

Note de recherche forestière n° 65

Fertilisation d'une plantation de pin gris du centre du Québec : résultats de dix ans

Gilles SHEEDY¹

O.D.C. 237.4(047.3)(714)
L.C. SD 401

* * *

Résumé

Les résultats présentés dans ce rapport montrent que la fertilisation est un traitement efficace pour stimuler la croissance du pin gris en plantation. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec les traitements comprenant du potassium avec ou sans azote et phosphore. En dix ans, les meilleurs traitements ont provoqué chez les arbres fertilisés des accroissements en volume total supérieurs à ceux des arbres témoins de plus de 28 m³/ha (64 %).

Mots-clés : fertilisation, plantation, pin gris.

Summary

Fertilization of a jack pine plantation in Central Québec : ten-year results. Results presented in this report show that fertilization is an effective treatment to stimulate planted jack pine growth. The best results were obtained with treatments that included potassium with or without nitrogen and phosphorus. Ten years after fertilization, the trees fertilized with the best treatments presented a total volume increment more than 28 m³/ha (64 %) superior to the control trees.

Key words : fertilization, plantation, jack pine.

* * *

Introduction

Ce rapport présente les résultats décennaux de croissance d'une plantation de pin gris qui était âgée de 16 ans lors de la fertilisation, en 1978. Le dispositif expérimental a été réalisé dans le cadre du projet de fertilisation des plantations, projet qui a permis d'établir une centaine de dispositifs de fertilisation grâce à la précieuse collaboration du personnel de diverses régions administratives du MRN et de plusieurs compagnies forestières et propriétaires privés.

Matériel et méthode

Description de la station

Cette plantation est située dans le rang Bois-Franc, à quelque 3 km au sud-ouest de Sainte-Catherine, dans la circonscription électorale de Portneuf, à 46° 47' 45" de latitude nord et 71° 59' 10" de longitude ouest. Elle fait partie de la région écologique 3f, domaine de l'érablière à bouleau jaune (THIBAULT 1985). La plantation des pins gris a été effectuée en 1962 sur une terre abandonnée qui fait partie des classes de fertilité 2 et 3. Selon la Carte de possibilité des terres pour les forêts (ENVIRONNEMENT CANADA 1977), ces terres comportent des limitations faibles à modérées pour la croissance des arbres. Les principaux facteurs limitant la croissance seraient le manque d'humidité et le faible niveau de fertilité du sol.

¹ Ing.f., M.Sc., chargé de recherches en fertilité et reboisement au Service de l'amélioration des arbres.

Tableau 1. Description des conditions de croissance, de sol et de climat

Essence	plantation de pin gris
Localisation	Sainte-Christine de Portneuf
Altitude	130 m
Age (en 1977) ¹	15 ans
Espacement	2 x 2 m
Hauteur initiale ¹	5,65 m
Diamètre initial ¹	9,05 cm
Type de sol ²	podzol humo-ferrique orthique
Texture	sable loameux-caillouteux
Drainage ²	modérément bon
Température annuelle moyenne ³	3,8° C
Nombre de jours sans gel ³	109
Précipitations ³	118 cm

¹ La plantation a été réalisée en 1962

² Choinière et Laplante 1948

³ PROULX, JACQUES, LAMOTHE et LITYNSKI 1987

Les principales caractéristiques concernant cette plantation (conditions de sol et de climat, dendrométrie) sont présentées au tableau 1.

Dispositif expérimental et traitements de fertilisation

Le dispositif à bloc complet comprend 75 placettes de 0,01 ha (10 x 10 m), soit trois répétitions de 25 traitements. Les traitements de fertilisation sont présentés au tableau 2. Le choix des traitements a été fait au hasard pour chacune des répétitions et les engrais ont été appliqués manuellement en juin 1978, à l'aide d'un épandeur portatif de marque *Cyclone*. La fertilisation couvre l'ensemble de la placette (0,01 ha).

Mesurage et échantillonnage

Le sol de cette plantation a été échantillonné lors de l'établissement du dispositif en 1977 (un échantillon par répétition). Par la suite, les aiguilles de six arbres par placette ont été échantillonnées en septembre de 1977, 1978, 1980 et 1982. Une partie de ces aiguilles a été utilisée pour former trois échantillons composites par placette. Les échantillons ont été préparés et analysés selon les méthodes usuelles du laboratoire (THOMAS et al. 1967; WALSH 1971; KALRA et MAYNARD 1992). Les résultats des analyses ont été validés à l'aide d'un matériel de référence du NIST: SMR 1575 (*pine needles*).

Les mesures dendrométriques portent sur neuf arbres numérotés par placette (arbres du centre). La hauteur totale et le diamètre à 1,35 m de hauteur de chacun de ces arbres ont été mesurés en septembre de 1977, 1978, 1980, 1982 et 1987. Lors de ces mesurages, on note aussi l'état de santé des arbres et la présence de défauts (tiges fourchues ou cassées) ou de blessures sur les tiges; ces blessures peuvent être causées par la neige, le verglas, les insectes ou les animaux, etc.

