



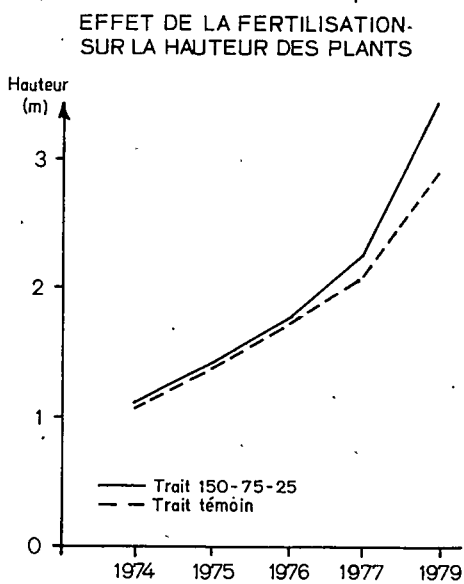
Mémoire n° 83

# ESSAI DE FERTILISATION DANS UNE JEUNE PLANTATION DE PIN GRIS RÉSULTATS DE CINQ ANS

par Gilles Sheedy

Résultats des mesures de hauteur, de croissance en hauteur et de diamètre par traitement de 1974 à 1979<sup>1</sup>


Trait. n°	Quantité d'élément (kg/ha)			Hauteur moyenne (cm)					Croissance totale en hauteur (cm)	Diamètre <sup>2</sup> (cm) moyen	
	N	P	K	1974	1975	1976	1977	1979	1974 à 1979	1977	1979
1	0	0	0	115	135	172	212	288	173	1,75	3,04
2	50	0								2,08	3,56
3	75	0								1,90	3,41
4	100	0								2,15	3,62
5	150	0								2,84	4,02
6	250	0								2,65	4,14
7	0	50								1,89	3,32
8	0	75								2,20	3,42
9	0	100								1,86	3,38
10	0	150								2,39	3,73
11	0	200								2,03	3,50
12	50	50								2,20	3,32
13	75	75								2,22	3,68
14	75	75								1,90	3,19
15	75	75								1,92	3,33
16	100	100	100	118	142	185	229	330	212	2,37	3,88
17	100	100	0	116	133	188	232	329	213	2,26	3,52
18	150	75	25	113	140	174	234	332	219	2,44	3,90
19	75	150	25	120	143	192	244	336	216	2,41	3,81



<sup>1</sup> Moyenne de quatre plants par répétition.

<sup>2</sup> Diamètre mesuré à la hauteur de 1,22 m.

GILLES SHEEDY a fait ses études à la faculté de Foresterie et de Géodésie de l'université Laval où il obtenait son baccalauréat en foresterie en 1969. Il est depuis lors à l'emploi du Service de la recherche (Terres et Forêts) du ministère de l'Énergie et des Ressources, à titre de chargé de recherches en fertilité et fertilisation des forêts. L'université Laval lui a décerné en 1976 le diplôme de Maître ès Sciences forestières.



ESSAI DE FERTILISATION DANS UNE JEUNE  
PLANTATION DE PIN GRIS

RESULTATS DE CINQ ANS

par

GILLES SHEEDY, ING.F., M.Sc.F.

MEMOIRE N<sup>o</sup> 83

SERVICE DE LA RECHERCHE  
(TERRES ET FORETS)  
MINISTRE DE L'ENERGIE ET DES RESSOURCES

1982

Ce texte constitue un rapport partiel du projet de recherche TS 77-2

ISBN 2-550-02968-2

Dépôt légal

Bibliothèque nationale du Québec

Tous droits réservés - Gouvernement du Québec

## REMERCIEMENTS

L'auteur tient à souligner la précieuse collaboration de M. Conrad Thomassin, tech. for., et de son équipe, qui ont participé à l'établissement, la fertilisation et le mesurage du dispositif expérimental. Il tient aussi à remercier ceux qui ont procédé à la préparation et à l'analyse chimique des échantillons.

Des remerciements sincères s'adressent également à MM. Mario Ménard et Yvon Richard pour leur collaboration dans la compilation mécanographique et l'analyse statistique des données, ainsi qu'à tous ceux qui ont participé à la dactylographie, à l'édition et à la correction de ce rapport.



## RESUME

Cette étude montre que le pin gris est une essence qui réagit bien à la fertilisation. Les premiers effets des engrais se manifestent sur le feuillage. Ainsi, les aiguilles des arbres fertilisés prélevées une saison de croissance après la fertilisation, sont plus longues et plus lourdes et leurs concentrations en N, P et K sont plus élevées que celles des arbres témoins. Il existe d'ailleurs une corrélation étroite entre ces résultats (sur le feuillage) et ceux obtenus par la suite sur la croissance (après cinq ans). Dans ce type de plantation, il est donc possible de déterminer rapidement quels seront les traitements les plus efficaces sur la croissance des arbres ou, du moins, de savoir si la fertilisation sera efficace.

Les meilleurs résultats tant sur le feuillage que sur la croissance ont été mesurés sur les arbres qui ont reçu les plus fortes doses d'engrais. L'azote, avec ou sans l'addition de P ou de P et de K, est l'élément qui a eu le plus d'effets sur la croissance de cette plantation.

Un des meilleurs traitements consiste à appliquer 150 kg/ha d'azote. Les aiguilles de 1975 (une saison de croissance après la fertilisation), prélevées sur les arbres qui ont reçu ce traitement, étaient en moyenne 42 p. 100 plus longues et 68 p. 100 plus lourdes et leurs concentrations en N-P-K étaient 14 p. 100 plus élevées que celles des témoins. Après cinq ans, la hauteur et le diamètre moyens de ces arbres étaient supérieurs à ceux du témoin de plus de 21 et 32 p. 100 respectivement.

Les effets des engrais sur la croissance des arbres se poursuivent encore après cinq ans.

## SUMMARY

*This report shows that fertilization is effective on jack pine plantations. The first effects of the fertilizers appear on foliage. Length, weight and N-P-K concentrations of fertilized tree needles collected the first autumn after fertilization were superior to those of the control. There is a strong correlation between these results on the foliage and those obtained later on growth.*

*These results show that it is possible to know rapidly which treatments will be the most effective or if fertilization will affect the growth of this plantation.*

*The best foliar and growth results were observed with the largest fertilizer dosages.*

*The most effective element on the foliage and growth of this plantation was nitrogen with or without P or P and K.*

*One of the best results was obtained with the application of 150 kg/ha of N. The needles collected in 1975 on trees fertilized with this treatment were longer (42 p. 100), heavier (68 p. 100) and their N-P-K concentrations were 14 p. 100 higher than the control. Five years later, the height and diameter of those trees were respectively 21 and 32 p. 100 superior to the control.*

