

## Note de recherche forestière n° 52

### La fertilisation des plantations. Résultats de dix ans pour 34 plantations résineuses

Gilles SHEEDY<sup>1</sup>

F.D.C. 237(047.3)(714)  
L.C. SD 408

#### Résumé

Les résultats de fertilisation présentés dans ce rapport concernent 34 plantations de pin, d'épinette et de mélèze. Ces résultats sont présentés en tenant compte de la classe d'âge, du groupe textural et de la région écologique. Ils montrent que la fertilisation est un traitement efficace pour stimuler la croissance des arbres. Les arbres fertilisés avec les meilleurs traitements présentent, après 10 ans, des gains en accroissement en volume total de l'ordre de 25 p. 100 supérieurs aux arbres témoins. Les meilleurs traitements sont souvent obtenus avec l'application de 75 à 100 kg par ha d'azote avec ou sans 75 kg par ha de phosphore et de potassium.

Mots-clés : fertilisation, plantation résineuse, accroissement.

#### Summary

*This report presents results for 34 plantations of pine, spruce and tamarack. These results are presented by age class, textural group and ecological region. They show that fertilization is an effective treatment to stimulate growth of trees. Ten years after fertilization, trees fertilized with the best treatments presented a total volume increase superior to the control trees of about 25 p. 100. The best treatments are often obtained with the application of 75 to 100 kg per ha of nitrogen with or without 75 kg per ha of potassium and phosphorus.*

Keywords : fertilization, coniferous plantation, increment.

\*

#### Introduction

La fertilisation des forêts et des plantations est un traitement sylvicole largement utilisé, qui ne pose pas de problème particulier. Il existe, en effet, de nombreux appareils disponibles pour effectuer ce travail (avion, hélicoptère, tracteur, épandeur mécanisé et souffleur). On trouve aussi une littérature abondante montrant que la fertilisation est une technique efficace pour stimuler la croissance des arbres (PRITCHETT et SMITH 1968, BAULE et FRICKER 1969, KRAUSE 1973, CHAMPS *et al.* 1978, etc.).

Au Québec, rappelons que les fertilisants sont utilisés principalement dans les pépinières et les vergers à graines et dans certains peuplements sous aménagement. Précisons aussi que ce traitement ne saurait être efficace, au plan de la croissance, sans que les autres conditions du milieu soient satisfaisantes. Ainsi, en plantation, la qualité des plants et de la mise en terre, l'espèce choisie, le type de préparation du terrain, le drainage et la texture du sol sont autant de facteurs qui peuvent limiter sérieusement la croissance des plants même s'il n'y a pas de déficience minérale. Il est donc important de connaître dans quelles circonstances cet investissement a le plus de chance de produire les effets escomptés.

C'est pour étudier ces effets dans notre contexte forestier que le Service de l'amélioration des arbres du ministère des Forêts a entrepris, dès 1975, un programme de fertilisation des plantations. Cette étude a pour but de déterminer les doses optimales d'éléments à appliquer sur diverses plantations d'un âge, d'une essence et d'une classe de fertilité

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

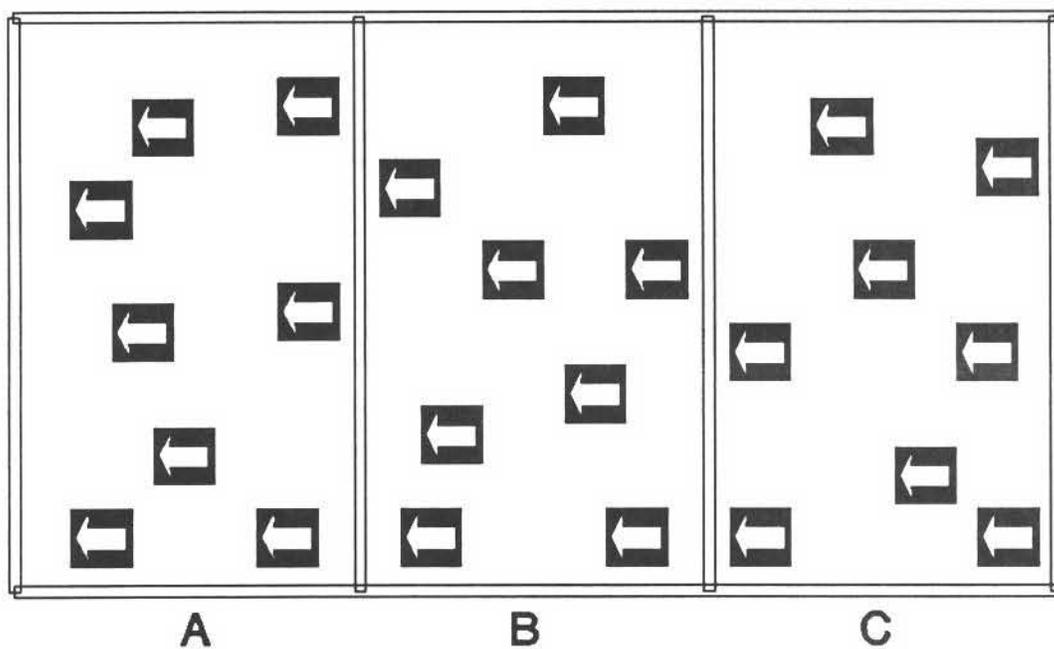


Figure 1. Représentation schématique d'une placette d'étude de 100 m<sup>2</sup>.

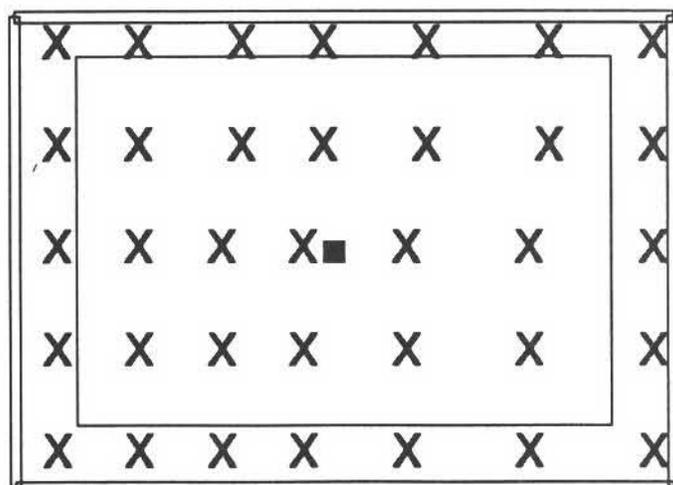


Figure 2. Représentation schématique d'un dispositif de fertilisation.

donnés afin de stimuler la croissance et la production des arbres. Dans le cadre de ce projet, plus de 96 dispositifs expérimentaux de fertilisation ont été établis dans des plantations résineuses représentatives des diverses régions du Québec. Ces dispositifs ont été établis entre 1976 et 1991 de sorte qu'une partie des résultats de dix ans ont déjà fait l'objet de publications alors que plusieurs autres ne sont pas encore disponibles.

Ce rapport présente sommairement les résultats, dix ans après la fertilisation, pour 34 dispositifs établis dans le cadre de ce programme.

## Méthode de travail

### Sélection des plantations

Le choix de plantations représentatives dans les diverses régions du Québec s'est fait avec la collaboration du personnel du Ministère dans ces régions. Les plantations choisies devaient être âgées d'au moins trois ans et établies sur une superficie d'au moins un hectare; le choix a tenu compte aussi de l'essence, du type de sol et de l'état de santé des arbres.

### Dispositif expérimental

En général, la superficie des placettes ne dépasse pas 250 m<sup>2</sup> et, dans la majorité des dispositifs établis, les placettes d'étude ont une superficie de 100 m<sup>2</sup> (10 x 10 m). Seuls les arbres du centre des placettes (6 à 15 arbres par placette) sont mesurés et numérotés. Ainsi, il existe au moins une rangée d'arbres à l'intérieur et une autre à l'extérieur des placettes qui servent de bande tampon (figure 1). Le dispositif expérimental comprend au moins trois répétitions de chacun des traitements appliqués et le nombre de ces derniers varie selon le nombre de placettes qu'il est possible d'établir dans chacune des plantations (figure 2). Ce sont des dispositifs à blocs complets dans lesquels le choix des traitements se fait au hasard.