Tableau 2. Traitements de fertilisation

Traitement n°		Quantité d'éléments (kg/ha)		
		N	P	K
1	T		Témoin	
2	N5	50	0	0
3	N7	75	0	0
4	N1	100	0	0
5	N1,5	150	0	0
6	P5	0	50	0
7	P7	0	75	0
8	P1	0	100	0
9	K5	0	0	50
10	K7	0	0	75
11	K1	0	0	100
12	N5P5K5	50	50	50
13	N7P7K7	75	75	75
14	N1P1K1	100	100	100
15	N7P5K5	75	50	50
16	N1P5K5	100	50	50
17	N1P7K7	100	75	75
18	N7P5	75	50	0
19	N7P7	75	75	0
20	N7K5	75	0	50
21	N7K7	75	0	75
22	N1P5	100	50	0
23	N1P1	100	100	0
24	N1K5	100	0	50
25	N1K1	100	0	100

Ces mesures sont compilées pour déterminer la hauteur, le diamètre, le volume total et l'accroissement en volume total moyen des arbres par traitement. Puis on procède aux analyses de covariance pour des dispositifs à blocs complets en s'assurant que les hypothèses de base sont respectées (KIRK 1968). Ici, c'est le volume total initial qui a été utilisé comme co-variable.

Résultats et discussion

Les résultats d'analyses de sol et de tissus ainsi que les résultats quinquennaux de croissance concernant ce dispositif ont fait l'objet d'un premier rapport en 1986 (SHEEDY).

Le sol

Les propriétés chimiques du sol de l'horizon Ap sont les suivantes : pH : 5,1; N : 3300 kg/ha ; P : 336 kg/ha ; K : 38 kg/ha ; Ca : 1125 kg/ha ; Mg : 8 kg/ha. Ces résultats montrent que les teneurs en K et Mg du sol sont particulièrement faibles; les standards pour ces éléments sont de

240 kg/ha pour K et 225 kg/ha pour Mg. Les teneurs en azote du sol sont légèrement inférieures à celles qui sont recommandées pour le pin gris (3600 kg/ha) (WILDE 1966; MORRISON 1974). Ce sont des sols sablonneux qui présentent une faible capacité de rétention en eau et en éléments nutritifs. Leur contenu en argile est de l'ordre de 2 %. Ils appartiennent au groupe des podzols humo-ferriques orthiques, série Morin (RAYMOND, LAFLAMME et GODBOUT 1976). Ce sont des sols de fertilité moyenne à pauvre.

Le feuillage

Le tableau 3 présente les concentrations en éléments des aiguilles selon les traitements et les années d'échantillonnage. À l'examen de ce tableau, on constate que la fertilisation a causé des augmentations dans les concentrations en N, P et K des aiguilles échantillonnées en 1978 (année de la fertilisation); ces effets des engrais sur les concentrations en éléments des aiguilles (surtout en N et K) s'atténuent rapidement par la suite. Dans l'ensemble, les concentrations en éléments des aiguilles diminuent graduellement avec le vieillissement des arbres (1978 contre 1987).

Lorsque l'on compare ces résultats avec ceux qui ont été compilés pour l'ensemble des plantations de pin gris du même âge (SHEEDY et THOMASSIN 1994), on constate qu'en moyenne, les teneurs en N et P des aiguilles de cette plantation sont supérieures ou égales à la moyenne alors que les teneurs en K et Mg sont inférieures à la moyenne. Ainsi, le potassium et le magnésium seraient les deux principaux éléments limitant la croissance de cette plantation. Ces résultats sont semblables à ceux obtenus par plusieurs auteurs au Québec (LAFOND 1958, PHU 1975) et aux États-Unis (STONE et LEAF 1967, STRATTON *et al.* 1968) pour des plantations de pins.

Nous avons aussi compilés les indices *DRIS* (OUMET et CAMIRÉ 1993, SCHUTZ et DE VILLIERS 1987, WALWORTH et SUMNER 1987) pour les principaux traitements. Ces indices sont présentés au tableau 4 et montrent qu'en 1978, année de la fertilisation, ce sont principalement K, Mg et Ca qui limitent la croissance de cette plantation. Le fait de fertiliser seulement en N augmente le déséquilibre des éléments dans le feuillage alors que l'ajout de K avec ou sans N et P améliore l'équilibre entre les éléments. On constate aussi que les indices varient passablement pour un même traitement selon les années d'échantillonnage et qu'à long terme, les meilleurs indices *DRIS* sont obtenus avec les traitements N1P1K1 et N1K1.

Résultats des mesures dendrométriques

Les résultats présentés au tableau 5 et à la figure 1 montrent que la fertilisation a stimulé la croissance des arbres (hauteur, diamètre et volume total). Ce sont les arbres fertilisés avec le potassium (seul ou avec N et P) qui présentent les meilleurs résultats de croissance. Ainsi, même si les arbres fertilisés avec les autres traitements (sans potassium) présentent une croissance positive, leur accroissement décennal en volume total n'est pas statistiquement différent de celui des arbres témoins.

Les résultats des analyses de covariance réalisées sur les données transformées (racine carré du volume total et de l'accroissement en volume total) montrent que les meilleurs traitements sont ceux qui comprennent des doses de 50 à 100 kg/ha de K avec ou sans N et P; ce sont les traitements N1P1K1, N1K1, K1, N1K5, N7P5K5, N1P5K5, N7K5, N7K7, K7, N7P7K7, N5P5K5 et K5 (tableau 5). Les arbres qui ont reçu ces traitements présentent un accroissement en volume total significativement supérieur à celui des arbres témoins. En moyenne, les gains en volume total pour l'ensemble des arbres fertilisés avec ces traitements, sont de l'ordre de 2,4 m³/ha.an, soit l'équivalent de ce qui est obtenu en moyenne en Suède. Selon MALM (1992), des résultats comme ceux-là justifient amplement les coûts de la fertilisation. Ces résultats correspondent au gain d'une classe de fertilité (classe 3 à classe 4; BOLGHARI et BERTRAND 1984).