*The fertilizer effects on growth are still active after five years.*



## TABLE DES MATIERES

	page
REMERCIEMENTS . . . . .	iii
RESUME . . . . .	v
<i>SUMMARY</i> . . . . .	vii
TABLE DES MATIERES . . . . .	ix
Liste des tableaux . . . . .	xi
Liste des figures . . . . .	xiii
INTRODUCTION . . . . .	1
CHAPITRE I: MATERIEL ET METHODES . . . . .	3
1.1 Description de la station . . . . .	3
1.2 Dispositif expérimental . . . . .	4
1.3 Traitements de fertilisation . . . . .	4
1.4 Echantillonnage du sol et des aiguilles . . . . .	7
1.5 Mesurages et observations . . . . .	7
1.6 Analyses statistiques . . . . .	7
CHAPITRE II: RESULTATS ET DISCUSSIONS . . . . .	9
2.1 Résultats des analyses de sol . . . . .	9
2.2 Résultats des analyses chimiques des aiguilles . . . . .	11
2.3 Résultats des mesures de longueur et de masse des aiguilles . . . . .	13

	page
2.4 Résultats des mesures dendrométriques de 1974 à 1979. . . . .	17
2.5 Résultats des analyses statistiques . . . . .	21
2.5.1 Résultats des analyses de variance sur les données dendrométriques . . . . .	21
2.5.2 Corrélations entre les résultats des mesures dendrométriques de 1979 et les résultats des mesures (de 1975 et de 1976) et de l'analyse chimique (de 1975) des aiguilles . . . . .	23
2.6 Observations sur l'état de santé des plants . . . . .	25
CONCLUSION. . . . .	27
REFERENCES. . . . .	31

## LISTE DES TABLEAUX

		page
Tableau 1	Traitements de fertilisation. . . . .	6
Tableau 2	Résultats des analyses du sol . . . . .	10
Tableau 3	Résultats des analyses foliaires de 1975, 1976 et 1977. . . . .	12
Tableau 4	Résultats des mesures de longueur et de masse des aiguilles de 1975, 1976 et 1977 . . . . .	14
Tableau 5	Résultats des analyses de variance effec- tuées sur les mesures de longueur et de masse des aiguilles . . . . .	16
Tableau 6	Résultats des mesures de hauteur, de crois- sance en hauteur et de diamètre par traite- ment de 1974 à 1979 . . . . .	18
Tableau 7	Résultats des mesures de hauteur et de dia- mètre de 1979 par traitement et par répéti- tion et moyenne de 1974 et de 1979 par répé- tition. Dispositif A . . . . .	19
Tableau 8	Résultats des analyses de variance effectuées sur les données dendrométriques de 1974 à 1979 par dispositif. . . . .	22
Tableau 9	Résultat du test de Tukey effectué sur les données de croissance en hauteur de 1974 à 1979 . .	23
Tableau 10	Résultats de l'analyse de corrélation entre la hauteur et le diamètre de 1979, les mesures de longueur et de masse des aiguilles de 1975 et de 1976 et les concentrations en N, P et K des aiguilles de 1975 . . . . .	26



## LISTE DES FIGURES

	page
Figure 1 Vue d'ensemble de la plantation lors de l'établissement du dispositif expérimental. . . . .	5



## INTRODUCTION

Le ministère de l'Energie et des Ressources mise beaucoup sur la productivité de la régénération artificielle pour suppléer aux besoins futurs en bois du Québec (Hawey, 1980). Son programme de régénération artificielle prévoit d'ailleurs le traitement de 40 500 hectares annuellement à partir de 1983-1984.

On peut s'attendre qu'une partie importante de ces superficies soit régénérée en pin gris car depuis 1971, cette essence représente, selon les années, entre 30 et 75 p. 100 de tous les reboisements sur les terres de l'Etat (Dancause, 1976).

Le choix du pin gris se comprend: c'est une essence pionnière à croissance rapide qui se cultive facilement et qui répond bien aux traitements sylvicoles. De plus, cette essence est largement représentée sur le territoire forestier du Québec.

Dans le cadre du programme de recherches sur le pin gris, le Service de la recherche a entrepris en 1975 un projet de fertilisation de plantations pour déterminer les doses optimales d'éléments à appliquer sur une plantation d'un âge et d'une classe de fertilité donnés, pour stimuler la croissance et la production de ces plantations.

Ce rapport présente les résultats préliminaires (après cinq ans) de deux dispositifs expérimentaux de fertilisation établis dans une plantation de pin gris âgée de six ans.



## CHAPITRE I

### MATERIEL ET METHODES

#### 1.1 DESCRIPTION DE LA STATION

Cette étude a été réalisée sur une plantation de pin gris établie en 1969 dans un ancien bûché qui a brûlé. La plantation est située dans le canton de Lignéris, circonscription électorale d'Abitibi-Ouest, à  $78^{\circ}27'15''$  de longitude ouest et  $48^{\circ}56'30''$  de latitude nord. Cette région fait partie de la section forestière B.4 (Argiles du Nord) de Rowe (1972).

La plantation est située près de la rivière Octave. La précipitation totale annuelle dans cette région est de 838 mm et la température moyenne annuelle est de  $0,9^{\circ}\text{C}$ . La longueur de la saison sans gel est de 80 jours (Ferland et Gagnon, 1967).

Cette plantation croît sur un épais dépôt de sable d'origine fluvio-glaciaire à une altitude de 305 m au dessus du niveau de la mer. Le sol fait partie des podzols humo-ferriques (Canada Department of Agriculture, 1978) bien drainés. La végétation est composée principalement de pins gris ou plantés. Il y a aussi quelques trembles, quelques bouleaux, des plantes éricacées et diverses herbes et mousses qui poussent sur cette station.

Lors de l'établissement du dispositif expérimental en 1975, la plantation avait en moyenne une hauteur de 1,1 m (figure 1).

Selon la carte de possibilités des terres pour la forêt (Environnement Canada, 1975), cette région appartient principalement à la classe 4: terres comprenant des limitations modérément graves pour la croissance de forêts commerciales.

## 1.2 DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Le dispositif expérimental est en fait constitué de deux dispositifs (A et B) qui ont été établis en mai 1975. Le premier dispositif (A) consistait à appliquer diverses combinaisons de N-P-K. Il comprend huit blocs de dix placettes chacun, soit au total quatre-vingt placettes carrées de 10 m sur 10 m (0,01 ha). Les mesures concernant cette étude ont été prises sur les quatre arbres situés au centre de chacune des placettes. Chaque arbre a été numéroté et chaque placette, identifiée.

Le deuxième dispositif (B) avait pour but de déterminer les doses optimums d'azote et de phosphore à appliquer sur ce genre de plantation. Ce dispositif a été établi de la même façon que le premier et juste à côté de ce dernier. Il comprend quatre blocs de dix placettes chacun.

## 1.3 TRAITEMENTS DE FERTILISATION

Les engrais ont été appliqués manuellement, en mai 1975, sur toute la placette (0,01 ha) à l'aide d'épandeurs portatifs de marque *Cyclone*. Les traitements de fertilisation ont été choisis au hasard à l'intérieur de chaque bloc et de chaque dispositif expérimental. Le tableau 1 présente une description des traitements de fertilisation qui ont été appliqués sur cette plantation.



