



## Note de recherche forestière n° 81

### Fertilisation de deux plantations de pin rouge du centre du Québec : résultats de dix ans

GILLES SHEEDY \*

F.D.C. 237.4 (047.3)(714)  
L.C. SD 401 P66

#### Résumé

Les résultats présentés dans ce rapport montrent que la fertilisation est un traitement efficace pour stimuler la croissance du pin rouge en plantation. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec les traitements comprenant du potassium avec ou sans azote et phosphore. Les arbres fertilisés avec les meilleurs traitements présentent, après dix ans, des accroissements en volume total supérieurs à ceux des arbres témoins de l'ordre de 34 et 37 m<sup>3</sup>/ha respectivement (plantations Saint-Basile et Sainte-Sophie). Ces résultats sont conformes aux attentes puisque les plantations de pin rouge du Québec établies sur des sols sablonneux présentent souvent des carences en potassium. De plus, il n'est pas recommandé de fertiliser massivement ces plantations à cause du faible potentiel de rétention que présentent les sols sablonneux.

Mots-clés : fertilisation, pin rouge, *Pinus resinosa*, plantation, croissance, accroissement en volume.

#### Summary

*The results presented in this report show that fertilization is an effective treatment to stimulate red pine plantation growth. The best results were obtained with treatments including potassium with or without nitrogen and phosphorus. Ten years after fertilization, the trees fertilized with the best treatments presented a total volume increment of more than 34 and 37 m<sup>3</sup>/ha (Saint-Basile and Sainte-Sophie plantations) superior to the control trees. These results were anticipated because it is well known that red pine plantations established on sandy soils are potassium deficient. The soils of those plantations present a low potential of retention for elements so it is not recommended to massively fertilize them.*

Key words : fertilization, red pine, *Pinus resinosa*, plantation, growth, volume increment.

#### Introduction

Ce rapport présente les résultats décennaux de croissance de deux plantations de pin rouge qui étaient âgées de 10 et 17 ans respectivement lors de la fertilisation en 1978. Les dispositifs expérimentaux ont été réalisés dans le cadre du projet de fertilisation des plantations. Ce projet 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 des stations

Cette étude a été réalisée sur deux plantations de pin rouge établies sur des terres agricoles abandonnées. Les principales caractéristiques concernant ces plantations (localisation, conditions de sol et de climat, dendrométrie) sont présentées au tableau 1.

La première plantation est située à six kilomètres au nord-ouest de Saint-Basile (circonscription électorale de Portneuf), dans le rang Saint-Anne. L'autre plantation est située à trois km au sud-ouest de Sainte-Sophie-de-Lévrard (circonscription électorale de Nicolet), dans le V<sup>e</sup> rang. Elles font partie des régions écologiques 2b (domaine de l'érablière à tilleul et érablière à bouleau jaune) dans le cas de la plantation Sainte-Sophie, et 3f (domaine de l'érablière à bouleau jaune) dans le cas de Saint-Basile (THIBAUT 1985).

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

## Dispositifs expérimentaux et traitements de fertilisation

Le dispositif expérimental établi à Saint-Basile comprend 32 placettes, soit deux répétitions (blocs) de 16 placettes. Celui de Sainte-Sophie est constitué de trois répétitions de 25 placettes (75 placettes). Chaque placette mesure 100 m<sup>2</sup> (10 m sur 10). Ce sont des dispositifs à blocs complets et le choix des traitements dans chacune des répétitions a été déterminé au hasard. Les traitements de fertilisation sont présentés au tableau 2. 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 ces plantations a été échantillonné lors de l'établissement des dispositifs en 1977 (un échantillon par répétition). Par la suite, les aiguilles de trois à 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 alors que le reste des aiguilles a été mesuré (longueur moyenne de 25 aiguilles) et pesé (masse sèche totale de 200 aiguilles). Les échantillons ont été préparés et analysés selon les méthodes courantes du laboratoire du MRN (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 (les arbres du centre) dans la plantation Saint-Basile et sur six arbres dans celle de Sainte-Sophie. 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. On note aussi, lors de ces mesurages, 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 autres animaux, etc.

Par la suite, les 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 la covariance pour des dispositifs à blocs complets en s'assurant que les hypothèses de base sont respectées. C'est le volume total initial qui a été utilisé comme covariable pour la variable volume total final.

## Résultats et discussion

Les résultats d'analyses de tissus ainsi que les résultats concernant les mesures de longueur et de masse des aiguilles et les résultats quinquennaux de croissance de ces dispositifs ont fait l'objet d'un premier rapport en 1985 (SHEEDY).

**Tableau 1. Localisation et description des conditions de sol et de climat**

Localisation	Saint-Basile de Portneuf	Sainte-Sophie de Lévrard
Rang	Saint-Anne	5
Latitude nord	46° 47' 30"	46° 24' 10"
Longitude ouest	71° 52' 15"	72° 07' 45"
Âge en 1977	17 ans	10 ans
Diamètre (initial)	9,82 cm	6,71 cm
Qualité de station <sup>1</sup>	3 m à 15 ans	5 m à 15 ans
Type de sol <sup>2</sup>	podzol humo-ferrique gleyifié	podzol humo-ferrique orthique
Texture	loam sableux fin	sable siliceux
Dépôt	finimarins	sable
Drainage	imparfait	bon à capricieux
Température (annuelle moyenne) <sup>3</sup>	3,6° C	5,1° C
Nombre de jours sans gel	100	114
Précipitations	112 cm	105 cm
Altitude	152 m	92 m

<sup>1</sup> Tiré de BOLGHARI et BERTRAND (1984).