Les résultats du tableau 5 et de la figure 1 montrent que les arbres fertilisés avec les quatre meilleurs traitements (N1P1K1, N1K1, K1, N1K5) sont en moyenne plus hauts (1,5 m de plus) et plus gros (dhp de 1,9 cm de plus) que les arbres témoins. Leur volume total est en moyenne de 100 m³/ha, soit 29 m³/ha de plus que les arbres témoins. En dix ans, l'accroissement en volume total des arbres fertilisés avec ces quatre traitements est de 73 m³/ha, soit 29 m³/ha (64 %) de plus que les arbres témoins. La figure 1 montre bien l'impact de ces traitements sur les accroissements en hauteur, en diamètre et en volume total des arbres. Elle montre aussi que l'accroissement en volume total des arbres fertilisés avec ces traitements est resté supérieur à celui du témoin au cours de la deuxième partie de la période de mesurage (5 à 10 ans). Les impacts de la fertilisation sur la croissance des arbres sont donc encore importants durant cette deuxième période.

Le tableau 6 présente une estimation des volumes totaux (VT) et marchands (VM) à 40 ans pour les arbres témoins et les arbres fertilisés avec le traitement K1 (100 kg/ha K). Cet estimé, basé sur les tables de BOLGHARI et BERTRAND (1984), montre que les arbres fertilisés avec le traitement K1 présenteraient à 40 ans un gain en volume total de 30 m³/ha de plus que les arbres témoins et que le gain en volume marchand serait du même ordre (28 m³/ha). Ainsi la grande majorité des gains dus à la fertilisation serait en volume marchand. Ces gains représentent l'équivalent de 2200 pièces de 5 cm x 10 cm x 2,5 m, soit au prix actuel de 2\$ pièce, une valeur de 4400\$. Si on considère que le coût de ce traitement était au départ de l'ordre de 300\$/ha, la valeur actuelle de ce montant serait à 40 ans (20 ans après la fertilisation et au taux de 8 %) de 1400\$/ha, laissant ainsi un gain net de l'ordre de 3000\$/ha. Bien que ce gain soit un estimé, il fait ressortir l'intérêt de la fertilisation comme traitement sylvicole.

Les résultats de croissance, de même que ceux concernant le feuillage, montrent bien que c'est surtout le potassium qui a eu le plus d'impact sur la croissance de cette plantation. Ainsi, la figure 2 présente les accroissements en volume total des arbres en relation avec les concentrations en K des aiguilles de 1978 (année de la fertilisation). Les arbres

Tableau 3. Concentration en N, P, K, Mg et Ca des aiguilles de 1977¹, 1978², 1980, 1982 et 1987

Traitements	Concentrations en éléments ³ (%)											
kg/ha	N				P				K			
N° : N - P - K	1978	1980	1982	1987	1978	1980	1982	1987	1978	1980	1982	1987
1 : Témoin	1,39	1,38	1,01	1,13	0,17	0,18	0,13	0,12	0,30	0,29	0,35	0,32
2 : 50-0-0	1,50	1,28	1,00	1,15	0,17	0,16	0,12	0,12	0,31	0,29	0,28	0,29
3 : 75-0-0	1,47	1,42	1,15	1,18	0,17	0,19	0,13	0,13	0,38	0,30	0,34	0,33
4 : 100-0-0	1,48	1,34	1,12	1,15	0,16	0,16	0,15	0,13	0,32	0,35	0,34	0,30
5 : 150-0-0	1,62	1,38	1,01	1,24	0,15	0,17	0,12	0,13	0,35	0,39	0,35	0,35
6 : 0-50-0	1,34	1,14	0,90	1,04	0,16	0,15	0,12	0,11	0,31	0,26	0,29	0,26
7 : 0-75-0	1,29	1,19	0,99	1,14	0,16	0,16	0,13	0,13	0,29	0,25	0,30	0,28
8 : 0-100-0	1,42	1,39	1,06	1,15	0,19	0,21	0,14	0,12	0,33	0,29	0,38	0,30
9 : 0-0-50	1,57	1,37	1,12	1,21	0,17	0,18	0,13	0,13	0,47	0,40	0,37	0,35
10 : 0-0-75	1,43	1,36	1,03	1,16	0,15	0,16	0,12	0,11	0,54	0,40	0,31	0,31
11 : 0-0-100	1,48	1,21	0,95	1,14	0,16	0,13	0,12	0,11	0,52	0,35	0,33	0,36
12 : 50-50-50	1,48	1,29	1,04	1,19	0,16	0,16	0,13	0,13	0,49	0,42	0,38	0,35
13 : 75-75-75	1,46	1,39	1,25	1,12	0,15	0,16	0,15	0,12	0,50	0,43	0,37	0,37
14 : 100-100-100	1,65	1,48	1,13	1,12	0,16	0,21	0,13	0,12	0,47	0,46	0,41	0,34
15 : 75-50-50	1,41	1,33	0,97	1,08	0,15	0,14	0,12	0,11	0,44	0,43	0,33	0,34
16 : 100-50-50	1,49	1,41	1,03	1,18	0,16	0,17	0,13	0,13	0,39	0,37	0,37	0,34
17 : 100-75-75	1,65	1,32	1,07	1,12	0,16	0,17	0,13	0,12	0,48	0,43	0,40	0,37
18 : 75-50-0	1,44	1,41	1,08	1,07	0,16	0,18	0,14	0,12	0,31	0,30	0,36	0,29
19 : 75-75-0	1,60	1,27	1,01	1,13	0,16	0,17	0,12	0,13	0,37	0,28	0,31	0,31
20 : 75-0-50	1,61	1,23	1,18	1,14	0,17	0,16	0,14	0,12	0,46	0,38	0,42	0,35
21 : 75-0-75	1,51	1,34	1,02	1,17	0,15	0,15	0,13	0,12	0,43	0,41	0,36	0,35
22 : 100-50-0	1,69	1,39	1,05	1,15	0,17	0,19	0,14	0,12	0,38	0,35	0,31	0,31
23 : 100-100-0	1,71	1,19	1,10	1,20	0,17	0,16	0,15	0,14	0,40	0,31	0,28	0,30
24 : 100-0-50	1,55	1,24	1,06	1,13	0,16	0,15	0,13	0,13	0,43	0,39	0,36	0,05
25 : 100-0-100	1,59	1,25	1,16	1,11	0,16	0,15	0,14	0,11	0,49	0,43	0,37	0,36
Moyennes	1,52	1,32	1,06	1,14	0,16	0,17	0,13	0,12	0,41	0,36	0,35	0,32