Les traitements les plus souvent appliqués comprennent des quantités de l'ordre de 50 à 150 kg/ha d'azote avec ou sans phosphore et potassium. Les types d'engrais les plus souvent utilisés dans cette étude sont l'urée (46 p. 100 N), le triple superphosphate (45 p. 100 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), le chlorure de potassium (61 p. 100 K<sub>2</sub>O) et le sulfate de potassium et de magnésium (22 p. 100 K<sub>2</sub>O, 11 p. 100 Mg). D'autres types d'engrais ont aussi été utilisés (voir la liste des traitements utilisés à l'annexe 1).

Les analyses statistiques effectuées sur ces dispositifs à blocs complets consistent en des analyses de covariance sur le volume total (VT) et l'accroissement en volume total (AVT), avec le volume total initial (VTI) comme covariable. Dans les cas où il y avait des réactions significatives, ces analyses ont été complétées par le test de Scheffe pour la comparaison des moyennes (KIRK 1968). Avant de procéder aux analyses statistiques, on s'est assuré que les hypothèses de base étaient respectées (linéarité entre le volume total initial et après dix ans, homogénéité de la variance, normalité des résidus, etc.)

## Mesurage, échantillonnage et observations

Généralement, l'établissement des dispositifs se fait durant l'été et la fertilisation a lieu au printemps suivant. Les engrais sont appliqués en plein ou par pied d'arbre selon l'âge des arbres. Un minimum de trois prélèvements de sol (un par répétition) est réalisé lors de l'établissement des dispositifs. L'échantillonnage des sols porte sur tous les horizons de chacun des profils. Le mesurage des arbres, l'échantillonnage des tissus foliaires et les observations sur l'état de santé des plants se font une saison de croissance avant, une saison de croissance après, puis trois, cinq et dix ans après la fertilisation. Les mesures portent sur la hauteur totale et le diamètre à 1,35 m de hauteur. Par la suite, ces mesures servent à compiler le volume total ( $VT \text{ dm}^3 = 0,2618 \times (D/10)^2 \times 2 \times [26 + (H \times 10)]$ ) et l'accroissement en volume total des tiges. Les résultats des analyses de tissus concernent un échantillon composite par placette (3 à 6 arbres) prélevé dans le tiers supérieur des arbres, sur les pousses de l'année. Lors des mesurages, on prend note de tous les dommages causés aux tiges et au feuillage par les insectes, les maladies, les animaux, le gel, le verglas, etc. On note aussi la présence de cônes et les défauts de la tige.

### Nombre de dispositifs établis

Comme nous l'avons déjà mentionné, nous avons établi, dans le cadre de ce projet, 96 dispositifs expérimentaux de fertilisation. La localisation de ces dispositifs est présentée à la figure 3. La plupart de ces plantations font partie des régions écologiques 8, 3, 5 et 2 (THIBAUT 1985, figure 4). Ce sont principalement des plantations d'épinette blanche et de pin gris dans les classes d'âge de cinq et de dix ans.

Les résultats présentés ici ne portent que sur 34 plantations et apparaissent sous forme de pourcentages à cause des différences importantes qui existent entre les dispositifs (âge des arbres, essence, groupe textural).

## Résultats

### Résultats de dix ans

Les résultats globaux, dix ans après le traitement, sont regroupés selon l'essence, la classe d'âge et le groupe textural; ils sont présentés aux figures 5 à 11 et, par dispositif, à l'annexe 2. À l'examen de ces figures, on constate que les résultats concernent particulièrement le pin gris, l'épinette blanche et le pin rouge (figure 5). Les meilleurs traitements ont permis d'accroître le volume des arbres de plus de 25 p. 100 et 75 p. 100 des traitements appliqués (trois traitements sur quatre) ont eu un impact positif sur la croissance des arbres (figure 6). L'azote est l'élément qui fait le plus souvent partie (86 p. 100 des cas) des traitements qui ont le plus d'impact sur la croissance des arbres (figure 7). Dans 50 p. 100 des cas, les meilleurs traitements sont constitués d'un mélange d'azote, de phosphore et de potassium. Les quantités d'engrais qui ont permis d'obtenir les meilleurs résultats de croissance varient de 75 à 100 kg par ha pour l'azote et sont de l'ordre de 75 kg par ha pour le potassium et le phosphore. On constate que la fertilisation a été efficace

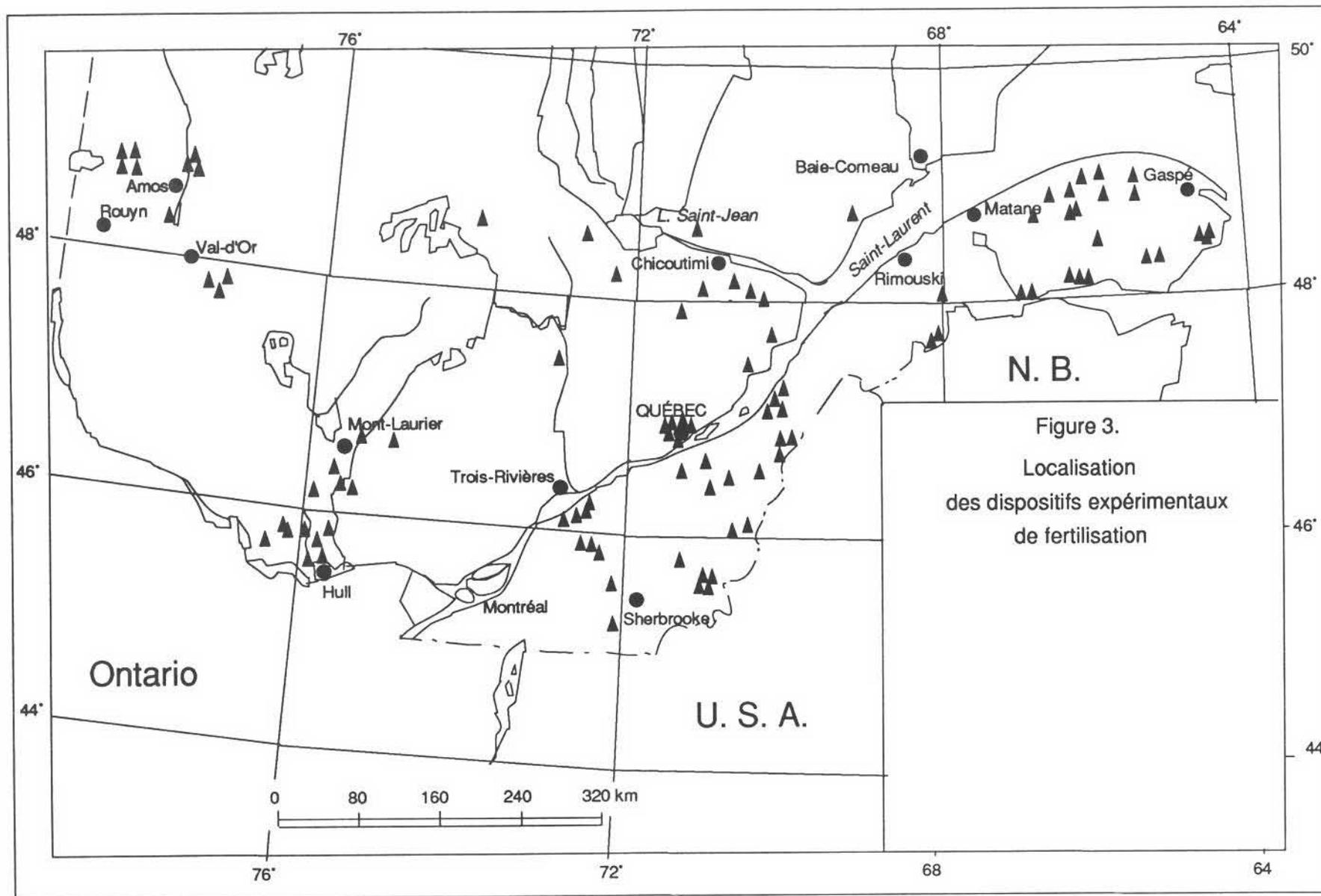
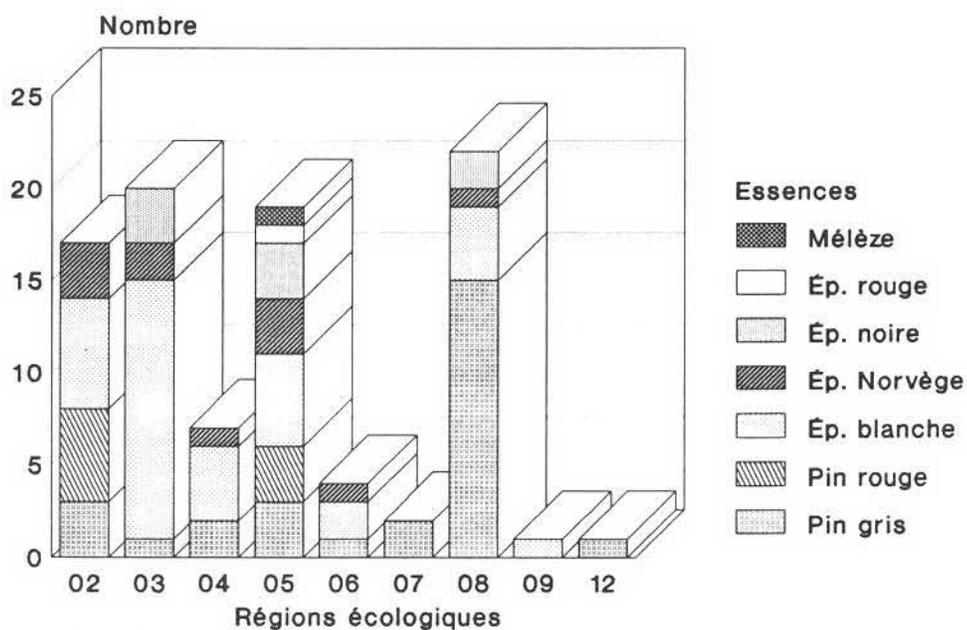