<sup>2</sup> Tiré de RAYMOND, LAFLAMME et GODBOUT (1976), CHOINIÈRE et LAPLANTE (1948)

<sup>3</sup> Tiré de PROULX *et al.* (1987)

**Tableau 2. Traitements de fertilisation**

Plantation	Traitement n°	Quantité d'éléments (kg/ha)			Quantité d'engrais (kg) <sup>1</sup>		
		N	P	K	Urée	tsp	KCl
Saint-Basile	1 T	0	0	0	0	0	0
	2 U10	100	0	0	2,22	0	0
	3 U10P10	100	100	0	2,22	5,08	0
	4 U10K10	100	0	100	2,22	0	2
	5 U10P10K10	100	100	100	2,22	5,08	2
	6 P5	0	50	0	0	2,54	0
	7 P10	0	100	0	0	5,08	0
	8 K10	0	0	100	0	0	2
	9 N5	50	0	0	1,47 na <sup>2</sup>	0	0
	10 N10	100	0	0	2,94 na	0	0
	11 Ks5	0	0	50	0	0	2,73 ks <sup>3</sup>
	12 Ks10	0	0	100	0	0	5,45 ks
	13 N10Ks5	100	0	50	2,94 na	0	2,73 ks
	14 N10P5	100	50	0	2,94 na	2,54	0
	15 N10P5Ks5	100	50	50	2,94 na	2,54	2,73 ks
	16 N10P10Ks10	100	100	100	2,94 na	5,08	5,45 ks
Sainte-Sophie	1 T	0	0	0	0	0	0
	2 U5	50	0	0	1,11	0	0
	3 U7	75	0	0	1,66	0	0
	4 U10	100	0	0	2,22	0	0
	5 U15	150	0	0	3,33	0	0
	6 P5	0	50	0	0	2,54	0
	7 P7	0	75	0	0	3,81	0
	8 P10	0	100	0	0	5,08	0
	9 K5	0	0	50	0	0	1
	10 K7	0	0	75	0	0	1,5
	11 K10	0	0	100	0	0	2
	12 U5P5K5	50	50	50	1,11	2,54	1
	13 U7P7K7	75	75	75	1,66	3,81	1,5
	14 U10P10K10	100	100	100	2,22	5,08	2
	15 U7P5K5	75	50	50	1,66	2,54	1
	16 U10P5K5	100	50	50	2,22	2,54	1
	17 U10P7K7	100	75	75	2,22	3,81	1,5
	18 U7P5	75	50	0	1,66	2,54	0
	19 U7P7	75	75	0	1,66	3,81	0
	20 U7K5	75	0	50	1,66	0	1
	21 U7K7	75	0	75	1,66	0	1,5
	22 U10P5	100	50	0	2,22	2,54	0
	23 U10P10	100	100	0	2,22	5,08	0
	24 U10K5	100	0	50	2,22	0	1
	25 U10K10	100	0	100	2,22	0	2

<sup>1</sup> Urée = 45 % N ; tsp (triple superphosphate) = 45 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ; KCl (chlorure de potassium) = 60 % K<sub>2</sub>O.

<sup>2</sup> na (nitrate d'ammonium) = 33,5 % N. <sup>3</sup> ks (sulfate de potassium et de magnésium) = 22 % K<sub>2</sub>O, 11 % Mg.

**Tableau 3. Résultats des analyses de sol (kg/ha)<sup>1</sup> pour l'horizon B (10-30 cm de profondeur)**

Plantation	pH	M.O. (t/ha)	N total	P assimilable	K échangeable	Mg échangeable	Ca changeable
Saint-Basile	5,3	94	2400	261	145	39	1079
Sainte-Sophie	4,9	47	1800	258	12	9	217
Standards <sup>2</sup>	4,8-6,0	120-180	3600	300	240	225	900

<sup>1</sup> Moyenne pour trois échantillons composites par dispositif ; horizons B.

<sup>2</sup> Standards proposés par WILDE 1966, MORRISON 1974.

#### Résultats des analyses du sol

Les résultats des analyses du sol pour l'horizon B (10-30 cm) sont présentés au tableau 3, par plantation. Ces résultats montrent que les teneurs de ces sols en K et Mg (pour les deux dispositifs) et en Ca (dispositif de Sainte-Sophie) sont faibles ; les teneurs en N et P, bien que plus faibles que celles qu'on propose comme standards, sont à un niveau plus acceptable. Le tableau 3 montre aussi que les concentrations en éléments du sol de la plantation Saint-Basile sont sensiblement meilleures que celles de la plantation Sainte-Sophie. Cette dernière est établie sur un sol sablonneux qui présente une faible capacité de rétention en eau et en éléments nutritifs. La plantation Saint-Basile est établie sur un loam sableux plus riche en éléments nutritifs et qui présente une teneur en matière organique deux fois plus élevée que celle de Sainte-Sophie.