¹ 1,29 % N, 0,14 % P, 0,31 % K, 0,04 % Mg, 0,25 % Ca

² Année de la fertilisation

³ Les données présentées dans ce tableau sont des moyennes pour neuf échantillons.

présentant des concentrations en K foliaire supérieures à 0,4 % en 1978, présentent après dix ans les meilleurs accroissements ($\geq$ à 60 m³/ha).

Le meilleur traitement, compte tenu des résultats de croissance et du coût des engrais, est le traitement K1 (100 kg/ha de potassium).

La différence que l'on constate dans les résultats par répétition s'explique par le fait que les arbres de la répétition 1 sont plus vieux (2 ans) que ceux des autres répétitions. Ils étaient donc plus gros et plus hauts au début de l'étude et le sont restés.

L'état de santé général de cette plantation est excellent. Après dix ans, la plupart des arbres sont vivants (94 %) et en santé (90 %). Les principaux dommages observés concernent des blessures sur la pousse terminale : 6 % des arbres présentaient des têtes cassées, des *leaders* ou plusieurs têtes. En moyenne, 3 % des tiges présentaient des colorations sur le feuillage et 1 %, des dommages au tronc causés par l'homme.

* * *

Tableau 3 (suite). Concentration en N, P, K, Mg et Ca des aiguilles de 1977¹, 1978², 1980, 1982 et 1987

Traitements kg/ha	Concentrations en éléments ³ (%)							
	Mg				Ca			
N° : N - P - K	1978	1980	1982	1987	1978	1980	1982	1987
1 : Témoin	0,06	0,05	0,05	0,05	0,29	0,40	0,32	0,32
2 : 50-0-0	0,05	0,04	0,04	0,04	0,23	0,40	0,33	0,31
3 : 75-0-0	0,06	0,04	0,06	0,04	0,25	0,37	0,36	0,33
4 : 100-0-0	0,04	0,03	0,04	0,04	0,18	0,25	0,28	0,23
5 : 150-0-0	0,06	0,07	0,06	0,05	0,24	0,34	0,35	0,26
6 : 0-50-0	0,05	0,04	0,05	0,05	0,23	0,43	0,26	0,28
7 : 0-75-0	0,06	0,04	0,04	0,05	0,37	0,32	0,34	0,28
8 : 0-100-0	0,06	0,06	0,05	0,05	0,24	0,37	0,41	0,29
9 : 0-0-50	0,07	0,07	0,05	0,04	0,37	0,32	0,32	0,23
10 : 0-0-75	0,07	0,04	0,04	0,04	0,32	0,39	0,34	0,27
11 : 0-0-100	0,07	0,05	0,05	0,04	0,32	0,41	0,41	0,28
12 : 50-50-50	0,08	0,06	0,06	0,04	0,38	0,32	0,36	0,27
13 : 75-75-75	0,07	0,06	0,05	0,04	0,28	0,31	0,42	0,25
14 : 100-100-100	0,06	0,06	0,04	0,04	0,24	0,30	0,41	0,23
15 : 75-50-50	0,07	0,05	0,05	0,05	0,26	0,30	0,36	0,24
16 : 100-50-50	0,07	0,04	0,05	0,50	0,30	0,30	0,29	0,30
17 : 100-75-75	0,07	0,06	0,06	0,05	0,32	0,31	0,40	0,29
18 : 75-50-0	0,05	0,03	0,04	0,05	0,22	0,40	0,34	0,29
19 : 75-75-0	0,07	0,05	0,06	0,04	0,25	0,41	0,34	0,30
20 : 75-0-50	0,07	0,06	0,05	0,04	0,28	0,35	0,34	0,27
21 : 75-0-75	0,07	0,06	0,05	0,04	0,27	0,36	0,39	0,28
22 : 100-50-0	0,06	0,05	0,04	0,05	0,16	0,32	0,33	0,27
23 : 100-100-0	0,07	0,06	0,07	0,05	0,27	0,37	0,44	0,30
24 : 100-0-50	0,06	0,05	0,06	0,35	0,25	0,33	0,33	0,24
25 : 100-0-100	0,06	0,04	0,04	0,05	0,18	0,28	0,34	0,27
Moyennes	0,06	0,05	0,05	0,08	0,27	0,34	0,35	0,27

³ Les données présentées dans ce tableau sont des moyennes pour neuf échantillons.

