

29



Environnement
Canada

Environment
Canada

Service
des Forêts

Forestry
Service

INFLUENCE DES DIMENSIONS DU CONTENANT SUR LA CROISSANCE DES SEMIS DE *PICEA MARIANA*

par Michel Boudoux



CENTRE DE RECHERCHES FORESTIÈRES DES LAURENTIDES
RÉGION DE QUÉBEC, QUÉBEC
RAPPORT D'INFORMATION Q-F-X-32

JANVIER 1973

INFLUENCE DES DIMENSIONS DU CONTENANT SUR LA
CROISSANCE DES SEMIS DE PICEA MARIANA

par Michel Boudoux

CENTRE DE RECHERCHES FORESTIÈRES
DES LAURENTIDES
RÉGION DE QUÉBEC, QUÉBEC
RAPPORT D'INFORMATION Q-F-X-32

JANVIER 1973

TABLE DES MATIÈRES

	PAGE
NOTE PRÉLIMINAIRE	3
RÉSUMÉ	4
ABSTRACT	5
INTRODUCTION	6
OBJECTIFS	8
MATÉRIEL ET MÉTHODES	9
Modèle du contenant	9
Dispositif expérimental	9
RÉSULTATS ET DISCUSSION	11
CONCLUSIONS	18
REMERCIEMENTS	19
Tableau 1	20
Tableau 2	21
Tableau 3	22
BIBLIOGRAPHIE	23
Figure 1	27
Figure 2	28

NOTE PRÉLIMINAIRE

Une version anglaise de ce texte a fait l'objet d'une conférence prononcée au Symposium de Kananaskis (1971). On en trouvera le compte rendu dans le "Directorate of program coordination, Information Report DPC-X-2", édité par R.M. Waldron (1972), sous le titre "Optimum Container Size, by M. Boudoux", page 142 et sq.

RÉSUMÉ

L'influence des dimensions du contenant sur la croissance des semis de Picea mariana a été étudiée. Des semis de 18 semaines ont été élevés en chambre de croissance dans 22 modèles différents de contenant. L'étude subséquente des plants a permis d'établir que le diamètre et la hauteur du contenant exerçaient une influence significative et différenciée sur la croissance des semis.

ABSTRACT

The effect of the container's dimensions on the growth of seedlings of Picea mariana were investigated. Containers belonging to 22 size groups were used for the culture of seedlings in a growth chamber during periods of 18 weeks. Statistical analysis of the results indicated that the diameter and height of the container influence differentially and significantly the growth of the tubelings.

INTRODUCTION

Les travaux de reboisement font de plus en plus appel aujourd'hui aux semis élevés en contenants. Cette méthode est intéressante dans tous les sites à reboiser où l'emploi des plants à racines nues est aléatoire: soit parce que la surface de boisement est difficile d'accès aux planteuses (Carman, 1967), soit parce que les conditions de milieu sont rudes (Ackerman, 1965).

Depuis une dizaine d'années, de nombreux types de contenants ont été essayés, à partir des tubes en bambou (Cimatu, 1962), jusqu'aux cylindres d'aluminium (Valentin, 1967). Les recherches dans ce domaine ont surtout porté sur la matière constitutive du contenant: feuilles de polythène (Fuller, 1961; Dureuil, 1965; Monjauze, 1956), carton (Chedzoy, 1967), tourbe (Delvaux, 1963), papier goudronné (Fuller, 1961), papier kraft (Jones, 1967), godet de zinc (Clauzure, 1956), bois déroulé (Barnard et Beveridge, 1957). Actuellement, les tubes de styrène (Carman, 1967; Arnott, 1971) et les cartouches de plastique (Walters, 1968) semblent s'imposer pour les travaux de grande envergure, en raison des possibilités d'automation qu'ils offrent.

Parmi les nouveaux modèles à l'étude, mais ayant déjà donné des résultats intéressants, il faut signaler les blocs de styrofoam mis au point par Kinghorn et ses collaborateurs en Colombie Britannique (Vyse, 1971; Matthews, 1971; Bonin, 1972)

ainsi que le procédé d'extrusion (Mitchell, 1971). On trouvera une excellente bibliographie de ces différents types de plantubes dans le travail de Gingras (1972).

