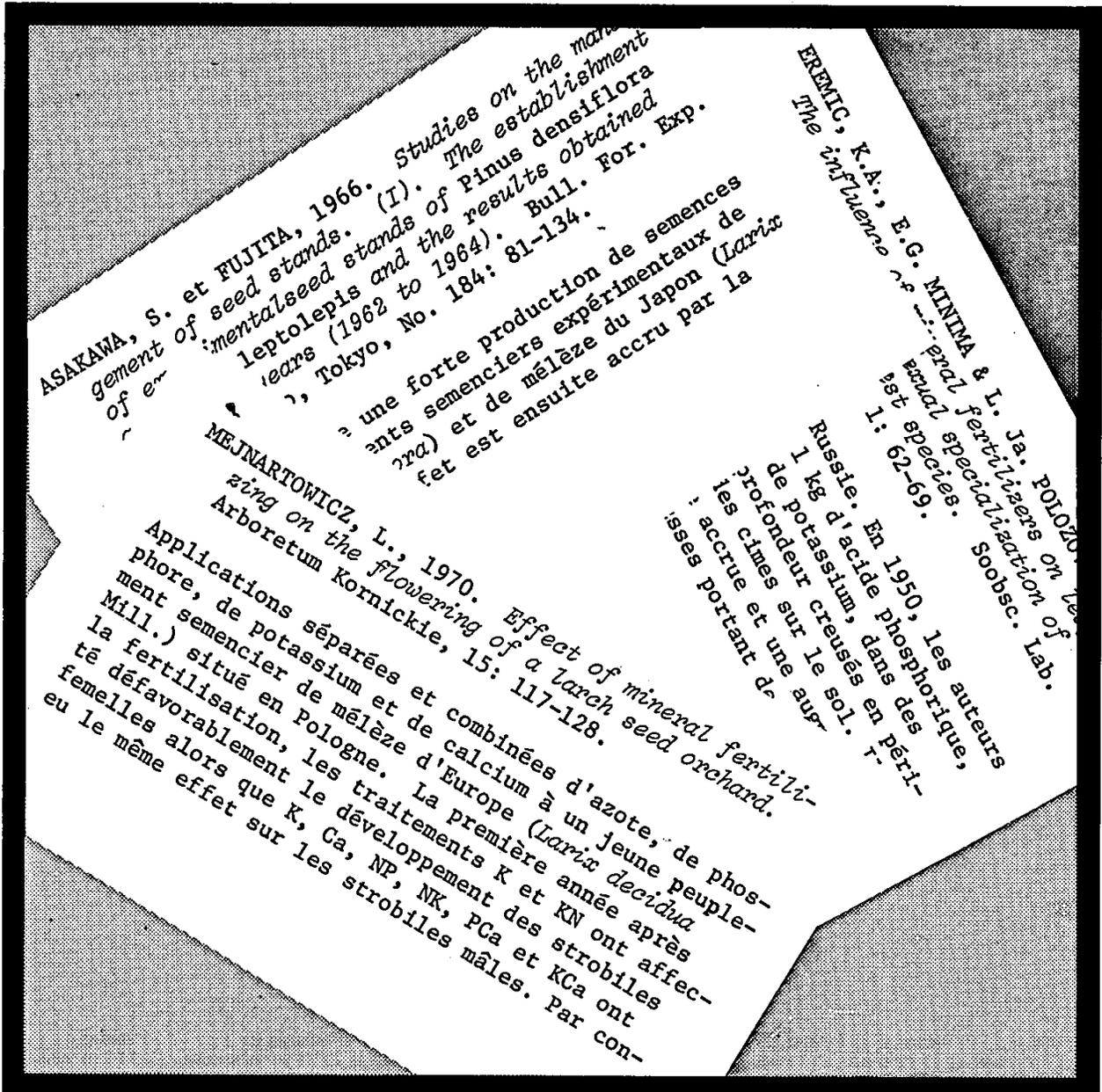




# BIBLIOGRAPHIE ANNOTÉE SUR LES EFFETS DE LA FERTILISATION SUR LA PRODUCTION DE CÔNES ET DE SEMENCES

par Marcel Brazeau et Jean-Marc Veilleux



**MARCEL BRAZEAU** est ingénieur forestier et titulaire d'une maîtrise ès sciences (écologie et pédologie) obtenue en 1969 à l'université Laval. Il a une expérience de plusieurs années de recherches en fertilisation des forêts, acquise dans l'entreprise privée, à l'université Laval et au Service de la recherche du ministère des Terres et Forêts.

**JEAN-MARC VEILLEUX** est bachelier ès sciences appliquées (foresterie) de l'université Laval depuis 1965. La même année, il entrait à la division des sols de l'ancien Bureau de sylviculture et de botanique du ministère des Terres et Forêts du Québec. En 1967, il passait au Service de la recherche du même ministère à titre de chargé de recherche en fertilité des sols et reboisement.

---

BIBLIOGRAPHIE ANNOTEE SUR  
LES EFFETS DE LA FERTILISATION SUR  
LA PRODUCTION DE CONES ET DE SEMENCES

par

MARCEL BRAZEAU  
ET  
JEAN-MARC VEILLEUX

MEMOIRE NO 25

SERVICE DE LA RECHERCHE  
DIRECTION GENERALE DES FORETS  
MINISTERE DES TERRES ET FORETS DU QUEBEC

1976

ERRATA / CORRIGENDA

page	ligne(s)	
2	2	Plusieurs auteurs ont <u>signalé</u> ....
3	23	<u>Timb. Bur. Austr.</u>
4	6	<u>B.C. Lumberm.</u>
4	30	... and <u>K. FUJITA</u>
4	31	... <u>establishment</u> ....
4	36/37	... pin <u>densiflore</u> ( <u><i>Pinus densiflora</i> Sieb. et Zucc.</u> )
4	37	( <u><i>Larix leptolepis</i> Sieb. et Zucc.</u> )
4	38	... ensuite accru par <u>la</u> fertilisation.
5	29	... de l' <u>habileté</u> inhérente....
5	32	... <u>western</u> ....
5	45	... d'une année à l' <u>autre</u> ....
6	38	... Il n'y a eu cependant aucun effet sur la <u>qualité</u>
7	10	... années qu' <u>a</u> duré l'expérience, tandis que....
7	26	... plus de l' <u>habileté</u>
8	24	... <u>Can. J. For. Res.</u>
8	27	... âgés de 20 ans
8	29	d' <u>oxyde perazotique-azote</u> ....
8	32	... L' <u>ammonium-azote</u> ....
9	3	<u>Can. J. For. Res.</u>
9	11/12	... réduisait....
9	23	<u>Can. J. Bot.</u>
10	25/26	... ( <u><i>Pinus palustris</i> Mill.</u> )....
10	30	... ont produit de <u>7</u> à 30 fois....
13	32	... <u>Akamatsu</u> ( <u><i>Pinus densiflora</i></u> ).
14	16	PAUL, B.H. and R.O. MARTS, ....
16	15	... <u>Can. Pulp. Pap. Ass.</u>
16	31	... <u>Sieb. et Zucc.</u> ) <u>II - Effects of</u> ....
16	37	... <u>The effect</u> ....
17	3	( <u>7-7-7</u> ) <u>et d'incision</u> de l'écorce. Ce <u>dernier</u> traitement....
17	13	... de graines saines par <u>cône</u> .
20	8	... <u>Ozawa</u> ....
20	13	<u>Croker</u> ....
20	30	Emondage <u>des racines</u> .
21	2	... Barnes et <u>Bengtson</u> ....
21	16	<u>Steinbrenner</u> ....
21	21	<u>5.7</u>
21	25	... <u>Ozawa</u> ....
21	28	<u>5.8</u>

Dépôt légal

Bibliothèque nationale du Québec

## RESUME

Le présent travail comporte une bibliographie annotée accompagnée d'une orientation bibliographique visant d'abord à faciliter la recherche de ceux qui oeuvrent dans ce domaine. Même si elle réunit plus d'une cinquantaine de références, cette bibliographie n'a pas la prétention d'être complète, mais elle permet tout de même un tour d'horizon rapide. Enfin, ce document se complète par la présentation d'un programme de recherche sur les effets de la fertilisation dans les divers peuplements semenciers établis dans la province de Québec.



