	—	6	6	7	8	6,7	
		Longueur de la pousse principale (cm)	—	—	—	—	—	82	41	49	47	54,7	
		Nbre de fascicules à 2 aiguilles	—	—	—	—	—	273	111	194	196	193,5	
		à 3 aiguilles	—	—	—	—	—	1	—	—	1	0,5	
	Ensemble de l'année (Total year)	Nbre total de fascicules par cm de longueur	—	—	—	—	—	3,3	2,7	4,0	4,2	3,5	
		Nbre de pousses ensemble des verticilles	8	11	6	6	7,7	12	24	10	18	16,0	2,44 *
		Longueur cumulée de la pousse principale	109	79	98	65	87,7	127	100	109	110	111,5	2,10 NS
		Nbre total de fascicules	473	319	408	153	338,2	318	174	231	260	245,7	1,22NS
	1971 + 1972	Nbre de fascicules par cm de longueur	4,3	4,0	4,2	2,4	3,7	2,5	1,7	2,1	2,4	2,2	3,22 **
		Nbre total de pousses sur l'axe principal	17	16	10	11	13,5	23	31	17	24	23,7	3,04 *
		Longueur cumulée de la pousse principale	231	180	191	148	187,5	145	173	191	188	174,2	0,66 NS
		Nombre total de fascicules	939	639	766	473	704,2	324	174	269	291	264,5	4,24 **

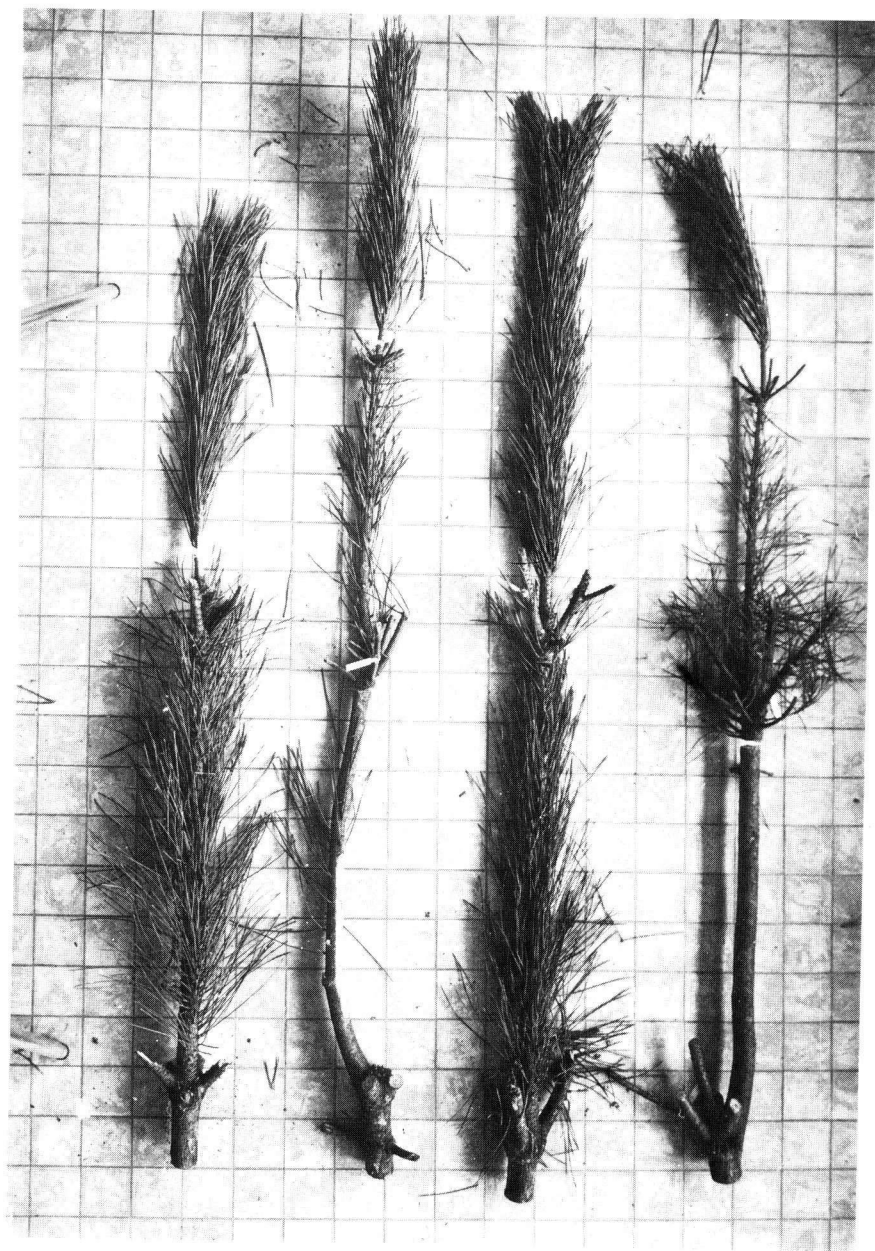


FIG. 2.