Figure 1. Vue d'ensemble de la plantation lors de l'établissement du dispositif expérimental

Tableau 1

## Traitements de fertilisation

Traitement <sup>1</sup> n°	Quantité d'élément kg/ha			Quantité d'engrais par placette <sup>5</sup> kg		
	N	P	K	urée <sup>2</sup>	Tsp <sup>3</sup>	KCl <sup>4</sup>
1 (A et B)	0	0	0	0	0	0
2 (B)	50	0	0	1,1	0	0
3 (A)	75	0	0	1,6	0	0
4 (B)	100	0	0	2,2	0	0
5 (B)	150	0	0	3,3	0	0
6 (B)	250	0	0	5,5	0	0
7 (B)	0	50	0	0	2,5	0
8 (A)	0	75	0	0	3,8	0
9 (B)	0	100	0	0	5,1	0
10 (B)	0	150	0	0	7,6	0
11 (B)	0	200	0	0	10,2	0
12 (A)	50	50	50	1,1	2,5	1,0
13 (A)	75	75	75	1,6	3,8	1,5
14 (A)	75	75	25	1,6	3,8	0,5
15 (A)	75	75	0	1,6	3,8	0
16 (A)	100	100	100	2,2	5,1	2,0
17 (B)	100	100	0	2,2	5,1	0
18 (A)	150	75	25	3,2	3,8	0,5
19 (A)	75	150	25	1,6	7,6	0,5

<sup>1</sup> Les dispositifs expérimentaux sont identifiés par les lettres A et B entre parenthèses. Le dispositif A comprend 10 traitements et 8 répétitions de chacun des traitements; le dispositif B comprend 10 traitements mais seulement 4 répétitions.

<sup>2</sup> Urée: 46 p. 100 N.

<sup>3</sup> Tsp: triple superphosphate (45 p. 100 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

<sup>4</sup> KCl: Chlorure de potassium (61 p. 100 K<sub>2</sub>O).

<sup>5</sup> Les placettes ont une superficie de 0,01 ha.

#### 1.4 ECHANTILLONNAGE DU SOL ET DES AIGUILLES

Le sol a été échantillonné lors de l'établissement des dispositifs expérimentaux. Les échantillons ont été prélevés de façon à être représentatifs de l'ensemble de la plantation.

Les aiguilles ont été échantillonnées dans chacune des placettes d'études. Seules les aiguilles bien développées et provenant de la partie supérieure des arbres ont été prélevées. Les échantillonnages ont été réalisés en septembre de l'année de la fertilisation (1975) puis après un an (1976) et deux ans (1977).

Tous les échantillons ont été préparés et analysés selon les méthodes usuelles du laboratoire (Walsh, 1971). Une partie des échantillons a été utilisée pour déterminer la longueur moyenne de 25 aiguilles et la masse totale sèche de 200 aiguilles pour chaque placette.

#### 1.5 MESURAGES ET OBSERVATIONS

Les mesures dendrométriques ont été réalisées sur quatre arbres par placette. Chaque arbre mesuré est identifié par un numéro. La présence de blessures, d'attaques par les insectes ou de maladies est notée lors des mesurages. Les mesures consistent à déterminer le diamètre à 1,22 m de hauteur, la hauteur totale et la longueur de la pousse annuelle.

Les mesures ont été effectuées avant la fertilisation, une saison de croissance après, puis après deux, trois et cinq saisons de croissance. D'autres mesurages seront réalisés après dix et quinze ans.

#### 1.6 ANALYSES STATISTIQUES

Les analyses statistiques ont été effectuées par dispositif expérimental. On se rappellera que le dispositif A comprend huit répétitions de chacun des traitements alors que le B en comprend seulement quatre.

Les compilations des mesures de chacune des placettes sont effectuées mécaniquement et permettent de déterminer par traitement, par répétition et par placette, le diamètre moyen, la hauteur totale moyenne et la longueur moyenne de la pousse annuelle.

A partir de ces résultats on effectue des analyses de variance pour un dispositif à blocs complets et ces dernières sont complétées par le test de séparation des moyennes de Tukey (Kirk, 1968).

En plus de ces analyses nous avons vérifié s'il existe des corrélations significatives entre les mesures dendrométriques de 1979 (cinq ans) et les mesures de longueur et de masse des aiguilles de 1975 et de 1976, ainsi que les concentrations en N, P et K des aiguilles de 1975.

## CHAPITRE II

### RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les résultats qui suivent sont présentés pour l'ensemble des deux dispositifs. Cependant, les analyses statistiques de ces résultats ont été effectuées séparément.

#### 2.1 RESULTATS DES ANALYSES DE SOL

Comme on peut le constater au tableau 2, le sol qui supporte cette plantation présente un niveau de fertilité assez faible. Il est composé principalement de sable et la plupart des éléments nutritifs qu'il contient sont à des niveaux de concentrations inférieurs aux seuils de fertilité proposés pour le pin gris (Wilde, 1968). Selon les standards de fertilité pour cette essence le niveau minimum d'azote total du sol devrait être de 0,07 p. 100, celui du phosphore disponible (méthode de Bray) de 75 ppm<sup>1</sup> et ceux du K, Mg et Ca échangeables de 0,13, 0,41 et 0,50 m.é./100 g<sup>2</sup> respectivement. Ces teneurs minimums se retrouvent seulement dans l'horizon LFH (horizon très mince), les autres horizons présentant des teneurs en éléments plus faibles.

---

<sup>1</sup> p.p.m.: partie par million.

<sup>2</sup> m.é./100 g: milli-équivalent par 100 g de sol.

Tableau 2

Résultats des analyses du sol<sup>1</sup>

Horizon	azote (p.100)	carbone (p.100)	C/N	matière organique (p. 100)	pH	phosphore disponible (ppm) <sup>2</sup>	Cations échangeables (m.é./100 g <sup>3</sup> )				Hydrogène échangeable (m.é./100 g)	
							Mg	Mn	K	Na		Ca
L-F-H	0,71	30,60	43	52,7	3,7	64	2,32	0,400	0,852	1,364	9,297	68,8
Ae	0,02	0,62	31	1,1	4,0	8	0,03	0,005	0,045	0,080	0,104	3,6
Bfh	0,06	1,41	23	2,4	5,2	10	0,05	0,009	0,043	0,087	0,104	3,0
Bf	0,01	0,37	37	0,6	5,4	9	0,02	0,003	0,017	0,069	0,054	1,1
BC	trace	0,10	---	0,2	5,6	14	trace	0,005	0,006	0,076	trace	0,7
C	trace	0,07	---	0,1	5,7	32	0,01	0,004	0,006	0,031	0,075	0,4

<sup>1</sup> L'analyse texturale de ce sol montre qu'il fait partie des sables dont 95 p. 100 des particules ont un diamètre compris entre 2 et 50 µm.

<sup>2</sup> ppm: partie par million; 10 000 ppm = 1 p. 100.

<sup>3</sup> m.é./100 g: milli-équivalent par 100 g de sol.

Ces résultats nous laissent croire qu'une fertilisation adéquate en N-P-K pourrait améliorer les conditions de fertilité du sol de cette plantation et permettre une meilleure croissance des arbres.

## 2.2 RESULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES DES AIGUILLES

Le tableau 3 présente les résultats des analyses chimiques des aiguilles, par traitement, pour 1975, 1976 et 1977. A l'examen de ce tableau on constate que l'azote a un effet rapide mais non durable sur les concentrations en N des aiguilles. Ainsi, les concentrations en N des aiguilles de 1975 augmentent avec l'augmentation des quantités d'urée appliquées mais reviennent à un niveau comparable à celles des arbres témoins dès 1976 sauf pour les traitements les plus élevés (150 et 200 kg/ha d'azote). En 1977, seuls les arbres qui ont reçu le traitement 200 kg/ha d'azote présentent encore des concentrations foliaires en N supérieures à celles des arbres témoins. En plus d'avoir des effets sur les concentrations en N des aiguilles, l'addition d'azote a eu aussi un léger effet positif sur les concentrations en K des aiguilles de 1975.