Néanmoins, quels que puissent être les avantages de ces contenants, de nombreux auteurs ont mis en évidence certains inconvénients majeurs, tels que le déchaussement du tube à la fin de l'hiver (Fraser, 1969), l'enroulement des racines au fond de la cartouche (Raets, 1961; Harris, 1967), et le pourcentage parfois élevé de mortalité (Hall, 1969; Dixon et Johnson, 1969). Il semble bien que les échecs rencontrés ne proviennent pas de la méthode en elle-même, mais bien du fait qu'un certain nombre de questions, parfois fondamentales, n'ont pas encore été résolues d'une manière satisfaisante. Ainsi que le remarquait déjà Ackerman (1965), il est des plus urgent qu'une recherche soit entreprise afin de déterminer quel doit être, pour chaque essence et dans chaque milieu, le contenant idéal, tant au point de vue de la forme que du point de vue des dimensions.

Dans cette optique, nous avons tenté de définir si les dimensions (hauteur et diamètre) du contenant pouvaient avoir une influence sur le développement du semis. Laissant provisoirement de côté la question de la reprise sur le terrain, nous avons préféré étudier d'abord la relation entre ces dimensions et le développement aérien et radiculaire du semis. En effet, il est évident que cette question est primordiale: un semis de dix-huit

semaines a d'autant plus de chances de reprises - toutes autres conditions étant égales - si durant ses premiers mois il a pu développer une tige suffisamment élevée et un système racinaire qui lui permette d'utiliser au maximum le volume de terre mis à sa disposition. A ce propos il est important de noter que durant les premiers temps de plantation, le contenant constitue pour le semis un microsite, ayant son propre bilan hydrique (Clauzure, 1956), son propre potentiel nutritif et, d'une certaine façon, son propre microclimat.

OBJECTIFS

Des expériences préliminaires ainsi qu'une revue approfondie de la littérature nous avaient suggéré que la croissance des semis était liée au volume de substrat à la disposition des racines. Paradoxalement, il n'était pas possible, dans le cas de Picea mariana de relier ces deux aspects par une équation de régression suffisamment significative. Aussi avons-nous été amenés à formuler l'hypothèse suivante, à savoir que ce n'était pas tant le volume comme tel qui influençait la croissance, mais bien la façon dont ce volume de substrat était organisé dans l'espace; en d'autres mots, le rapport existant entre la section horizontale du contenant et sa profondeur.

L'objectif de ce travail a donc été le suivant: tenter

d'établir la ou les relations existant entre les dimensions du contenant et le développement en milieu artificiel (chambre de croissance) des semis de Picea mariana.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Modèle du contenant

Etant donné nos objectifs, il nous fallait disposer d'un modèle de contenant pouvant être construit suivant différentes combinaisons diamètre: hauteur. Un tel contenant n'existant pas encore sur le marché, nous avons donc mis au point un nouveau modèle, fabricable, lui, dans n'importe quelle dimension. Il s'agit d'un tube de forme cylindrique, dont la paroi, constituée d'une feuille de bois de déroulage, est recouverte d'un film de plastique continu (Boudoux, 1969).

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental a été conçu en vue de l'analyse statistique des résultats.

Les tubes ont été fabriqués dans les dimensions suivantes (le premier chiffre représente le diamètre, les deux derniers la hauteur en cm): 1;07, 1;10, 1;13, 2;07, 2;10, 2;13, 3;07, 3;10, 3;13, 4;07, 4;10, 4;13, 5;07, 5;10, 5;13, 5;20, 5;25, 6;07, 6;10, 6;13, 6;20, 6;25. Ainsi le modèle 1;07 est un tube de 1 cm de

diamètre et de 7 cm de hauteur. Chacun des vingt-deux formats est représenté par un groupe de cinquante exemplaires répartis en cinq sous-groupes de dix. Le dispositif total comprend donc 1,100 tubes, répartis en 110 sous-groupes. Chaque tube a été rempli d'un mélange tourbe: terre: sable, dans les proportions 5:2:2 (pH = 6.1). Ce mélange a été stérilisé à la vapeur. Pour cette expérience nous avons dû nous limiter à étudier une seule essence, en l'occurrence l'épinette noire, Picea mariana (Mill. B.S.P.).

Afin de faciliter l'analyse ultérieure des résultats, les semis n'ont reçu aucun apport de fertilisant durant leurs 18 semaines de croissance. Il semble d'ailleurs certain que cela ne peut constituer un facteur limitant de croissance durant un laps de temps aussi restreint. Swan (1970), bien que travaillant sur du sable pur, signale le peu d'influence des solutions nutritives sur des semis de Picea mariana âgés de 16 semaines. Une étude préliminaire nous a indiqué que le pourcentage de germination des graines employées en plaque de Pétri était de 83%. Afin d'homogénéiser autant que possible la germination en tube, nous avons sélectionné des graines ayant toutes la même provenance et sensiblement le même poids (Ackerman, 1966). Les graines vides ont été préalablement écartées par flottage à l'éthyl-alcool (Morgenstern, 1969).

