



HAL
open science

Densité de plantation et élagage de branches vivantes, où pourquoi, quand, comment élaguer ?

Hubert Polge

► To cite this version:

Hubert Polge. Densité de plantation et élagage de branches vivantes, où pourquoi, quand, comment élaguer ?. Revue forestière française, 1969, 21 (S), pp.451-466. <10.4267/2042/20329>. <hal-03385635>

HAL Id: hal-03385635

<https://hal.science/hal-03385635v1>

Submitted on 19 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

DENSITE DE PLANTATION ET ELAGAGE DE BRANCHES VIVANTES OU POURQUOI, QUAND, ET COMMENT ÉLAGUER ?

H. POLGE

Class. Oxford 245.1 : 815.4 : 245.17

Depuis un demi-siècle les densités de plantations ne cessent de diminuer dans les reboisements français, et il n'est pas rare de voir utiliser aujourd'hui 1 000 plants à l'hectare là où naguère 10 000 auraient été jugés indispensables.

De plus, la pénurie de main-d'œuvre forestière et les difficultés de plus en plus grandes qu'il y a à trouver preneur pour les produits des premières éclaircies risquent de rendre irréversible cette tendance à de plus larges espacements, d'ailleurs favorisée par le Fonds Forestier National.

Qu'on le déplore, ou que l'on s'en réjouisse, on se trouve ainsi placé devant une modification fondamentale, bien que peut-être inconsciente, de la politique forestière, puisque l'on est en train de passer de la culture de peuplements à la culture d'arbres.

Devant cet état de choses, il convient, semble-t-il, tout d'abord de faire le bilan des modifications de toute nature qu'entraîne la réduction du nombre de plants à l'hectare, puis de voir dans quelle mesure l'élagage de branches vivantes permet de pallier tout ou partie des inconvénients qui peuvent en résulter.

COMPARAISON ENTRE PLANTATION DENSE ET PLANTATION CLAIRE NON ÉLAGUÉE

Nous n'avons malheureusement en France que peu de renseignements valables sur l'influence de la densité de plantation sur la qualité ou la quantité de bois produit, le premier dispositif expérimental sérieux implanté pour étudier ces diverses actions étant, semble-t-il, celui assis par J. PARDE en forêt d'Amance en 1957, dont une première analyse sera faite prochainement dans cette revue.

Mais il existe un certain nombre d'expériences étrangères qui, bien que consacrées à d'autres espèces poussant dans d'autres conditions de station, ont abouti à des résultats suffisamment concordants pour que le risque pris en les extrapolant aux reboisements français ne soit pas déraisonnable.

Importance relative du houppier et grosseur des branches

Il ressort des résultats publiés par KRAMER (1960 et 1966), joints à des observations que nous avons pu faire sur les témoins de diverses places d'expérience d'élagage, que le phénomène de dépérissement des branches basses dans les plantations denses et dans les plantations claires présente une allure semblable à celle indiquée sur les schémas de la figure 1, établis en supposant que les hauteurs totales atteintes aux divers âges sont indépendantes de l'écartement entre plants (ce qui, on le verra plus loin, n'est vrai qu'en première approximation).

Ces schémas donnent, en ordonnées, la hauteur de la partie vivante du houppier, et en abscisses (entre les deux courbes) la durée de vie des branches vivantes aux divers niveaux ; comme on pouvait s'y attendre, le dépérissement des branches commence beaucoup plus tard dans les plantations claires ; par la suite, la vitesse à laquelle il se produit y demeure plus faible, en sorte que le houppier y occupe toujours une place relative plus importante, et que la durée de vie des branches aux différents niveaux y est beaucoup plus longue.

Les dimensions maximales qu'elles sont susceptibles d'atteindre sont, en conséquence, plus élevées, et tous les résultats publiés jusqu'ici le confirment, qui font apparaître une augmentation du diamètre des branches à hauteur d'homme variant de 4 à 8 mm par mètre d'espace-ment supplémentaire (voir à ce sujet CROMER et PAWSEY, 1967 - GRAH, 1960 - STIELL, 1964 et 1966 - WARDLE, 1967). Cependant, le fait mérite d'être noté, cet accroissement ne s'avère, en aucun cas, supérieur, en valeur relative, à celui dont ont bénéficié les tiges elles-mêmes.

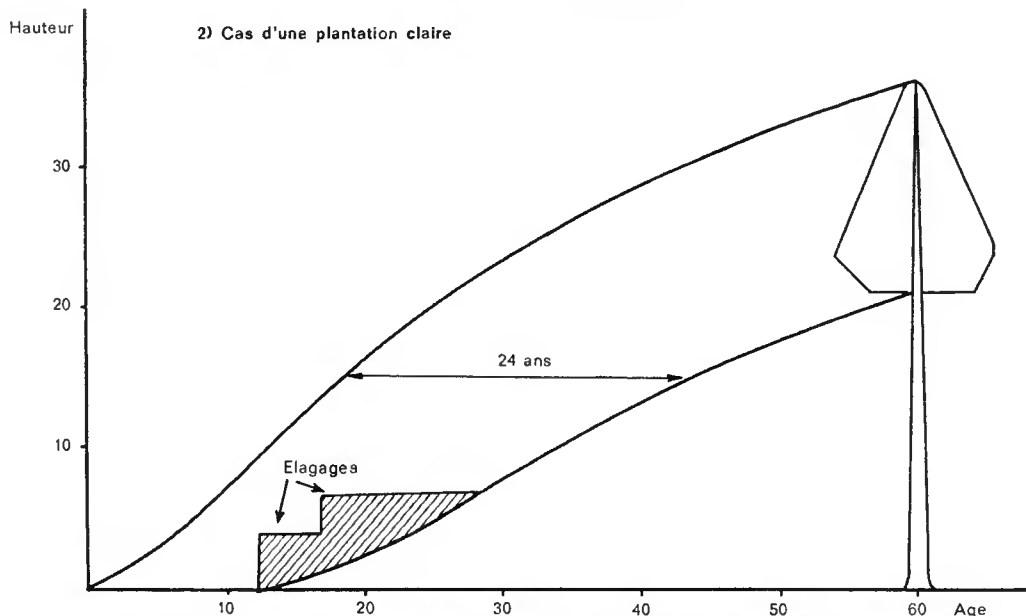
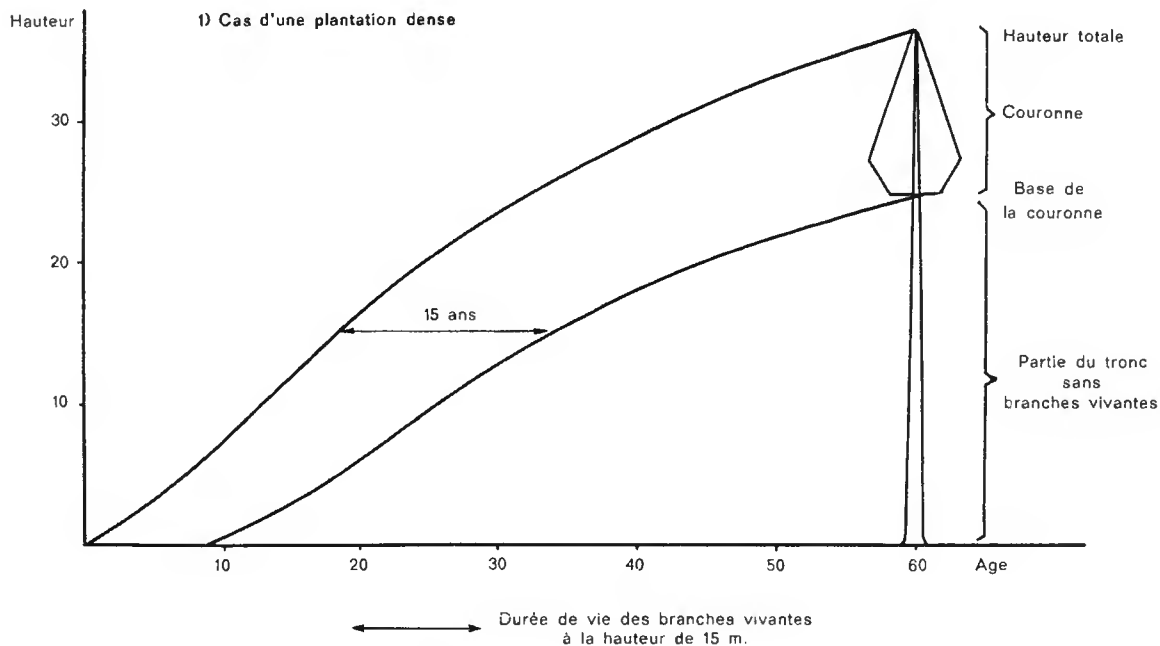