D'autre part, les arbres fertilisés avec du phosphore présentent des concentrations en P des aiguilles de 1975, 1976 et 1977 plus élevées que celles des arbres témoins. De plus l'addition de P semble causer une augmentation de la concentration en N des aiguilles de 1975. Les additions combinées de N et de P (traitement 15 et 17) ont causé une augmentation encore plus marquée des concentrations en N des aiguilles de 1975 que l'addition de N seul au même taux. L'addition du K en plus du N et du P (traitements 13 et 16) ne semble pas augmenter encore plus les teneurs en N et P mais cause une nette augmentation des concentrations en K des aiguilles de 1975, de 1976 et de 1977. On note d'ailleurs une amélioration du niveau de cet élément (K) dans les aiguilles quel que soit le taux d'application du potassium. Cependant, plus le taux d'application est élevé, plus les concentrations en K des aiguilles sont élevées.

La fertilisation en N-P-K de cette plantation n'a pas causé de fortes variations dans les concentrations en Mg et Ca des

Tableau 3

Résultats des analyses foliaires de 1975, 1976 et 1977

Trait. n°	Quantité d'éléments kg/ha			Concentrations en éléments (p. 100)														
	N	P	K	azote			phosphore			potassium			magnésium			calcium		
				1975	1976	1977	1975	1976	1977	1975	1976	1977	1975	1976	1977	1975	1976	1977
1	0	0	0	1,36	1,34	1,40	0,13	0,14	0,14	0,47	0,45	0,46	0,06	0,08	0,07	0,23	0,26	0,19
2	50	0	0	1,40	1,30	1,41	0,13	0,14	0,15	0,51	0,38	0,48	0,06	0,09	0,08	0,22	0,19	0,19
3	75	0	0	1,43	1,37	1,38	0,13	0,14	0,15	0,47	0,41	0,47	0,06	0,08	0,07	0,23	0,20	0,19
4	100	0	0	1,47	1,32	1,40	0,13	0,13	0,15	0,48	0,36	0,47	0,05	0,09	0,07	0,20	0,18	0,16
5	150	0	0	1,53	1,49	1,34	0,13	0,13	0,14	0,47	0,37	0,45	0,05	0,08	0,07	0,16	0,16	0,17
6	250	0	0	1,58	1,81	1,45	0,12	0,13	0,14	0,59	0,33	0,43	0,05	0,07	0,07	0,16	0,11	0,18
7	0	50	0	1,39	1,36	1,37	0,13	0,15	0,15	0,48	0,38	0,45	0,06	0,08	0,07	0,22	0,22	0,20
8	0	75	0	1,35	1,32	1,44	0,14	0,14	0,15	0,50	0,43	0,50	0,07	0,08	0,08	0,28	0,30	0,20
9	0	100	0	1,41	1,37	1,41	0,14	0,15	0,15	0,46	0,39	0,48	0,06	0,09	0,08	0,21	0,25	0,18
10	0	150	0	1,39	1,29	1,32	0,14	0,15	0,15	0,45	0,39	0,46	0,06	0,09	0,07	0,21	0,26	0,19
11	0	200	0	1,43	1,30	1,44	0,15	0,16	0,15	0,52	0,39	0,45	0,07	0,09	0,07	0,31	0,29	0,21
12	50	50	50	1,36	1,19	1,40	0,14	0,14	0,15	0,53	0,49	0,56	0,06	0,08	0,07	0,23	0,25	0,20
13	75	75	75	1,41	1,28	1,34	0,14	0,15	0,15	0,52	0,58	0,57	0,05	0,08	0,07	0,23	0,21	0,20
14	75	75	25	1,47	1,24	1,37	0,14	0,14	0,15	0,50	0,47	0,52	0,06	0,08	0,07	0,24	0,24	0,19
15	75	75	0	1,46	1,25	1,33	0,14	0,15	0,15	0,49	0,42	0,46	0,06	0,08	0,07	0,27	0,23	0,19
16	100	100	100	1,52	1,24	1,38	0,14	0,15	0,16	0,55	0,54	0,62	0,05	0,07	0,07	0,22	0,23	0,20
17	100	100	0	1,48	1,30	1,31	0,14	0,16	0,15	0,48	0,36	0,45	0,05	0,09	0,07	0,21	0,21	0,17
18	150	75	25	1,59	1,29	1,35	0,14	0,15	0,16	0,51	0,48	0,54	0,06	0,08	0,07	0,23	0,22	0,18
19	75	150	25	1,46	1,24	1,37	0,14	0,15	0,16	0,49	0,45	0,53	0,06	0,08	0,07	0,28	0,23	0,21

aiguilles. Ces concentrations sont d'ailleurs suffisantes pour permettre une croissance normale des arbres selon les standards proposés par Swan (1969). Lorsqu'on compare les concentrations en N et Mg des aiguilles à ces mêmes standards, on constate qu'elles se situent au palier de déficience-suffisance alors que celles en P se situent à la limite des paliers de déficience modérée et de déficience-suffisance. Les concentrations en K et Ca se situent pour leur part au palier de suffisance et abondance. Notons toutefois que ces standards d'évaluation ont été déterminés à partir de jeunes semis cultivés en serre et peuvent ne pas correspondre exactement aux standards requis pour des plants plus âgés. Ainsi, il est surprenant de constater que les concentrations en K et Ca des aiguilles se situent au palier de suffisance et abondance alors que ces éléments sont en faible quantité dans le sol. De plus, l'addition de K au sol cause de fortes augmentations des concentrations en K des aiguilles.

A l'examen de ces résultats, on note que ce sont les doses les plus élevées d'engrais qui ont causé les plus fortes augmentations au niveau des concentrations en éléments des aiguilles. Ainsi, l'addition de N au taux de 250 kg/ha a permis d'augmenter la concentration en N des aiguilles de plus de 16 p. 100 en 1975. L'application de P au taux de 200 kg/ha a causé des augmentations respectives de 15, 14 et 7 p. 100 en 1975, 1976 et 1977. Dans le cas du K, l'application du traitement 16 (100-100-100) a causé des augmentations des concentrations en K des aiguilles de l'ordre de 17, 20 et 35 p. 100 respectivement en 1975, 1976 et 1977. Toutes ces augmentations sont calculées par rapport au traitement témoin.