Ces résultats nous laissent croire que la fertilisation de ces plantations, particulièrement en K, Mg et N, devrait avoir des effets positifs sur la croissance des pins rouges.

#### Résultats des analyses chimiques des aiguilles

Le tableau 4 présente, par dispositif et pour les années 1978, 1980 et 1982, les concentrations en éléments des aiguilles pour une partie des traitements appliqués.

Les concentrations en N, P, Mg et Ca des aiguilles échantillonnées en 1978, 1980 et 1982 de ces plantations sont semblables à ce que l'on observe en moyenne pour l'ensemble des plantations de pin rouge du Québec (SHEEDY et THOMASSIN 1994). Les concentrations en K de ces aiguilles sont toutefois souvent inférieures à la moyenne observée. Si on compare ces résultats aux standards proposés pour le pin rouge, on note que les teneurs en N, en Mg et en K des aiguilles sont faibles.

Les résultats du tableau 4 montrent que la fertilisation a eu des effets positifs principalement sur les concentrations en N des aiguilles et aussi sur les concentrations en K et Mg. Les effets de l'azote sur les concentrations en N des aiguilles se manifestent surtout l'année de l'application des engrais (1978). Les effets du P, du K et du Mg sur les concentrations de ces éléments dans les aiguilles semblent plus durables puisque les résultats de 1982 montrent encore des effets positifs.

Les résultats pour la plantation de Sainte-Sophie montrent que les plus fortes augmentations de concentration en N des aiguilles sont obtenues avec les traitements les plus riches en azote (U15) et les traitements complets (U10P10K10). Ces derniers semblent avoir des effets plus durables (particulièrement pour N) que les traitements simples.

Dans le cas de la plantation de Saint-Basile, on remarque que le type d'engrais utilisé peut causer des variations dans les teneurs en éléments des aiguilles. Ainsi, les aiguilles de 1978 provenant des arbres fertilisés avec le nitrate d'ammonium (N10) présentent une teneur en N plus élevée que celles provenant des arbres traités avec de l'urée (U10). Pour les traitements complets, les différences en faveur du traitement avec nitrate d'ammonium concernent les aiguilles de 1980. Par ailleurs, le sulfate de potassium et de magnésium appliqué en traitement complet (N10P10Ks10) a causé des augmentations de la concentration en K des aiguilles de 1978, 1980 et 1982 plus fortes que le potassium appliqué sous forme de chlorure (U10P10K10). Ce traitement semble avoir eu aussi un léger effet sur les concentrations en Mg des aiguilles de 1980 (traitements N10P10Ks10 et Ks10) et 1982 (traitement Ks10).

Ces résultats confirment ceux des analyses du sol et montrent que la fertilisation devrait avoir des effets positifs sur la croissance de ces plantations. Ils sont conformes aussi aux résultats de PHU (1975), qui montraient que le potassium et le magnésium limitaient la croissance des plantations de pin rouge du centre du Québec.

#### Résultats des mesures dendrométriques

Ces résultats sont présentés aux tableaux 5 et 6 et aux figures 1 et 2. Ils montrent qu'il existe des variations importantes entre les résultats par traitement. En moyenne, les arbres de la plantation de Saint-Basile présentent des accroissements décennaux de l'ordre de 5,4 m en hauteur, de 6,3 cm en diamètre et de 119,4 m<sup>3</sup>/ha en volume total. Dans le cas de la plantation de Sainte-Sophie, les accroissements décennaux sont respectivement de 5,1 m (hauteur), de 7,7 cm (diamètre) et de 104,9 m<sup>3</sup>/ha (volume total).