Les 110 sous-groupes ont été répartis au hasard dans des

caissettes de 12" x 12", dont le fond était constitué d'un treillis, assurant le bon écoulement des eaux excédentaires et empêchant les racines de sortir du tube.

Une fois ensemencés, les tubes ont été placés dans une chambre de croissance. On trouvera à la Figure 1 les différentes conditions de milieu maintenues constantes dans cette chambre. Durant leur germination, les semis ont été régulièrement traités avec une solution diluée de Captan 50-W (Cayford, 1967), afin de prévenir la fonte.

Après dix-huit semaines de croissance, les semis ont été retirés de la chambre de croissance et étudiés. Parmi les différentes mesures qui ont été prises sur chacun des 1,100 semis, nous avons retenu aux fins d'analyse les trois variables suivantes: hauteur de la tige - du collet au sommet - (H), longueur de la plus grande racine (L) et poids sec du système racinaire (P). D'autre part, on a considéré également certains rapports (densités d'enracinement) que l'on peut former au moyen des variables principales; ces rapports sont en effet des plus utiles dans la classification des semis (Boudoux, 1970).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

A titre indicatif, les valeurs moyennes des différents paramètres L, H, et P figurent au Tableau 1 en correspondance avec

les dimensions du contenant. C'est à la lumière de ce tableau qu'il est possible d'interpréter la Figure 1 dont nous parlerons plus loin.

Nous avons tenté de répondre en fait à trois questions: dans le cas de Picea mariana, les dimensions du tube influencent-elles le développement et la croissance du semis; quel est le type de relation qui existe entre les dimensions du contenant et le semis et, dans les limites de cette expérience bien sur, quelles seraient les dimensions optimales du tube?

En ce qui concerne la première question, on trouvera au Tableau 2 les résultats (test de F) de l'analyse de variance des paramètres principaux du semis: L, H, P, et des différentes densités d'enracinement, exprimées par P/d et P/h (où d et h sont respectivement le diamètre et la hauteur du contenant). Dans le cas des paramètres principaux L, H, et P, la hauteur du tube n'a d'influence significative que sur L. Ceci est néanmoins très important: en effet, les mesures ont été prises après dix-huit semaines de croissance; or, à cette époque, les racines venaient seulement d'atteindre le fond des tubes de 7 cm de haut. Par contre, dans les tubes plus grands, ($h = 10...25$ cm), la croissance radiculaire axiale fut beaucoup plus rapide et atteint parfois 20 cm. Ce qui pourrait être imputable à un meilleur bilan d'eau à l'intérieur du tube: les parois latérales étant imperméabilisées, la circulation de l'eau (irrigation vs évaporation) ne peut se

faire que suivant un gradient vertical. Une hauteur de tube accrue réduirait relativement les pertes par évaporation, ce qui expliquerait l'allongement de la racine sans qu'il y ait pour autant une forte augmentation de poids. La hauteur du tube s'avère donc propice à l'allongement des racines mais pas à la colonisation du volume de terre du tube. Farrar était déjà arrivé à la même conclusion (Farrar, 1960). Si l'accroissement aérien n'est pas modifié significativement par h, c'est que, en réalité, cet accroissement est lié à P, qui est lui tributaire d'une variation de d uniquement. L'analyse de variance indique très clairement que c'est le terme d qui a le plus d'effet sur la croissance des semis. Evans concluait en ce sens, bien que travaillant sur une toute autre essence, Callitris intratropica (Evans, R.W., Duyker, W.M., 1965). Cet effet n'a rien d'étonnant si on considère que la croissance, tant aérienne que racinaire est liée directement à la quantité de matières nutritives mises à la disposition du semis (Cornforth, 1968). Or le diamètre intervient au carré si l'on calcule le volume de substrat colonisable par les racines. De plus, le développement des racines secondaires se fait surtout latéralement. A une augmentation de diamètre correspondra donc un système racinaire mieux développé. D'ailleurs, même L est influencé par d. Dans cette optique, plutôt que d'attacher uniquement de l'importance au poids sec des racines comme tel, nous avons jugé préférable de considérer les différents gradients

d'enracinement qui découlent de ce poids sec. En effet, et nous citons (Cornforth, 1968, page 291): ... plants absorb only small proportions of some of the nutrients in soil... tandis que Wiersum (Wiersum, 1962) fait remarquer que la quantité d'éléments nutritifs absorbés par la plante ne dépend pas uniquement de la mobilité des ions dans le sol mais aussi de la densité de l'enracinement.