## SUMMARY

*This study consists of an annotated bibliography, together with a bibliographic review. It is primarily designed as an aid to research for workers in this field and as a teaching aid for others.*

*Although more than 50 references are reviewed, the bibliography is not considered as complete, but, however, it does give an overview of the topic.*

*Finally, this report is concluded by the presentation of a research programme on the effects of fertilization in the various seedling stands established in the Province of Quebec.*



## TABLE DES MATIERES

RESUME . . . . .	iii
<i>SUMMARY</i> . . . . .	v
TABLE DES MATIERES . . . . .	vii
INTRODUCTION . . . . .	1
I- BIBLIOGRAPHIE ANNOTEE . . . . .	3
II- ORIENTATION BIBLIOGRAPHIQUE . . . . .	19
1. Par Pays . . . . .	19
2. Selon les essences feuillues . . . . .	20
3. Selon les essences résineuses . . . . .	20
4. Selon les traitements combinés à la fertilisation . . . . .	20
5. Selon les éléments fertilisants . . . . .	21
III- PROJET DE RECHERCHE SUR LA FERTILISATION DE PEUPEMENTS SEMENCIERS . . . . .	23
1. Dispositif expérimental . . . . .	24
2. Traitements de fertilisation . . . . .	25
3. Etapes de réalisation . . . . .	26
4. Etudes sur les cônes et les semences . . . . .	26



## INTRODUCTION

La production de semences par les arbres forestiers est irrégulière et dépend de plusieurs facteurs dont leur âge, leur vigueur, la dimension de leur tige et de leur cime, leur habilité inhérente à fleurir, la succession plus ou moins régulière des bonnes et des mauvaises années semencières, la disponibilité des éléments nutritifs dans le sol, l'effet compétitif des arbres avoisinants et les conditions atmosphériques.

Différents traitements, susceptibles d'accroître ou de régulariser cette production de semences, peuvent alors être appliqués. Mentionnons, entre autres, l'éclaircie, l'irrigation, l'étrépage et l'annelage des tiges, l'émondage des racines et de l'extrémité des rameaux et la fertilisation. Cette dernière peut être pratiquée soit par l'application au sol de fertilisants chimiques, granulaires ou liquides, soit par arrosage du feuillage avec des solutions chimiques.

Toutes ces méthodes ont été éprouvées à travers le monde, soit isolément dans le but d'en déterminer la valeur, soit en combinaison pour y déceler la meilleure.

Parmi ces traitements, celui qui nous intéresse ici, la fertilisation au sol, semble très prometteur. Plusieurs auteurs ont signalé une production accrue de fleurs femelles ou mâles et, partant, de cônes et de semences, chez différentes essences forestières, à la suite d'applications de fertilisants chimiques contenant un ou plusieurs éléments nutritifs.

Le présent travail comprend une bibliographie annotée accompagnée d'une orientation bibliographique visant d'abord à faciliter la recherche de ceux qui oeuvrent dans ce domaine et ensuite, à renseigner les autres. Cette bibliographie n'a pas la prétention d'être complète, mais elle permet tout de même un tour d'horizon rapide. Plusieurs références n'ont certes pu être inventoriées à cause d'abord du temps relativement court consacré à cette tâche, ainsi qu'aux frontières de la langue qui limitent les recherches à celles connues des auteurs ou aux traductions.

Enfin, ce document se complète par la présentation d'un programme de recherche sur les effets de la fertilisation dans les divers peuplements semenciers établis dans la province de Québec.

## CHAPITRE I

### BIBLIOGRAPHIE ANNOTEE

ALLEN, R.M., 1953. *Release and fertilization stimulate longleaf pine cone crop.* J. For., 51 (11): 827.

Travaillant dans une station expérimentale du sud des Etats-Unis, cet auteur se préoccupe des effets séparés et combinés de l'éclaircie et de la fertilisation sur la production de semences du pin des marais (*Pinus palustris* Mill.). Il a appliqué un engrais complet N-P-K (5-15-5) à des taux de 19, 30 et 44 livres par acre (21, 34 et 49 kg/ha) en février 1949, avec répétition en 1951, dans un peuplement où les arbres des étages dominant, codominant et intermédiaire situés à l'intérieur d'un rayon de 17 à 20 pieds (5,1 à 6,0 m) autour d'arbres semenciers ont été supprimés. De plus, il étudie la réaction des arbres semenciers éclaircis sans fertilisation ainsi que ceux fertilisés sans éclaircie. La réaction des arbres traités apparaît avec la production de cônes en 1951. Toutefois, l'auteur affirme qu'il est difficile de conclure à la supériorité de la fertilisation sur l'éclaircie puisqu'un seul niveau des deux traitements en question a été appliqué et que ce n'est pas nécessairement le niveau optimum pour l'un ou l'autre.

ANONYME, 1957a. *Induction of flowering in Pinus radiata.* Rep. For. Temb. Bur. Aust. 1956, 25.

Des travaux effectués avec le *Pinus radiata* D. Don. montrent qu'une application de 5 livres (2,3 kg) de super-

phosphate par arbre semblait stimuler la production de cônes l'année suivante. L'effet disparaît après 6 ans, même si le diamètre des arbres traités est de 30 pour cent supérieur à celui des arbres témoins.

ANONYME, 1957b. *Douglas fir cones increased in United States experiments*. B.C. Lumber., 41 (9): 16.

Des études conduites sur le douglas taxifolié montrent qu'une fertilisation avec l'azote et le phosphore fait sextupler la production de cônes tout en occasionnant une augmentation de 20 pour cent du nombre de bonnes semences.

ANONYME, 1963. *The effect of fertilization, spacing and cultivation on flower production*. Circ. Tex. For. Serv., No. 79.

Un espacement prononcé et une fertilisation en phosphore ont accru la production de fleurs mâles et femelles chez les pins du sud greffés ou provenant de semences. Une fertilisation équilibrée stimule les deux types de fleurs et spécialement les fleurs femelles, alors que l'azote appliqué seul les défavorise.

ANONYME, 1964. *A study of seed production in relation to the nutrition of red pine*. Extr. from Rep. For. Res. Fac. For. Univ. Toronto, 1963/64: 8-9.