**Tableau 4. Résultats des analyses de tissus (éléments totaux)<sup>1</sup>**

Plantation	Traitement	N			P			K			Mg			Ca		
		1978	1980	1982	1978	1980	1982	1978	1980	1982	1978	1980	1982	1978	1980	1982
Saint-Basile	Témoin	10,7	12,2	11,0	1,2	1,3	1,2	4,0	3,5	3,4	0,5	0,6	0,7	1,0	1,1	1,8
	Fertilisé <sup>2</sup>	12,1	12,3	10,5	1,1	1,4	1,3	4,5	4,6	4,1	0,7	0,7	0,7	0,9	1,4	1,8
	U10	12,8	11,2	10,4	1,1	1,2	1,3	4,4	4,6	4,3	0,4	0,7	0,6	0,9	1,5	1,8
	N10	14,3	10,9	10,3	0,9	1,1	1,1	4,1	3,8	4,2	0,6	0,7	0,6	0,6	1,6	2,1
	P10	11,5	11,6	9,9	1,3	1,6	1,4	3,8	4,8	3,6	0,5	0,8	0,6	1,1	1,6	1,8
	K10	11,2	13,1	11,2	1,0	1,3	1,4	4,9	5,3	4,9	1,0	0,5	0,6	1,3	1,5	1,8
	Ks10	10,8	11,5	10,4	1,2	1,6	1,2	5,1	4,6	4,6	0,8	0,9	0,9	0,9	1,3	2,0
	U10P10K10	14,7	13,3	10,1	1,0	1,4	1,4	4,5	3,6	4,1	0,5	0,6	0,6	0,9	1,4	1,9
	N10P10Ks10	12,2	13,9	10,5	1,1	1,7	1,4	5,8	5,7	4,8	0,6	0,9	0,7	0,9	1,7	1,7
Sainte-Sophie	Témoin	12,5	10,7	11,4	1,4	1,4	1,6	5,1	3,2	3,3	0,4	0,5	0,6	2,2	1,8	2,3
	Fertilisé <sup>2</sup>	13,1	11,0	11,0	1,3	1,4	1,6	4,8	3,8	4,0	0,6	0,5	0,5	1,9	1,8	2,5
	U5	13,8	10,8	10,6	1,4	1,3	1,6	4,0	3,4	3,5	0,5	0,4	0,5	1,8	1,7	2,2
	U10	14,1	11,0	11,0	1,2	1,5	1,5	4,1	3,0	3,1	0,5	0,5	0,5	1,9	1,4	2,6
	U15	17,0	10,6	11,9	1,2	1,5	1,6	4,0	3,0	3,3	0,5	0,5	0,6	1,9	2,0	2,4
	P10	11,5	10,2	11,1	1,5	1,6	1,8	4,5	3,6	3,4	0,6	0,5	0,7	2,3	1,8	2,9
	K10	11,4	11,9	11,4	1,4	1,5	1,6	5,3	3,8	4,5	0,6	0,5	0,5	1,8	1,8	2,3
	U10P10K10	14,5	10,9	10,7	1,2	1,3	1,6	5,5	4,5	4,6	0,7	0,4	0,5	2,3	1,7	2,4
	Standard <sup>3</sup>		18,0			1,5			4,5			1,6			0,4	
Moyenne <sup>4</sup>		10,1			1,3			5,0			0,7			1,8		

<sup>1</sup> Concentration moyenne en éléments (g/kg) pour six (plantation de Saint-Basile) et neuf (plantation de Sainte-Sophie) échantillons composites par traitement.

<sup>2</sup> Moyenne pour l'ensemble des traitements de fertilisation.

<sup>3</sup> Standards proposés pour cette essence (SWAN 1972, MORRISON 1974).

<sup>4</sup> Moyennes observées pour l'ensemble des plantations de pin rouge du Québec (tiré de SHEEDY et THOMASSIN 1994).

**Tableau 5. Résultats des mesures dendrométriques : plantation Saint-Basile**

Traitement n°	Hauteur 1987 (m)	Diamètre 1987 (cm)	Accroissement		VT <sup>1</sup> 1987 (m <sup>3</sup> /ha)	Accroissement en VT <sup>2</sup>		Survie (%)	État de santé <sup>3</sup> (%)		
			hauteur (m)	diamètre (cm)		(m <sup>3</sup> /ha)	(%)		S	P	H
1 T	10,2	14,6	5,2	5,5	160,3	103,3a	—	100	67	33	—
9 N5	10,3	15,8	5,4	6,2	176,1	117,5ab	14	100	83	11	6
10 N10	10,2	14,7	5,1	5,5	159,0	102,0a	-1	100	66	6	28
2 U10	11,1	17,7	5,6	7,2	200,5	135,7b	31	89	77	17	6
6 P5	10,7	15,7	5,2	5,2	149,1	94,1a	-9	100	55	28	17
7 P10	10,5	15,8	5,2	5,4	154,8	98,4a	-5	100	88	6	6
11 Ks5	10,6	16,0	5,5	6,5	183,0	123,2ab	19	94	61	28	11
12 Ks10	10,6	16,1	5,4	6,4	176,2	116,4ab	13	100	77	17	6
8 K10	10,7	17,2	5,3	7,0	193,3	137,1b	33	72	83	17	—
14 N10P5	10,2	16,1	5,1	6,4	177,2	117,3ab	13	89	72	28	—
3 U10P10	10,8	16,8	5,3	6,3	173,8	114,5ab	11	89	72	28	—
13 N10Ks5	10,5	16,8	5,4	6,8	188,0	128,0ab	24	83	89	11	—
4 U10K10	10,9	17,1	5,8	7,3	202,5	141,2b	37	100	83	6	11
15 N10P5Ks5	11,1	17,3	5,6	6,8	189,0	127,3ab	23	89	67	33	—
16 N10P10Ks10	10,8	17,0	5,6	7,1	198,2	136,1b	32	94	78	11	11
5 U10P10K10	10,3	15,5	5,4	6,1	177,5	118,8ab	15	94	72	28	—

<sup>1</sup> VT : volume total ajusté par covariance pour une plantation de 1872 tiges par hectare. Volume total d'une tige en dm<sup>3</sup> = [3.1416 X (D/10)<sup>2</sup> X (2,6 + H) 10] / 12. <sup>2</sup> Accroissements en VT ajustés par covariance. Les résultats identifiés avec la même lettre ne présentent pas de différence significative entre eux. <sup>3</sup> S = proportion d'arbres sains ; P = dommages sur la pousse annuelle ; H = action humaine (arbre coupé ou endommagé).