La densité d'enracinement (c'est-à-dire le poids sec de racine, P, par élément de tube) peut s'exprimer soit latéralement: P/d , soit axialement P/h , soit encore globalement P/V . Pour le deuxième de ces rapports, d agit significativement (Tableau 2). Une expérience précédente, quoique limitée à huit semaines de croissance (Boudoux, 1970), nous avait déjà indiqué que l'action de la hauteur (h) était négative, en ce sens qu'à un accroissement de hauteur chez le tube correspondait une densité d'enracinement moindre. L'équation proposée était alors: $P/h = .275 d - .026 h$ ($R^2 = .350$).

On verra plus loin qu'après 18 semaines de croissance, il est possible d'améliorer sensiblement cette corrélation.

Quant à la seconde question, nous avons essayé de nombreux modèles de régression afin de déterminer les types de rapports existant entre le semis et les dimensions du tube. Finalement nous avons retenu les sept équations figurant au Tableau 3 parce qu'elles s'ajustaient le mieux aux valeurs expérimentales. Remarquons en passant que l'on peut comparer ce tableau avec le Tableau 2:

dans les cas où la valeur "F" s'avérait non-significative, la valeur "r" (coefficient de corrélation partielle) est également non-significative. Une fois de plus, l'élément le plus important que l'on peut déduire du Tableau 3 est le comportement du facteur h (hauteur du tube): sa contribution, positive en ce qui concerne les valeurs H, L et P, devient négative lorsqu'on veut augmenter la qualité de l'enracinement. Ceci confirme bien les résultats des analyses de variance.

Finalement, définir les dimensions optimales du contenant revient à classer les semis suivant un ou plusieurs paramètres et voir quelles valeurs de h et de d optimisent ce ou ces paramètres. On a vu que H et L étaient tous deux reliés assez étroitement à P. En première approximation, P pourrait donc constituer le critère de classification des semis. Mais d'autre part, il est évident que si L augmente, P augmente aussi (corrélation entre longueur et poids sec des racines: $r = - .852^{++}$). Or, une très longue racine n'a un pouvoir absorbant que très réduit comparé à sa masse: l'absorption des éléments nutritifs ne se faisant pratiquement qu'aux extrémités radiculaires (zone pilifère). Le terme P doit donc être modifié. Nous avons choisi de considérer le rapport P/h comme indice de qualité du semis. En effet, ce rapport donne une très bonne approximation de la colonisation du tube par le système racinaire et partant, de la qualité du plant, dans la mesure bien sur où l'on compare entre eux différents rapports

représentant des contenants dont la hauteur h est différente!

Par contre, il faut admettre qu'accepter le rapport P/h (densité axiale) comme estimateur de la colonisation du substrat par les racines n'est exact qu'en première approximation. En effet, des études actuellement en cours sur la géométrie du développement radiculaire semblent indiquer que ce rapport tend à diminuer au sein d'un même contenant au fur et à mesure que l'on considère des Δh éloignés de la surface. Il serait donc plus adéquat de parler de

$$\frac{\delta P}{\delta k} = F(k;h)$$

où k ne représente pas les hauteurs des différents contenants mais bien les différents niveaux en profondeur d'un ensemble de contenants ayant tous les mêmes dimensions. Néanmoins, dans le cas présent la variation exprimée par l'équation différentielle ci-dessus est suffisamment faible pour que l'on puisse se permettre d'employer tout simplement le rapport P/h.

Il restait à savoir comment ce critère de sélection des semis se rattachait aux dimensions du contenant. On a donc calculé les trois équations de régression suivantes:

$$\hat{P}/h = .3269 + .1322 d \quad (r = .6021^{++}) \quad (I)$$

$$\hat{P}/h = 1.1277 - .0236 h \quad (r = -.3348) \quad (II)$$

$$\hat{P}/h = 1.2280 - .0950 (h/d) \quad (r = -.7050^{++}) \quad (III).$$

L'équation III est indiscutablement celle qui offre le meilleur ajustement aux points expérimentaux ($r = -.7050$). Le rapport hauteur/diamètre du tube nous permet donc de définir le tube

qui assure une croissance optimale au semis. Mais la relation linéaire (équation III) n'est pas la meilleure relation entre les deux variables: la corrélation est fortement améliorée en employant le modèle:

$$P/h = 1.705 (h/d)^{-0.665} \quad (R^2 = .808^{++}) \quad (IV)$$

Dans le dispositif employé, la distribution de la variable indépendante h/d n'étant pas normale, il a donc été indispensable d'opérer une transformation de variable et de remplacer h/d par $\text{arcsinhyp}(h/d)^{-\frac{1}{2}}$. Si on appelle Z la nouvelle variable indépendante, l'équation (IV) devient:

$$\hat{P}/h = 1.407 z^{-2.074} \quad (R^2 = .809^{++}) \quad (V)$$

La Figure 2 donne la représentation graphique de cette fonction. Le numéro figurant à côté de chaque point réfère au Tableau 1. Certes on peut constater que le meilleur gradient d'enracinement est obtenu pour des contenants ayant 6 cm de diamètre et 7 cm de hauteur, mais les tubes d'un tel format ne présentent qu'un intérêt théorique: il est peu probable qu'ils puissent jamais être utilisés dans la pratique. Leur emploi sur le terrain serait trop malaisé. Néanmoins le modèle 10 (4 cm x 7 cm) présente beaucoup plus d'intérêt. Son diamètre de 4 cm (1.58") est sensiblement plus élevé que les modèles actuellement commercialisés tandis que sa hauteur (7 cm ou 2.76") l'apparente aux plus petits modèles, tout en possédant une densité d'enracinement de 1.10 mgr/cm ce qui le range parmi les meilleurs.

CONCLUSIONS

Bien que le présent travail ait été conçu dans un but exploratoire, donc théorique, et qu'il ne faille pas y voir l'affirmation que les résultats présentés peuvent être directement appliqués dans la pratique, mais au contraire appellent une vérification in situ, nous pouvons conclure que dans le cas de Picea mariana les dimensions du contenant exercent une influence déterminante sur la croissance et le développement du semis (entre zéro et dix-huit semaines).

D'autre part il apparaît aussi, et c'est là le fait qui nous semble essentiel, que cette influence s'exerce d'une façon sélective, en d'autres mots que ce n'est pas tant le volume du contenant qui importe mais bien le rapport qui existe entre les deux dimensions (diamètre:hauteur) de ce contenant: le diamètre ayant une influence sur la croissance beaucoup plus marquée que celle imputable à la hauteur.

Les tubes assurant un développement optimal du semis durant son séjour en chambre de croissance ont de 4 à 6 cm de diamètre et une hauteur allant de 7 à 13 cm. A toutes fins pratiques, nous avons constaté que le meilleur rendement était obtenu avec des tubes ayant 4 cm de diamètre et 7 cm de hauteur, mais il est bien évident que tout ceci demande une vérification sur le terrain à une échelle aussi vaste que possible.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Monsieur Y. Sénécal, technicien au Centre de Recherches forestières des Laurentides, dont la collaboration durant toute la durée de cette expérience nous aura été des plus précieuses.

Tableau I

Valeurs moyennes des différents paramètres des semis suivant les dimensions du contenant.

Numéro du groupe	Contenant			Semis		
	Diamètre (cm) d	Hauteur (cm) h	h/d	Hauteur (mm) H	Longueur des racines (cm) L	Poids sec des racines (mgr) P
1	1	7	7.00	16.36	5.12	3.37
2	1	10	10.00	15.92	4.90	4.83
3	1	13	13.00	16.05	5.25	3.94
4	2	7	3.50	18.86	7.75	6.73
5	2	10	5.00	18.10	8.86	5.77
6	2	13	6.50	15.90	8.25	5.56
7	3	7	2.33	17.56	7.70	6.51
8	3	10	3.33	17.19	8.55	6.77
9	3	13	4.33	17.24	9.63	6.24
10	4	7	1.75	24.71	7.53	7.72
11	4	10	2.50	21.08	10.14	8.22
12	4	13	3.25	23.22	10.50	8.60
13	5	7	1.40	26.74	9.31	10.58
14	5	10	2.00	20.39	10.21	8.49
15	5	13	2.60	25.77	12.66	18.52
16	5	20	4.00	26.28	16.42	14.36
17	5	25	5.00	22.64	16.20	12.78
18	6	7	1.17	26.43	10.04	12.73
19	6	10	1.67	18.39	10.42	8.80
20	6	13	2.17	28.43	13.82	16.61
21	6	20	3.33	27.76	16.79	19.20
22	6	25	4.17	24.73	19.32	15.08

Remarque: Les numéros des groupes correspondent aux numéros apparaissant à la figure 1.