Sur l'ensemble des deux années enfin, on retrouve un phénomène semblable : pas de différence pour la longueur cumulée de la pousse principale, mais supériorité significative des arbres traités en ce qui concerne le nombre total de pousses au niveau des divers verticilles formés et des témoins pour ce qui est du nombre total de fascicules sur l'axe principal.

Sur la figure 2 sont photographiés côte à côte, alternativement de gauche à droite, deux témoins et deux arbres ébourgeonnés ; on peut y retrouver la plupart des indications fournies ci-dessus : les arbres traités se différencient bien par la rareté ou même l'absence d'aiguilles sur la pousse différée de 1971 et par une nette multinodalité en 1972, avec une densité d'aiguilles qui reste inférieure à celle du témoin pour la première pousse, mais s'en rapproche beaucoup pour la pousse d'août ; enfin, le nombre cumulé de pousses sur les divers verticilles de l'axe principal est plus élevé dans les arbres ébourgeonnés.

3.4. — Effets du traitement sur la densité du bois formé dans la cime après ébourgeonnement

La figure 3 regroupe les radiographies des sections de tiges réalisées à la base de la pousse 1971 avec, à gauche, les quatre témoins, et à droite, les quatre arbres ébourgeonnés ; l'image étant d'autant plus claire que le bois est plus dense, point n'est besoin de mesures ni de calculs pour voir que les arbres ébourgeonnés ont, au niveau de la cime formée après le traitement, un bois de densité très supérieure à celui des

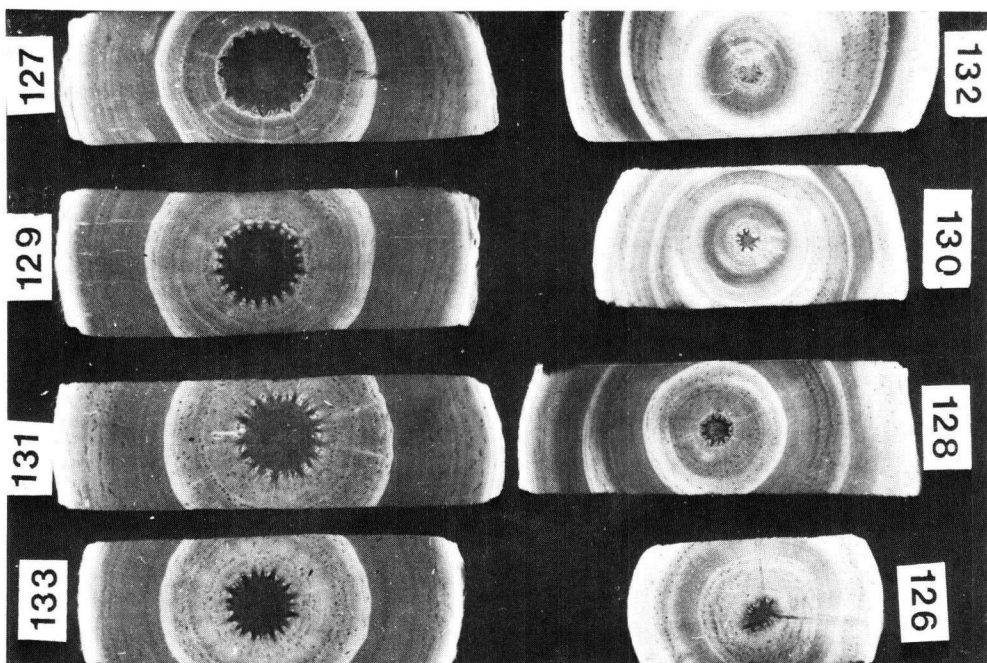


FIG. 3.