Figure 1 : Développement dans le temps de la cime vivante d'un résineux à croissance rapide.

Qualité du bois

La qualité du bois produit dans les plantations à large espacement non élaguées se trouve considérablement détériorée d'un quadruple point de vue : présence de nœuds de plus grosse taille, bois juvénile plus important, conicité accrue et plus grande largeur des cernes.

Nœuds

Il résulte des considérations ci-dessus que l'on trouvera dans les produits extraits des plantations à large espacement, des nœuds vifs de beaucoup plus grande taille que dans les plantations denses.

Malgré un certain engouement actuel pour les bois nouveaux considérés comme plus décoratifs, il est sûr que, d'une façon générale, la nodosité entraîne des inconvénients graves à divers stades de l'exploitation (ébranchage, écorçage) ou de l'usinage (sciage, rabotage, mortaisage, toupillage) ; en outre, le fil du bois est obligatoirement dévié au voisinage des nœuds, ce qui peut occasionner des déformations localisées dans les produits finis ; enfin, dans la plupart des cas, la résistance mécanique est considérablement altérée par la présence de nœuds d'autant plus rapprochés les uns des autres qu'ils sont de plus grande taille.

Il convient cependant de signaler que, lorsque l'élagage naturel commence à se produire, la vitesse de cicatrisation des plaies augmente avec la rapidité de croissance et que, par suite, le risque d'infection est plus réduit dans les plantations claires.

Bois juvénile

On appelle ainsi le bois de médiocre qualité technologique (faible densité, et surtout retrait longitudinal relativement important) qui est formé au niveau de la partie vivante de l'arbre et qui est donc d'autant plus étendu que le dépérissement des branches inférieures tarde plus longtemps à se produire.

Les problèmes du bois juvénile, qui sont par suite aggravés dans les cas des plantations claires ont fait l'objet de nombreuses publications, notamment par ZOBEL (1959) et PAUL (1960) ; une étude lui a été consacrée dans cette revue (POLGE, 1964).

Cylindricité

Du fait de la plus grande durée de vie des branches à la partie inférieure, les arbres plantés à grand espacement conservent plus longtemps des cernes d'épaisseur à peu près égale tout au long de la tige, et ceci explique qu'ils soient beaucoup plus coniques que ceux des plantations denses ; c'est là un défaut sérieux car il en résulte une augmentation du pourcentage de déchets, quelles que soient les utilisations ; de plus, certains emplois particulièrement rémunérateurs (poteaux de lignes) sont interdits lorsque le défilement des grumes est trop élevé. Peu de renseignements chiffrés existent à ce sujet, mais BRAMBLE, COPE et CHISMAN (1949) ont rendu compte de différences importantes de cylindricité dans des dispositifs expérimentaux de *Pinus resinosa* plantés à divers espacements, le coefficient de forme (il s'agissait, dans le cas particulier, du rapport du diamètre à mi-distance entre la hauteur d'homme et le bourgeon terminal au diamètre à hauteur d'homme) passant à l'âge de 25 ans de 0,662 dans les poteaux à 3 m \times 3 m, à 0,718 dans ceux à 1,5 m \times 1,5 m.

Largeur des cernes

Les plantations à grand espacement produisent du bois à accroissements larges (même lorsqu'a cessé la période de formation du bois juvénile) ; c'est là un défaut dans la plupart des cas, puisqu'il en résulte le plus souvent la production de bois moins dense et à hétérogénéité plus marquée.

Il existe cependant des exceptions, comme le douglas, essence pour laquelle la densité du bois dépend assez peu de la largeur des cernes, ou comme le Pin Weymouth qui est un bois homogène quelle que soit la vitesse de croissance de l'arbre.

Croissance en hauteur

Une opinion très répandue voudrait qu'en raison de la concurrence plus vive qui s'exerce dans les peuplements denses, les tiges répondent à une sorte d'appel vers la lumière, en y atteignant de plus grandes hauteurs.

Il n'en est absolument rien, et toutes les comparaisons faites jusqu'ici à partir de dispositifs expérimentaux valables font, au contraire, apparaître, sauf peut-être durant les dix premières années, une croissance en hauteur supérieure pour les plantations les plus claires, même lorsque l'on ne prend en compte que les dominants et les co-dominants.

Ceci est vrai, aussi bien pour l'*Epicéa* commun à 44 ans (VANSELOW, 1956) que pour le Douglas à 27 ans (EVERSOLE, 1955) pour *Pinus resinosa* à 30 ans (BYRNES et BRAMBLE, 1955) ou *Cryptomeria japonica* à 40 ans (KANO, 1968).

Production en volume

Dans ce domaine également, on observe une concordance remarquable dans les résultats publiés jusqu'ici, quelle que soit l'essence ou la station étudiée : l'abaissement du nombre de plants à l'hectare conduit à une diminution de la production totale ; mais, en contrepartie, la part relative des produits intermédiaires, de plus en plus difficilement vendables, se trouve, elle aussi, réduite, et une croissance plus rapide de l'ensemble des tiges permet d'obtenir plus tôt des arbres de plus fort diamètre, donc des produits plus rémunérateurs.

La figure 2 illustre parfaitement cet état de choses ; elle résume de façon schématique les enseignements à tirer de l'expérience sur *Pinus resinosa* déjà citée, et se passe, semble-t-il, de tout commentaire.