Des résultats d'expériences de fertilisation avec des pins rouges âgés de 18 ans, présentés à l'université de Toronto, indiquent que des applications d'azote, sous forme de nitrate d'ammonium, et de potassium, sous forme de sulfate, n'ont eu aucun effet sur le poids total des semences et sur leur poids ou leur nombre moyens par cône. Le poids des semences a été cependant accru par des applications de phosphore sous forme de superphosphate triple.

ASAKAWA, S. and FUJITA, 1966. *Studies on the management of seed stands. (I). The establishment of experimental seed stands of Pinus densiflora and Larix leptolepis and the results obtained for three years (1962 to 1964)*. Bull. For. Exp. Sta., Meguro, Tokyo No. 184: 81-134.

L'éclaircie cause une forte production de semences dans deux peuplements semenciers expérimentaux de pin (*Pinus densiflora*) et de mélèze du Japon (*Larix leptolepis*). Cet effet est ensuite accru par le fertilisation.

BARNES, B.V., 1969. *Effects of thinning and fertilizing on production of western white pine seed*. U.S. For. Serv., Intermt. For. Range Exp. Sta. Res. Pap. No. INT-58.

Dans une plantation de pin argenté de 40 ans, un fertilisant complet, 13-13-13, a été appliqué au taux de 900 livres par acre (1008 kg/ha) dans une place-échantillon tandis que du nitrate d'ammonium au taux de 300 livres d'azote par acre (336 kg/ha) l'a été dans une autre. Les applications ont été effectuées en août 1960 et 1961. L'utilisation de ces fertilisants a augmenté de façon significative la production de semences par arbre au cours de 1961, alors que l'année suivante, les différences de production n'étaient plus significatives.

BARNES, R.L. and G.W. BENGTSON, 1968. *Effects of fertilization, irrigation and cover cropping on flowering and on nitrogen and soluble sugar composition of slash pine*. For. Sci., 14 (2): 172-180.

Etudes des effets de la fertilisation, de l'irrigation ainsi que de la protection offerte par un couvert de plantes légumineuses (*Indigofera hirsuta* L.) sur la floraison de 8 clones de pin d'Elliot. La fertilisation a consisté en deux applications successives de 50 et 100 livres d'azote par acre (56 et 112 kg/ha) sous forme de nitrate d'ammonium. L'irrigation a servi à fournir un total d'un pouce (2,54 cm) d'eau par semaine (pluie et irrigation) au cours des mois de décembre, janvier et février et de deux pouces (5,08 cm) par semaine au cours des 9 autres mois de l'année. La fertilisation s'est avérée le traitement le plus efficace; toutefois, les clones n'ont pas répondu également à ce traitement car seuls ceux qui étaient déjà de bons producteurs ont été stimulés. D'où l'importance, selon l'auteur, de tenir compte de l'habilité inhérente des sujets à la floraison.

BARNES, B.V. and R.T. BINGHAM, 1963. *Flower induction and stimulation in western white pine*. U.S. For. Serv. Intermt. For. Range Exp. Sta., Res. Pap. No. Int.-2.

Différents traitements culturels, dont la fertilisation, ont été appliqués à des peuplements de pin argenté (*Pinus monticola* Dougl.), d'âges variés, dans le nord de l'Idaho. Aucun accroissement marqué de floraison n'est cependant attribuable à l'un ou l'autre de ces traitements.

BERGMAN, F., 1955. *Research on inducing fruiting of pine, spruce and birch*. Svenska Skogsvärdn. Tidskr., 53 (3): 275-304.

Différents traitements comme l'étranglement et l'annelage de la tige, l'émondage des racines et la fertilisation appliqués à des pins sylvestres en Suède stimulent la floraison au cours des premières années, même si les résultats ne sont pas constants d'une année à l'autre. Contrairement aux autres traitements, l'application de sels potassiques et l'émondage des racines n'endommagent cependant pas l'arbre et ne réduisent pas la qualité des semences.

BRINKMAN, K.A., 1962. *Fertilizers increase seed production of short-leaf pine in Missouri*. Tree Plant. Notes, No. 53: 18-19.

Application de fertilisants complets à des pins jaunes semenciers (*Pinus echinata* Mill.) âgés de 37 ans et situés au Missouri. La proportion des éléments N-P-K variait de 3 façons: 1-1-3, 1-3-1 et 3-1-1. Tous ces traitements ont accru la production de semences, à des degrés différents toutefois. Avec les taux de phosphore ou de potassium élevés, la production est le double de celle des arbres témoins. Par contre, un taux élevé en azote n'affecte que faiblement la quantité de semences produites.

CAYFORD, J.H. and J.M. JARVIS, 1967. *Fertilizing with ammonium nitrate improves red pine seed production*. J. For., 65 (6): 402-403.

Expérience tentée au Manitoba avec un peuplement de pin rouge (*Pinus resinosa* Ait.) dans lequel les tiges de pin gris (*Pinus banksiana* Lamb.) avaient été exploitées. Du nitrate d'ammonium a été appliqué en mai 1962, au taux de 300 livres par acre (336 kg/ha). L'augmentation du nombre de cônes a été de 41 pour cent supérieur chez les arbres fertilisés, par rapport au témoin. Cette production est fonction du diamètre des tiges, aussi bien pour les arbres traités que pour les non traités. La fertilisation n'affecte ni le nombre de cônes endommagés, ni la qualité des semences, non plus que leur poids.

CHANDLER, R.F. Jr., 1938. *The influence of nitrogenous fertilizer applications upon seed production of certain deciduous forest trees*. J. For., 36 (8): 761-766.

Utilisation d'un fertilisant azoté composé en parties égales de sulfate d'ammonium et de nitrate de sodium, aux taux de 1600, 3200 et 4800 livres par acre (1792, 3584 et 5376 kg/ha) pour accroître la production de semences de hêtres à grandes feuilles (*Fagus grandifolia* Ehrh.) et d'érables à sucre (*Acer saccharum* Marsh.), dans l'état de New York. Suite à la fertilisation, un nombre significativement plus grand de nouvelles pousses de hêtres a porté des semences et un nombre également plus grand de ces pousses a porté deux paires de faînes. Il n'y a eu cependant aucun effet sur la et le poids des semences. Chez l'érable, la fertilisation a favorisé un plus grand nombre de grappes de samares, une augmentation du nombre de samares par grappe et des semences de meilleure qualité et plus volumineuses. Les plus lourdes ont été obtenues avec la plus forte dose de fertilisant.

COOLEY, J.H., 1970. *Thinning and fertilizing red pine to increase growth and cone production*. U.S. For. Serv. Nth. Cent. For. Exp. Sta. Res. Pap. No. NC-42.

Etude du comportement du pin rouge (*Pinus resinosa* Ait.) face à l'éclaircie et à l'épandage d'un fertilisant complet à deux taux différents, dans l'état du Michigan. Une première expérience, tentée dans une plantation de 20 ans, n'a eu que des effets peu prononcés puisque seule l'éclaircie a accru le nombre de cônes au cours de deux des six années qu'a duré l'expérience, tandis que la fertilisation n'a eu aucun effet. Les résultats ont été plus encourageants dans les 2 peuplements naturels de 53 et 55 ans: l'éclaircie a accru la production de cônes chaque année et, la troisième année après la fertilisation, on obtient 2 ou 3 fois plus de cônes, selon le taux d'application. En général, l'effet de l'éclaircie a été plus prononcé que celui de la fertilisation.