Figure 3.  
 Localisation  
 des dispositifs expérimentaux  
 de fertilisation



Thibault (1985)

Figure 4. Nombre de dispositifs par région écologique.

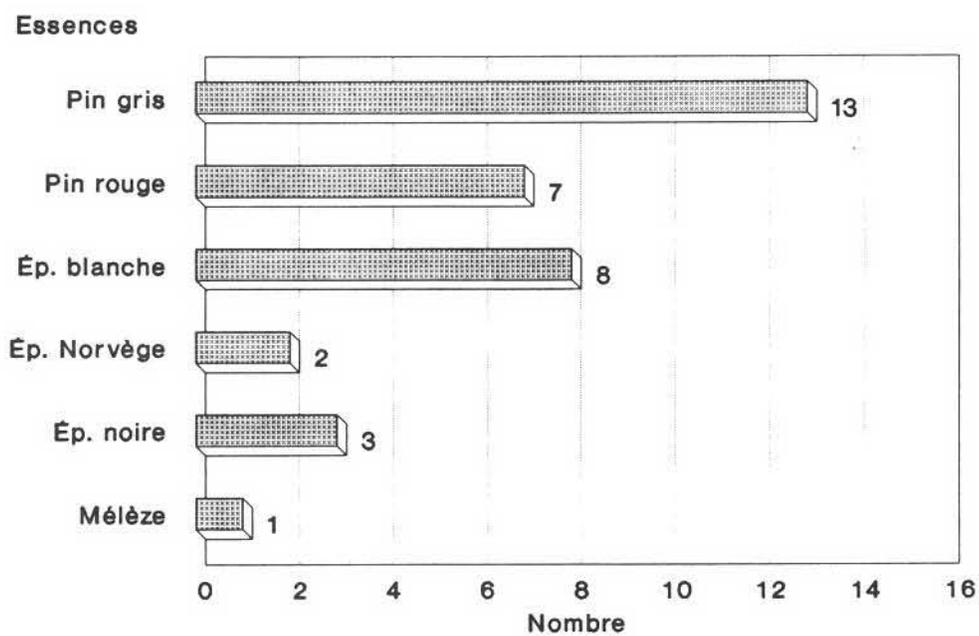
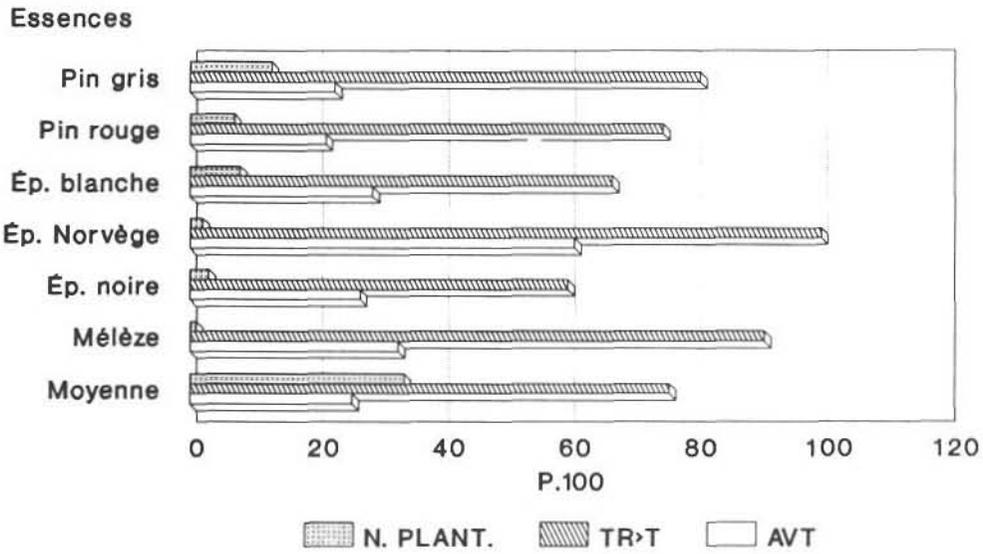


Figure 5. Nombre de dispositifs par essence dans les 34 plantations.



AVT : accroissement en volume total

Figure 6. Accroissement en volume total par rapport au témoin et nombre de placettes échantillons traitées présentant un accroissement en volume total supérieur à celui du témoin.

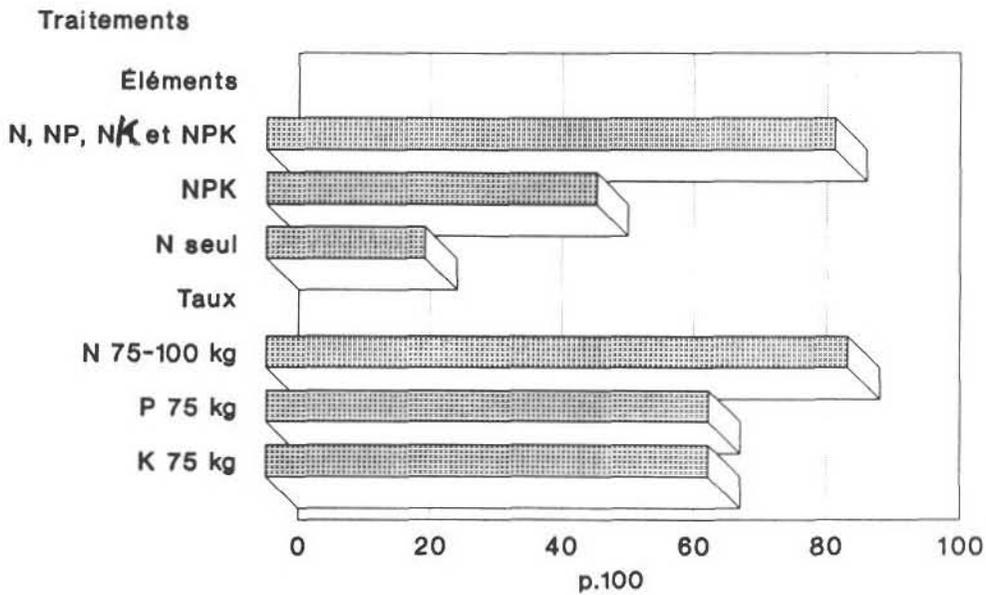


Figure 7. Composition et taux d'application des meilleurs traitements; moyenne pour 34 plantations.

pour stimuler la croissance des arbres dans la majorité des dispositifs même s'il n'y a pas beaucoup de différence statistiquement significative.