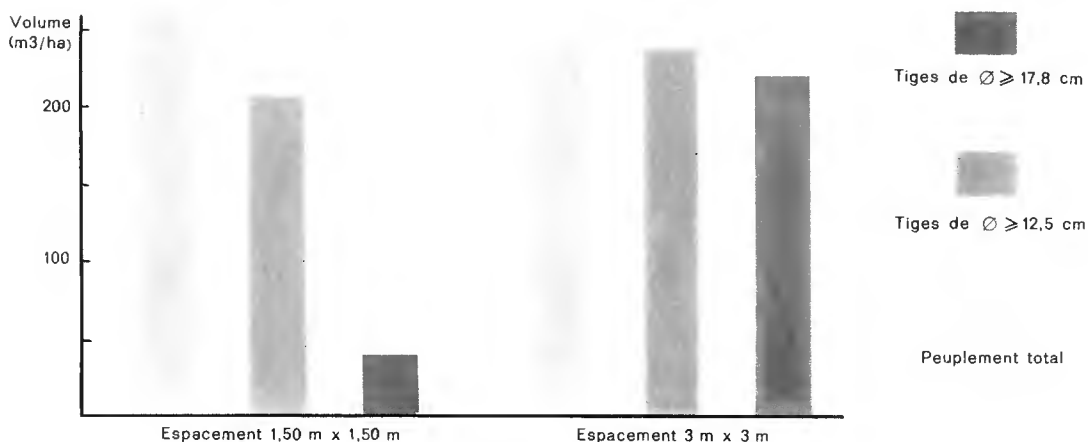


Figure 2

Mortalité

Le compte rendu de BYRNES et BRAMBLE (op. cit.) mentionne une mortalité (naturelle ou provoquée par une tornade particulièrement violente en novembre 1950) de 350 tiges à l'hectare au cours de la période 1947-1951 dans la plantation la plus dense (1,5 × 1,5 m), alors qu'elle était nulle dans le peuplement le plus clair (3 × 3 m) ; ils en concluent notamment que le risque de chablis augmente avec la densité de plantation à l'intérieur de la fourchette étudiée. Quant à l'expérience sur Douglas (EVERSOLE, op. cit.), elle fait apparaître une perte annuelle variant de 60 tiges par hectare pour un écartement de 1,2 m à 2 seulement dans les placeaux à 3,7 m.

Il convient cependant de souligner que, d'une façon générale, les peuplements denses sont beaucoup plus aptes à se refermer lorsqu'ils se trouvent entr'ouverts, alors que les vides qui se produisent dans une plantation claire risquent de demeurer béants jusqu'à la coupe définitive.

Autres effets de la densité de plantation

Parmi les conséquences diverses d'une réduction du nombre de plants utilisés à l'hectare il convient d'en mentionner deux : l'une et l'autre défavorables.

Tout d'abord, dans certains cas, la concurrence de la végétation herbacée et arbustive est telle qu'une opération de dégagement supplémentaire devient nécessaire lorsque l'on adopte de très larges espacements ; en contrepartie, il est vrai, de telles opérations peuvent facilement y être réalisées de façon mécanique, alors qu'il est souvent difficile de le faire dans les plantations denses.

Par ailleurs, la sélection des meilleures tiges qui s'opère de façon automatique par le jeu de la concurrence dans les peuplements serrés, et qui, de plus, est généralement favorisée lors des opérations d'éclaircie, ne joue plus dans le cas des plantations à faible densité : c'est là un fait important à souligner, car l'abaissement du nombre de plants utilisés à l'hectare

devrait s'accompagner d'une amélioration de leur qualité proprement génétique (en accordant par exemple, une plus grande importance au choix des provenances), ou d'un tri plus sévère des plants, puisqu'il a été démontré que les sujets, dont la croissance est la plus médiocre en pépinière, demeurent le plus souvent les moins productifs en plantation.

COMPARAISON ENTRE PLANTATION CLAIRE ÉLAGUÉE ET NON ÉLAGUÉE

Du fait de l'origine biologique de la plupart des inconvénients signalés plus haut en ce qui concerne les plantations claires, on peut, d'ores et déjà, prévoir que les plantations actuelles à large espacement ne fourniront des produits de qualité, sinon équivalente, tout au moins pas trop inférieure à celle des peuplements denses qu'à une condition : que l'on provoque, par une ablation plus ou moins intense de branches vivantes, des modifications de l'équilibre physiologique semblables à celles qui résultent, en sylviculture traditionnelle, de l'élagage naturel.

Voyons donc quels sont les effets de l'élagage sur les divers points énumérés plus haut :

Qualité du bois

Nœuds

L'ablation des branches entraîne ipso facto la disparition des nœuds dans les couches de bois formées postérieurement à cette opération ; cependant, l'épaisseur de bois net de nœuds n'est pas égale à la somme des accroissements annuels produits ultérieurement, car il faut tenir compte du temps mis par l'assise cambiale pour recouvrir complètement les chicots correspondants.

Bien que l'on recommande de sectionner les branches à enlever aussi près que possible du tronc, on est souvent amené à s'en écarter si l'on ne veut pas entailler les bourrelets importants que l'on trouve au point d'insertion des branches dans certaines essences résineuses exotiques à croissance rapide ; le temps nécessaire au recouvrement s'en trouve sensiblement allongé et la production de bois sans nœuds retardée d'autant.

Un autre point mérite d'être mentionné : la tendance que manifestent certaines espèces, comme l'Epicéa de Sitka, à former des gourmands dans la partie du fût mise à la lumière par suite de l'élagage ; ces gourmands ont une durée de vie limitée, mais il y a cependant intérêt à les faire disparaître artificiellement si l'on veut éviter qu'ils ne produisent à leur tour des nœuds, de taille réduite certes, mais néanmoins préjudiciables à certains usages.

Une question importante peut se poser : est-ce que le fait d'enlever brutalement une plus ou moins grande partie du houppier ne risque pas d'entraîner une croissance supérieure des dernières branches vivantes (donc de plus gros nœuds par la suite à ce niveau) ?

Une étude entreprise dans un dispositif expérimental d'élagage sur Douglas en forêt d'Amanche a confirmé les observations antérieures de Mc CONKEY (1965) suivant lesquelles il n'y a pas de différences significatives dans l'accroissement en diamètre de ces branches lorsqu'on les compare à celles des témoins situées aux mêmes niveaux.

Bois juvénile

L'enlèvement d'une proportion plus ou moins importante de la cime vivante entraîne, tout comme l'élagage naturel, la disparition automatique du bois juvénile dans toute la partie élaguée ; cette influence extrêmement bénéfique de l'élagage a été en particulier étudiée par GERISCHER et DE VILLERS (1963) qui ont mis en évidence, sur *Pinus radiata*, les changements suivants aussitôt après un élagage intense :

- augmentation du pourcentage de bois d'été (de 14 à 26 %)
- accroissement de la densité du bois (de 0,48 à 0,59 g/cm³)
- diminution de la fibre torse (de 4° à 3°)
- augmentation de la longueur moyenne des fibres (de 3 à 4 mm)
- diminution très significative du pourcentage de planches se gauchissant en cours de séchage.

Cylindricité

L'amélioration de la cylindricité à la suite de l'élagage de branches vivantes a déjà fait l'objet de plusieurs publications (POLGE, 1967 - KELLER, 1968).

Les expériences dont il a été rendu compte jusqu'ici ne sont cependant pas celles qui ont donné les résultats les plus spectaculaires.

Il semble en effet que l'amélioration de la cylindricité est d'autant plus marquée que l'accroissement des arbres en cause est plus rapide, et que la décroissance initiale est plus accusée ; de ce point de vue, une expérience mérite d'être citée : celle entreprise au printemps 1967 dans un peuplement mixte d'*Abies grandis* et de *Pseudotsuga menziesii* planté il y a une quinzaine d'années à un écartement de 5 m x 5 m (propriété de M^e GALLAIS à SAINT-CHRISTOPHE-DE-CHAULIEU - Calvados).