CROKER, T.C. Jr., 1964. *Fruitfulness of longleaf trees more important than culture in cone yield*. J. For., 62 (11): 822-823.

Expériences tentées en Alabama avec 5 applications printanières de 1900 livres par acre (2128 kg/ha) d'un fertilisant complet (8-13-5), à des pins des marais d'environ 60 ans. La première année, de juin à octobre, et les quatre années suivantes, d'avril à octobre, on a ajouté 13 pouces (33 cm) d'eau par année. A la suite de ses observations, on conclut que la production de cônes dépend plus de l'habilité inhérente des arbres individuels à fleurir que de l'effet combiné de la fertilisation et de l'irrigation.

DETWILER, S.B., 1943. *Better acorns from a heavily fertilized white oak tree*. J. For., 41 (12): 915-916.

Etude des effets de la fertilisation d'un chêne blanc (*Quercus alba* L.) croissant sur une propriété à Arlington en Virginie. Par erreur, on a appliqué 150 livres par 450 pieds carrés (1,6 kg/m<sup>2</sup>) d'un engrais complet (N-P-K) contenant de petites quantités de 14 éléments mineurs; cette application représente un taux supérieur à 14 000 livres par acre (15 680 kg/ha). L'année suivante, ce chêne a produit de 4 à 5 fois plus de glands que lors des bonnes années de semences antérieures à cette intervention.

DEVITT, B., 1960. *Fertilization of two improved seed production areas.* B.C. For. Serv., For. Res. Rev., Year ended March 1959: 52-53.

Essais de différentes formes d'azote sur les douglas. Cette fertilisation occasionne une augmentation de 800 pour cent du nombre d'arbres porteurs de cônes et de 200 à 400 pour cent du nombre de cônes par arbre semencier. Par contre, l'utilisation de la formaldéhyde d'urée a occasionné une production de cônes inférieure à celle des arbres traités avec les autres formes d'azote.

EBELL, L.F., 1962. *Growth and cone production responses of Douglas fir to chemical fertilization.* Can. Dep. For., Res. Br., Mimeo. Rep. B.C. 62-8.

Etude du comportement du douglas taxifolié face à la fertilisation chimique, en Colombie-Britannique. Une application tardive à la mi-juillet ne donne aucun résultat. Suite à une nouvelle application en mai de l'année suivante, les arbres traités avec la forme nitrate de l'azote augmentent leur production de cônes une année avant ceux qui ont été fertilisés avec la forme ammonium. De plus, les éléments calcium, phosphore et potassium, épandus seuls ou avec les nitrates ou l'ammonium, n'ont eu aucun effet sur la production de cônes.

EBELL, L.F., 1972a. *Cone-induction response of Douglas fir to form of nitrogen fertilizer and time of treatment.* Canada J. For. Res., 2 (3): 317-326.

La production des cônes appartenant à de jeunes douglas taxifoliés (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) âgé de 20 ans a augmenté par suite de l'épandage de 400 lb/ac (448 kg/ha) d'oxyde perazotique azoté ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) respectivement avant l'éclosion des bourgeons foliaires, au début de cette éclosion et dix jours après que les bourgeons se soient à moitié développés. L'ammonium azoté, appliqué selon les mêmes formules, n'a été efficace en aucun cas. Cependant, la forme d'azote ne crée pas de différence dans le taux d'accumulation d'azote total dans les bourgeons et les feuilles, la croissance des pousses ou le nombre total de bourgeons par pousse. Le traitement à l'oxyde perazotique engendre une plus grande production de cônes en réduisant l'avortement des bourgeons durant la croissance des pousses. L'auteur peut conclure que la production multipliée de cônes ne résulte pas surtout d'une meilleure nutrition, mais de la stimulation chimique due à des changements périodiques et critiques dans certains types de métabolismes de l'azote.

EBELL, L.F., 1972b. *Cone-production and stem-growth response of Douglas fir to rate and frequency of nitrogen fertilization.* Canada J. For. Res., 2 (3): 327-338.

Traitements d'azote sous forme de nitrate d'ammonium. Durant 5 années subséquentes, les arbres ayant subi un nouveau traitement annuel ou bisannuel, pour chaque quantité, ont été comparés à ceux qui n'avaient pas subi cette répétition. Quand il pleuvait beaucoup après la fertilisation initiale, le nombre de cônes produits restait faible et semblable, peu importe la quantité d'azote ajouté. La superfertilisation initiale ou la fertilisation annuelle réduisaient la production de cônes à long terme. Par contre, une période de temps sec après l'épandage donna les meilleurs résultats. Suite à la fertilisation, (1) les effets directs dus à la teneur plus élevée en azote subsistèrent 2 ans, (2) les augmentations cumulatives de surface foliaire subsistèrent 4 ou 5 ans et (3) il se produisit une plus grande augmentation de la surface terrière de la tige vu l'accroissement original en diamètre plus considérable causé par (1) et (2) ensemble.

EBELL, L.F. and E.E. McMULLAN, 1970. *Nitrogenous substances associated with differential cone production responses of Douglas fir to ammonium and nitrate fertilization.* Canad. J. Bot., 48 (12): 2169-2177.

Travaux qui confirment l'effet positif du nitrate comparé à l'ammonium: aucun traitement à l'ammonium, sous forme de sulfate, n'est associé à une production accrue de semences alors que les nitrates, sous forme de nitrate de calcium, ont un effet significatif, favorisant l'accroissement du nombre d'arbres porteurs de cônes et du nombre de cônes sur ces arbres, ce dernier accroissement étant fonction du taux de fertilisant appliqué.

ELDRIDGE, K.G., 1966. *A seed production experiment with Pinus radiata.* Aust. For., 30 (1): 43-50.

Expériences poursuivies dans l'état de Victoria en Australie. A la suite d'une forte éclaircie dans deux peuplements de pin de Monterey (*Pinus radiata* D. Don.) âgés de 9 ans, la production de semences par acre fut 5 fois plus élevée durant les 5 années subséquentes alors qu'elle décrut légèrement dans les peuplements témoins adjacents. Par contre, une forte application annuelle d'un fertilisant complet, N-P-K, n'a pas eu d'effet sur la production de semences.

ENESCU, V. and V. GIURGIU, 1968. *Results in an experiment to stimulate seed production in Pinus sylvestris*. Rev. Padurilor 83 (3): 109-112.

En Roumanie, des travaux d'éclaircie n'ont eu aucun effet significatif sur la floraison et la production de semences du pin sylvestre. Cependant, l'application d'un fertilisant complet (N-P-K) a triplé le pourcentage de pousses portant des fleurs femelles et un arrosage foliaire contenant les éléments bore et manganèse a quadruplé le pourcentage de pousses portant des semences.

EREMIC, K.A., E.G. MININA and L. Ja. POLOZOVA, 1959. *The influence of mineral fertilizers on leaf metabolism and the sexual specialization of flower shoots of forest species*. Soobsc. Lab. Lesoved., Moskva, No. 1: 62-69.

Etude sur des chênes en Russie. En 1950, les auteurs ont appliqué, par arbre, 1 kg d'acide phosphorique, 0,5 kg d'azote et 0,3 kg de potassium, dans des fossés de 30 à 40 cm de profondeur, creusés en périphérie de la projection des cimes sur le sol. Il s'ensuivit une croissance accrue et une augmentation dans la formation des pousses portant des inflorescences femelles. Une application additionnelle d'azote en 1955 a accru encore la floraison.