Dans l'ensemble, l'état de santé des arbres de ces plantations est bon (figure 8) avec une moyenne de près de 80 p. 100 d'arbres sains. Les principaux dommages observés consistent en des pousses terminales cassées, des têtes multiples, des colorations sur les aiguilles, etc. Le taux de mortalité des arbres est faible (moins de 5 p. 100, figure 8).

#### Résultats pour le pin gris

Les résultats-synthèses présentés au tableau 1 concernent 13 plantations de pin gris et sept plantations de pin rouge. Ces résultats montrent que les pins gris plantés sur sol loameux poussent plus vite que sur sol sablonneux. Toutefois, les pins gris sur sol sablonneux présentent un meilleur taux de survie et ils semblent réagir plus fortement à la fertilisation que ceux plantés sur sol loameux. En moyenne, les meilleurs traitements de fertilisation ont causés des augmentations de plus de 20 p. 100 sur le volume total des arbres. Les effets des engrais sur la croissance des pins gris ont été positifs dans les 13 dispositifs. Les arbres fertilisés avec les meilleurs traitements présentent un volume total significativement supérieur à celui des pins gris témoins dans six dispositifs. En moyenne, 81 p. 100 des traitements appliqués ont eu des effets positifs sur la croissance de ces plantations. La figure 9 montre des variations importantes selon la texture du sol. Ainsi, les effets de la fertilisation sont souvent meilleurs pour les plantations sur sable (sols dont le niveau de fertilité est généralement plus faible) que pour celles qui sont établies sur les sols loameux.

Parmi les meilleurs traitements de fertilisation, ce sont ceux comprenant l'addition d'azote avec ou sans phosphore et potassium qui ont eu le plus souvent les meilleurs effets sur la croissance des arbres. En général, les traitements comprenant 75 à 100 kg d'éléments par hectare ont été parmi les plus efficaces. Sur les sols sablonneux (plus pauvres), l'ajout de potassium et, dans une moindre mesure, de phosphore semble indiqué. Il est difficile de proposer un traitement particulier d'autant plus que ces résultats ne concernent que 13 dispositifs, mais on constate que la fertilisation azotée a été la plupart du temps efficace (figure 9).

Le taux de mortalité après dix ans dans ces plantations de pin gris est en moyenne de 4 p. 100.

#### Résultats pour le pin rouge

Ces résultats concernent sept plantations dont deux seulement sur sol sablonneux (tableau 1). Globalement, les meilleurs traitements ont causés, en moyenne, des augmentations en volume total de l'ordre de 21 p. 100 (figure 10), soit l'équivalent de ce qu'on a obtenu avec le pin gris. Ici aussi on note l'existence de variations importantes selon l'âge des arbres, le groupe textural, la station, etc. La fertilisation a eu des effets positifs sur la croissance des pins rouges dans les sept dispositifs. De plus, dans deux de ces dispositifs, les arbres fertilisés avec les meilleurs traitements

présentent après dix ans un volume total significativement supérieur à celui des arbres témoins. Soixante-quinze pour cent des traitements appliqués dans ces dispositifs ont eu un impact positif sur la croissance des arbres. On constate donc que le pin rouge réagit bien à la fertilisation. Ici aussi, c'est l'azote qui représente l'élément le plus efficace pour stimuler la croissance. Toutefois, dans plusieurs dispositifs, les meilleurs traitements comprennent, en plus de l'azote, du phosphore et du potassium.

Au cours des dix dernières années, le taux de mortalité dans ces plantations est en moyenne de 1 p. 100.

#### Résultats pour l'épinette et le mélèze

Les résultats présentés au tableau 2 concernent huit plantations d'épinette blanche, trois d'épinette noire, deux d'épinette de Norvège et une de mélèze. Toutes ces plantations ont été établies sur des sols loameux, sauf pour un dispositif d'épinette noire. On note des effets positifs de la fertilisation dans 12 dispositifs. En fait, 70 p. 100 des traitements appliqués dans ces plantations ont eu un impact positif sur la croissance des arbres. Dans le cas de l'épinette blanche, les meilleurs traitements ont causés des augmentations moyennes de croissance sur le volume total, de l'ordre de 29 p. 100. Pour les autres essences, les résultats ne portent que sur quelques dispositifs. Toutefois, ces résultats partiels montrent que les meilleurs traitements ont causé des augmentations de croissance en volume total de l'ordre de 30 p. 100 pour l'épinette noire et de 61 p. 100 pour l'épinette de Norvège. La figure 11 présente les résultats par classe d'âge pour l'ensemble des épinettes. Les meilleurs traitements comprennent de l'azote (50 à 100 kg/ha), combiné ou non au phosphore et au potassium. Dans l'ensemble, même s'il existe des variations selon le type d'épinette, l'âge des arbres et la texture du sol, on note que ces résultats sont semblables à ceux obtenus pour le pin gris et le pin rouge.

Le taux de mortalité des arbres dans ces plantations est en moyenne de 2 p. 100.

Dans le cas du mélèze, les résultats ne concernent qu'une seule plantation âgée de 7 ans; ils montrent que les arbres fertilisés avec les meilleurs traitements présentent un accroissement en volume total supérieur à ceux des arbres témoins de plus de 33 p. 100. Les meilleurs traitements comprennent des quantités de phosphore, d'azote et de potassium de l'ordre de 75 kg par ha.

#### Discussion et conclusion

Bien que ces résultats soient partiels, ils montrent bien que la fertilisation stimule fortement la croissance des arbres. Ainsi, on a obtenu en moyenne (pour les meilleurs traitements) des augmentations en volume total de l'ordre de 20 à 30 p. 100 tant pour le pin gris que pour le pin rouge, les épinettes et le mélèze. Ces résultats correspondent assez bien à ce que l'on retrouve dans la littérature (ATKINSON et MORRISON 1975, BAULE et FRICKER 1969, CHAMPS *et al.* 1978, CHAPERON 1989, KRAUSE 1973, PRITCHETT et SMITH 1968, SAFFORD 1973) et confirment que cette technique est efficace dans nos conditions de sols et de climat et sur la plupart de

Tableau 1. Résultats globaux pour le pin gris et le pin rouge selon la classe d'âge et la texture du sol