### 2.3 RESULTATS DES MESURES DE LONGUEUR ET DE MASSE DES AIGUILLES

Les résultats de ces mesures sont présentés au tableau 4. L'examen de ce tableau permet de constater (comme dans le cas des résultats des analyses foliaires) que les effets des engrais sur la longueur moyenne de 25 aiguilles et la masse totale sèche de 200 aiguilles par traitement et par répétition sont surtout marqués la première année

Tableau 4

Résultats des mesures de longueur et de masse  
des aiguilles de 1975, 1976 et 1977

Trait. n°	Quantité d'éléments (kg/ha)			Longueur moyenne <sup>1</sup> (mm)			Masse de 200 aiguilles <sup>2</sup> (g)		
	N	P	K	1975	1976	1977	1975	1976	1977
1	0	0	0	33	33	29	2,21	1,82	1,78
2	50	0	0	40	37	28	2,97	2,17	1,61
3	75	0	0	40	36	29	2,91	2,20	1,67
4	100	0	0	43	36	28	3,12	2,45	1,62
5	150	0	0	45	43	30	3,85	3,08	1,82
6	250	0	0	41	42	32	3,51	2,93	2,20
7	0	50	0	35	29	30	2,40	1,70	1,81
8	0	75	0	34	32	30	2,23	1,77	1,81
9	0	100	0	37	31	28	2,82	1,92	1,71
10	0	150	0	36	30	29	2,62	1,66	1,77
11	0	200	0	36	33	30	2,38	1,85	1,93
12	50	50	50	42	36	28	3,02	1,90	1,62
13	75	75	75	40	33	26	2,98	1,99	1,56
14	75	75	25	43	36	29	3,17	2,17	1,60
15	75	75	0	41	36	27	2,81	2,19	1,64
16	100	100	100	47	38	29	3,71	2,33	1,71
17	100	100	0	42	37	26	3,55	2,50	1,56
18	150	75	25	43	37	29	3,58	2,36	1,74
19	75	150	25	43	33	26	3,12	1,97	1,50

<sup>1</sup> Moyenne pour 25 aiguilles par répétition.

<sup>2</sup> Masse totale sèche de 200 aiguilles par répétition; moyenne pour l'ensemble des répétitions.

(1975) pour diminuer graduellement par la suite. Ainsi, après trois ans (1977), les effets des engrais sur la longueur et la masse des aiguilles sont pratiquement disparus, sauf peut-être pour les plus gros traitements.

L'azote est l'élément qui cause les plus fortes augmentations de longueur et de masse des aiguilles. On constate cependant au tableau 4 qu'il n'est pas nécessaire d'appliquer des doses d'azote supérieures à 150 kg/ha sur ce type de plantation, du moins en ce qui concerne les résultats sur les mesures des aiguilles. Dans le cas du P, la dose optimum serait de l'ordre de 100 kg/ha. Il est plus difficile de déterminer quelle serait la dose optimum de K à appliquer car cet élément n'a pas été appliqué seul. Toutefois, pour ce qui est de la masse des aiguilles, on remarque que le traitement comprenant 100 kg/ha de K a plus d'effets que celui qui n'en comprend pas (100-100-100 vs 100-100-0) et le résultat pour ce traitement est supérieur à ceux obtenus avec des doses inférieures de K.

Le tableau 4 fait ressortir aussi que les additions combinées de N, P et K ont permis des augmentations de la longueur et de la masse des aiguilles de 1975 plus élevées que l'addition d'un seul de ces éléments au même niveau; ainsi le traitement 100-100-100 a causé des augmentations de la longueur et de la masse des aiguilles parmi les plus élevées en 1975, soit 42 et 68 p. 100 respectivement. En 1976 cependant, les augmentations les plus élevées de la longueur et de la masse des aiguilles ont été obtenues avec le traitement 150-0-0, soit 30 et 69 p. 100 respectivement alors qu'en 1977, les augmentations maximums ont été obtenues avec le traitement 250-0-0, mais ces dernières n'étaient plus que de 10 p. 100 sur la longueur moyenne et de 23 p. 100 sur la masse des aiguilles. Dans le cas des autres traitements, la longueur et la masse des aiguilles de 1977 étaient soit semblables à celles des arbres témoins, soit inférieures à celles-ci.

Les résultats des analyses de variance qui ont été effectuées à partir de ces données sont présentés au tableau 5, par dispositif. Ce tableau fait ressortir que les différences les plus significatives entre

Tableau 5

Résultats des analyses de variance effectuées sur les mesures de longueur et de masse des aiguilles

Constituant	D.L. <sup>3</sup>	Valeur de <i>F</i>					
		1975		1976		1977	
<u>Dispositif A</u>		L <sup>1</sup>	M <sup>2</sup>	L	M	L	M
Traitements	9-63	10,7**	1,0	1,0	4,0**	1,5	< 1
Répétitions	7-63	1,3	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
<u>Dispositif B</u>							
Traitements	9-27	4,7**	4,7**	7,9**	11,4**	1,2	2,8*
Répétitions	3-27	1,5	1,0	< 1	2,0	< 1	2,4

<sup>1</sup> Longueur des aiguilles.

<sup>2</sup> Masse des aiguilles.

<sup>3</sup> D.L.: degrés de liberté.

\* Indique une différence significative (seuil de 0,05).

\*\* Indique une différence très significative (seuil de 0,01).

les traitements ont été obtenues la première et la deuxième année. Ainsi, il existe des différences nettement significatives entre la longueur des aiguilles de 1975 selon les traitements pour les deux dispositifs expérimentaux mais dans le cas de la masse des aiguilles de 1975, seuls les résultats du dispositif B présentent des différences significatives. En 1976, il existe des différences très significatives entre les traitements pour la masse des aiguilles des deux dispositifs et une différence très significative entre les traitements pour la longueur des aiguilles du dispositif B. Seule la masse des aiguilles du dispositif B présente encore une différence significative entre les traitements en 1977. L'application du test de Tukey<sup>1</sup> à ces résultats confirme ce qui a déjà été mentionné: c'est l'azote qui stimule le plus la longueur et la masse des aiguilles et l'addition de P ou de P et de K en plus de l'azote peut augmenter encore ces résultats. Les meilleurs résultats ont été obtenus pour les traitements 5, 6, 16, 17 et 18. Tous ces traitements comprennent des doses élevées d'azote et présentent des résultats significativement différents de ceux obtenus pour les traitements témoins.

#### 2.4 RESULTATS DES MESURES DENDROMETRIQUES DE 1974 A 1979

Les résultats des mesures de hauteur, de croissance en hauteur et de diamètre sont présentés au tableau 6. Ce tableau montre qu'il y avait beaucoup de variations entre la hauteur des plants en 1974 (avant la fertilisation). Ainsi, la hauteur moyenne des plants qui ont reçu par la suite les traitements 12 et 15 était de 107 cm alors que celle des plants qui ont reçu le traitement 10 était de 148 cm. Il n'est donc pas étonnant de retrouver après cinq ans de fortes variations dans les résultats de croissance entre les traitements mais aussi entre les répétitions, comme on peut le constater aux tableaux 6 et 7. De plus, durant cette période de croissance (cinq ans), la hauteur des plants a plus que doublé et même triplé dans certains cas. Ainsi, les augmentations de croissance en hauteur varient de 173 cm (traitement témoin) à 220 cm

---

<sup>1</sup> Afin de ne pas surcharger le texte et parce qu'ils n'apportent rien de nouveau, ces résultats ne sont pas présentés.