GEMMER, E.W., 1932. *Well fed pines produce more cones*. Forest Worker, 8 (5): 15.

Résultats positifs avec des pins des marais (*Pinus palustris* Mill.) par application de cinq traitements différents durant cinq années: paillis d'aiguilles de pins, irrigation, application de nitrate de sodium seul et combiné à l'irrigation et enfin, application d'un fertilisant complet avec irrigation. Les arbres traités ont produit de 2 à 30 fois plus de cônes, le meilleur résultat étant obtenu avec la combinaison fertilisation-irrigation.

GIRGIDOV, D. Ja., 1960. *Methods of increasing the seed-bearing of Pinus sylvestris*. In *Voprosy lesovedenija i lesovodstva*, Moscow: 157-170.

Travaux faits sur le pin sylvestre en Russie. La fertilisation, tout comme l'éclaircie est une méthode prometteuse pour accroître la production de semences.

HAUSSER, K., 1960. *Pine fertilizer trials showing unexpected results.* Allg. Forstzeitschr., 15 (34): 497-501.

Application d'azote à de vieux pins sylvestre dans la Forêt Noire en Allemagne. Les arbres fertilisés produisent environ 10 fois plus de cônes et 8 fois plus de graines que les arbres témoins. Le poids de 1000 graines augmente de 25 pour cent grâce à la fertilisation, mais aucune différence n'est décelée dans la vitesse et le taux de germination, non plus que dans le développement des jeunes semis issus de ces graines.

HIROV, A.A., 1964. *Stimulation of fruiting in scots pine seed orchards.* Lesn. Z., Arhangel'sk, 7 (5): 36-38.

Résumé des recherches préliminaires suédoises et russes sur la stimulation de la fructification du pin sylvestre par différents traitements sylviculturaux, qui montre les effets bénéfiques des fertilisants et spécialement du phosphore.

HOCKER, H.W. Jr., 1962. *Stimulating conelet production of eastern white pine.* N.H. Agric. Exp. Sta., Techn. Bull. No 107.

Recherches conduites sur le pin blanc (*Pinus strobus* L.), dans l'état du New Hampshire, avec des peuplements de 30 à 50 ans. Les arbres traités avec un fertilisant commercial complet (10-10-10) ont maintenu une production de cônes significativement supérieure à celle des arbres non traités et ce, durant les 4 années de l'étude. La production maximale appartient aux dominants les plus âgés; quant aux plus jeunes, leur réaction est proportionnelle à leurs dimensions.

HOEKSTRA, P.E., and F. MERGEN, 1957. *Experimental induction of female flowers on young slash pine.* J. For., 55 (11): 827-831.

Etudes des effets de différents traitements dans deux plantations de pin d'Elliot (*Pinus elliottii* Engelm.) d'âges différents (6 et 21 ans), situées dans le nord de la Floride. L'étude de la jeune plantation avait pour but d'analyser la précocité de floraison de ces arbres. Traitements appliqués: émondage des racines, étranglement des tiges, annelage de l'écorce et du cambium, fertilisation de N-P-K (3-12-6). L'annelage a eu plus d'effet que l'étranglement sur la production de fleurs femelles. L'émondage des racines combiné aux trois autres traitements, a eu également un effet positif. L'effet de la fertilisation seule a été pratiquement nul.

Dans la plantation de 21 ans, les traitements se sont limités à l'annelage et à la fertilisation dans le but de stimuler la production de fleurs. Les fertilisants utilisés: 7-7-7 et 3-18-6. La première année, la réaction a été proportionnelle au

taux d'azote appliqué et le meilleur traitement est la combinaison annelage-fertilisation.

HOLST, M.J., 1959. *Experiments with flower promotion in Picea glauca (Moench) Voss and Pinus resinosa Ait.* In Recent Advances in Botany, University of Toronto Press: 1654-1658. O.B.D.

Travaux présentés à l'université de Toronto, sur l'épinette blanche et le pin rouge. La floraison de l'épinette est favorisée par l'émondage des racines, l'annelage de la tige et la fertilisation au nitrate d'ammonium. Le pin, pour sa part, répond bien à l'application de ce même nitrate, mais ne devrait jamais subir l'émondage des racines. La conclusion est que la fertilisation au nitrate d'ammonium est le seul traitement qui puisse donner de bons résultats chez les arbres ayant atteint la maturité.

HOLST, M.J., 1970. *The stimulation of flowering in spruce and pine.* Extr. from Proc. 12 th Mtg. Comm. For. Tree Breeding Can., Part 2: 125-128.

Signale d'abord les mêmes expériences citées précédemment. De plus, la même fertilisation avec le nitrate d'ammonium appliqué au pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.) favorise la production de fleurs femelles et réduit celle des fleurs mâles.

KRASNJUK, A.A., 1959. *The influence of thinning and soil cultivation on the fruiting of oak.* Lesn. Hoz., 12 (6): 13-15.

Travaux effectués sur des chênes en Russie. Les plus fortes productions de glands sont obtenues en pratiquant une éclaircie combinée au scarifiage du sol et à la fertilisation.

KRECETOVA, N.V., 1962. *The change in seed quality of Larix gmelinii with soil fertilization.* Lesn. Z., Arhangel'sk, 5 (3): 165-166.

Expérience effectuée dans l'est de la Russie sur du mélèze. Fertilisation suivante à chaque arbre: 1,5 kg de superphosphate, 0,85 kg d'un sel potassique, 1,3 kg de nitrate d'ammonium et 0,3 kg de chaux. Dès la première année, on constate une amélioration dans la qualité des semences soit une meilleure énergie germinative, une augmentation du poids des graines, une teneur plus élevée en oxyde de phosphore et une meilleure conservation.

MATTHEWS, J.D., 1963. *Factors affecting the production of seed by forest trees.* F.A., 24 (1): I-XII.

Fait un excellent résumé des facteurs affectant la production de semences par les arbres forestiers. Discutant du rôle de la nutrition sur la différenciation et le développement des bourgeons floraux, on y mentionne des travaux de fertilisation qui

ont fourni des résultats, le plus souvent positifs et quelquefois négatifs.

MEJNARTOWICZ, L., 1970. *Effect of mineral fertilizing on the flowering of a larch seed orchard*. Arboretum Kornickie, 15: 117-128.

Applications séparées et combinées d'azote, de phosphore, de potassium et de calcium à un jeune peuplement semencier de mélèzes d'Europe (*Larix decidua* Mill.) situé en Pologne. La première année après la fertilisation, les traitements K et KN ont affecté défavorablement le développement des strobiles femelles alors que K, Ca, NP, NK, PCa et KCa ont eu le même effet sur les strobiles mâles. Par contre, la deuxième année, le développement des strobiles mâles n'a été affecté par aucun traitement tandis que celui des strobiles femelles a été stimulé par N, P, NK et PK.

MERGEN, F. and G.K. VOIGT, 1960. *Effects of fertilizer applications on two generations of slash pine*. Proc. Soil. Sci. Soc. Amer., 24 (5): 407-409.