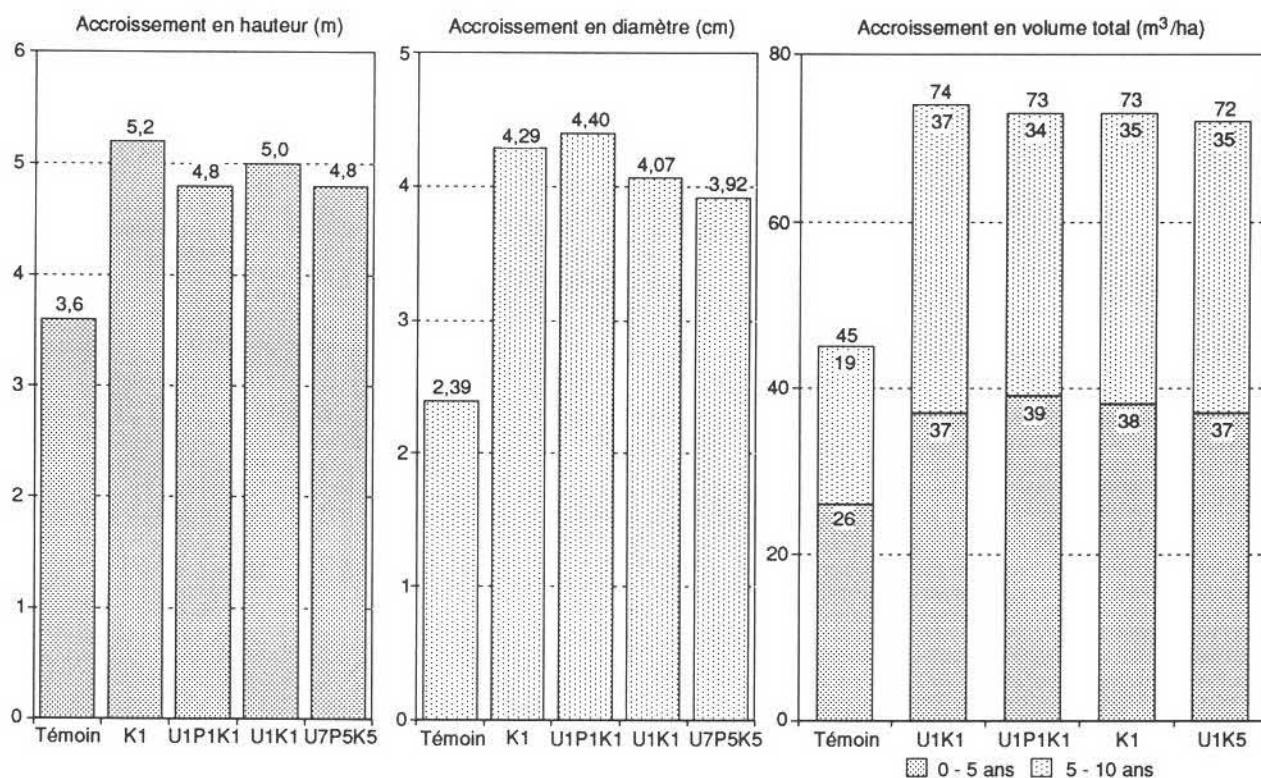


Figure 1. Accroissements décennaux en hauteur, en diamètre et en volume total, pour les quatre meilleurs traitements de fertilisation (U1P1K1, U1K1, K1, U1K5) et pour le traitement témoin.