témoins ; les pousses 1971 des arbres traités sont certes issues de bourgeons qui n'étaient pas terminaux ; leur port initial n'était donc pas vertical, d'où la formation de bois de compression de densité élevée, nettement visible chez certains échantillons comme le 128 ou le 130, mais le bois de réaction, dont la présence par place est confirmée par l'examen microscopique, ne saurait expliquer que l'on trouve du bois dense sur deux rayons opposés, en particulier lorsque l'on a affaire à des accroissements parfaitement concentriques, comme pour l'arbre 126. On voit également sur cette figure que l'existence de pousse d'août a entraîné chez les arbres traités la production d'un faux cerne très visible en 1972, ce qui est bien en accord avec la théorie hormonale du déterminisme de la production de cellules à parois minces pendant la période d'élongation de la pousse elle-même et des aiguilles qu'elle porte.

Des mesures d'accroissements ont été faites sur ces mêmes radiographies ; leurs résultats sont consignés dans le tableau 4 ci-dessous :

TABLEAU 4

	Témoins	Arbres ébou- geonnés	Test de comparaison de moyennes
Accroissement en mm sur le rayon (Radial growth in mm) :			
— en 1971	11,81	9,31	2,98*
— en 1972	17,12	17,12	0
Diamètre total en mm (Total diameter)	71,50	56,75	2,52*

On note une baisse significative de la largeur d'accroissement 1971 chez les arbres traités, alors qu'en 1972, il y a égalité absolue entre les deux groupes.

On retrouve à nouveau une réduction significative du diamètre total sous l'effet du traitement, mais il convient d'observer que, sur une diminution totale de 14,75 mm, la part du bois n'entre que pour 2,5 mm, le reste, soit 12,25 mm, correspondant à la différence de diamètre de la moelle entre témoins et arbres traités.

On retrouve donc ici des résultats concordants avec ceux observés sur les coupes microscopiques, qui provenaient cependant d'un échantillonnage différent, et on peut également mettre en parallèle l'absence d'effet du traitement sur l'accroissement 1972, avec l'absence d'effet déjà notée sur la pousse totale en hauteur de cette même année.

4. — Commentaires

Certains des résultats mentionnés ci-dessus paraissent logiques mais d'autres sont beaucoup plus difficiles à expliquer.

On pouvait s'attendre à l'augmentation de la densité que l'on observe dans la cime des arbres traités et qui, l'examen des radiographies le montre bien, affecte aussi bien le bois initial que le bois final ; on observe un effet opposé à celui qu'avait entraîné l'expérience de défoliation déjà citée ; on peut penser que la photosynthèse n'a que faiblement été réduite du fait de la contribution prépondérante des aiguilles

produites au cours des années précédant l'ébourgeonnement, alors que l'apport d'auxine se trouvait limité, tout d'abord par le traitement lui-même, ensuite par la diminution significative du nombre de fascicules d'aiguilles formées ; la production de bois dense n'est donc dans ces conditions pas surprenante.

Les observations faites à hauteur d'homme sont, au contraire, assez étonnantes :

L'augmentation de la largeur du cerne 1971 chez les arbres ébourgeonnés était certes inattendue, mais on peut cependant faire à ce sujet quelques remarques :

Tout d'abord, ce n'est pas la première fois qu'une mutilation entraîne, au moins temporairement, une accélération de la croissance. Le fait a déjà été mentionné (Polge, 1969) en ce qui concerne l'accroissement en circonférence et la pousse en hauteur des peupliers durant la première année suivant un élagage sévère. De même, si l'expérience de défoliation sur Pin maritime mentionnée plus haut (Polge H. et Garros S., 1971 *op. cit.*) a fait apparaître d'abord un effet dépressif du traitement pendant 4 ans, la croissance des arbres ayant subi deux demi-éfeuillages a, par la suite, été supérieure à celle des témoins, et ceci de façon significative pour une même année. On peut penser à plusieurs explications possibles :

Tout d'abord, les travaux des bioclimatologistes ont montré (I.N.R.A., 1963) qu'en cas de déséquilibre entre l'approvisionnement en eau et l'évapotranspiration, les végétaux se protégeaient de la dessiccation par la fermeture de leurs stomates, ce qui entraînait, par voie de conséquence, la cessation des échanges gazeux, et notamment de la photosynthèse.