Tableau 2

Analyse de variance des paramètres principaux du semis.

variable	origine de la variation	valeur de F
L	d	16.62 ⁺⁺
	h	7.45 ⁺
H	d	8.36 ⁺
	h	3.43 (NS)
P	d	5.90 ⁺⁺
	h	1.87 (NS)
P/h	d	10.62 ⁺⁺
P/d	h	0.06 (NS)

Valeurs de F: ++ Significatives à 0.01
+ Significatives à 0.05
(NS) Non-significatives

L: longueur des racines, H: hauteur des semis,
P: poids sec du système racinaire, h: hauteur du tube, d: diamètre du tube, P/h: densité axiale et
P/d: densité latérale d'enracinement.

Tableau 3

Equations de régression entre les principaux paramètres considérés

Fonction	a	b	c
L = .410 + 1.192 d + .441 h	.936 ⁺⁺	.783 ⁺⁺	.832 ⁺⁺
H = 1.346 + .201 d + .001 h	.672 ⁺⁺	.820 ⁺⁺	.335 NS
P = -.661 + 1.907 d + .237 h	.758 ⁺⁺	.832 ⁺⁺	.564 ⁺
P/V = -.076 + .599 (1/d)		.952 ⁺⁺	
P/h = .687 + .191 d - .047 h	.751 ⁺⁺	.602 ⁺	-.335 NS
P/d = 3.897 - .261 d - .018 h	.290 ⁺	-.527 ⁺	.106 NS
P = -7.434 + .921 d + 6.316 H	.807 ⁺⁺	.832 ⁺⁺	.876 ⁺⁺

a = coefficient de détermination (R^2), b = coefficient de corrélation (r) entre "d" (ou 1/d) et la variable dépendante, c = coefficient de corrélation (r) entre "h" et la variable dépendante.

++ significatif au seuil .01, + significatif au seuil .05,

NS non-significatif

L : longueur des racines, H : hauteur des semis, P : poids sec du système racinaire, h : hauteur du tube, d : diamètre, V : volume du tube.

BIBLIOGRAPHIE

- ACKERMAN, R.F., CROSSLEY, D.I., KENNEDY, L.L., CHEDZOY, J., 1965. Preliminary results of a field test of bullet planting in Alberta. Can. Dept. Forestry, Publ. n^o 1098.
- ARNOTT, J.T., 1971. Field performance of Douglas-Fir and Western Hemlock container seedlings. Dept. of the Environment, Can. For. Service. Progress Report BC-X-63.
- BARNARD, R.C., BEVERIDGE, A.E., 1957. Exotic trees in the Federation of Malaya. Federal Forest Administration, Kuala Lumpur.
- BONIN, P., 1972. La culture des plants en récipients. For. Conservation 38(1) et 38(2).
- BOUDOUX, M., 1969. Un nouveau type de plantube. Min. Pêches et Forêts, Canada, Lab. Rech. For., Québec, Rapport Interne Q-F-1.
- _____, 1970. La densité d'enracinement chez les semis de Picea mariana. Rev. Bimestr. Rech. 26(3). Min. Pêches et Forêts, Canada.
- CARMAN, R.D., 1967. An industrial application of the container-planting technique. Pulp Paper Mag. Can. 68 (4).
- CAYFORD, J.H., WALDRON, R.M., 1967. Effects of Captan on the germination of White Spruce, Jack and Red Pine seed. For. Chron. 43(4).

- CHERDZOY, J.C., 1967. Presowing, stratifying spruce and pine seed in plastic containers proves best in Alberta. Tree Planters' notes. 18(2).
- CIMATU, D.P., 1962. Comparative study in the efficiency of the different potting materials for the forest tree seedlings. Philippine J. Forestry 18 (1/4).
- CLAUZURE, P., 1956. Utilisation des godets en polyéthylène pour le reboisement dans la région méditerranéenne. Rev. Forest. Franç. II; 769-784.
- CORNFORTH, I.S., 1968. Relationship between soil volume used by roots and nutrient accessibility. J. of Soil Science 19 (2).
- DELVAUX, J., 1963. Plantation de Douglas, reprise et accroissement juvénile de semis repiqués en pots. Administration des E. & F., Belgique, travaux série B, n^o 27.
- DIXON, G., JOHNSON, H.J., 1969. Preliminary evaluation of a pilot-scale container planting in the foothills of Alberta. Dept. Fisheries and Forestry, Canada, For. Branch. Internal Report A-19.
- DUREUIL, R., CLAUDOT, J., 1965. L'élevage en mottes préfabriquées des plants forestiers au Maroc. Ann. Rech. Forestière, Maroc. Tome 9.
- EVANS, R.W., DUYKER, W.M., 1965. Use of polythene bags as seedling containers in plantation establishment in the tropics. Leaflet For. Timb. Bur. Austr. n^o 93.