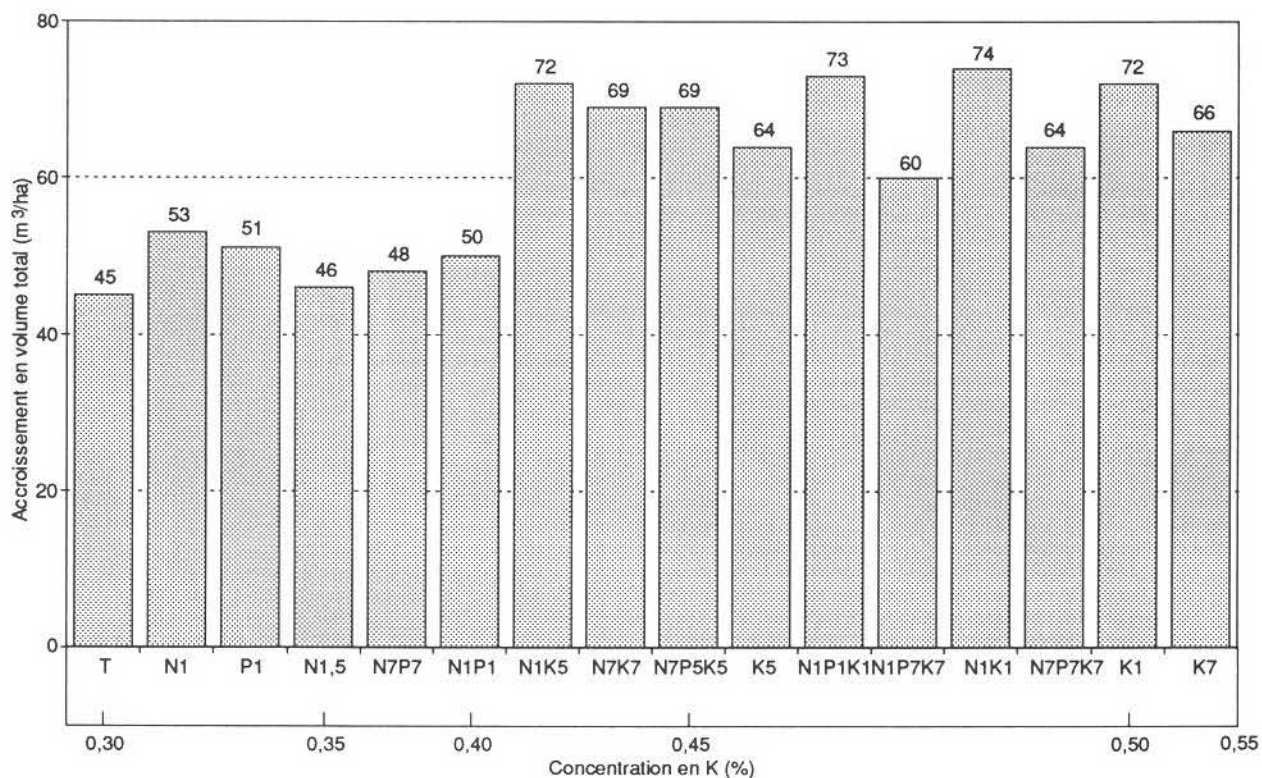


Figure 2. Accroissements en volume total en fonction de la teneur en K des aiguilles de 1978.

Tableau 4. Indices *DRIS*¹

Année	Traitement	N	P	K	Mg	Ca	IDN ²
1977	TÉMOIN	32,3	25,5	-29,3	-73,9	45,4	206,3
	TÉMOIN	16,6	33,9	-61,2	-31,1	41,9	184,7
	N1	58,7	51,4	-27,5	-75,0	-7,5	220,1
	P1	17,2	52,9	-48,3	-33,1	11,3	162,7
1978	K1	4,9	-7,9	-1,1	-30,5	34,6	79,1
	N1P1	34,6	8,0	-31,8	-24,1	13,3	111,8
	N1K1	42,2	14,4	6,8	-34,1	-29,2	126,7
	N1P1K1	36,8	4,1	-3,7	-41,1	3,9	89,6
1980	TÉMOIN	5,8	42,3	-77,2	-73,8	102,9	302,0
	N1	41,8	59,4	-7,5	-145,2	51,5	305,5
	P1	-3,2	66,8	-88,3	-48,6	73,3	280,2
1980	K1	-7,6	-20,3	-32,7	-62,7	123,3	246,7
	N1P1	-16,0	20,2	-57,6	-35,3	88,7	217,8
	N1K1	11,6	22,9	7,5	-94,0	52,1	188,0
	N1P1K1	1,2	45,9	-17,5	-55,3	25,7	145,5
	TÉMOIN	-21,6	1,4	-19,4	-44,9	84,4	171,6
	N1	0,7	36,4	-19,2	-80,5	62,6	199,5
	P1	-34,5	-3,8	-21,6	-64,2	124,1	248,2
1982	K1	-42,1	-21,1	-31,8	-51,9	146,9	293,8
	N1P1	-36,5	3,8	-82,0	-15,3	130,1	267,7
	N1K1	-1,7	11,7	-12,6	-92,3	94,9	213,1
	N1P1K1	-15,4	-13,1	-2,9	-104,7	136,1	272,3
	TÉMOIN	1,2	-14,0	-30,1	-42,6	85,5	173,4
	N1	22,5	22,8	-24,8	-61,6	41,2	172,8
	P1	10,2	-7,9	-35,1	-37,1	69,9	160,3
1987	K1	17,2	-18,1	-2,4	-69,8	73,2	180,7
	N1P1	7,8	14,0	-43,5	-45,2	66,9	177,4
	N1K1	7,8	-22,4	-8,4	-35,6	58,6	132,8
	N1P1K1	19,1	6,9	-6,2	-61,5	41,7	135,4
	Moyenne ³	1,22	0,143	0,465	0,077	0,216	
	CV ⁴	0,05	0,005	0,044	0,017	0,018	

¹ *DRIS* : les indices *DRIS* ont été calculés à l'aide des formules suivantes :

$$\text{Indice N} = \frac{\left(f(N/P) + f(N/K) + f(N/Mg) + f(N/Ca) \right)}{4} \quad \text{si } N/P \geq f(n/p) : f(N/P) = \frac{N/P}{n/p} - 1 - \frac{1000}{CV}$$

N/P = concentrations en N et P des tissus analysés

$$n/p = \text{concentrations en N et P prises comme valeurs de références si } N/P < n/p : f(N/P) = 1 - \frac{n/p}{N/P} - \frac{1000}{CV}$$

² IDN : indice de déséquilibre nutritionnel

³ Concentrations moyennes (%) utilisées comme valeurs de référence (n = 5663)

⁴ CV = coefficient de variation de la moyenne.