Essence	Classe d'âge	Groupe textural	Nombre de dispositifs	Meilleurs résultats par rapport au témoin (dm <sup>3</sup> /arbre) AVT-10, augmentation p.r. à T			Nombre de dispositifs avec résultat significatif <sup>1</sup>	État de santé des arbres <sup>3</sup> p. 100	Taux de mortalité p. 100	Composition des meilleurs traitements	Traitements avec AVT > T p. 100	
				Témoin	dm <sup>3</sup> /arbre	p. 100						
Pin gris	5	Loam	4	29,3	3,7	12,7	1 sur 4	79	4,0	N-P-K	67	
		Sable	5	11,8	4,0	33,5	2 sur 4	85	5,0	N-P-K	83	
		Moyenne	9	19,6	3,8	19,5	3 sur 8	82	4,5	N-P-K	76	
	10	Loam	1	36,7	3,7	10,0	–	61	10,0	N-P-K	78	
		Sable	2	24,6	6,5	25,5	2 sur 2	68	1,5	N-P-K	94	
		Moyenne	3	28,6	5,6	20,0	2 sur 3	66	4,3	N-P-K	89	
	15	Sable	1	26,5	18,7	70,0	1 sur 1	84	< 1,0	N-P-K	100	
	∞	Moyenne générale	13	–	–	23,0	6 sur 12	78	4,0	N-P-K	81	
	Pin rouge	5	Loam	1	61,1	4,4	7,0	–	93	1,0	N, N-P-K	78
		10	Loam	1	55,5	18,2	28,0	1 sur 1	96	< 1,0	N-P-K	100
Sable			2	37,7	12,0	29,0	1 sur 2	85	1,0	N-P-K	62	
Moyenne			3	43,6	14,0	29,0	2 sur 3	89	1,0	N-P-K	75	
15		Argile	1	65,2	20,8	32,0	–	68	< 1,0	N-K	80	
25 <sup>2</sup>		Loam	1	78,0	17,0	22,0	–	97	< 1,0	N-P-K	72	
Moyenne générale	6	–	–	24,0	2 sur 3	89	1,0	N-P-K	75			

<sup>1</sup> Une partie des dispositifs n'a pas bénéficié d'analyses statistiques.

<sup>2</sup> Les résultats concernant le dispositif 81-25 ne font pas partie de ce tableau parce qu'ils sont nettement inférieurs à ce qu'ils seraient s'il n'y avait pas d'affleurements rocheux.

<sup>3</sup> Arbres sains, sans défaut de la forme, sans dommage sur la tige.

Tableau 2. Résultats globaux pour l'épinette (blanche, noire et de Norvège) et le mélèze selon la classe d'âge et la texture du sol

Essence	Classe d'âge	Groupe textural	Nombre de dispositifs	Meilleurs résultats par rapport au témoin dm <sup>3</sup> /arbre AVT-10, augmentation p.r. à T			Nombre de dispositifs avec résultat significatif <sup>1</sup>	État de santé des arbres <sup>2</sup> p. 100	Taux de mortalité p. 100	Composition des meilleurs traitements	Traitements avec AVT > T p. 100
				Témoin	dm <sup>3</sup> /arbre	p. 100					
Ép. Norvège	5	Loam	1	4,0	6,0	100,0	–	75	8	N-P-K	100
Ép. blanche	5	Loam	1	13,3	5,4	41,0	0 sur 1	80	3	N-P-K	100
Ép. noire	5	Loam	2	8,3	3,3	40,0	0 sur 2	73	1	N, N-P-K	77
Moyenne	5	Loam	4	8,5	4,5	45,0	0 sur 2	75	3	N-P-K	88
Ép. blanche	10	Loam	6	30,8	8,3	27,5	0 sur 3	67	1	N, N-P-K	62
Ép. noire	10	Sable	1,0	40,7	< 1,0	< 1,0	0 sur 1	59	6	N	25
Moyenne	10	–	7	32,2	7,1	23,5	0 sur 4	66	2	N, N-P-K	57
Ép. blanche	20	Loam	1	48,3	13,6	28,0	–	48	2	N-P-K	64
Ép. Norvège	25	Loam	1	15,7	3,5	22,0	0 sur 1	94	5	P, N	100
Moyenne générale			13	–	–	30,0	0 sur 7	69	2	N, N-P-K, P	70
Mélèze	5	Loam	1,0	31,8	10,7	33	0 sur 1	78	3	P, N-P-K	91

<sup>1</sup> Une partie seulement des dispositifs a bénéficié d'analyses statistiques.

<sup>2</sup> Arbres sains, sans défaut de la forme, sans dommage sur la tige.

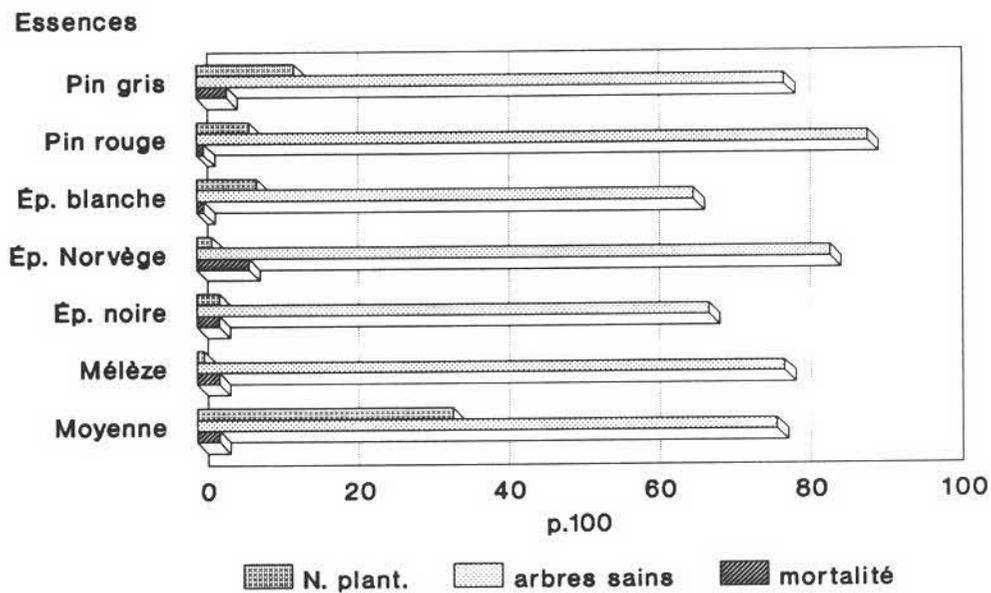


Figure 8. État de santé des arbres et taux de mortalité par essence.

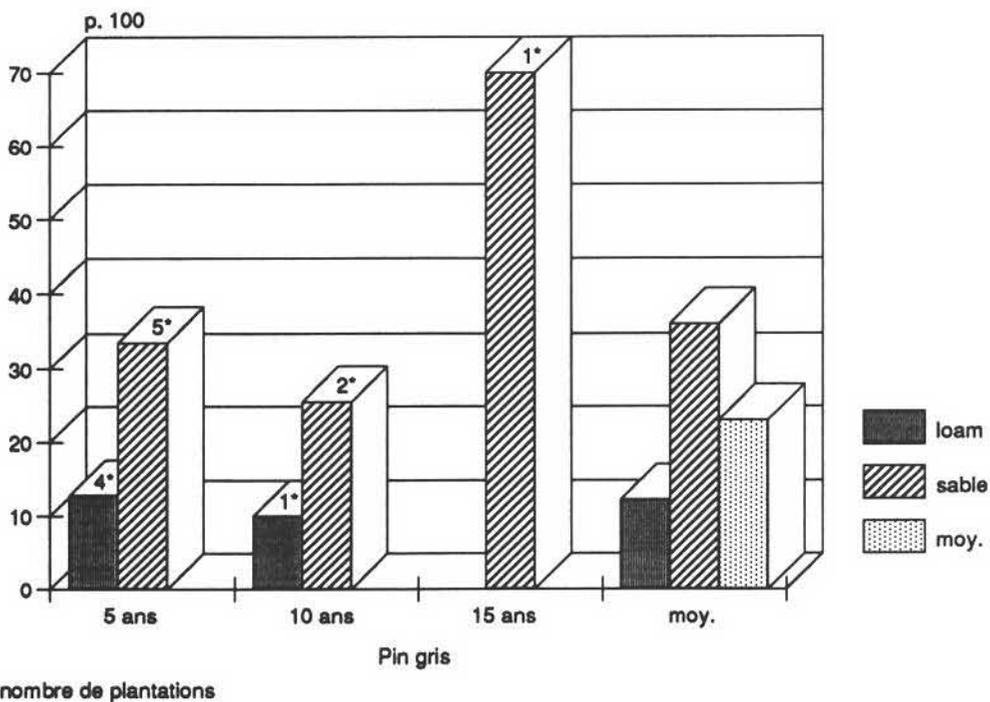


Figure 9. Accroissement en volume total des meilleurs traitements par rapport au témoin. Résultats pour 13 plantations de pin gris.