Un total de 37 parcelles a été établi, dans lesquelles trois types de fertilisants complets (N-P-K), ont été appliqués à 5 taux différents dans deux plantations de *Pinus elliottii* Engelm. de classes d'âge différentes. Les fertilisants accroissent le contenu en éléments du feuillage des jeunes arbres tandis que celui des cônes et des graines est accru chez les plus vieux. Les traitements de fertilisation n'ont aucun effet significatif sur la longueur des cônes mais les graines produites sont plus lourdes. Ces dernières produisent en serre des semis plus vigoureux contenant un niveau plus élevé en azote, phosphore et potassium.

MIYAKE, N. and A. OKIBE, 1967. *Fundamental studies on seed gardens (orchards) of Japanese pine. Effects of some fertilizers on the growth and cone crop of Akamatsu Pinus densiflora*. Bull. Shimane Agric. Coll. No. 15, A-2: 101-112.

Etude de fertilisation azotée dans un peuplement semencier de *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. Le traitement s'est avéré essentiel dans les stades d'établissement sur sol sablonneux et très effectif pour accroître la production de cônes.

NANSON, A., 1965. *Stimulation of the production of female strobili in a Pinus sylvestris seed orchard by the application of fertilizer*. Silvae Genet., 14 (3): 94-97.

Travaux publiés en Allemagne, qui démontrent que l'application d'un engrais complet (12-18-20) à un peuplement semencier de pin sylvestre, à la fin de mai, a occasionné une nette augmentation du nombre des strobiles femelles au printemps suivant.

NEMEC, A., 1956. *Improving the seeding of Fagus sylvatica by soil improvement*. Prace Vyzkum. Ust. Lesn. CSR No. 11: 5-25.

Expérience effectuée en Tchécoslovaquie et qui démontre un effet positif de P et de K sur la production de semences chez le hêtre commun (*Fagus sylvatica* L.). De plus, des éléments mineurs dont le cuivre et le nickel, favorisent non seulement la formation de semences mais accroissent également la fréquence des années semencières.

OZAWA, J., and S. MATSUZAKI, 1955. *Promotion of the fruiting of Japanese larch: (1) The effects of manures on the formation of flower buds*. Spec. Rep. For. Exp. Sta., Hokkaido No. 4: 58-71.

A la suite d'une application d'azote chez le mélèze du Japon, il y a une réduction de floraison. Par contre, le phosphore et le potassium, seuls ou en combinaison, stimulent la floraison et la production de semences.

PAUL, B.H., and R.D. MARTS, 1931. *Controlling the proportion of summerwood in longleaf pine*. J. For., 29 (5): 784-796.

Etudes des effets produits par la fertilisation et l'irrigation sur des pins des marais en Floride. Les fertilisants appliqués sont le nitrate de sodium et un fertilisant complet (N-P-K). Deux ans après application des engrais, plusieurs arbres ont produit des cônes, les meilleurs producteurs étant ceux qui ont été fertilisés.

SCHUBERT, G.H., 1956. *Effect of fertilizer on cone production of sugar pine*. Calif. For. Range Exp. Sta., Res. Note No. 116.

Utilisation du phosphate d'ammonium (16-20-0), pour tripler la production de cônes de pins de Lambert (*Pinus lambertiana* Dougl.), en Californie.

SHEEDY, G., 1974. *Effets comparés de divers fertilisants sur la production de semences du sapin baumier*. Service de la rech., Dir. gén. des Forêts, Min. des Ter. et For. du Québec. Note n° 3, 11 pp.

Essais de fertilisation avec l'urée, le nitrate d'ammonium, le sulfate d'ammonium, l'urée et le superphosphate triple, l'urée et le muriate de potasse (KCl) et finalement N-P-K (urée - SPT - KCl). Après la première saison de croissance, la fertilisation n'avait pas affecté la production de semences. L'étude se continue.

SHOULDERS, E., 1967. *Fertilizer application, inherent fruitfulness and rainfall affect flowering of longleaf pine*. For. Sci., 13 (4): 376-383.

Etudes effectuées dans un peuplement de *Pinus palustris* Mill. âgé de 45 ans, soumis à deux éclaircies fortes. Fertilisant utilisé: 15-25-10. L'auteur conclut que, pour une année donnée, le nombre de strobiles femelles produits par des arbres individuels est influencé (par ordre d'importance décroissante): 1- par leur capacité inhérente de fleurir; 2- par les pluies printanières; 3- par le taux annuel de fertilisant appliqué; 4- par la floraison de la deuxième année antérieure.

SHOULDERS, E., 1968. *Fertilization increases longleaf and slash pine flower and cone crops in Louisiana*. J. For., 66 (3): 193-197.

Des peuplements fortement éclaircis fertilisés annuellement au taux de 1000 lb/ac (1120 kg/ha) de 15-25-10 augmentent d'une façon marquée leur production de fleurs femelles et de cônes. La floraison est aussi liée à la précipitation des mois de mars à juillet de l'année précédente, ainsi qu'à la quantité de fleurs produites deux années plus tôt. La fertilisation annuelle des peuplements semenciers semble efficace si la mortalité des strobiles femelles peut être minimisée.

STEINBRENNER, E.C., J.W. DUFFIELD and R.K. CAMPBELL, 1960. *Increased cone production of young Douglas fir following nitrogen and phosphorus fertilization*. J. For., 58 (2): 105-110.

Ces auteurs furent les premiers à démontrer l'effet positif d'une fertilisation azotée sur la production de semences du douglas taxifolié (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). Travaillant dans un peuplement éclairci, ils ont appliqué de l'azote et du phosphore sous forme de nitrate d'ammonium et de superphosphate. Les résultats suivants ont été obtenus: augmentation du nombre d'arbres porteurs de cônes, particulièrement dans les classes de faibles diamètres; augmentation du nombre d'arbres porteurs d'une forte quantité de fleurs; augmentation du nombre et de la longueur des cônes; augmentation du nombre total de semences.

STEPHENS, G.R. Jr., 1964. *Stimulation of flowering in eastern white pine*. For. Sci., 10 (1): 28-34.

Travaux démontrant l'effet positif du sulfate d'ammonium sur l'augmentation de la production de strobiles femelles de pins blancs âgés de 22 ans. L'émondage des racines et l'annelage des branches de la partie supérieure de la cime ont produit les mêmes résultats. Aucun de ces traitements n'a cependant accru le nombre d'arbres porteurs de strobiles; leur effet fut également nul sur la floraison d'autres pins blancs âgés de 3 à 14 ans.

STOATE, T.N., I. MAHOOD and E.C. CROSSIN, 1961. *Cone production in Douglas fir (Pseudotsuga menziesii)*. *Commonw. For. Rev.*, 40 (2): 104-110.

Expériences comparatives de fertilisation d'automne et de printemps. Emploi de plusieurs fertilisants azotés (nitrate d'ammonium, sulfate et phosphate d'ammonium), engrais complets N-P-K, superphosphate. La meilleure récolte de cônes fait suite à une application automnale de fertilisant azoté. L'application printanière du nitrate d'ammonium, si elle est faite en temps propice, favorise l'apparition de plusieurs bourgeons floraux. L'application des nitrates doit s'effectuer au moment de l'éclosion des bourgeons végétatifs.

SWAN, H.S.D., 1963. *Interim report on black spruce seed orchard fertilizer experiment*. *Canad. Pulp. Pap. Ass., Woodl. Sect. Index*, No. 2256 (appendix A).