Tableau 6

Résultats des mesures de hauteur, de croissance  
en hauteur et de diamètre par traitement de 1974 à 1979<sup>1</sup>

Traité n°	Quantité d'élément (kg/ha)			Hauteur moyenne (cm)					Croissance totale en hauteur (cm) 1974 à 1979	Diamètre <sup>2</sup> (cm) moyen	
	N	P	K	1974	1975	1976	1977	1979		1977	1979
1	0	0	0	115	135	172	212	288	173	1,75	3,04
2	50	0	0	111	135	182	225	328	217	2,08	3,56
3	75	0	0	111	123	167	216	319	208	1,90	3,41
4	100	0	0	123	143	184	230	322	199	2,15	3,62
5	150	0	0	128	144	193	233	348	220	2,84	4,02
6	250	0	0	118	137	176	213	322	204	2,65	4,14
7	0	50	0	132	151	189	228	324	192	1,89	3,32
8	0	75	0	120	148	182	230	314	194	2,20	3,42
9	0	100	0	118	139	169	204	312	194	1,86	3,38
10	0	150	0	148	172	207	242	330	182	2,39	3,73
11	0	200	0	122	142	175	215	314	192	2,03	3,50
12	50	50	50	107	126	149	211	309	202	2,20	3,32
13	75	75	75	113	139	185	239	330	217	2,22	3,68
14	75	75	25	112	121	163	203	312	200	1,90	3,19
15	75	75	0	107	129	173	220	319	212	1,92	3,33
16	100	100	100	118	142	185	229	330	212	2,37	3,88
17	100	100	0	116	133	188	232	329	213	2,26	3,52
18	150	75	25	113	140	174	234	332	219	2,44	3,90
19	75	150	25	120	143	192	244	336	216	2,41	3,81

<sup>1</sup> Moyenne de quatre plants par répétition.

<sup>2</sup> Diamètre mesuré à la hauteur de 1,22 m.

Tableau 7

Résultats des mesures de hauteur et de diamètre de 1979, par traitement et par répétition et moyenne de 1974 et de 1979 par répétition. Dispositif A

Trait. n°	Quantité d'éléments (kg/ha)			Hauteur moyenne <sup>1</sup> par répétition (cm)								Diamètre moyen <sup>1</sup> par répétition (cm)									
	N	P	K	A	B	C	D	E	F	G	H	moyenne	A	B	C	D	E	F	G	H	moyenne
1 <sup>2</sup>	0	0	0	288	288	285	268	306	277	304	303	288	2,94	3,08	2,84	4,07	3,47	2,65	3,46	2,46	3,13
12	50	50	50	311	242	267	303	354	361	347	250	309	3,29	2,29	3,04	3,18	4,31	3,78	3,77	2,46	3,32
13	75	75	75	385	339	357	326	302	305	341	270	330	4,67	3,81	4,42	3,11	2,91	3,95	3,16	3,16	3,68
16	100	100	100	332	290	314	340	392	341	339	320	330	4,48	3,22	4,32	3,80	4,83	3,57	3,96	3,33	3,88
14	75	75	75	349	350	306	335	353	284	257	278	312	3,70	4,11	2,79	4,07	4,13	2,69	2,34	2,14	3,19
15	75	75	0	321	335	302	312	344	311	279	341	319	3,74	3,77	2,77	2,64	3,72	3,37	2,88	3,57	3,33
3	75	0	0	347	271	388	331	318	311	322	217	319	3,80	2,34	4,62	4,11	3,34	3,15	3,49	1,65	3,41
8	0	75	0	361	314	322	270	320	337	308	267	314	3,84	2,99	3,88	3,46	3,40	3,59	3,57	2,43	3,42
18	150	75	25	350	303	376	378	294	335	299	312	332	4,41	3,39	4,95	4,92	2,75	4,15	3,11	3,15	3,90
19	75	150	25	369	358	328	310	303	314	344	354	336	4,80	4,22	3,44	3,19	3,09	3,53	3,81	4,26	3,81
moyenne 1979				341	309	324	317	329	318	314	291	320	3,97	3,32	3,71	3,67	3,61	3,34	3,43	2,86	3,51
moyenne 1974				126	110	122	126	110	114	111	095	114	-	-	-	-	-	-	-	-	-

<sup>1</sup> Moyenne de quatre plants par répétition.

<sup>2</sup> Traitement 1 pour le dispositif A.

(traitement 150-0-0), ce qui représente des augmentations qui varient de 250 p. 100 à 272 p. 100 respectivement. Les meilleurs résultats pour la croissance en hauteur ont été obtenus avec les traitements 5 (150-0-0) et 18 (150-75-25). La croissance en hauteur des plants qui ont reçu ces traitements est en moyenne de 27 p. 100 supérieure à celle des plants témoins (tableau 6). On constate aussi, à l'examen des résultats présentés au tableau 6, que les effets de la fertilisation sur la hauteur des plants ne sont vraiment apparents qu'à partir de 1976 (deux saisons de croissance après l'application des engrais). De plus, ces effets ne sont pas encore terminés cinq ans après la fertilisation.

Le diamètre des arbres a été mesuré à la hauteur de 1,22 m, ce qui explique pourquoi les résultats de ces mesures ne sont présentés qu'à partir de 1977. On constate à l'examen de ces résultats que la fertilisation en N stimule la croissance en diamètre des arbres et que les meilleurs résultats ont été obtenus pour les arbres qui ont reçu les plus fortes doses d'azote. Ainsi, en 1977, ce sont les arbres qui ont reçu le traitement 5 (150-0-0) qui présentent le meilleur diamètre alors qu'en 1979, ce sont ceux qui ont reçu le traitement 6 (250-0-0). Les arbres qui ont reçu ces traitements présentent un diamètre moyen supérieur à celui des arbres témoins, de plus de 62 et 36 p. 100 pour 1977 (traitement 5) et pour 1979 (traitement 6) respectivement.

Lorsqu'on compare les résultats pour les traitements 6 à 10 (tableau 6), on constate que le P a aussi un effet sur le diamètre des arbres et que c'est la dose de 150 kg/ha de cet élément qui a permis d'obtenir les meilleurs résultats (pour le phosphore). Les arbres fertilisés avec ce traitement (traitement 10) présentent un diamètre moyen supérieur à celui des arbres témoins de plus de 36 p. 100 en 1977 et de 23 p. 100 en 1979.

D'autre part, si l'on compare les résultats pour les traitements 13 à 17, on en déduit qu'en plus du N et du P, le K a aussi un effet sur le diamètre des arbres et que la dose optimum à appliquer est de l'ordre de 100 kg/ha. Ainsi les arbres qui ont reçu le traitement 16 (100-100-100) ont en 1979 un diamètre moyen supérieur de plus de 10

p. 100 à ceux qui ont reçu le traitement 17 (100-100-0) et de 28 p. 100 supérieur à celui des arbres témoins.

Bien que les arbres fertilisés présentent tous un diamètre moyen supérieur à celui des arbres témoins, ce sont les arbres fertilisés surtout en N qui présentent le meilleur diamètre (traitements 6, 5 et 18).