La décroissance moyenne initiale était, comme on pouvait s'y attendre, extrêmement élevée : 8,03 cm/m sur la circonférence entre 1,30 m et le point situé aux 2/3 de la hauteur totale pour le Douglas, et 8,55 cm/m pour le Grandis ; en deux saisons de végétation seulement, l'évolution suivant a été constatée en ce qui concerne la décroissance :

Pseudotsuga menziesii

Taux d'élagage :	50 %	35 %	20 %	0 %	(témoins)
Décroissance 1967 - Décroissance 1969	0,98	0,42	0,07	— 0,24	

Abies grandis

Taux d'élagage :	50 %	35 %	20 %	0 %	(témoins)
Décroissance 1967 - Décroissance 1969	0,88	— 0,09	— 0,75	— 0,80	

(Suivant les conventions généralement admises, les valeurs regroupées à l'intérieur d'une même parenthèse ne sont pas significativement différentes les unes des autres au seuil de 1 %).

On observe donc déjà, pour les deux essences, des différences très significatives entre les arbres élagués à 50 % et l'ensemble des autres :

- Pour le Douglas, il y a une nette amélioration de la cylindricité pour les deux taux d'élagage les plus élevés et une aggravation de la conicité chez les témoins ; le gain obtenu par l'élagage à 50 % atteint le chiffre considérable de 1,22 cm/m sur la circonférence.

- Pour le Grandis, la décroissance est demeurée à peu près stationnaire pour les arbres élagués à 35 % ; elle s'est fortement aggravée pour les arbres de la catégorie 20 % et pour les témoins, et elle s'est tout aussi fortement améliorée pour les arbres élagués à 50 %, le progrès chez ces derniers atteignant, par rapport aux témoins, 1,66 cm/m.

Aucune diminution significative de la longueur des pousses terminales ne s'étant manifestée, l'amélioration de la forme des arbres à la suite des opérations d'élagage est d'ores et déjà assez frappante.

Sur la figure 3 ont été regroupées les photographies faites successivement avant élagage, immédiatement après celui-ci et au bout de deux ans, de deux Douglas et d'un Grandis. Les différents

ABIES GRANDIS

PHOTO THIERCELIN

Figure 3

2 ans après élagage ►

▼ Avant élagage



▼ Immédiatement après élagage



PSEUDOTSUGA MENZIESII
PHOTO THIERCÉLIN

Figure 3

2 ans après élagage ▶

▼ Avant élagage



▼ Immédiatement après élagage



PSEUDOTSUGA MENZIESII
PHOTO THIERCÉLIN

Figure 3

2 ans après élagage ▶

▼ Avant élagage



▼ Immédiatement après élagage



clichés ayant été pris du même point (sous la réserve de quelques déplacements minimes nécessités par le développement des arbres voisins formant écran), on peut constater tout d'abord que ce peuplement, à l'origine extrêmement clair, commence à se refermer et présente déjà un aspect forestier plus marqué ; de plus, les arbres eux-mêmes, caractérisés initialement par un port en boule, ont acquis maintenant un aspect satisfaisant grâce au jeu combiné d'un élagage assez sévère et d'une croissance qui demeure très vigoureuse.

Le recouvrement des plaies d'élagage est presque achevé deux saisons de végétation à peine après celui-ci.

Enfin, l'amélioration de la cylindricité est à ce point spectaculaire qu'elle est visible à l'œil nu sur les photographies.

Il est certes bien trop tôt pour tirer de ces indications des conclusions définitives, mais les progrès réalisés en très peu de temps sont considérables, et sans doute l'opinion que l'on se fera de cette expérience dans une dizaine ou une quinzaine d'années sera-t-elle différente de celle qui a pu prévaloir à l'origine !

Un autre résultat récent mérite d'être signalé : il concerne l'amélioration de la cylindricité obtenue sur des Peupliers en forêt domaniale de Retz au cours de la première année qui suit l'élagage ; le tableau résume les renseignements les plus intéressants recueillis dans cette expérience :

Taux d'élagage	Témoin (40 % environ)	50 %	60 %
Accroissement 1968 à 1,30 m en mm sur la circonférence :	66,9	61,7	50,1
Accroissement 1968 aux 2/3 de la hauteur totale en mm sur la circonférence :	60,5	65,4	71,9

C'est la première fois qu'une opération d'élagage entraîne une augmentation très significative de l'accroissement à la partie supérieure des arbres traités ; comme la différence entre la pousse terminale 1968 et celle de l'année 1967 est également significativement plus élevée pour les deux modalités d'élagage, on est amené à penser que, chez le Peuplier, l'abondance des réserves, liée à celle des cellules parenchymateuses, est telle qu'une réduction du volume des « parties prenantes » suffit à assurer, aux niveaux où les branches ont été conservées, un surcroît de vigueur extrêmement important.

Par ailleurs, ces observations sont à rapprocher des considérations théoriques développées par C. DEVEAUX dans le numéro 4, 1969, de cette revue, suivant lesquelles, en cas de déficit dans l'alimentation en eau, l'évapo-transpiration supérieure des arbres non élagués pourrait conduire à un déséquilibre tel qu'il entraînerait la fermeture des stomates ; la photo-synthèse serait alors arrêtée, et par suite, la croissance pourrait être inférieure à celle d'arbres plus fortement élagués.

Le fait qu'une diminution sévère de la croissance à hauteur d'homme va de pair avec cette augmentation aux niveaux supérieurs fait que l'amélioration de la cylindricité en une année a été, dans cette expérience, spectaculaire, puisque la décroissance sur la circonférence s'est abaissée de façon très significative de 4,0 cm/m pour les témoins à 3,8 cm/m pour les arbres élagués à 50 %, et à 3,4 cm/m pour ceux élagués à 60 %.

Largeur des cernes

La réduction de la largeur des cernes, que l'on constate à la partie inférieure du tronc dans les années qui suivent l'élagage, peut être considérée, du seul point de vue technologique, comme une évolution éminemment favorable, si l'on se souvient qu'il y a en général antinomie entre la vitesse de croissance et la qualité du bois ; la situation à laquelle on aboutit est d'autant plus satisfaisante que la bille de pied est la partie du fût qui fournit la production la plus rémunératrice ; pour le reste, on peut prendre d'autant plus facilement son parti du maintien d'accroissements larges dans le houppier que les surbilles ne peuvent en aucun cas donner des produits de choix.

Production

Il est certes trop tôt pour tirer des places d'expérience de la Station de Recherches sur la Qualité des Bois des renseignements chiffrés valables sur les pertes de production entraînées par l'élagage ; cependant, quelques observations de principe peuvent être faites, et quelques premières indications partielles fournies :

Tout d'abord, il y a lieu de bien prendre garde à ne pas estimer la perte de production en se basant, comme cela se faisait le plus souvent jusqu'ici, sur les seules mesures faites à hauteur d'homme, puisque l'on sait maintenant que même les élagages les plus sévères ne réduisent pratiquement pas la croissance en diamètre à la partie supérieure du houppier.

Les trois schémas de la figure 4 représentent une demi-coupe longitudinale radiale d'une bille de pied de longueur H, que l'on suppose avoir une forme tronconique entre les niveaux inférieur (hauteur d'homme) et supérieur (hauteur où l'accroissement des arbres traités redevient identique à celui des témoins); chacun d'eux correspond à une modalité de calcul différente de la perte de production.