Fertilisation de peuplements semenciers d'épinette noire situés en Ontario. Applications printanières d'azote, de phosphore, de potassium et de magnésium. Il en résulte une augmentation de la production de cônes et une diminution de l'intervalle entre les années de forte production.

TAKAYAMA, Y., 1966. *Studies on the seed orchard of Japanese red pine (Pinus densiflora Sieb. et Zucc.) I- On the 1000-seed weight of the crops from the grafted clones of Japanese red pine*. *J. Jap. For. Soc.*, 48 (5): 199-208.

Etude du comportement de clones greffés provenant d'arbres "plus" et formant un verger à graines. Une application de fertilisant a augmenté significativement aussi bien la récolte de graines que leur poids.

TAKAYAMA, Y., 1967. *Studies on the seed orchard of Japanese red pine (Pinus densiflora Sieb. et Zucc.) Effects of fertilization in clonal grafts of Japanese red pine*. *J. Jap. For. Soc.*, 49 (5): 192-197.

Signale que des arbres âgés de 16 ou 17 ans ayant reçu durant 7 années consécutives une fertilisation annuelle ont produit 75 fois plus de semences que les greffes non fertilisées.

WENGER, K.F., 1953. *The effects of fertilization and injury on the cone and seed production of loblolly pine seed trees*. *J. For.*, 51 (8): 570-573.

Deux peuplements éclaircis, âgés respectivement de 25 et 40 ans, ont été soumis à des traitements de fertilisation (7-7-7) par incision de l'écorce. Ce traitement n'a donné aucun résultat, étant donné que la blessure se cicatrise avant la formation des bourgeons. Trois ans après la fertilisation, la production de semences augmente de façon significative chez les arbres fertilisés âgés de 25 ans. Chez les arbres de 40 ans, l'effet du fertilisant n'est pas significatif; il semble que le taux appliqué n'était pas assez élevé ou que son effet a été masqué par celui de l'éclaircie. Aucun des traitements n'a affecté le pourcentage de cônes défectueux, le nombre total de graines par cône ou le pourcentage de graines saines par cônes. L'effet est disparu dès la quatrième année. L'auteur conclut que cet effet est d'ordre nutritionnel plutôt que dû à un développement de feuillage plus considérable et à un accroissement des réserves en hydrates de carbone, comme cela semblerait être le cas chez les feuillus.



## CHAPITRE II

### ORIENTATION BIBLIOGRAPHIQUE

#### 1. SELON LE PAYS

- 1.1 Allemagne. Hausser 1960; Nanson 1965.
- 1.2 Australie. Anon, 1957a; Eldridge 1966.
- 1.3 Canada. Anon. 1964; Cayford et Jarvis 1967; Devitt 1960; Ebell 1962, 1972a, 1972b; Ebell et McMullan 1970; Holst 1959, 1970; Sheedy 1974; Stoate *et al.* 1961; Swan 1963.
- 1.4 Etats-Unis. Allen 1953; Anon. 1957b, 1963; Barnes 1969; Barnes et Bengtson 1968; Barnes et Bingham 1963; Brinkman 1962; Chandler 1938; Cooley 1970; Croker 1964; Detwiler 1943; Gemmer 1932; Hocker 1962; Hoekstra et Mergen 1957; Matthews 1963; Mergen et Voigt 1960; Paul et Marts 1931; Schubert 1956; Shoulders 1967, 1968; Steinbrenner *et al.* 1960; Stephens 1964; Wenger 1953.
- 1.5 Japon. Asakawa et Fujita 1966; Miyake et Okibe 1967; Ozawa et Matsuzaki 1955; Takayama 1966, 1967.
- 1.6 Pologne. Mejnartowicz 1970
- 1.7 Roumanie. Enescu et Giurgiu 1968.
- 1.8 Russie. Eremic *et al.* 1959; Girgidov 1960; Hirov 1964; Krasnjuk 1959; Krecetova 1962.
- 1.9 Suède. Bergman 1955; Hirov 1964
- 1.10 Tchécoslovaquie. Nemeč 1956

## 2. SELON LES ESSENCES FEUILLUES

- 2.1 Erable. Chandler 1938
- 2.2 Chêne. Detwiler 1943; Eremic *et al.* 1959; Krasnjuk 1959; Krecetova 1962.
- 2.3 Hêtre. Chandler 1938; Nemeč 1956.

## 3. SELON LES ESSENCES RESINEUSES

- 3.1 Epinettes. Holst 1959, 1970; Swan 1963.
- 3.2 Mélèzes. Asakawa et Fujita 1966; Mejnartowicz 1970; Osawa et Matsuzaki 1955.
- 3.3 Pins. Allen 1953; Anon. 1957a, 1963, 1964; Asakawa et Fujita 1966; Barnes 1969; Barnes et Bengtson 1968; Barnes et Bingham 1963; Bergman 1955; Brinkman 1962; Cayford et Jarvis 1967; Cooley 1970; Crocker 1964; Eldridge 1966; Enescu et Giurgiu 1968; Gemmer 1932; Girgidov 1960; Hausser 1960; Hirov 1964; Hocker 1962; Hoekstra et Mergen 1957; Holst 1959, 1970; Mergen et Voigt 1960; Miyake et Okibe 1967; Nanson 1965; Paul et Marts 1931; Schubert 1956; Shoulders 1967, 1968; Stephens 1964; Takayama 1966, 1967; Wenger 1953.
- 3.4 Sapins. Anon. 1957b; Devitt 1960; Ebell 1962, 1972a, 1972b; Ebell et McMullan 1970; Sheedy 1974; Steinbrenner *et al.* 1960; Stoate *et al.* 1961.

## 4. SELON LES TRAITEMENTS COMBINES A LA FERTILISATION

- 4.1 Annelage et étranglement. Barnes et Bingham 1963; Bergman 1955; Hoekstra et Mergen 1957; Holst 1959, 1970; Stephens 1964; Wenger 1953.
- 4.2 Eclaircie. Allen 1953; Anon. 1963; Asakawa et Fujita 1966; Barnes et Bingham 1963; Cooley 1970; Eldridge 1966; Enescu et Giurgiu 1968; Girgidov 1960; Cayford et Jarvis 1967; Krasnjuk 1959; Shoulders 1967, 1968; Steinbrenner *et al.* 1960; Wenger 1953.
- 4.3 Emondage. Barnes et Bingham 1963; Bergman 1955; Hoekstra et Mergen 1957; Holst 1959, 1970; Stephens 1964.
- 4.4 Irrigation. Barnes et Bengtson 1968; Barnes et Bingham 1963, Crocker 1964; Gemmer 1932; Paul et Marts 1931.
- 4.5 Scarifiage. Krasnjuk 1959; Shoulders 1967, 1968.
- 4.6 Ombrage. Barnes et Bengtson 1968.