La fertilisation a stimulé la croissance des arbres (hauteur, diamètre et volume total) de ces deux plantations. Ainsi, les arbres de la plantation de Saint-Basile fertilisés avec les meilleurs traitements présentent en moyenne, après dix ans, des accroissements en volume total supérieurs à ceux des arbres témoins de plus de 34,2 m<sup>3</sup>/ha (33 %). Ces augmentations sont respectivement de 37 % pour le traitement U10K10, de 33 % pour le traitement K10 et de 32 et 31 % pour les traitements N10P10Ks10 et U10. Dans le cas de la plantation de Sainte-Sophie, les arbres fertilisés avec les meilleurs traitements présentent après dix ans des accroissements en volume total supérieurs à ceux des arbres témoins de l'ordre de 37 m<sup>3</sup>/ha (39 %). Les meilleurs traitements de fertilisation dans cette plantation sont U10P5K5 (accroissement en VT supérieur au témoin de 48 %), U7P7K7 (42 %), K7 (36 %), U7K5 (36 %) et U10K5 (33 %).

Les résultats de ces traitements sont significativement différents de ceux du témoin et montrent que c'est surtout le potassium et l'azote qui ont eu le plus d'impact sur la croissance des arbres de ces plantations. Ces résultats se comparent bien aux résultats de fertilisation obtenus en Suède. Ainsi, selon MALM (1992), la fertilisation permet des gains de production de l'ordre de 15 à 20 m<sup>3</sup>/ha sur une période de huit ans.

#### *Plantation de Saint-Basile*

Les résultats du tableau 5 montrent bien qu'il existe beaucoup de variations entre les accroissements en VT des arbres selon les traitements. On observe même des résultats légèrement négatifs pour trois traitements (P5,

P10 et N10). Il faut noter que les arbres traités avec N10 ont été fortement endommagés par l'action humaine. Les placettes qui ont reçu ce traitement et celles qui ont reçu le traitement P5 sont situées près du chemin et, en moyenne, plus de 28 % des arbres traités avec N10 et 17 % des arbres fertilisés avec le traitement P5 présentent des dommages sur le tronc (arbres partiellement coupés ou endommagés par l'homme). Il reste que la plupart des traitements de fertilisation (80 %) ont causé des augmentations de croissance des arbres. On constate aussi au tableau 5 que c'est le potassium et l'azote qui ont eu le plus d'impact sur la croissance des arbres de cette plantation.

Les résultats actuels ne permettent cependant pas de montrer des différences importantes qui nous inciteraient à utiliser le nitrate d'ammonium plutôt que l'urée comme source d'azote ou le sulfate de potassium et de magnésium plutôt que le chlorure de potassium comme source de potassium.

Les résultats pour ce dispositif montrent que le traitement le plus efficace pour stimuler la croissance des arbres est U10K10 (100 kg/ha d'azote sous forme d'urée + 100 kg/ha de K sous forme de chlorure de potassium). Les arbres fertilisés avec ce traitement présentent, en moyenne, un accroissement en Vt de 141,2 m<sup>3</sup>/ha, soit 37,9 m<sup>3</sup>/ha de plus que celui des arbres témoins (figure 1). Cependant, il n'y a pas de différence significative entre les résultats de croissance obtenus pour ce traitement et ceux des traitements K10 et U10.

**Tableau 6. Résultats des mesures dendrométriques : plantation Sainte-Sophie**

Traitement n°	Hauteur 1987 (m)	Diamètre 1987 (cm)	Accroissement		VT <sup>1</sup> 1987 (m <sup>3</sup> /ha)	Accroissement en VT <sup>2</sup>		État de santé <sup>3</sup> (%)		
			hauteur (m)	diamètre (cm)		(m <sup>3</sup> /ha)	(%)	S	P	A
1 T	9,4	14,2	5,3	7,3	137,9	95,3a	—	94	6	—
2 U5	8,7	13,9	4,7	7,1	138,1	91,8a	- 4	72	28	—
3 U7	8,1	12,3	4,2	6,0	133,5	75,9b	- 20	89	11	—
4 U10	8,0	13,0	4,2	6,7	134,8	81,8a	- 14	78	22	—
5 U15	9,0	14,4	4,9	7,3	138,3	94,0a	- 1	89	11	—
6 P5	9,0	13,8	4,9	7,0	137,2	91,2a	- 4	100	—	—
7 P7	9,0	13,8	5,0	7,2	138,9	95,9a	+ 1	89	11	—
8 P10	9,0	13,6	4,9	6,6	136,6	84,5a	- 11	94	6	—
9 K5	8,9	13,6	5,2	7,8	141,4	113,2c	+ 19	94	6	—
10 K7	9,4	15,9	5,5	9,0	144,9	129,2de	+ 36	89	11	—
11 K10	9,1	14,7	4,9	7,7	139,1	99,6a	+ 4	89	11	—
18 U7P5	8,7	14,0	4,6	6,8	135,0	80,6b	- 15	89	11	—
19 U7P7	8,7	13,7	4,7	6,8	135,0	81,8a	- 14	94	—	6
22 U10P5	8,4	13,4	4,6	7,1	137,7	93,4a	- 2	89	11	—
23 U10P10	8,8	13,8	4,7	6,9	136,8	87,6a	- 8	94	6	—
20 U7K5	9,5	15,7	5,7	8,8	143,7	129,2de	+ 36	94	6	—
21 U7K7	9,5	14,9	5,5	8,0	143,4	114,9c	+ 21	83	17	—
24 U10K5	9,2	15,6	5,3	8,9	144,6	127,1de	+ 33	94	6	—
25 U10K10	9,2	15,5	5,2	8,8	143,6	123,1cd	+ 29	78	22	—
12 U5P5K5	9,3	14,4	5,6	8,2	142,1	123,5cd	+ 30	100	—	—
15 U7P5K5	9,6	15,0	5,6	8,1	141,4	115,9c	+ 22	100	—	—
13 U7P7K7	9,3	15,2	5,6	9,0	144,9	135,2de	+ 42	94	—	6
16 U10P5K5	9,2	15,5	5,5	9,4	147,1	141,0e	+ 48	78	6	6
17 U10P7K7	9,3	15,5	5,2	8,3	141,4	112,3c	+ 18	83	17	—
14 U10P10K10	9,3	15,2	5,2	8,0	140,4	105,2ac	+ 10	89	11	—