Dans les Landes, l'évapotranspiration est particulièrement active durant la saison de végétation en raison de l'intensité du rayonnement et de l'importance du vent, et il n'est donc pas exclu que la fermeture des stomates, donc l'arrêt de l'assimilation chlorophyllienne, intervienne plus fréquemment et plus longtemps sur des arbres laissés intacts que sur d'autres où la surface évaporante se trouve réduite du fait de la formation d'un nombre moins élevé de fascicules d'aiguilles.

Une autre explication possible réside dans l'existence de réserves qui, à titre très temporaire, bénéficierait davantage aux individus chez lesquels les « parties prenantes » se trouveraient diminuées. C'est ainsi que, sur des épicéas ayant subi un élagage sévère, on a pu mettre en évidence pendant la première saison de végétation suivante un double phénomène (Oksbjerg E.B., 1962) : d'une part, un allongement de la durée journalière de transpiration optimale (régulation stomatique), d'autre part, un changement de couleur des aiguilles (du vert clair au vert foncé), et simultanément une augmentation très importante de leur teneur en azote (+ 61 p. 100), en phosphore (+ 47 p. 100) et en calcium (+ 85 p. 100) par rapport aux témoins (utilisation des réserves par un volume d'aiguilles réduit).

Aucune explication valable n'a pu être proposée pour la baisse des densités maximales 1971 et des densités minimales 1972 dans les prélèvements effectués à hauteur d'homme. On peut seulement songer à rapprocher cette évolution (qui est opposée à celle observée dans la cime) des théories récentes sur les possibilités de synthèse des gibberellines et de la cytokinine dans le méristème terminal des racines (Torrey J. G. et Phillips D. A., 1974) et sur l'action de cette substance de croissance sur le métabolisme des protéines dans les feuilles (Skene K. G. M., 1975) ; il y aurait en fait interaction entre les hormones produites dans les différentes parties des végétaux ; un déséquilibre provoqué artificiellement pourrait par suite ne pas avoir le même effet suivant

la position des cellules par rapport aux divers méristèmes d'une part et à la surface assimilatrice de l'autre.

5. — Conclusion

La réalisation de cette expérience a été rendue difficile par la grande taille des arbres étudiés et par la distance qui sépare Nancy du lieu où elle a été implantée. Ceci a empêché de procéder à certaines observations qui eussent été fort utiles, notamment au point de vue phénologique : date de début et de fin des diverses pousses, date de début et de fin de la croissance des aiguilles sur les arbres traités et les témoins, date de début et de fin de la croissance en circonférence aux divers niveaux.

En outre, ces problèmes d'intendance ont conduit à limiter l'étude à l'axe principal, ce qui est certainement criticable.

Cependant, en dehors des quelques résultats intéressants qui ont pu être obtenus concernant la physiologie du développement, il convient de retenir deux choses :

Tout d'abord, dans certains cas, la mesure du diamètre sur écorce rend très mal compte de la production utile, c'est-à-dire de celle des cellules du bois, qui peut évoluer de façon très différente de celle des cellules de l'écorce et de la moelle.

En outre, si le recours à des essais sur modèles réduits, c'est-à-dire de jeunes plants que l'on peut placer en milieu conditionné, peut fournir des indications utiles pour résoudre les nombreux problèmes que pose la physiologie des arbres forestiers, il conviendrait, semble-t-il, de ne pas se limiter à ce seul matériel d'expérimentation puisque dans certains cas, les résultats observés dans la partie supérieure de la cime et à la partie inférieure du tronc peuvent être tout à fait différents.

En tout état de cause, ce genre d'expérience demande à être repris sur un matériel plus approprié et dans des conditions d'observation meilleures ; d'ores et déjà, un essai beaucoup plus important portant sur diverses combinaisons d'ébourgeonnement et de défoliation sur *Pin laricio* a été entrepris à la Station de Recherches sur la Qualité des Bois par G. Nepveu ; il devrait fournir des résultats beaucoup plus complets dont il sera rendu compte dans un prochain numéro.

Reçu pour publication en juillet 1977.

Summary

Disbudding experiment on maritime pine

All the buds of 12 nine years old maritime Pine were cut before the 1971 growth and the effects on density and growth criteria, anatomical structure, needles and shoots formation are analyzed by comparison to control trees.

At breast height, the treatment has caused an increase of the 1971 ringwidth, and a decrease of the 1971 maximum latewood density and of the 1972 minimum earlywood density (table 1).

Within the 1972 spring shoot, there is no effect on the xylem thickness but significant reductions of the bark thickness, of the pith diameter and of the stem diameter (table 2).