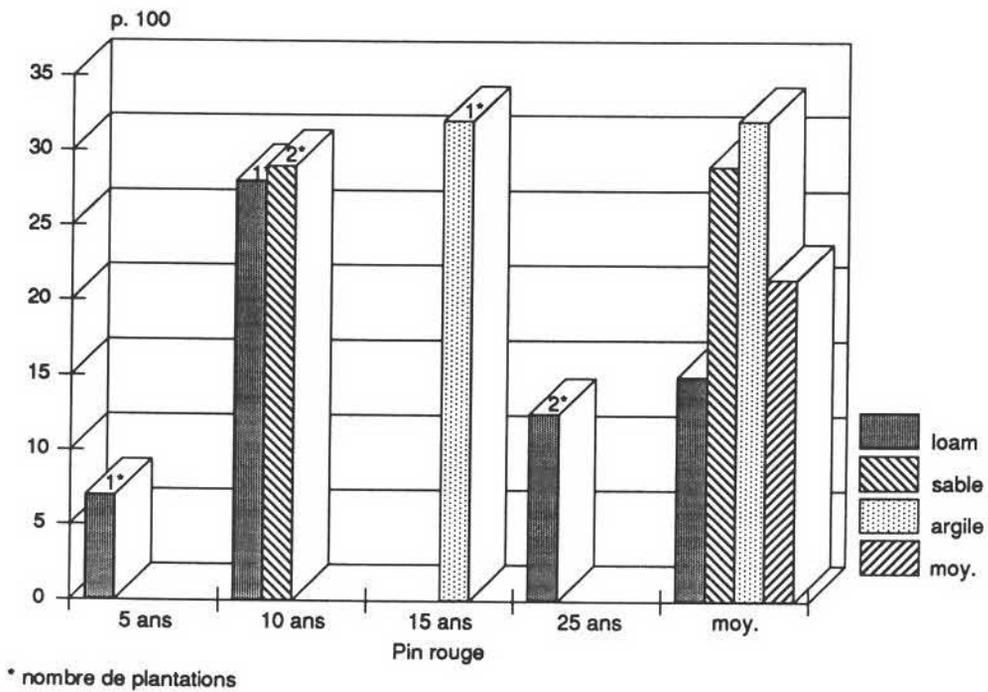


Figure 10. Accroissement en volume total des meilleurs traitements par rapport au témoin. Résultats pour sept plantations de pin rouge.

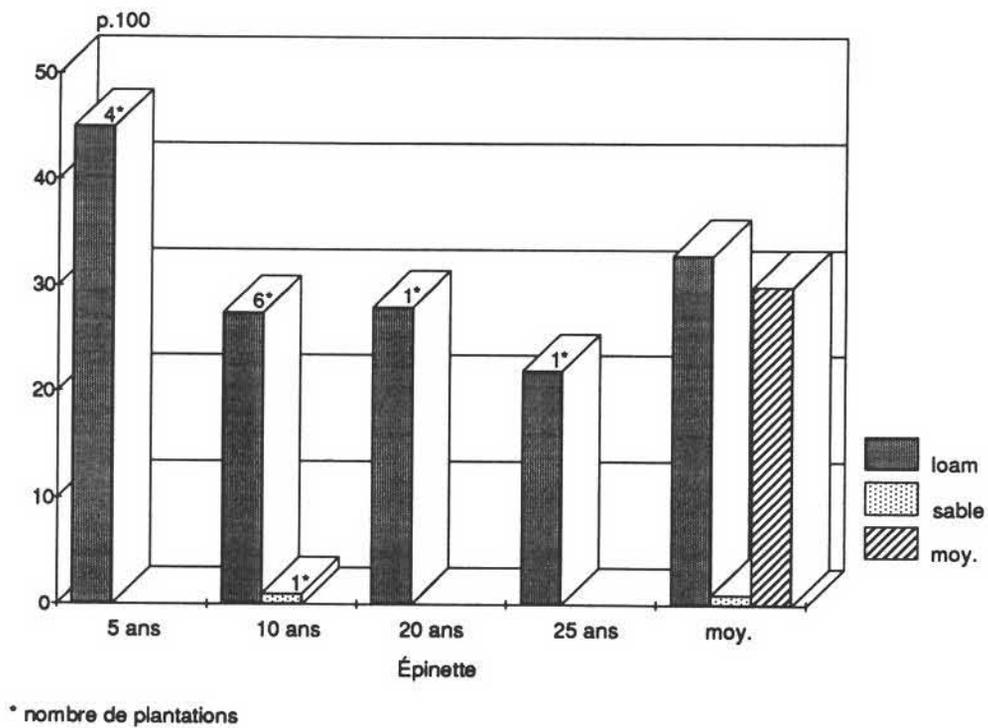


Figure 11. Accroissement en volume total des meilleurs traitements par rapport au témoin. Résultats pour 13 plantations d'épinette.

nos essences résineuses. Même si ces résultats ne sont statistiquement significatifs que pour neuf dispositifs, il reste que la fertilisation a eu des effets positifs dans tous les dispositifs (34/34). Les meilleurs traitements comprennent le plus souvent des quantités d'éléments de 75 à 100 kg par ha d'azote avec ou sans phosphore et potassium.

Le taux de mortalité de ces plantations est faible (moins de 5 p. 100). Dans l'ensemble, l'état de santé de ces plantations est bon même s'il existe des variations d'une année à l'autre et d'un dispositif à l'autre. Les principaux dommages observés consistent surtout en des pousses terminales cassées, des têtes multiples, des colorations sur les aiguilles, etc. Ces dommages ont causé des variations importantes dans les résultats de croissance qui peuvent expliquer en partie le peu de réaction statistiquement significative obtenues dans ces dispositifs.

Comme nous l'avons mentionné précédemment, ces résultats ne concernent que 34 dispositifs sur un total de 96. À mesure qu'ils seront disponibles, les résultats des 62 autres dispositifs viendront compléter et préciser ceux du présent rapport. Il sera alors possible de faire des recommandations aux propriétaires de plantations concernant les traitements à appliquer (éléments et quantités) et les résultats à prévoir pour une plantation d'un âge donné selon la station. On pourra aussi relier ces résultats aux tables de rendement des plantations et vérifier si la fertilisation permet de réduire la période de révolution des peuplements.

#### Remerciements

L'auteur tient à souligner la précieuse collaboration de MM. Conrad Thomassin et Jean-Marie Gignac, responsables des équipes qui ont recueilli les informations sur le terrain. Ses remerciements s'adressent aussi au personnel des Unités de gestion qui collaborent activement à ce projet. Je désire remercier également tous ceux qui, de près ou de loin, ont collaborés à la compilation des données, à la rédaction du rapport, à sa correction et à son édition.