Tableau 5. Mesures de hauteur et de diamètre de 1987, accroissements décennaux en hauteur et en diamètre, volume total et accroissements en volume total

Traitements (kg/ha) N° N - P - K	Hauteur 1987 (m)	Diamètre 1987 (cm)	Accroissement		VT ¹ 1987 (m ³ /ha)	Accroissement en VT ²		Survie ³ (%)
			Hauteur (m)	Diamètre (cm)		(m ³ /ha)	(%)	
1 Témoin	9,16	11,6	3,6	2,4	71	45 a	--	93
2 N5	9,53	11,7	3,7	3,0	73	46 a	4	96
3 N7	9,39	11,8	4,0	2,8	74	47 a	6	96
4 N1	9,71	12,1	4,0	3,1	79	53 a	18	96
5 N1.5	10,00	12,3	4,1	2,8	72	46 a	4	93
6 P5	9,83	12,0	4,4	3,3	78	51 a	14	96
7 P7	9,02	11,3	3,6	2,7	74	46 a	4	100
8 P1	8,86	11,1	3,8	2,8	78	51 a	15	96
9 K5	10,49	12,9	4,8	3,7	91	64 bcd	43	96
10 K7	10,49	13,1	4,7	3,7	93	66 c	48	100
11 K1	11,02	13,7	5,2	4,3	101	73 c	64	96
12 N5P5K5	9,95	12,2	4,6	3,6	92	64 bcd	44	96
13 N7P7K7	10,73	12,9	4,8	3,8	92	64 bcd	45	96
14 N1P1K1	10,21	13,6	4,8	4,4	100	73 c	65	96
15 N7P5K5	10,53	13,4	4,8	3,9	97	69 c	56	96
16 N1P5K5	10,07	12,2	4,7	3,8	97	70 c	56	96
17 N1P7K7	11,13	12,7	4,9	3,2	88	60 b	34	93
18 N7P5	9,83	11,9	4,0	2,9	79	52 a	16	96
19 N7P7	10,34	12,6	4,1	2,9	76	48 a	8	100
20 N7K5	10,73	13,2	5,0	3,8	96	69 c	54	100
21 N7K7	10,41	12,6	4,8	3,5	96	68 c	53	100
22 N1P5	9,75	11,7	4,3	3,3	82	56 a	25	93
23 N1P1	10,27	13,3	4,2	3,3	76	50 a	13	89
24 N1K5	10,85	13,3	5,1	4,0	99	72 c	61	96
25 N1K1	10,67	13,5	5,0	4,1	102	74 c	65	93
Répétition								
1	10,79 ⁴	13,3 ⁴	4,6	3,3	110 ⁴	62 a	--	91
2	9,85	12,1	4,3	3,3	85	52 b	--	96
3	9,75	12,2	4,5	3,8	86	56 b	--	96

¹ VT : volume total ajusté par covariance pour une plantation de 2000 tiges par hectare :

$$\text{volume total d'une tige, en dm}^3 = [3,1416 \times (D/10)^2 \times (2,6 + H) 10] / 12$$

² Accroissements en VT ajustés par covariance; les résultats identifiés avec la même lettre ne présentent pas de différence significative entre eux.

³ L'état de santé des arbres est bon; 90 % des arbres sont sains, 6 % présentent des dommages sur la pousse terminale, 3 % des tiges présentent des colorations du feuillage et 1 %, des dommages au tronc.

⁴ Les arbres de la répétition 1 sont plus âgés (2 ans) que ceux des autres répétitions; ils sont plus grands et plus gros.

Tableau 6. Estimé de la production en volume total (VT) et marchand (VM) par hectare à 40 ans, pour les arbres témoins et les arbres fertilisés avec le traitement K1 (100 kg/ha K)¹

Traitements	Témoin	K1 (100 kg/ha K)
VT à 27 ans	71 m ³ /ha	101 m ³ /ha
VT à 40 ans	168 m ³ /ha	198 m ³ /ha
VM à 40 ans	136 m ³ /ha	164 m ³ /ha
Nombre de tiges marchandes	1015	957
Accroissement annuel moyen	3,41 m ³ /ha	4,09 m ³ /ha

¹ Estimé basé sur les tables de production de BOLGHARI et BERTRAND (1984)

Conclusion

Les résultats de cette étude montrent que la fertilisation est un moyen efficace pour stimuler la croissance des plantations de pin gris. Ils montrent aussi qu'au départ, la croissance des arbres de cette plantation était limitée par des déficiences minérales en potassium et en magnésium surtout et que ce sont ces éléments qui auraient dû être appliqués. Ainsi, les meilleurs résultats ont été obtenus avec les traitements comprenant du potassium avec ou sans N et P.

Les arbres fertilisés avec ces traitements présentent tous des résultats de croissance significativement supérieurs à ceux des arbres témoins. Ces gains de croissance se traduisent par le gain d'une classe de fertilité (3 à 4; BOLGHARI et BERTRAND 1984).

Les arbres qui ont reçus les meilleurs traitements (N1P1K1, N1K1, K1, et N1K5) présentent après dix ans un volume total de 100 m³/ha, soit 29 m³/ha de plus que les arbres témoins.