Le premier se réfère à la méthode erronée à laquelle il est fait allusion ci-dessus (perte d'accroissement mesurée seulement à hauteur d'homme et considérée à tort comme identique à tous les niveaux); si l'on appelle C et c les circonférences respectives aux deux niveaux extrêmes, ΔC la diminution de l'accroissement sur la circonférence constatée à hauteur d'homme entre témoins et arbres élagués, la perte supposée ΔV_1 se chiffre (en négligeant le terme en ΔC^2) à :

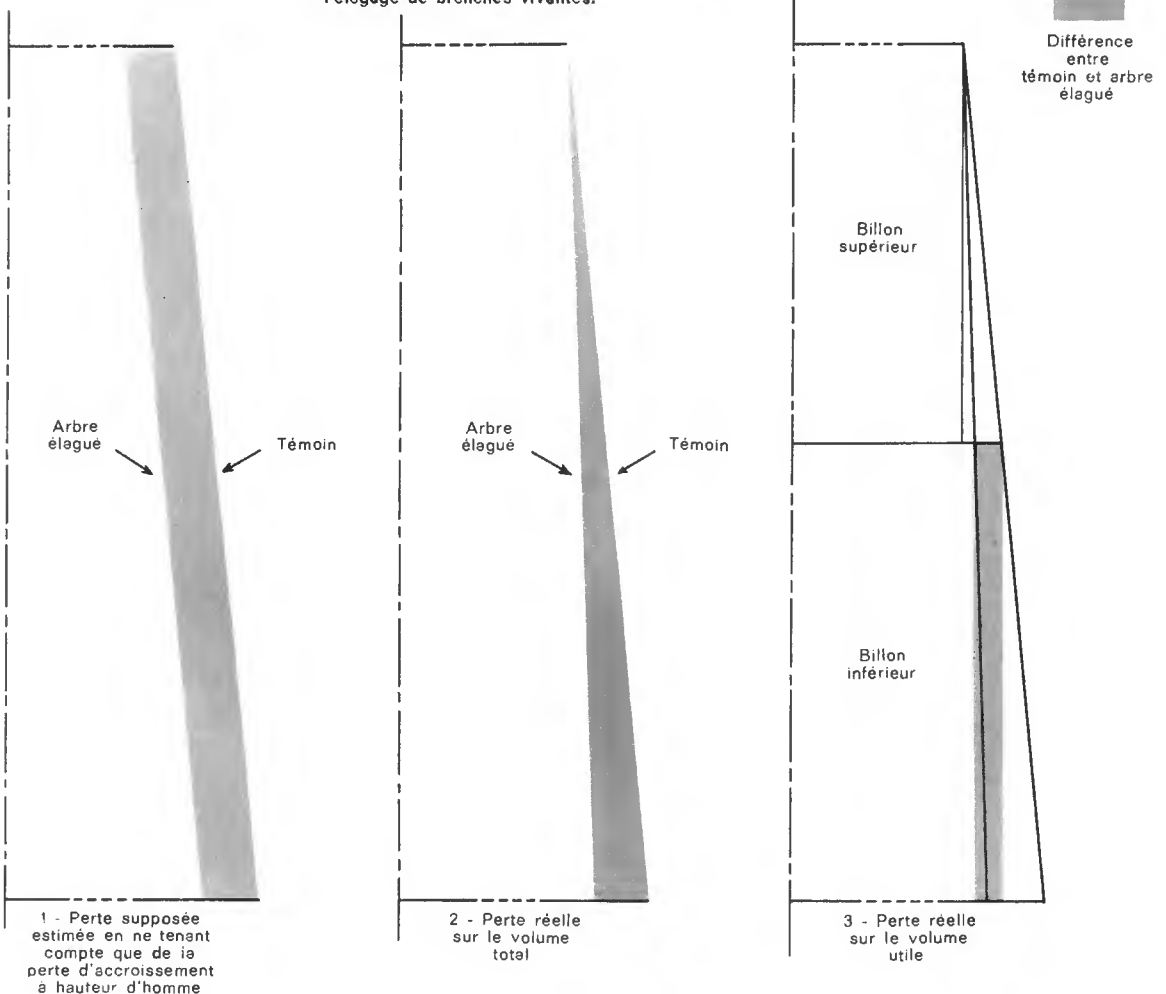
$$\Delta V_1 = \frac{H}{4\pi} \Delta C (C + c)$$

La modalité 2 correspond à la perte vraie sur le volume total ΔV_2 dont la valeur est :

$$\Delta V_2 = \frac{H}{6\pi} \Delta C \left(C + \frac{c}{2} \right)$$

Dans la modalité 3, on ne prend pas en considération le volume total, mais le volume effectivement employé par l'industrie dans le cas d'utilisations nobles (sciage ou déroulage); il est, en première analyse, délimité pour chaque billon par un cylindre ayant pour rayon celui de l'extrémité la plus petite (niveau supérieur), le surplus ne donnant que des chutes diverses : dosses, délignures, etc.

Figure 4 : Pertes de production réelles ou supposées dues à l'élagage de branches vivantes.



Sur le schéma de la figure 4, on a supposé, pour simplifier, que la bille de pied est découpée en deux billons égaux ; on voit qu'il n'y a aucune perte de volume utile pour le billon supérieur, et celle qui affecte le billon inférieur se limite à la partie pointillée (qui représente dans l'espace une couronne cylindrique ayant pour hauteur la demi-longueur de la bille de pied, et pour rayons, ceux des témoins et des arbres élagués au niveau H/2).

La perte réelle sur le volume utile se chiffre donc en fait à :

$$\Delta V_3 = \frac{H}{16\pi} \Delta C (C + c)$$

Pour préciser les idées, ces trois modes de calcul aboutissent, au bout de quatre ans, pour les arbres moyens du dispositif d'Epinal aux pertes de production suivantes entre témoins et arbres élagués à 50 % :

$$\begin{aligned} \Delta V_1 &= 0,052 \text{ m}^3 \\ \Delta V_2 &= 0,028 \text{ m}^3 \\ \Delta V_3 &= 0,013 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Les témoins ayant, durant ce laps de temps, gagné 0,1 m³, on voit que la perte effectivement subie ΔV_3 est très faible (13 % en valeur relative) et, de plus, il faut tenir compte du fait que l'écart entre témoins et arbres élagués va en s'estompant au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'année du traitement.

Un retour à la figure 1 permet de comprendre pourquoi l'incidence de l'élagage n'est finalement que peu de choses lorsqu'on arrive à l'âge d'exploitation :

La surface comprise entre les deux courbes donne une idée (doublement fausse, il est vrai, parce que non cumulative et limitée à un plan) de l'importance de la surface assimilatrice durant la vie de l'arbre ; on a supposé que l'on fait subir à celui-ci deux élagages successifs : l'un à 40 % lorsque la hauteur totale est de 10 m, l'autre à 50 % quand elle atteint 14 m ; malgré la sévérité de cette double intervention, la surface perdue de ce fait (surface hachurée) ne représente finalement que peu de choses par rapport à la surface totale.

Hauteur

La littérature forestière fait généralement état d'une influence négligeable de l'élagage sur la hauteur des arbres traités ; on doit cependant mentionner qu'au terme de quatre saisons de végétation, des différences significatives apparaissent dans l'expérience d'Epinal, puisque l'on a maintenant :

Taux d'élagage :	40 %	30 %	50 %	20 %	0 %
Somme des pousses en hauteur de 1966 à 1969	2,85	2,91	2,92	3,08	3,10

Les différences demeurent malgré tout faibles, et on peut considérer, en première analyse, que les pertes d'accroissement en hauteur occasionnées par l'élagage et les gains signalés comme résultant d'un plus grand espacement à la plantation se compensent.