- FARRAR, J.L., 1960. Effects of substrate depth on the growth of Picea mariana. Annual Report, Fac. Forestry. Univ. Toronto.
- FRASER, J.W., WAHL, W.W., 1969. Frost and tubed seedlings. Dept. Fisheries and Forestry, Canada, For. Branch. Inform. Report PS-X-12.
- FULLER, B.R., 1961. The use of polythene tubed nursery stock for afforestation in Nyasaland. Eight British Commonwealth Forestry Conference.
- GINGRAS, P., 1972. La plantation en récipients. Mémoire dactylographié, Faculté de Foresterie et de Géodésie, Université Laval, Québec.
- HALL, P.J., 1969. Results of four planting research projects. Dept. Fisheries and Forestry. Canada. Internal Report N-18.
- HARRIS, R.W., 1967. Factors influencing root development of container-grown trees. Proceedings of forty-third international shade tree conference, Philadelphia, Pennsylvania.
- JONES, L., 1967. Tubed seedlings. Forest Farmer, Atlanta, Ga.
- MATTHEWS, R.G., 1971. Container seedling production, - a provisional manual. Dept. of the Environment, Can. For. Service. Information Report BC-X-58.
- MITCHELL, D.L., HOCKING, D. et W.C. KAY, 1971. Reforestation with tree seedlings grown in extruded peat cylinders. Conseil des Recherches de l'Alberta-Edmonton. Publ. n^o 71-169.

- MONJAUZE, A., 1956. L'enveloppe de polyéthylène, vecteur des racines et instrument d'étude du développement radicaire. Publ. Service Forestier Algérien, n^o 2.
- MORGENSTERN, E.K., 1969. Genetic variations in seedlings of Picea mariana Mill. B.S.P., I: Correlation with ecological factors. *Silvae Genet.* 18: 151-161.
- RAETS, G.H., 1961. Algunos ensayos sobre el desarrollo de plantas forestales transplantadas a diferentes tipos de envases. *Bol. Inst. For Latino-Amer.*, Merida, n^o 8.
- SWAN, H.S., 1970. Relationships between nutrient supply, growth and nutrient concentrations in the foliage of Black Spruce and Jack Pine. *Woodlands Papers* n^o 19.
- VALENTIN, H., 1967. Techniques de l'élevage de plants résineux en mottes contenues dans des étuis en aluminium. *Rev. for. franç.* 19: 2.
- VYSE, A., BIRCHFIELD, G.A. et E. VAN EERDEN, 1971. An operational trial of the styro-plug reforestation system in British Columbia. Dept. of the Environment, Can. For. Service. Information Report BC-X-59.
- WALTERS, J., 1961. The planting gun and bullet. *For. Chron.* 37: 2.
- WIERSUM, L.K., 1962. Uptake of N and P in relation to soil structure and nutrient mobility. *Plant and Soil* 16.