## 5. SELON LES ELEMENTS FERTILISANTS

- 5.1 Azote (N). Anon 1963, 1964; Barnes 1969; Barnes et Bengton 1968; Cayford et Jarvis 1967; Chandler 1938; Devitt 1960, Ebell 1962, 1972a, 1972b; Ebell et McMullan 1970; Eremic *et al.* 1959; Gemmer 1932; Hausser 1960; Holst 1959, 1970; Krecetova 1962; Matthews 1963; Mejnartowicz 1970; Miyake et Okibe 1967; Ozawa et Matsuzaki 1955; Paul et Marts 1931; Sheedy 1974; Streinbrenner *et al.* 1960; Stephens 1964; Stoate *et al.* 1961.
- 5.2 Phosphore (P). Anon. 1957a, 1963, 1964; Ebell 1962; Hirov 1964; Krecetova 1962; Matthews 1963; Mejnartowicz 1970; Ozawa et Matsuzaki 1955; Steinbrenner *et al.* 1960; Stoate *et al.* 1961.
- 5.3 Potassium (K). Anon. 1964; Bergman 1955, Ebell 1962; Krecetova 1962; Matthews 1963; Mejnartowicz 1970; Ozawa et Matsuzaki 1955.
- 5.4 Azote-phosphore (N-P). Anon. 1957b; Devitt 1960; Ebell 1962; Matthews 1963; Mejnartowicz 1970; Schubert 1956; Sheedy 1974; Strinbrenner *et al.* 1960.
- 5.5 Azote-potassium (N-K). Anon. 1964; Ebell 1962; Matthews 1963; Mejnartowicz 1970; Sheedy 1974.
- 5.6 Phosphore-potassium (P-K). Mejnartowicz 1970; Nemeč 1956; Ozawa et Matsuzaki 1955.
- 5.6 Azote-phosphore-potassium (N-P-K). Allen 1953; Anon. 1963; Barnes 1969; Brinkman 1962; Cooley 1970; Croker 1964; Detwiler 1943; Eldridge 1966; Enescu et Giurgiu 1968; Eremic *et al.* 1959; Gemmer 1932; Hocker 1962; Hoekstra et Mergen 1957; Krecetova 1962; Matthews 1963; Mejnartowicz 1970; Mergen et Voigt 1960; Nanson 1965; Osawa et Matsuzaki 1955; Paul et Marts 1931; Sheedy 1974; Shoulders 1967, 1968; Stoate *et al.* 1961; Swan 1963; Wenger 1953.
- 5.7 Autres éléments (Ca, Mg et éléments mineurs). Detwiler 1943; Ebell 1962; Enescu et Giurgiu 1968; Krecetova 1962; Mejnartowicz 1970; Nemeč 1956; Swan 1963.



## CHAPITRE III

### PROJET DE RECHERCHE SUR LA FERTILISATION DE PEUPEMENTS SEMENCIERS

Au Québec, la recherche sur les effets de la fertilisation dans les peuplements semenciers est inexistante. A la lumière des résultats obtenus ailleurs, nous proposons un projet de recherche sur la fertilisation des différentes essences présentes dans le réseau de peuplements semenciers établis à travers la Province par le Service de la restauration forestière.

Ce projet de fertilisation, sans prétendre couvrir toutes les expertises possibles, touche aux principaux points considérés dans les travaux antérieurs. Ainsi, on prévoit combiner la fertilisation à l'éclaircie parce que ces deux interventions sylvicoles se sont avérées les plus efficaces pour accroître la floraison et la production de semences, en plus de régulariser ou d'augmenter à l'occasion la fréquence des bonnes années semencières.

Le moment propice à la fertilisation se situerait juste avant la période au cours de laquelle se différencient les bourgeons floraux qui deviennent les cônes de l'année suivante. Ainsi, il serait essentiel de fertiliser au printemps, juste avant l'ouverture des bourgeons végétatifs.

D'autres auteurs recommandent d'échelonner la fertilisation sur plusieurs années plutôt que de faire une seule application massive. Il paraît préférable de réduire la quantité de fertilisant, pour éviter les effets nocifs de la surfertilisation, et de répéter le traitement afin d'essayer de maintenir un niveau assez constant d'éléments nutritifs disponibles pour les arbres semenciers.

#### 1. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Dans le dispositif expérimental choisi, les traitements et les répétitions sont distribués complètement au hasard. Dans un peuplement semencier éclairci au préalable, 65 arbres sont sélectionnés pour chacune des essences étudiées et 13 traitements différents, répétés 5 fois, sont appliqués. Ces 65 individus ont le même âge, le même diamètre et possèdent une vigueur apparente identique, car tous ces facteurs influencent la production de cônes. Les fertilisants sont épandus sur des surfaces circulaires de 0.01 acre (0,004 ha). Chaque arbre semencier choisi est le centre d'une de ces surfaces de 11.8 pieds (3,5 m) de rayon et une bande de protection minimale de 30 pieds (9 m) sépare les surfaces fertilisées.

## 2. TRAITEMENTS DE FERTILISATION

<u>No traitement</u>	<u>Eléments</u>	<u>Taux par acre*</u>	<u>Fertilisant</u>
1	Témoin	-	-
2	N	100 livres	Urée
3	N	100 livres par année pendant 5 ans	Urée
4	N	200 livres	Urée
5	N	400 livres	Urée
6	N	100 livres par année pendant 5 ans	Nitrate d'ammonium $NH_4NO_3$
7	N	200 livres	Nitrate d'ammonium $NH_4NO_3$
8	N	100 livres par année pendant 5 ans	Nitrate de sodium $NaNO_3$
9	N	200 livres	Nitrate de sodium $NaNO_3$
10	N,P	N: 200 livres P: 100 livres	Urée Triple superphosphate
11	N,P,K	N: 200 livres P: 100 livres K: 100 livres	Urée Triple superphosphate Muriate de potasse KCl
12	N,Mg,B, Mn,Zn, Cu	N: 200 livres Mg: 50 livres B: 25 livres Mn: 25 livres Zn: 25 livres Cu: 25 livres	Urée Oxyde de magnésium MgO Acide borique $H_3BO_3$ Sulfate de manganèse $MnSO_4$ Sulfate de zinc $ZnSO_4$ Sulfate de cuivre $CuSO_4$
13	N,P,K,Mg, B,Mn,Zn, Cu	N : 200 livres P : 100 livres K : 100 livres Mg: 50 livres B : 25 livres Mn: 25 livres Zn: 25 livres Cu: 25 livres	Urée Triple superphosphate Muriate de potasse KCl Oxyde de magnésium MgO Acide borique $H_3BO_3$ Sulfate de manganèse $MnSO_4$ Sulfate de zinc $ZnSO_4$ Sulfate de cuivre $CuSO_4$

\* 1 lb/ac = 1,120 851 kg/ha

### 3. ETAPES DE REALISATION

- a. Echantillonnage des cônes avant fertilisation
- b. Fertilisation
- c. Echantillonnage des cônes après fertilisation, pendant 5 ans.

### 4. ETUDES SUR LES CONES ET LES SEMENCES

Les cônes des 65 arbres échantillonnés sont dénombrés, pesés à l'état humide et à l'état sec, puis leur longueur est mesurée.

Les semences extraites sont dénombrées et pesées, puis soumises à des tests de germination. Cette dernière étude devrait se poursuivre en serre afin de surveiller le comportement des graines cultivées. Enfin, une analyse chimique quantitative est effectuée sur ces graines afin de déterminer leur contenu en éléments nutritifs.





L'ÉDITEUR OFFICIEL DU QUÉBEC  
SERVICE DE LA REPROGRAPHIE  
Octobre 1976