POURQUOI ÉLAGUER ?

Quelles que soient les considérations accessoires qui peuvent intervenir dans le choix de tel ou tel type de sylviculture : préférence sentimentale pour les plantations denses qui donnent naissance à des peuplements d'aspect très voisin de celui de la forêt naturelle, préjugé favorable accordé aux fûts lisses des arbres sur lesquels un enlèvement précoce des branches basses a été pratiqué, l'option finale entre forte densité de plants d'une part, et faible densité assortie d'un élagage ultérieur de l'autre, devrait se baser essentiellement sur des considérations économiques.

Le problème est certes difficile à résoudre, car aussi bien les frais de plantation que la valeur des produits récoltés sont extrêmement variables selon les conditions locales, et aussi selon la conjoncture générale.

La comparaison très approximative, qui fait l'objet du tableau ci-contre n'est donc donnée ici que pour préciser les idées qui ont pu être développées plus haut ; elle est établie en se basant sur des chiffres moyens, et n'est valable que pour l'âge d'exploitabilité choisi (50 ans) qui est voisin de celui où l'accroissement moyen est maximum dans un peuplement de Douglas de deuxième ou troisième classe de productivité (DECOURT, 1967).

Année	Opérations effectuées	Plantation dense		Plantation claire		
		Dépenses	Recettes	Dépenses	Recettes	
N	Plantation et travaux annexes jusqu'à réussite du reboisement	Partie fixe 500				
		2 500 plants x 0,6	1 500	1 000 plants x 0,8	800	
N+15	Elagage 40 % (4 m) dans plantation claire			500 arbres x 0,6	300	
N+20	Nettoyement et première éclaircie non rentable dans plantation dense (pour mémoire)		50 m ³ x 0	0		
N+20	Elagage à 50 % (de 4 m à 7 m) dans plantation claire			500 arbres x 0,9	450	
N+30	Première éclaircie rentable dans plantation dense		50 m ³ x 20	1 000		
N+35	Enlèvement tiges non élaguées dans plantation claire				240 m ³ x 40	
N+40	Deuxième éclaircie dans plantation dense		150 m ³ x 30	4 500	9 600	
N+50	Coupe définitive		650 m ³ x 50	32 500	560 m ³ x 60	
					33 600	
N à N+50	Sommes des dépenses et des recettes	Non capitalisées 2 000	Capitalisées au prorata du nbre d'années jusqu'à coupe définitive (à 3,5 % à 5 %)	38 000	2 050	43 200
		11 170	40 840	9 524	49 680	
		22 930	42 484	18 507	53 558	

On peut faire les commentaires suivants :

Hypothèses de départ

On a décomposé les frais de plantation en une partie fixe (par exemple, travail du sol en plein, frais de clôture, de drainage, etc.) et une autre partie liée au nombre de plants utilisés à l'hectare ; cependant, même pour celle-ci, on a adopté un prix unitaire plus élevé pour la plantation claire (de manière à tenir compte notamment d'une possible opération de dégagement supplémentaire).

Pour les recettes, les prix unitaires au m³ ont été supposés proportionnels aux diamètres moyens, eux-mêmes estimés voisins de 15 cm pour la première éclaircie rentable, de 20 cm pour la deuxième, et de 30 cm pour la coupe définitive dans la plantation dense, de 25 cm pour les 500 tiges enlevées à 35 ans, et de 35 cm pour les 500 autres exploitées à 50 ans dans la plantation claire.

Cette relation linéaire correspond à peu près à la réalité dans la gamme de diamètre en cause ; elle avantage cependant la plantation dense, car on admet généralement qu'elle conduit à une certaine surestimation pour les plus faibles diamètres qui caractérisent, à âge égal, les peuplements issus des plantations denses. En outre, l'écart entre les prix unitaires adoptés pour la coupe définitive correspond certainement à un minimum car, aux plus fortes dimensions de l'arbre moyen dans la plantation claire, s'ajoute le fait que sur les 560 m³ en cause, 100 m³ (couche d'épaisseur minimale 15 cm sur 7 m de longueur) sont constitués de bois de premier choix net de nœud.

Résultats

Les dépenses non capitalisées sont à peu près équivalentes dans les deux cas, mais les investissements à faire pour une plantation à plus fort écartement, et pour l'élagage qui doit obligatoirement y être pratiqué, sont plus échelonnés dans le temps, en sorte que, si l'on tient compte de l'intérêt de l'argent jusqu'à la coupe définitive, c'est la plantation dense qui coûte le plus cher.

Quant aux recettes, elles sont nettement plus importantes au contraire dans le cas de la plantation claire, et la supériorité des résultats financiers que celle-ci procure est d'autant plus marquée que l'on a adopté des taux d'intérêt plus élevés.

QUAND ÉLAGUER ?

Cette question peut se poser sous deux aspects : à quelle période de l'année doit-on pratiquer l'élagage, ou à quel âge cette opération doit-elle être entreprise ?

La première se rattache en fait à la crainte que l'on pourrait éprouver de voir les plaies d'élagage servir de porte d'entrée à des agents pathogènes lorsque cette intervention n'est pas pratiquée au bon moment. Dans les dispositifs expérimentaux de la Station, les traitements ont toujours été faits en période d'arrêt de la végétation, soit en automne, soit au printemps, et aucun dégât d'origine pathologique n'a jamais été observé, quelle que soit l'essence ou le taux d'élagage pratiqué. La littérature forestière est également rassurante à ce sujet puis-

que, même des ablations de branches vivantes réalisées en période de sève se sont avérées sans inconvénient pour l'état sanitaire des arbres traités, sauf peut-être pour l'Epicéa.

On peut donc, semble-t-il, élaguer à n'importe quelle époque de l'année, ce qui constitue un avantage considérable dans les régions où la main-d'œuvre forestière est rare, puisque ceci permet de procéder à ces traitements dans les moments où l'activité est faible dans les autres domaines, donc de recruter plus facilement des ouvriers permanents.

Lorsqu'on a le choix cependant, la période qui précède le départ de la végétation paraît la plus favorable, car l'entrée en fonctionnement de l'assise cambiale entraîne une cicatrisation plus rapide des plaies, qui sont, de plus, à ce moment, chez les conifères, très vite recouvertes par une pellicule de résine.

En ce qui concerne l'âge auquel on doit procéder aux opérations d'élagage, il n'y a pas de règle absolue puisque de nombreux facteurs, et en particulier la vigueur de croissance, sont à considérer ; on peut, selon les cas, donner la priorité à des considérations d'ordre physiologique ou technologique ; dans la première hypothèse, on tiendra surtout compte du pourcentage de cime vivante enlevée, de façon à obtenir une amélioration souhaitée de la cylindricité, allant de pair avec la production de cerne moins larges dans la bille de pied. Dans le deuxième cas, on partira du principe qu'il n'est pas opportun d'élaguer un arbre tant que le diamètre au niveau supérieur que doit atteindre cette opération ne dépasse pas un certain minimum, 10 cm par exemple ; au-dessous de ce seuil l'élagage n'est sans doute pas rentable si l'on ne l'envisage que sous le seul aspect de la production de bois sans nœud puisque, en tout état de cause, et quelles que soient les utilisations, la partie des grumes la plus près de la moelle ne fournit toujours, ne serait-ce qu'en raison de la courbure exagérée des couches annuelles, que des produits de médiocre qualité.