<sup>1</sup> VT : volume total ajusté par covariance pour une plantation de 2180 tiges par hectare.

Volume total d'une tige, en dm<sup>3</sup> = [3.1416 X (D/10)<sup>2</sup> X (2,6 + H) 10] /12.

<sup>2</sup> Accroissements en VT ajustés par covariance. Les résultats identifiés avec la même lettre ne présentent pas de différence significative entre eux.

<sup>3</sup> Le taux de survie des plants est près de 100 % ; S = proportion d'arbres sains ;

P = dommages sur la pousse annuelle ; A = autres dommages (animaux)

On constate aussi à l'examen de ces résultats qu'une partie importante des arbres de cette plantation a été affectée par des dommages sur la pousse annuelle (tête cassée, *leader*, tête morte, plusieurs têtes, etc.) Ces dommages peuvent être causés par les insectes, les animaux, la neige ou le verglas. En moyenne, ces dommages concernent plus de 19 % des arbres et pour certains traitements (T, N10P5Ks5, P5, Ks5, N10P5, U10P10, U10P10K10), c'est plus de 28 % des arbres qui présentent de ces dommages. Par ailleurs, comme nous l'avons mentionné plus haut, une partie des arbres de cette plantation (11 % en moyenne) a été endommagée par l'action humaine (arbre partiellement coupé, tronc endommagé, branche cassée, etc.). Ces dommages sur la pousse annuelle ou sur le tronc ont pu, dans certain cas, affecter la croissance des arbres et atténuer les effets des engrais. Ils peuvent expliquer, en partie, les fortes variations observées dans les résultats de croissance par traitement.

#### *Plantation de Sainte-Sophie*

Les résultats pour cette plantation sont semblables à ceux de Saint-Basile. On note, ici aussi, l'existence de fortes variations dans les résultats de croissance selon les traitements. Le tableau 6 montre, en effet, que 10 des 24 traitements de fertilisation appliqués sur cette plantation n'ont eu aucun effet positif sur l'accroissement en VT des arbres. Encore une fois, c'est surtout le potassium combiné ou non à l'azote et au phosphore qui a causé les plus fortes augmentations de croissance (traitements K7, U7K5, U10K5, U7P7K7, U10P5K5). Les arbres fertilisés avec le meilleur traitement (U10P5K5) présentent un accroissement décennal en VT de 141 m<sup>3</sup>/ha, soit 45,7 m<sup>3</sup>/ha (48 %) de plus que celui des arbres témoins (figure 2). Ce traitement n'est cependant pas significativement meilleur que les quatre autres meilleurs traitements de fertilisation.