## 2.5 RESULTATS DES ANALYSES STATISTIQUES

### 2.5.1 RESULTATS DES ANALYSES DE VARIANCE SUR LES DONNEES DENDROMETRIQUES

Le tableau 8 présente les résultats des analyses de variance effectuées par dispositif pour la hauteur de 1974 à 1979, le diamètre de 1977 et de 1979 et la croissance en hauteur totale de cinq ans (hauteur 1979 moins hauteur 1974). Ce tableau montre des différences statistiques significatives entre les répétitions du dispositif A pour la hauteur de 1974 à 1979 et le diamètre de 1977 et de 1979. Ce résultat confirme qu'il existe beaucoup de variations dans la hauteur et le diamètre des arbres d'une placette à l'autre. On peut d'ailleurs constater ce fait à l'examen du tableau 7. Ce dernier présente — pour 1979 et seulement pour le dispositif A — la hauteur et le diamètre moyens par traitement et par répétition et la hauteur de 1974 par répétition. Le tableau 7 montre, en effet, qu'il existe de fortes différences entre les résultats. Ainsi les résultats des répétitions A et H, tant pour la hauteur de 1974 que pour la hauteur et le diamètre de 1979, sont nettement différents. Lorsqu'on refait l'analyse statistique des résultats du dispositif A sans les résultats de ces deux répétitions, on constate non seulement qu'il n'y a plus de différences significatives entre les répétitions mais qu'il existe une différence significative entre les traitements pour la croissance totale en hauteur de 1974 à 1979 (tableau 8). L'application du test de Tukey à ce dernier résultat permet de déterminer que la croissance en hauteur de 1974 à 1979 des plants qui ont reçu les traitements 18, 13 et 19 est différente de celle des plants témoins (tableau 9).

Tableau 8

Résultats des analyses de variance effectuées sur les données dendrométriques de 1974 à 1979, par dispositif

Variables	Valeur de F			
	Hauteur		Diamètre	
	Traitements Répétitions		Traitements Répétitions	
Dispositif A				
D.L. <sup>1</sup>	9-63	7-63	9-63	7-63
1974	0,8	4,1**	-	-
1975	2,1*	4,8**	-	-
1976	1,9	4,0**	-	-
1977	1,8	4,6**	1,5	2,6*
1978	1,5	2,0*	1,7	2,7*
1979-1974	1,8	< 1	-	-
1979 <sup>2</sup>	< 1	< 1	< 1	< 1
1979-1974 <sup>2</sup>	2,3*	1,2	-	-
Dispositif B				
D.L.	9-27	3-27	9-27	3-27
1974	< 1	< 1	-	-
1975	< 1	< 1	-	-
1976	< 1	< 1	-	-
1977	< 1	< 1	1,2	< 1
1979	< 1	1,3	< 1	< 1
1979-1974	< 1	< 1	-	-

\* Indique une différence significative au seuil de 0,05.

\*\* Indique une différence significative au seuil de 0,01.

<sup>1</sup> D.L. Degrés de liberté.

<sup>2</sup> Les données de la première et de la dernière répétition pour 1979 ont été enlevées.

Tableau 9: Résultat du test de Tukey effectué sur les données de croissance en hauteur de 1974 à 1979, dispositif A

Traitements par ordre croissant (dispositif A)										
n <sup>o</sup>	1 <sup>1</sup>	8	14	12	3	15	16	19	13	18
Moy.	1,68	1,94	2,00	2,02	2,08	212	212	216	217	219

<sup>1</sup> Traitement 1 pour le dispositif A.

Le tableau 8 montre également une différence significative entre les traitements du dispositif A pour ce qui est de la hauteur de 1975.

Dans le cas du dispositif B, il n'y a aucune différence significative entre les mesures dendrométriques par traitement et par répétition. Ce dernier résultat est d'autant plus surprenant que ce sont les plus fortes doses d'azote et de phosphore qui ont été appliquées dans ce dispositif. On se rappellera toutefois que comme pour le dispositif A, il y a ici aussi beaucoup de variations entre les résultats d'une placette à l'autre et que de plus, ce dispositif comprend seulement quatre répétitions. Si l'on prend pour acquis que les effets de la fertilisation sur la croissance des arbres ne sont pas encore terminés, on peut espérer que les résultats de dix ans pour le dispositif B présenteront des différences significatives entre les traitements.

#### 2.5.2 CORRELATIONS ENTRE LES RESULTATS DES MESURES DENDROMETRIQUES DE 1979 ET LES RESULTATS DES MESURES (DE 1975 ET DE 1976) ET DE L'ANALYSE CHIMIQUE (DE 1975) DES AIGUILLES

Les coefficients de corrélation qui existent entre ces données sont présentés au tableau 9, par dispositif. Dans le cas du dispositif A, le tableau 9 montre qu'il existe des relations positives et très significatives (seuil de 0,01) entre la hauteur et le diamètre de 1979 d'une part et la longueur et la masse des aiguilles de 1975 d'autre part. Il existe aussi des relations positives et significati-

ves (seuil de 0,05) entre la hauteur et le diamètre de 1979 et les concentrations en P et K des aiguilles de 1975.

Le tableau 9 montre aussi qu'il existe peu de relations significatives entre les résultats des mesures dendrométriques de 1979 du dispositif B et les résultats des mesures (de 1975 et de 1976) et de l'analyse chimique (de 1975) des aiguilles. En effet, seuls le diamètre (1979) et la longueur des aiguilles de 1975 présentent un coefficient de corrélation significatif (seuil de 0,05). Il est évident que si ce dispositif comprenait lui aussi huit répétitions, il y aurait beaucoup plus de relations significatives entre les divers paramètres étudiés. Comme il y a seulement quatre répétitions par traitement et qu'il existe beaucoup de variations dans les résultats des mesures d'une placette à l'autre, il est plus difficile de déterminer avec précision la qualité des relations qui existent entre ces mesures et les autres données étudiées.

Les résultats de cette étude montrent qu'il existe des relations positives et significatives entre les résultats des mesures et des analyses chimiques des aiguilles échantillonnées peu de temps après la fertilisation et les résultats de croissance après cinq ans. Ce sont particulièrement les résultats des mesures de longueur et de masse des aiguilles (échantillonnées une saison de croissance après la fertilisation) qui sont les plus fortement reliés aux données de croissance après cinq ans. L'existence de telles relations entre les augmentations de la masse initiale des aiguilles et les augmentations subséquentes de croissance sur le pin gris ont déjà été signalées par Weetman et Algar (1974). Dans ce type de plantation (plantation jeune de pin gris), il est donc possible de déterminer rapidement si la fertilisation aura des effets sur la croissance des arbres et quels seront les traitements les plus efficaces.

Ainsi, si l'on considère les résultats pour les deux paramètres qui sont reliés significativement dans les deux dispositifs, longueur des aiguilles de 1975 et diamètre de 1979, on remarque que parmi les cinq meilleurs résultats de chacun, il y en a quatre qui cor-

respondent entre eux. Ce sont les résultats pour les traitements 16, 5, 18 et 19.

Ces relations significatives sont-elles valables pour d'autres plantations? Quels seraient alors la méthode d'échantillonnage et le nombre de mesures permettant d'obtenir le même résultat? Ces sujets ne font pas partie de l'étude actuelle mais feront l'objet d'un autre rapport.

Dans le cas présent, les mesures de longueur ont porté sur vingt-cinq aiguilles par placette; ce nombre s'est avéré suffisant pour le dispositif A (qui comprend huit répétitions) mais insuffisant pour le dispositif B qui comprend seulement quatre répétitions.

## 2.6 OBSERVATIONS SUR L'ETAT DE SANTE DES PLANTS

Dans l'ensemble, comme l'indiquent d'ailleurs les résultats de croissance, l'état de santé de cette plantation est satisfaisant. Ainsi, seuls 11 arbres mesurés (2,5 p. 100) sont morts en cinq ans et le nombre d'arbres qui présentaient une croissance erratique est de 44 (9 p. 100). Ces derniers ont été éliminés des compilations parce que leur hauteur avait diminuée entre deux mesurages. Dans la plupart des cas ces diminutions de croissance faisaient suite à des blessures mécaniques causées par la neige, le verglas ou les animaux et, quelquefois, la maladie (rouille-tumeur globuleuse du pin).