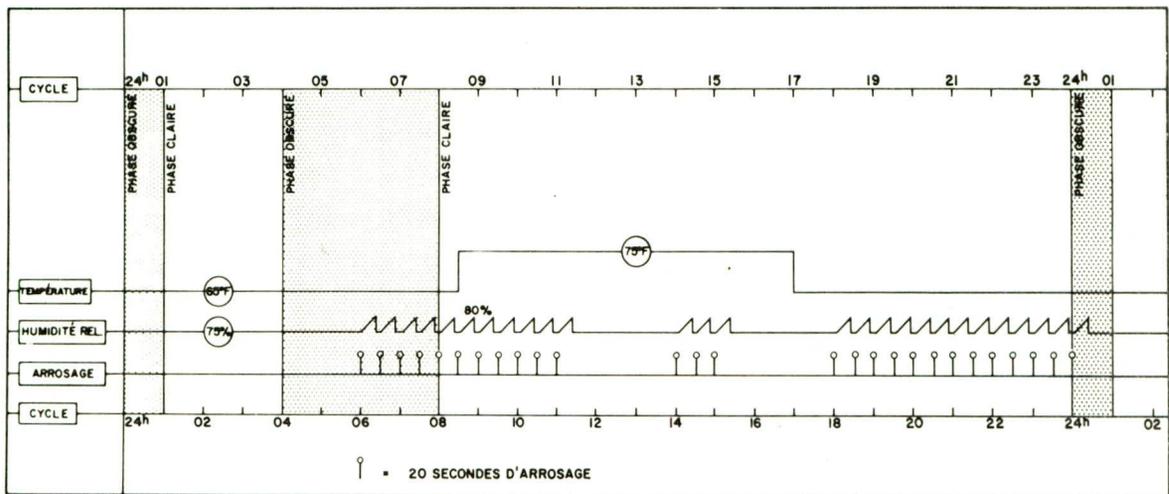


Figure 1. Conditions de milieu maintenues durant toute la durée de l'expérience

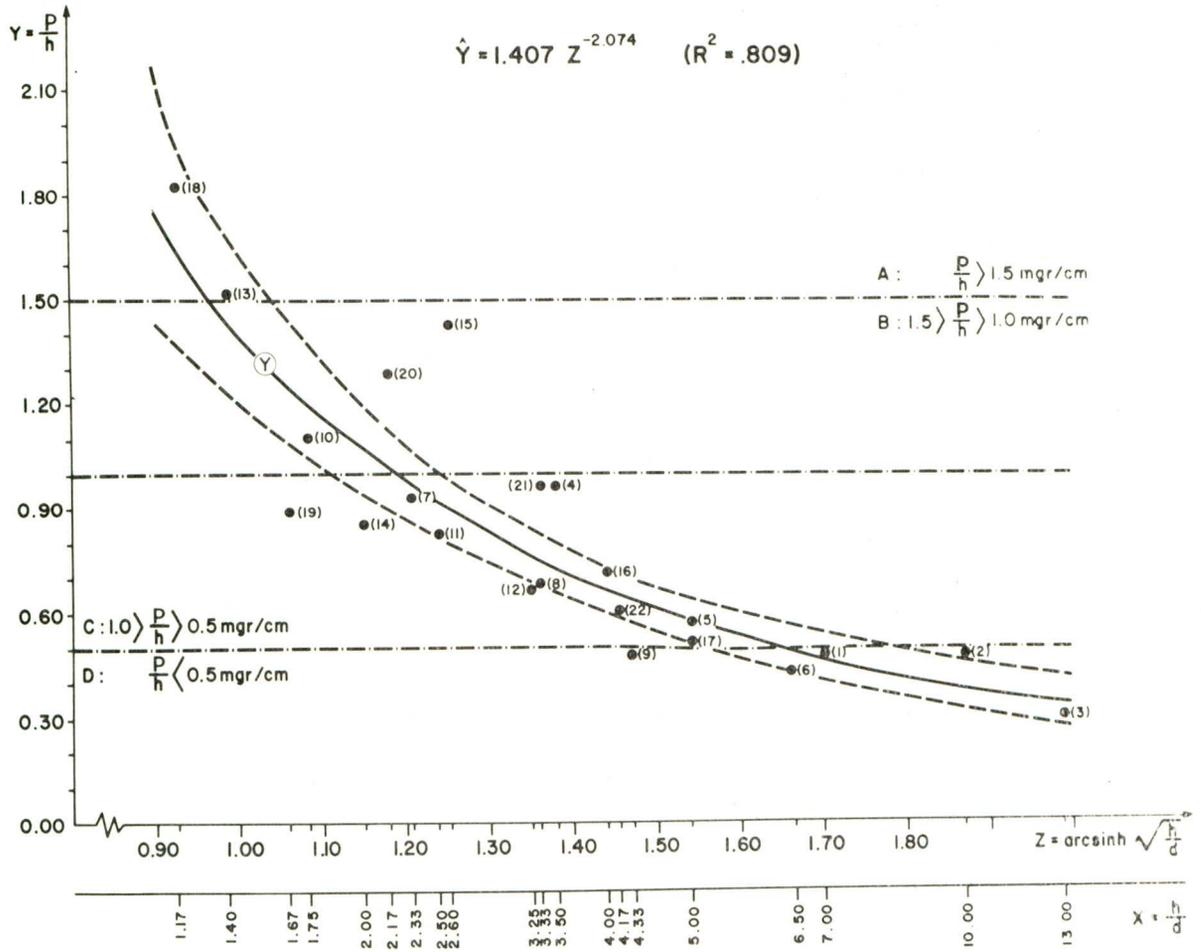


Figure 2. Densité axiale (P/h) d'enracinement en fonction du rapport h/d contenant.

Chaque point représente la valeur moyenne des 5 sous-groupes de 10 semis correspondant au type de contenant dont le numéro figure au Tableau 1.