#### Références

- ATKINSON, W.A. et I.G. MORRISON, 1975. *The Pacific Northwest Regional Fertilization Project, an integrated approach to forest nutrition research*. Dans : B. Bernier et C.H. Winget, éd. *Forest soils and forest land management*. Les Presses de l'Université Laval, Québec : 477-488.
- BAULE, H. et C. FRICKER, 1969. *La fertilisation des arbres forestiers*. BLV Verlagsgesellschaft MbH, Munich. 256 p.
- CHAMPS, J. de, G. TOUZET et J.-Cl. HEINRICH, 1978. *La culture du sapin de douglas*. AFOCEL, 1986.
- CHAPERON, H., 1989. *De l'intensification de la culture du pin maritime*. Dans : *Annales de recherches sylvicoles*, AFOCEL, 1988 : 286-326.
- KIRK, R.E., 1968. *Experimental design : procedures for the behavioral sciences*. Belmont, California, Croaks Cole. 577 p.
- KRAUSE, H.H., 1973. *Forest fertilization in eastern Canada, with emphasis on New Brunswick studies*. Dans *Forest Fertilization Symposium Proceedings*. USDA Forest Serv. Technical Report NE-3 : 188-206.
- PRITCHETT, W.L. et W.H. SMITH, 1968. *Fertilizing slash pine on sandy soils of the lower coastal plain*. Dans : C.T. Youngberg et C.B. Davey, éd. *Tree growth and forest soils*. Proceedings of the Third North American Forest Soils Conference. Oregon State University Press : 19-43.
- SAFFORD, L.O., 1973. *Forest fertilization in the Eastern United States : Conifers*. Dans : *Forest Fertilization Symposium Proceedings*. USDA Forest Serv. Tech. Report NE-3 : 206-211.
- THIBAUT, M., 1985. *Les régions écologiques du Québec méridional. Deuxième approximation*. Québec, MER, Serv. de la rech. et Serv. de la carto. Carte au 1 : 1 250 000.

### Annexe 1. Traitements de fertilisation utilisés dans un ou plusieurs dispositifs

Traitement n°	Élément kg/ha			Quantités d'engrais par parcelle <sup>1</sup> de 100 m <sup>2</sup> (kg)					Quantité d'engrais par plant (g) <sup>2</sup> (rayon de 0,85 m)				
	N	P	K	U	NA	TSP	KCl	SKMg	U	N	TSP	KCl	SKMg
1									33				
2	N 50			1,11	1,47				25	49			
3	N 75			1,66	2,20				37	66			
4	N100			2,22	2,94				50	99			
5	N150			3,33	4,41				75	165			
6	N250			5,55	7,35				125				
7		P 50				2,54					57		
8		P 75				3,81					85		
9		P100				5,08					114		
10		P150				7,62					170		
11		P200				10,16					228		
12			K 25				0,50	1,36				11	30
13			K 50					2,73				22	61
14			K 75					4,09				33	91
15			K100					5,46				44	122
16	N 50	P 50	K 50	1,11	1,47	2,54		2,73	25	33	57	22	61
17	N 75	P 50	K 0	1,66	2,20	2,54		-	37	49	57	-	-
18	N 75	P 0	K 50	1,66	2,20			2,73	37	49	-	22	61
19	N 75	P 50	K 25	1,66	2,20	2,54		1,36	37	49	57	11	30
20	N 75	P 50	K 50	1,66	2,20	2,54		2,73	37	49	57	22	61
21	N 75	P 75	K 0	1,66	2,20	3,81		-	37	49	85	-	-
22	N 75	P 0	K 75	1,66	2,20	-		4,09	37	49	-	33	91
23	N 75	P 75	K 25	1,66	2,20	3,81		1,36	37	49	85	11	30
24	N 75	P 75	K 75	1,66	2,20	3,81		4,09	37	49	85	33	91
25	N 75	P150	K 25	1,66	2,20	7,62		1,36	37	49	170	11	30
26	N100	P 50	K 50	2,22	2,94	2,54		2,73	50	66	57	22	61
27	N100	P 50	K 0	2,22	2,94	2,54		-	50	66	57	-	-
28	N100	P 0	K 50	2,22	2,94	-		2,73	50	66	-	22	61
29	N100	P 75	K 75	2,22	2,94	3,81		4,09	50	66	85	33	91
30	N100	P 0	K100	2,22	2,94	-		5,46	50	66	-	44	122
31	N100	P100	K 0	2,22	2,94	5,08		-	50	66	114	-	-
32	N100	P100	K100	2,22	2,94	5,08		5,46	50	66	114	44	122
33	N150	P 75	K 25	3,33	4,41	3,81		1,36	75	99	85	11	30
34	N150	P150	K150	3,33	4,41	7,62		8,19	75	99	170	66	183

<sup>1</sup> Type d'engrais : U = urée; 45 p. 100 N  
 NA = nitrate d'ammonium; 34 p. 100 N  
 TSP = superphosphate triple; 45 p. 100 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
 KCL = chlorure de potassium; 60 p. 100 K<sub>2</sub>O  
 SKMg = sulfate de potassium et de magnésium; 22 p. 100 K<sub>2</sub>O, 18 p. 100 MgO.

<sup>2</sup> Les nombres ont été arrondis à l'unité près.

**Annexe 2a. Résultats par dispositif pour le pin gris et le pin rouge**

Dispositif n°	Région administrative	Région écologique	Essence	Classe d'âge	Âge réel	Tenure <sup>1</sup>	Origine <sup>2</sup>	Groupe textural <sup>3</sup>
78-4b <sup>7</sup>	1	4	Pig	5	3	P	Bu	L
78-4a	1	4	Pig	5	3	P	Bu	L
79-16	11	5	Pig	5	6	Ag	T	L
80-20	2	6	Pig	5	6	Ag	Bru	S
78-11	11	8	Pig	5	5	P	Bru	L
DF-2-75	8	8	Pig	5	6	P	Bu	S
DF-3-75	8	8	Pig	5	6	P	Bu	S
DF-4-76	8	8	Pig	5	7	P	Bu	S
82-26	4	8	Pig	5	6	C	Bru	S
77-3b	3	2	Pig	10	10	Ag	T	S
78-13b	7	2	Pig	10	8	C	Bu-Bru	S
78-10	11	8	Pig	10	8	Ag	T	L
77-01	3	2	Pig	15	16	Ag	T	S
78-06 <sup>7</sup>	11	5	Pir	5	7	Ag	Bru	L
78-13a	7	2	Pir	10	8	C	Bu-Bru	S
77-3a	3	2	Pir	10	10	Ag	T	S
78-5a	11	5	Pir	10	10	Ag	Bru	L
77-2	3	2	Pir	15	17	Ag	T	A
81-25	16	2	Pir	25	23	Ag	T	L
78-8b	11	5	Pir	25	25	P	Bru	L(Tm)

<sup>1</sup> P : terre publique, Ag : terre agricole privée, C : Terrain de compagnies forestières

<sup>2</sup> Bu : bûcher, T : terre agricole abandonnée, Bru : brûlé

<sup>3</sup> L : loam, S : sable, A : argile, (tm) : till mince, affleurements rocheux

<sup>7</sup> Fertilisation par pied d'arbre

Annexe 2b. Résultats par dispositif pour le pin gris et le pin rouge (suite)