As a consequence of the disbudding the trees seemed to come back to a juvenile condition characterized by a high percentage of 3 needles fascicles on the spring 1972 shoot and by the production of lamma shoot during the same year (table 3).

The total number of shoots for all the whorls 1971 and 1972 was higher on treated trees, but the total number of fascicles was lower. The figure 3 shows that within the upper crown the disbudded

trees have produced denser wood ; their pith is very much smaller ; there is a little but significant difference between treated and control trees for the 1971 radial growth but none for the 1972 one. Some comments are given in the 4th part.

Zusammenfassung

Experimentelles Augenentfernen auf Seekiefern

Alle die Augen von zwölf 9 Jahre alten Seekiefern wurden vor das 1971 Aufbrechen entnommen und die Wirkungen dieser Behandlung auf einige Dichte- und Wachstumskriterien, auf den anatomischen Holzaufbau und die Nadel- und Triebbildung wurden im Vergleich mit Kontrollen untersucht.

In Bruthöhe hat das Augenentfernen zu einer Vergrößerung des 1971 Jahrrings und einer Verminderung der 1971 maximalen und 1972 minimalen Dichten (Tafel I) geführt.

Innerhalb des 1972 Maiwuchses hat die Behandlung keine Wirkung auf die Dicke des erzeugten Holzes, aber sie verursacht eine signifikante Verminderung der Rindendicke, des Markdurchmessers und des Gesamtdurchmessers des Stengels (Tafel 2).

Das Augenentfernen hat eine Rückkehr der behandelten Bäumen zu Jugendstadium hervorgerufen, der sich durch einen hohen Prozentsatz von Pflanzenbündeln mit drei Nadeln im 1972 Trieb und durch die Bildung im selben Jahr eines Augusttriebs kennzeichnet (Tafel 3).

Der Gesamttriebzahl für alle die 1971 und 1972 Quirle war höher auf die behandelten Bäume, aber der Gesamtzahl von erzeugten Pflanzenbündeln kleiner.

Abbildung 3 zeigt dass im oberen Teil der Baumenkrone die Bäumen mit entfernten Augen dichteres Holz erzeugt haben ; das Durchmesser ihres Marks ist sehr reduziert worden ; es gab ein leichter, aber signifikanter Reduktions-effekt auf das 1971 radiale Wachstum, der in 1972 ganz verschwunden ist.

Im vierten Teil sind einige Erläuterungen gegeben.

Remerciements

Ce travail n'a été rendu possible que grâce à l'aide des Stations d'Amélioration¹ des Conifères et de Sylviculture et d'Ecologie de la Pinède Landaise ; que tous les membres qui nous ont apporté leur appui en soient vivement remerciés.

Références bibliographiques

- I.N.R.A., 1963. L'eau et la production végétale.
- LARSON P. R., 1960. A physiological consideration of springwood, summerwood transition in Red Pine. *Forest Science*, 6, 110-2.
- OKSBJERG E. B., 1962. Some phenomena associated with pruning. *Forestry*, vol. XXXV, n° 1, 77-80.
- POLGE H., 1966. 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 Docteur ès Sciences Appliquées, Faculté des Sciences de l'Université de Nancy*, 27 juin.
- POLGE H., 1969. Densité de plantation et élagage de branches vivantes, ou pourquoi, quand et comment élaguer ? *Revue Forestière Française*, XXI, n° Spécial « Sylviculture », 451-465.
- POLGE H., GARROS Simone, 1971. Influence de défoliations sur la structure du bois de pin maritime. *Annales des Sciences Forestières*, 28 (2), 195-206.
- TORREY J. G., PHILLIPS D. A., 1974. Hormonal interactions between root and shoot : the root as site of hormone synthesis. In *Ecology and physiology of root growth. II Internationales Symposium Postdam*, Sept. 1971, Akademik Verlag, Berlin.
- SKENE K. G. M., 1975. — Cytakin production by roots as a factor in the control of plant growth. In *The development and function of roots*. J. G. Torrey and D. T. Clarkson, Academic Press, London, New York, San Francisco.
- WAREING P. E., 1958. The physiology of cambial activity. *Journal of the Institute of Wood Science*, 1, 34-42.
- WODZICKI T., 1964. Photoperiodic control of natural growth substances and wood formation in larch (*Larix decidua*). *J. Exp. Bot.*, 15, 584-99.