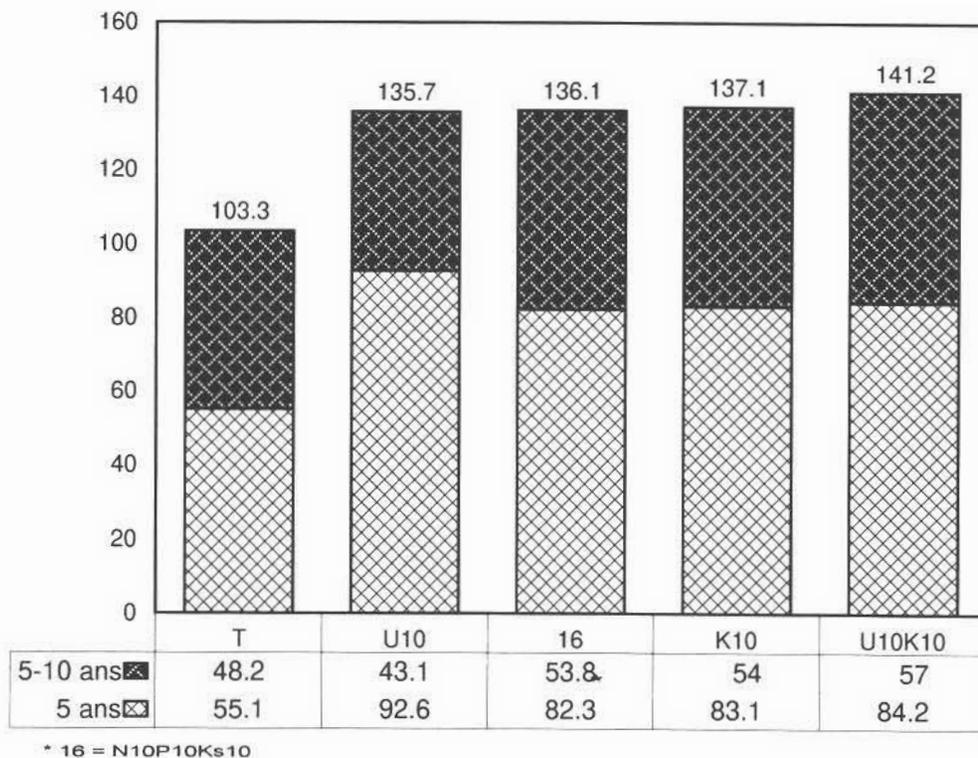


Figure 1. Accroissement en volume total (m<sup>3</sup>/ha) à Saint-Basile.

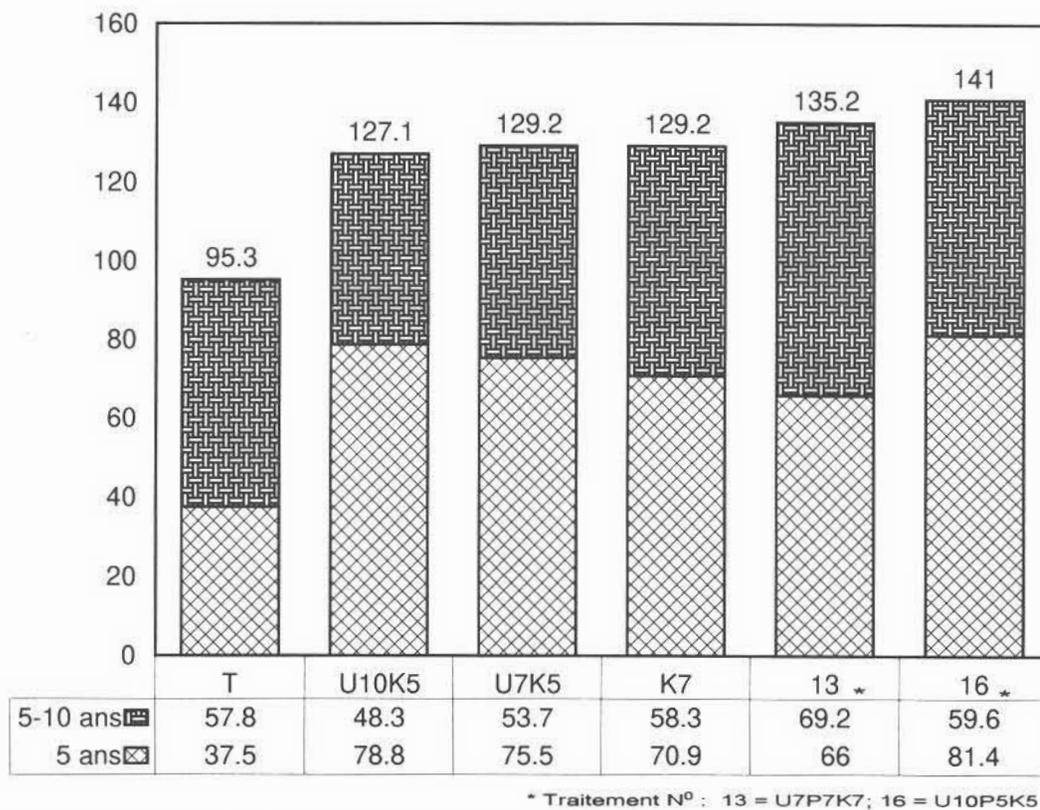


Figure 1. Accroissement en volume total (m<sup>3</sup>/ha) à Sainte-Sophie.

Les résultats de cette étude montrent aussi qu'il n'est pas nécessaire d'appliquer de fortes doses d'engrais pour stimuler la croissance. Ainsi, l'ajout de potassium aux taux de 50 et de 75 kg/ha a causé des augmentations significatives de croissance (17,9 et 33,9 m<sup>3</sup>/ha respectivement) par rapport aux arbres témoins. L'ajout d'azote ou de phosphore seul n'a pas eu d'effet positif sur la croissance des arbres de cette plantation. Par contre, l'ajout d'azote avec ou sans phosphore mais avec le potassium a eu des effets significatifs. Toutefois, le traitement le plus efficace, en termes de résultats de croissance et de coûts, consiste à appliquer 75 kg/ha de potassium.