Résultats de croissance de 10 ans				Analyse <sup>5</sup>	État de santé <sup>6</sup>	Mortalité p. 100	Meilleurs traitements (par ordre décroissant)	Nombre de traitements > T
AVT-T	AVT-F	gains p.r. à T <sup>4</sup>						
dm <sup>3</sup> /arbre	dm <sup>3</sup> /arbre	dm <sup>3</sup> /arbre	p. 100					
25,9	29,4	3,5	13	A	81	6	K <sub>7</sub> , U <sub>1</sub> P <sub>7</sub> K <sub>7</sub> , U <sub>1</sub> P <sub>7</sub>	7/12
23,9	25,4	1,5	6	A	73	6	U <sub>1</sub> , U <sub>7</sub> P <sub>7</sub> K <sub>7</sub> , U <sub>1</sub> P <sub>7</sub> K <sub>7</sub>	5/9
30,8	37,8	7,0	23	A*	83	4	U <sub>7</sub> P <sub>5</sub> , U <sub>1</sub> P <sub>5</sub> K <sub>5</sub> , U <sub>7</sub> P <sub>5</sub> K <sub>5</sub>	8/9
21,0	27,8	6,8	32	A	93	1	U <sub>1</sub> K <sub>7</sub> , U <sub>7</sub> P <sub>5</sub> K <sub>5</sub>	8/11
36,5	39,4	2,9	8	A	79	1	K <sub>7</sub> , U <sub>1</sub> , U <sub>1</sub> P <sub>7</sub>	6/9
8,0	11,0	3,0	37	A*	88	3	U <sub>7</sub> , U <sub>15</sub> P <sub>7</sub> K <sub>2</sub> , U <sub>7</sub> P <sub>7</sub> K <sub>2</sub>	9/9
16,0	20,0	4,0	24	A*	50	2	U <sub>1</sub> P <sub>7</sub> K <sub>7</sub> , U <sub>1</sub>	2/2
33,2	42,3	9,1	27	A*	86	1	U <sub>1</sub> K <sub>7</sub> , U <sub>7</sub> , U <sub>7</sub> P <sub>7</sub> K <sub>7</sub>	8/9
36,7	40,3	3,7	10	A	61	10	U <sub>5</sub> , U <sub>1</sub> P <sub>5</sub> K <sub>5</sub> , U <sub>7</sub> 7/9	
26,5	45,2	18,7	70	A**	84	< 1	U <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub> , K <sub>1</sub> , U <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	24/24
61,1	65,5	4,4	7	A	93	1	U <sub>1</sub> , U <sub>1</sub> P <sub>7</sub> K <sub>7</sub> , U <sub>1</sub> P <sub>7</sub>	7/9
31,8	34,8	3,0	10	A	86	1	U <sub>1</sub> P <sub>7</sub> K <sub>7</sub> , U <sub>1</sub> K <sub>7</sub> , P <sub>7</sub>	6/9
43,7	64,7	21,0	48	A**	83	< 1	U <sub>1</sub> P <sub>5</sub> K <sub>5</sub> , U <sub>7</sub> P <sub>7</sub> K <sub>7</sub> , K <sub>7</sub>	14/24
55,5	73,6	18,2	28	A*	96	< 1	U <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub> , P <sub>1</sub> , U <sub>2</sub>	6/9
65,2	86,4	20,8	32	A	68	< 1	U <sub>1</sub> K <sub>1</sub> , K <sub>1</sub> , N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>01</sub>	12/15
78,0	95,0	17,0	22	#	97	< 1	U <sub>1</sub> P <sub>7</sub> K <sub>7</sub>	8/12
49,8	51,3	1,5	3	A	98	2	U <sub>1</sub> P <sub>1</sub> , U <sub>1</sub> P <sub>1</sub> F <sub>1</sub> , P <sub>1</sub>	4/5

<sup>4</sup> AVT-T : accroissement en volume total pour les arbres témoins, AVT-F : idem pour les arbres fertilisés

<sup>5</sup> A : résultats qui ont bénéficié d'analyses de covariance; A\* : significatif à 0,05, A\*\* : significatif à 0,01, # : pas d'analyses statistiques

<sup>6</sup> État de santé des arbres, moyenne pour les dernières années; p. 100 d'arbres sains, sans défaut de la forme, sans blessure, sans maladie

**Annexe 2c. Résultats par dispositif pour l'épinette (blanche, noire et de Norvège) et le mélèze**

Dispositif n°	Région administrative	Région écologique	Essence	Classe d'âge	Âge réel	Tenure <sup>1</sup>	Origine <sup>2</sup>	Groupe textural <sup>3</sup>
82-28	11	5	EpØ	5	5	Ag	T	L
78-8a	11	5	EpØ	25	25	P	Bru	L
79-14b	12	4	Epb	5	7	Ag	T	L
78-7	11	5	Epb	10	10	P	Bru	L
79-17	11	5	Epb	10	10	Ag	T	L
81-24	12	5	Epb	10	12	Ag	T	L
81-22 <sup>7</sup>	11	8	Epb	10	8	P	Bru	L
80-21	11	8	Epb	10	12	P	Bru	L
79-18	11	9	Epb	10	8	P	Bru	L
81-23	12	5	Epb	20	21	Ag	T	L
82-29	11	5	Epn	5	5	P	Bru	L
78-12	11	8	Epn	5	5	P	Bru	L
79-19	11	5	Epn	10	10	Ag	Bu	S
79-15	11	5	Mel	5	7	Ag	T	L

<sup>1</sup> P : terre publique, Ag : terre agricole privée, C : Terrain de compagnies forestières

<sup>2</sup> Bu : bûcher, T : terre agricole abandonnée, Bru : brûlé

<sup>3</sup> L : loam, S : sable, A : argile, (tm) : till mince, affleurements rocheux

<sup>7</sup> Fertilisation par pied d'arbre

Annexe 2d. Résultats par dispositif pour l'épinette (blanche, noire et de Norvège) et le mélèze (suite)

Résultats de croissance de 10 ans				Analyse <sup>5</sup>	État de santé <sup>6</sup> p. 100	Mortalité p. 100	Meilleurs traitements (par ordre décroissant)	Nombre de traitements > T
AVT-T	AVT-F	gains p.r. à T <sup>4</sup>						
dm <sup>3</sup> /arbre	dm <sup>3</sup> /arbre	dm <sup>3</sup> /arbre	p. 100					
4,0	10,0	6,0	100	#	75	8	U <sub>15</sub> P <sub>7</sub> K <sub>7</sub>	4/4
15,7	19,2	3,5	22	A	94	5	P <sub>1</sub> , U <sub>1</sub> , U <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	5/5
13,3	18,7	5,4	41	A	80	3	U <sub>7</sub> P <sub>7</sub> K <sub>7</sub> , U <sub>7</sub> P <sub>5</sub> K <sub>5</sub> , U <sub>7</sub> P <sub>5</sub> K <sub>2</sub>	3/3
44,2	54,7	10,5	23	A	94	< 1	U <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub> , K <sub>1</sub> , U <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	5/5
18,4	30,6	12,2	67	A	52	2	P <sub>7</sub>	8/8
45,9	58,1	12,2	27	#	37	< 1	U <sub>1</sub> P <sub>7</sub> K <sub>7</sub>	5/11
18,9	20,6	1,7	9	A	79	0	37-00, 37-85-33	2/11
37,4	49,7	12,3	33	A	74	0	U <sub>1</sub> , K <sub>7</sub> , U <sub>7</sub>	7/11
17,5	19,1	1,9	10	A	64	< 1	U <sub>7</sub> , U <sub>7</sub> P <sub>5</sub> K <sub>5</sub> , U <sub>1</sub> K <sub>5</sub>	5/5
48,3	61,9	13,6	28	#	48	2	U <sub>7</sub> P <sub>5</sub> K <sub>5</sub>	7/11
8,1	12,4	4,3	53	#	80	2	U <sub>1</sub> P <sub>7</sub> K <sub>7</sub>	10/13
8,5	10,8	2,3	28	A	68	< 1	U <sub>5</sub> , U <sub>7</sub> P <sub>7</sub> K <sub>7</sub>	7/9
40,7	40,8	0,1	-	A	59	6	U <sub>1</sub>	1/4
31,8	42,5	10,7	33	A	78	3	P <sub>7</sub> , U <sub>7</sub> P <sub>5</sub> K <sub>5</sub> , U <sub>7</sub> K <sub>5</sub>	10/11

<sup>4</sup> AVT-T : accroissement en volume total pour les arbres témoins, AVT-F : idem pour les arbres fertilisés

<sup>5</sup> A : résultats qui ont bénéficié d'analyses de covariance; A\* : significatif à 0,05, A\*\* : significatif à 0,01, # : pas d'analyses statistiques

<sup>6</sup> État de santé des arbres, moyenne pour les dernières années; p. 100 d'arbres sains, sans défaut de la forme, sans blessure, sans maladie

**FQ93-3105**

ISSN 0834-4833

ISBN 2-550-28060-1

Dépôt légal 1993

Bibliothèque nationale du Québec

Bibliothèque nationale du Canada

© Gouvernement du Québec 1993



Gouvernement du Québec  
Ministère des Forêts  
Direction de la recherche