Tableau 10

Résultats de l'analyse de corrélations entre la hauteur et le diamètre de 1979, les mesures de longueur et de masse des aiguilles de 1975 et de 1976 et les concentrations en N, P et K des aiguilles de 1975

Variables	Valeur de $r^1$ aiguilles						
	longueur		Masse		Concentrations 1975		
	1975	1976	1975	1976	N	P	K
Dispositif A							
Hauteur	0,39**	- 0,07	0,40**	- 0,01	0,19	0,23*	0,31**
Diamètre	0,34**	- 0,06	0,37**	0,03	0,08	0,23*	0,23*
Dispositif B							
Hauteur	0,26	- 0,03	0,13	0,05	- 0,26	- 0,06	0,05
Diamètre	0,33*	0,09	0,25	0,17	- 0,14	- 0,15	0,04

\* Indique une valeur significative au seuil de 0,05.

\*\* Indique une valeur significative au seuil de 0,01.

<sup>1</sup> $r$  Coefficient de corrélation. Dans le cas du dispositif A, le coefficient calculé doit être supérieur à 0,22 pour être significatif. Dans le dispositif B, cette valeur du  $r$  doit être supérieure à 0,30.

## CONCLUSION

Les résultats de cette étude montrent que cette jeune plantation de pin gris réagit bien à la fertilisation. Les premiers effets des engrais se sont manifestés sur le feuillage dès la fin de la première saison de croissance après la fertilisation (1975). Ainsi, les aiguilles des arbres fertilisés étaient plus longues et plus lourdes que celles des arbres témoins et leurs concentrations en N, P et K étaient plus élevées. Ces effets des engrais sur le feuillage étaient encore présents en 1976 mais ont rapidement disparu par la suite, sauf en ce qui concerne les effets du K sur les concentrations en K des aiguilles. Les effets de ce dernier étaient encore marqués en 1977.

C'est l'azote qui a eu le plus d'effets sur le feuillage bien que les additions de P ou de P et de K en plus de l'azote ont eu aussi des effets favorables. Les augmentations maximums des concentrations en N, P, K des aiguilles de 1975 pour les meilleurs traitements et par rapport au traitement témoin étaient de l'ordre de 16 p. 100. Ces aiguilles (celles des meilleurs traitements) étaient, en 1975, 42 p. 100 plus longues et 68 p. 100 plus lourdes que celles des arbres témoins. Pour les aiguilles de 1976, ces augmentations étaient de l'ordre de 30 et 68 p. 100 respectivement.

Les résultats de cette étude montrent aussi que les engrais ont eu des effets sur la croissance des arbres dès 1976 (deux saisons de croissance après la fertilisation) et que ces effets se poursuivent encore après cinq ans.

Les arbres qui ont reçu les meilleurs traitements présentent, après cinq ans, une croissance totale en hauteur supérieure à celle des arbres témoins de plus de 27 p. 100 et leur diamètre est en moyenne 36 p. 100 plus gros que celui des arbres témoins.

Les traitements qui présentent les meilleurs résultats tant sur le feuillage que sur la croissance des arbres comprennent des doses d'azote de l'ordre de 150 à 250 kg/ha avec ou sans l'addition de P ou de K. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec les doses de N, P et K les plus élevées.

Les résultats des analyses statistiques confirment l'existence de différences significatives entre les résultats tant pour les mesures d'aiguilles que pour les mesures dendrométriques. Ces analyses montrent aussi qu'il y a beaucoup de variations dans les résultats entre les placettes et qu'il est préférable de faire plus de quatre répétitions des traitements dans cette plantation.

En tenant compte des résultats actuels de cette étude et du coût des engrais, le traitement le plus avantageux en ce moment pour ce genre de plantation consisterait à appliquer 150 kg/ha d'azote, sans ou avec 50 kg/ha de P et de K. Ces résultats sont préliminaires et il est possible que les résultats de dix ans soient différents.

Cette étude a permis de mettre en évidence l'existence de relations très significatives entre les effets des engrais sur le feuillage (concentrations en N, P, K, longueur et masse) et les résultats de cinq ans sur la croissance. L'étude montre aussi qu'il est possible de déterminer rapidement si la fertilisation aura des effets sur la croissance des arbres et quels seront les traitements les plus efficaces. Il s'agit simplement de mesurer la longueur ou la masse d'une partie des aiguilles à l'automne qui suit la fertilisation.

Cette méthode d'évaluation sommaire des résultats est-elle applicable à d'autres plantations? Si oui, quels seraient alors la méthode d'échantillonnage et le nombre de mesures nécessaires pour obtenir une précision suffisante? Ce sujet fera l'objet d'une autre étude.



## REFERENCES

- CANADA DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 1978. *The Canadian system of soil classification*. Can. Dept. Agric., Publ. 1646.
- DANCAUSE, A., 1976. *Situation du pin gris dans le domaine de la régénération artificielle du Québec*. For. Cons. 42(5): 10-15  
42, n° 5, p. 10-15.
- ENVIRONNEMENT CANADA, 1975. *Possibilités des terres pour la forêt*. Carte Noranda-Rouyn 32 D. Min. Environ. Can., Catalogue En 64/3-32 D.
- FERLAND, M.G. et R.M. GAGNON, 1967. *Climat du Québec méridional*. Québec, Min. Rich. Nat., Serv. de météorologie, 93 p.
- HAWEY, R., 1980. *La politique de reboisement au Québec*. dans Atelier de travail sur la culture des semis en récipients, Québec, 18-19-20 mars 1980. Editeur Officiel du Québec, Gouv. du Québec. p. 70-84.
- KIRK, R.E., 1968. *Experimental design: procedures for the behavioral sciences*. California, Brooks Cole, 577 p.
- ROWE, J.S., 1972. *Les régions forestières du Canada*. Min. Env., Serv. Can. For., publ. 1300F, 172 p.
- SWAN, H.S.D., 1969. *Relationship between nutrient supply, growth and nutrient concentrations in the foliage of black spruce and jack pine*. P.P.R.I.C., W.R., 19, 46 p.
- WALSH, L.M., 1971. *Instrumental methods for analysis of soils and plant tissue*. Soil Sci. Soc. of America, Madison, Wisconsin, U.S.A., 222 p.
- WEETMAN, G.F. et D. ALGAR, 1974. *Jack pine fertilization and nutrition studies: three year results*. Can. J. For. Res. 4: 381-398.
- WILDE, S.A., 1968. *Forest soils, their properties and relation to silviculture*. Ronald Press, N.Y., 537 p.

Parution, avril 1983



L'aménagement intensif des forêts naturelles et artificielles devra être de plus en plus utilisé pour combler nos besoins toujours grandissants en produits forestiers. La fertilisation des peuplements peut être un moyen assez simple d'accroître la production des forêts du Québec. C'est pourquoi le ministère de l'Énergie et des Ressources, par l'entremise de son Service de la recherche (Terres et Forêts), poursuit une série de travaux de recherche et de développement sur la fertilisation des forêts.



Editeur officiel du Québec  
Imprimé au Québec