On pourrait craindre qu'un élagage plus précoce conduise à des dépenses plus importantes, parce que capitalisées pendant plus longtemps ; un tel raisonnement s'avère en général erroné, car on a alors affaire à des branches de plus faible section, ce qui réduit d'autant le prix de revient de l'opération, les temps d'élagage augmentant en gros comme le carré du diamètre des branches en cause.

COMMENT ÉLAGUER ?

Espèces à élaguer

Mis à part le Peuplier qui ne pose guère de problèmes, et certains feuillus (notamment Merisier, Sycomore...) sur lesquels peu d'expériences ont été entreprises jusqu'ici, l'élagage artificiel de branches vivantes présente surtout un intérêt pour les essences résineuses.

On peut dire qu'il est particulièrement rémunérateur lorsque l'une ou l'autre, ou mieux plusieurs des conditions suivantes se trouvent remplies :

- croissance très rapide (comme la plupart des essences résineuses exotiques),
- espoir de prix exceptionnellement élevés (bois de premier choix : Pin sylvestre de race noble par exemple),
- grande facilité des opérations d'élagage, comme c'est le cas pour le mélèze du Japon où le dessèchement des branches basses se produit très tôt, et où il est possible de faire tomber celles-ci sans effort et sans danger pour l'arbre à simples coups de bâtons.

Des profits particulièrement élevés peuvent être escomptés pour les essences dotées à la fois d'une grande vigueur de croissance et d'un bois homogène : Thuya, Chamaecyparis ou Pin Weymouth ; la rentabilité de l'élagage est plus douteuse pour les essences indigènes comme l'épicéa commun qui réagit assez mal à ce traitement (KELLER, 1968, op. cit.) et dont le bois n'est de plus pas trop fortement déprécié par la présence de nœuds qui sont le plus souvent adhérents et de petite taille.

Nombre d'arbres à élaguer à l'hectare

Quels que soient les progrès qui peuvent encore être réalisés en matière d'outillage, il y a de fortes chances pour que l'élagage demeure une opération relativement onéreuse ; pour cette raison, il est conseillé de n'élaguer que les arbres qui sont susceptibles de parvenir au terme de la révolution, puisque c'est sur eux que la couche de bois sans nœuds produite après l'élagage sera la plus épaisse ; d'une façon générale, on considère que, de ce point de vue, il est raisonnable de n'élaguer que de 300 à 500 tiges à l'hectare suivant les essences et les âges d'exploitation prévus.

Hauteur d'élagage et périodicité

Dans le cas de l'élagage manuel, le coût du traitement augmente considérablement avec la hauteur, et devient, en particulier, très élevé dès lors que les outils ne peuvent plus être actionnés depuis le sol ; par ailleurs, il ne paraît pas opportun de pousser trop haut la hauteur d'élagage, car l'épaisseur utile de bois sans nœuds diminue alors du fait de la réduction du rayon de courbure ; pour ces raisons, une hauteur totale de 6 à 7 m paraît correspondre à

la rentabilité la plus élevée ; elle ne saurait cependant être atteinte en une seule opération car, ou bien il faudrait attendre trop longtemps pour l'entreprendre, ou bien la perte de production risquerait d'être trop forte ; on est ainsi amené à procéder à plusieurs élagages successifs dont il n'y a cependant pas lieu de multiplier le nombre car le traitement comporte, en sus du temps de travail effectif, certains temps morts : déplacement d'un arbre à l'autre, repérage de la partie à élaguer, positionnement des outils, etc. qui sont indépendants de la hauteur élaguée. En outre, dans un arbre élagué à plusieurs reprises, la partie de bois sans nœuds est formée d'une succession de manchons (voir figure n° 5), et il y a intérêt à ce que la longueur de chacun d'eux corresponde à une unité de tronçonnage de la bille de pied, si l'on veut obtenir le meilleur rendement en bois net de nœuds.

Compte tenu de ces facteurs divers, l'élagage en deux temps, tel que celui schématisé sur la figure 1, paraît raisonnable pour des résineux à croissance rapide.

On commence par un traitement à 40 % lorsque l'arbre atteint 10 m (on laisse donc 6 m de cime vivante) et on le fait suivre par un élagage à 50 % quand 4 m de pousse en hauteur supplémentaire ont été constatés (la longueur de houppier conservé atteint à ce moment 7 m). Des arbres élagués à 50 % paraissent, il est vrai, assez squelettiques aussitôt cette opération réalisée, mais, après quelques saisons de végétation, ce sont souvent ceux dont l'aspect est le plus satisfaisant, les taux d'élagage diminuant très rapidement du fait des pousses en hauteur ultérieures.

Voici par exemple les taux constatés dans l'expérience d'Epinal au bout de quatre ans :

Taux d'élagage initial	20	30	40	50
Taux correspondant après quatre saisons de végétation	15	22	30	37

Lorsque l'on est uniquement préoccupé par le problème des nœuds, la considération qui prévaut n'est pas celle du taux d'élagage (lié à la hauteur), mais celle du diamètre minimum en-dessous duquel la production de bois net de nœuds ne présente pas d'intérêt ; dans ce cas, il est logique de se fixer un même diamètre limite pour le deuxième billon élagué que pour le premier, autrement dit, on doit avoir (figure 5) $D_2 = D_1$; le meilleur moyen d'y parvenir est alors, une fois choisie la hauteur totale d'élagage, de suivre la croissance en diamètre à ce niveau, et d'intervenir lorsque le seuil adopté est atteint.

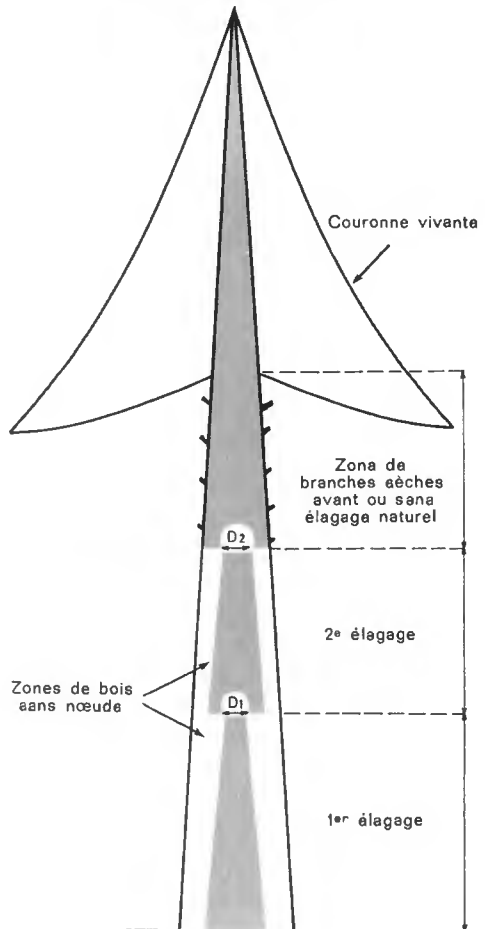


Figure 5



Robot élagueur
PHOTO FICHEL & SACHS

Outils d'élagage

Le robot-élagueur, apparu sur le marché il y a quelques années, a jusqu'ici surtout fait l'objet de critiques ; cependant, dans une étude publiée dans cette revue. DE LA FOUCHARDIERE (1968) mentionne quelques essences, en particulier Epicéa de Sitka, où cet appareil travaille de façon satisfaisante et rentable ; il signale également quelques transformations susceptibles d'en étendre l'emploi ; les unes sont déjà réalisées, par exemple la mise en place d'une butée de caoutchouc empêchant la lame de couper les bourrelets situés au point d'insertion des branches, ou d'entailler l'écorce lorsque la tige n'est pas parfaitement rectiligne ; les autres sont à l'état de projets, ainsi la pose sur les pneus-moteurs de pointes d'acier, type anti-verglas, pour éviter que le robot ne patine sur le tronc après avoir fait éclater les poches de résine que l'on trouve sur le Grandis ou sur le Douglas.