Remerciements

L'auteur tient à souligner la précieuse collaboration de M. Conrad Thomassin, techn.f., responsable des travaux de terrain (établissement, fertilisation, mesurage et échantillonnage). Il remercie aussi la Division de biométrie pour son aide judicieuse dans les analyses statistiques des données ainsi que le personnel du Laboratoire des sols et des tissus qui a procédé aux analyses des échantillons prélevés pour cette étude. Il remercie aussi tous ceux qui ont contribué à la correction et à la réalisation de ce rapport.

Références

- BOLGHARI, H.A. et V. BERTRAND, 1984. *Tables préliminaires de production des principales essences résineuses plantées dans la partie centrale du sud du Québec*. Québec, M.E.R., Serv. de la recherche forestière. Mémoire n° 79. 392 p.
- CHOINIÈRE, L. et L. LAPLANTE, 1948. *Étude des sols du comté de Nicolet*. Québec, min. de l'Agriculture, Division des sols. Bulletin technique n° 1. 158 p.
- ENVIRONNEMENT CANADA, 1977. *Possibilités des terres pour la forêt. Cartes Québec 21 L et 21 K*. Ministère de l'Environnement du Canada, n° de catalogue EN 64/3-21L et K.
- KALRA, Y.P. et D.G. MAYNARD, 1992. *Méthodes d'analyses des sols forestiers et des tissus végétaux*. Forêts Canada, Edmonton (Alberta). Rapport Inf. NOR-X-319F. 129 p.
- LAFOND, A., 1958. *Les déficiences en potassium et magnésium de quelques plantations*. Université Laval, Fonds de recherche forestière. Bulletin n° 1. 24 p.
- MALM, D., 1992. *Forest fertilization in Sweden*. Skogens Gödslings AB [Köping, Suède]. 4 p.
- MORRISON, I.K., 1974. *Mineral nutrition of conifers with special reference to nutrient status interpretation : a review of literature*. Environment Canada, Forestry Service. Publ. No. 1343. 73 p.
- QUIMET, R. et C. CAMIRÉ, 1993. *Foliar deficiencies of sugar maple stands associated with soil cation imbalances in southeastern Quebec*. Non publié. 25 p.
- PHU, T.D., 1975. *Potassium et magnésium : deux éléments limitant la croissance en hauteur du pin rouge au Québec*. J.Can.Res.For. 5(1) : 73-79.
- PROULX, H., G. JACQUES, A.M. LAMOTHE et J. LITYNSKI, 1987. *Climatologie du Québec méridional*. Min. de l'Env. du Québec, Dir. de la météorologie. M.P. 65. 198 p.
- RAYMOND, R., G. LAFLAMME, et G. GODBOUT, 1976. *Pédologie du comté de Portneuf*. Québec, ministère de l'Agriculture, Serv. des sols. Bull. Tech. n° 18. 164 p.
- SCHUTZ, C.J. et J.M. DE VILLIERS, 1981. *Foliar diagnosis and fertilizer prescription in forestry. The DRIS system and its potential*. South Afr. For. J. 141 : 6-12.
- SHEEDY, G., 1986. *Quelques résultats de fertilisation dans deux plantations de pin gris du centre du Québec*. Québec, M.E.R., Dir. de la rech. et du développement. Note n° 29. 17 p.

- SHEEDY, G. et C. THOMASSIN, 1994. *Concentrations moyennes en éléments dans les aiguilles des plantations résineuses du Québec*. Québec, M.R.N., Dir. de la rech. for. Rapport interne n° 386. 16 p.
- STONE, E.L. et A.L. LEAF, 1967. *Potassium deficiency and response in young conifer forests in eastern North America*. Colloq. Forest Fert. Proc., Jyväskylä, Finland : 217-229.
- STRATTON, K.G., L.O. SAFFORD, et R.A. STRUCHTEMEYER, 1968. *Two fertilizer studies with white pine in Maine*. Res. Life Sci. Summer : 1-6.
- THIBAUT, M., 1985. *Les régions écologiques du Québec méridional. Deuxième approximation*. Québec, Min. de l'Énergie et des Ress., Serv. de la rech. et Serv. de la carto. Carte au 1 : 1 250 000.
- THOMAS, R.L., R.W. SHEARD, et J.R. MOYER, 1967. *Comparison of conventional and automated procedures for nitrogen, phosphorus and potassium analysis of plant material using a single digestion*. Agron. J. 59 : 240-243.
- WALSH, L.M., 1971. *Instrumental methods for analysis of soils and plant tissue*. Soil Scie. Soc. of America, Madison, Wisconsin, U.S.A. 222 p.
- WALWORTH, J.L. et M.E. SUMNER, 1987. *The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS)*. Dans : B.A. Stewart, éd. *Advances in soil science*, Vol. 6. Springer-Verlag. 222 p. : 149-188.
- WILDE, S.A., 1966. *Soil standards for planting Wisconsin conifers*. J. For. 64 : 389-391.

ERRATA

page 7, Tableau 4, note, partie droite des formules :
ajouter les parenthèses

$$\dots : f(N/P) = \left(\frac{N/P}{n_p} - 1 \right) \frac{1000}{CV}$$

$$\dots : f(N/P) = \left(1 - \frac{n_p}{N/P} \right) \frac{1000}{CV}$$

RN95-3075

ISBN 2-550-24732-9

ISSN 0834-4833

Dépôt légal 1995

Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada
© 1995 Gouvernement du Québec