Dans l'ensemble, l'état de santé des arbres (en 1987) de cette plantation est bon puisqu'en moyenne, plus de 88 % des arbres vivants sont sains (ne présentent pas de dommage apparent) et que le taux de mortalité est inférieur à 1 %. Toutefois, une proportion importante des arbres (12 % en moyenne) a subi des dommages sur la pousse annuelle (*leader*, pousse cassée, tête morte, plusieurs têtes, etc.). L'importance et la fréquence de ces dommages varient selon les traitements de 0 à 28 % (traitement U5). Ces dommages peuvent causer des variations dans les résultats de croissance et atténuer les impacts de la fertilisation. Durant l'hiver 1981-1982, cette plantation a été affectée sévèrement par un verglas qui a endommagé plus de 25 % des arbres. Les dommages (en importance et en fréquence) étaient beaucoup plus importants dans les placettes fertilisées en azote ; dans certaines, plus de 50 % des arbres étaient affectés. Ces résultats peuvent expliquer en partie la présence de résultats négatifs pour ces traitements.

## Conclusion

Les résultats de cette étude montrent que la fertilisation est un moyen efficace pour stimuler la croissance des plantations de pin rouge. Ils montrent aussi qu'au départ, la croissance des arbres de ces plantations était limitée par des déficiences minérales en potassium, en magnésium et en azote. Il n'est donc pas surprenant que ce soient les traitements comprenant surtout du potassium qui ont le plus stimulé la croissance des arbres. Ainsi, les arbres fertilisés avec les meilleurs traitements (U10K10, K10, N10P10Ks10 et U10, plantation de Saint-Basile et U10P5K5, U7P7K7, K7, U7K5 et U10K5, plantation de Sainte-Sophie) présentent après dix ans un volume total de 199 m<sup>3</sup>/ha (plantation de Saint-Basile) et de 145 m<sup>3</sup>/ha (plantation de Sainte-Sophie). Les arbres fertilisés avec ces traitements présentent, en moyenne, un accroissement décennal en volume total supérieur à celui des arbres témoins de plus de 34 et 37 m<sup>3</sup>/ha respectivement (plantations de Saint-Basile et de Sainte-Sophie).

Dans les deux dispositifs étudiés, on observe des différences significatives entre les résultats de croissance des arbres fertilisés avec les meilleurs traitements et les arbres témoins.

Ces résultats montrent aussi que les arbres fertilisés (particulièrement en N) sont souvent plus susceptibles d'être endommagés par le verglas, les oiseaux ou toute autre cause de bris de la pousse terminale. Ces dommages expliquent en partie les variations observées dans les résultats de croissance obtenus pour ces traitements.

Il est bien connu que les sols sablonneux présentent souvent un faible potentiel de rétention de l'eau et des éléments et qu'il est préférable de leur appliquer de faibles doses d'engrais et de les refertiliser par la suite (trois ou cinq ans après) plutôt que de leur appliquer des doses massives. On sait aussi que les sols sablonneux du centre du Québec sont généralement carencés en potassium ; il n'est donc pas surprenant d'obtenir de bons résultats avec cet élément.

## 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 dactylographie, à la correction et à la réalisation de ce rapport.

Ce texte est un rapport partiel du projet de recherche n° 0899-3040 : « Recherche sur la fertilisation de plantations résineuses établies ».

★

## 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'Agr., Division des sols. Bull. tech. n° 1. 158 p.
- KALRA, Y.P. et D.G. MAYNARD, 1992. *Méthodes d'analyses des sols forestiers et des tissus végétaux*. Forêt Canada, Edmonton (Alberta). Rapport Inf. NOR-X-319F. 129 p.
- MALM, D., 1992. *Forest fertilization in Sweden*. Skogens Gödslings AB [Köping]. 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. Pub. N°. 1343. 73 p.
- PHU, T.D., 1975. *Potassium et magnésium : deux éléments limitant la croissance en hauteur du pin rouge au Québec*. Can. J. For. Res. 5(1) : 73-79.
- PROULX, H., G. JACQUES, A.M. LAMOTHE et J. LITINSKI, 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, Min. de l'Agr., Serv. des sols. Bull. tech. n° 18. 164 p.
- SHEEDY, G., 1985. *Résultats quinquennaux d'une fertilisation dans deux plantations de pin rouge du centre du Québec*. Québec, M.E.R., Dir. de la rech. et du développement. Note n° 27. 15 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.
- SWAN, H.S.D., 1972. *Foliar nutrient concentrations in red pine as indicators of tree nutrient status and fertilizer requirement*. P.P.R.I.C., Woodlands Report 41. 19 p.
- 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 Sci. Soc. of America, Madison, Wisconsin, U.S.A. 222 p.
- WILDE, S.A., 1966. *Soil standards for planting Wisconsin conifers*. J. For. 64 : 389-391.

RN97-3098

ISBN 2-550-32392-0

ISSN 0834-4833

Dépôt légal 1997

Bibliothèque nationale du Québec

Bibliothèque nationale du Canada

© 1997 Gouvernement du Québec



Gouvernement du Québec  
Ministère des Ressources  
naturelles