Quoi qu'il en soit, il semble que, pendant longtemps encore, la plupart des élagages se feront manuellement.

La solution scie égoïne recourbée sans cadre paraît, de ce point de vue, la plus satisfaisante, et le modèle mis au point à la Station et déjà décrit dans cette revue (POLGE, 1967, op. cit.), continue à avoir notre préférence ; il n'est malheureusement pas commercialisé, ce qui a empê-

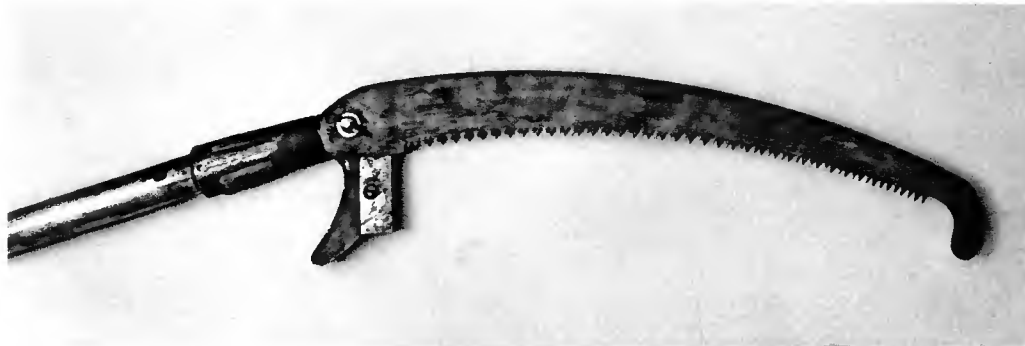


Figure 6 - Scie égoïne

PHOTO THIERCELIN

ché de donner satisfaction aux nombreux lecteurs qui s'y sont intéressés; cependant, un outil assez semblable, d'origine suédoise, a fait récemment son apparition en France : il s'agit de la scie ORSA (1) (figure 6) ; elle présente, comparée à la précédente, trois inconvénients ;

— le crochet en bout de lame est trop long et risque de buter sur les branches voisines, dans le cas de verticilles serrés, ce qui réduit d'autant la course utile de la lame (mais il est facile de le raccourcir par simple meulage).

— un système d'inclinaison variable à trois positions est bien prévu, mais il est inutilisable, parce que pas assez progressif, les deux positions extrêmes étant, l'une pas assez, et l'autre trop inclinée par rapport au manche,

— la largeur de la lame est trop faible, ce qui rend l'outil très léger et très maniable, mais provoque des vibrations lorsque l'effort à fournir devient trop important.

C'est cependant, semble-t-il, à l'heure actuelle l'outil commercialisé le plus satisfaisant pour l'élagage des résineux.

(1) Importateur en France : Ets Camille DREYFUS - 24, rue Saulnier - PARIS (11^e).

Hubert POLGE

Ingénieur en chef du G. R. E. F.
Directeur de la Station de recherches
sur la qualité des bois

14. Rue Girardet
54 - NANCY

BIBLIOGRAPHIE

- BRAMBLE (W.C.), COPE (H.N.) et CHISMAN (H.H.) — Influence of spacing on growth of red pine in plantations. *Journal of Forestry*, vol. 47, no 9, september 1949, pp. 726-732.
- RYRNES (W.R.) et BRAMBLE (W.C.). — Growth and yield of plantation-growth red pine at various spacings. *Journal of Forestry*, vol. 53, no 8, august 1955, pp. 562-565.
- CROMER (D.A.N.) et PAWSEY (C.R.). — Initial spacing and growth of *P. radiata*. *Forst and Timber Bureau — Canberra, Bulletin*, n° 36, 1957.
- DECOURT (N.). — Le douglas dans le Nord-Est du Massif Central. Tables de production provisoires. *Annales des Sciences Forestières*, vol. 24, no 1, 1967, pp. 45-84.
- EVERSOLE (K.R.). — Spacing tests in a Douglas Fir plantation. *Forest Science*, vol. 1, no 1, 1955, pp. 14-18.
- GERISCHER (G.F.R.) et DE VILLERS (A.M.). — The effect of heavy pruning on timber properties. *Forestry in South Africa*, no 3, octobre 1963.
- GRAH (R.F.). — Effects of initial stocking on financial return from young growth Douglas Fir. *Hilgardia*, vol. 29, no 14, april 1960, pp. 613-679.
- KANO (T.). — On the external appearance of Sugi (*Cryptomeria japonica*). Stems from the planted forest grown with different silvicultural treatment. *Bulletin of the Government Forest Experiment Station*, Tokio, n° 212, mars 1968.
- KELLER (R.). — L'élagage artificiel de branches vivantes sur résineux. *Revue Forestière Française*, no 8-9, juillet-août 1968, pp. 458-472.
- KRAMER (H.). — Kulturverbandsversuche. *Der Forst und Holzwirt*, no 23, 1 dezember 1960, pp. 496-500 ; n° 24, 16 dezember 1960, pp. 512-518.
- KRAMER (H.). — Crown development in conifer stands in Scotland as influenced by initial spacing and subsequent thinning treatment. *Forestry*, volume XXXIX, n° 1, 1966, pp. 40-58.
- LA FOUCHARDIERE (G. de). — Une expérience d'élagage mécanique. *Revue Forestière Française*, no 7-8, juillet-août 1968, pp. 497-500.
- Mc CONKEY (Th. W.). — Pruning open-grown black cherry. — *U.S. Forest Service Research, Note NE-27*, 1965.
- PAUL (Benson H.). — The juvenile core in conifers. *Forest Products Laboratory, Forest Service, U.S. Department of Agriculture*, vol. 43, no 1, 1960.
- POLGE (H.). — Le bois juvénile des conifères. *Revue Forestière Française*, n° 6, juin 1964, pp. 474-505.
- POLGE (H.). — Premiers résultats de l'expérience d'élagage de branches vivantes d'Epinal. *Revue Forestière Française*, n° 8-9, août-septembre 1967, pp. 530-546.
- STIELL (W.M.). — Twenty-year growth of Red pine planted at three spacings. *Department of Forestry, Canada, Publication*, n° 1045, 1964.
- STIELL (W.M.). — Red Pine growth development in relation to spacing. *Department of Forestry, Canada, Publication*, n° 1145, 1966.
- VANSELOW (K.). — Einfluss des Pflanzenverbandes auf die Entwicklund reiner Fichtenbestände. *Forstwissenschaftlichen Centralblatt*, n° 7-8, juillet-août 1956, pp. 193-207.
- WARDLE (P.A.). — Spacing in plantations. *Forestry*, vol. XL, n° 1, 1967, pp. 47-69.
- ZOBEL (B.J.), WEB et HENSON (F.). — Core or juvenile wood of loblolly and slash pine trees. *Tappi*, vol. 42, 1959, pp. 345-356.