



Note de recherche forestière n^o 72

Quelques résultats préliminaires de croissance d'une plantation de Pin gris traitée avec des boues de station d'épuration

Gilles SHEEDY ¹

F.D.C. 237.44(047.3)(714)
L.C. SD 408 .P66

Résumé

Ce rapport présente les résultats de quatre saisons de croissance d'une jeune plantation de pin gris traitée avec les boues de la station d'épuration de Victoriaville. Les arbres traités avec les boues ont réagi fortement à ce traitement. Ils présentent des accroissements en hauteur et en diamètre supérieurs à ceux des arbres témoins (de 32 cm et 14 mm respectivement pour le meilleur traitement), mais ils semblent aussi beaucoup plus affectés par la rouille-tumeur autonome.

Mots-clés : plantation, pin gris, *Pinus banksiana*, fertilisation, boue résiduaire, rouille-tumeur autonome, *Endocronartium harknessii*.

Summary

Some preliminary growth results from a jack pine plantation fertilized with wastewater sludge. *This report presents four-season growth results for a young jack pine plantation treated with sewage sludge from the Victoriaville station. The treated trees presented height and diameter growths superior to the control (32 cm and 14 mm respectively for the best treatment) but seemed to be much more affected by western gall rust.*

Key words : *plantation, jack pine, Pinus banksiana, fertilization, wastewater sludge, western gall rust, Endocronartium harknessii.*

Introduction

La fertilisation est un moyen efficace de stimuler la croissance et le développement des plantes. Toutefois, les engrais minéraux coûtent cher de sorte que ce traitement est rarement appliqué aux plantations forestières. Avec l'avènement des usines d'épuration des eaux usées, le Québec se retrouve avec des quantités importantes de boues. Celles-ci contiennent principalement de l'eau, jusqu'à 95 %, mais aussi de la matière organique – 50 % de la matière sèche (m.s.) – et des éléments nutritifs : N (1 à 5 % de la m.s.), P (1 à 4 %), K (<1%), Ca et Mg, faible teneur en métaux et métalloïdes (Cu, Ni, Pb, Cr, Mn, Se, As, etc.). Elles représentent donc un potentiel fertilisant non négligeable pour plusieurs stations forestières pauvres en matière organique et en éléments minéraux. L'utilisation de ces boues à des fins de valorisation sylvicole représente aussi une solution plus écologique que l'enfouissement ou l'incinération.

La Direction de la recherche forestière du MRN, en collaboration avec la Société Sylvicole d'Arthabaska-Drummond inc. et la firme EAI Environnement inc., a entrepris en 1992 des essais pratiques d'épandage de boues dans des plantations résineuses. Ces essais sont réalisés dans le but d'améliorer les propriétés physico-chimiques des sols, de

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

Tableau 1. Caractéristiques physico-chimiques des boues de Victoriaville. Quantité de boues et d'éléments appliqués

Paramètre	Normes ¹ mg/kg (m.s.)	Caractéristiques des boues ² mg/kg (m.s.)	Quantité d'éléments appliqués kg/ha	Quantité d'éléments appliqués kg/ha
Taux d'application			116 ± 16 m/ha	245 ± 57 m/ha
Siccité		7,59 %	7,59 %	7,59 %
Matière sèche appliquée			8,8 m/ha	18,6 m/ha
pH		6,40	6,40	6,40
N-NPK	-	57976	685	1447
N-NH ₄	-	14118		
N-NO _x	-	5		
N disponible	-	27160	239	505
P total	-	28843	254	536
P inorganique	-	15802		
P disponible³	-	18604	164	346
Al ⁴	Al ⁴	16752	147	311
As	15-30	10	0,09	0,19
B	100-200	7	0,06	0,13
Ca	-	18582	163	346
Cd	10-15	3	0,03	0,05
Cr	500-1000	46	0,4	0,85
Cu	600-1000	573	5	10,6
Fe ⁴	Fe ⁴	28525	251	530
K	-	4681	41	87
Mg	-	5785	51	108
Mn	1500-3000	1696	15	31
Mo	20-25	10	0,09	0,19
Ni	-	40	0,35	0,74
Pb	-	69	0,61	1,3
Se	-	1	0,01	0,02
Zn	1750-2500	392	3,5	7,3

¹ Critères de qualité des boues au Québec (MENVIQ *et al.*, 1991).

² Rapport d'analyses n° 6667 de Biolab inc., fourni à la station de Victoriaville. Prélèvement du 1^{er} mai 1992 effectué à la fosse de la ferme LANSI.

³ % P disponible = $\frac{70 - [\text{concentration (Al}_{\text{total}} + 0,5 \text{ Fe}_{\text{total}}) - 20\ 000]}{2000}$ = 64,5 % P_{total}

⁴ Concentration maximale (Al + 0,5 Fe) = 150 000 mg/kg (m.s.); concentration actuelle = 31 014 mg/kg (m.s.).

mesurer les effets de ce traitement sur la croissance et la vitalité des plantations traitées, de déterminer les quantités optimales de boues à appliquer sur ces sols et de vérifier s'il existe des risques d'effets résiduels (toxicité possible causée par les métaux lourds, etc.). Enfin, ces essais permettent aussi de tester les équipements et la machinerie disponibles pour l'épandage des boues en milieu forestier.

Nous présentons ici les résultats des mesures et des observations réalisées depuis quatre ans dans une plantation de pin gris (effectuée en 1991) qui était âgée de deux ans lors de l'épandage des boues.

Matériel et méthode

Description de la station

Cette jeune plantation de pin gris fait partie de la région écologique 2.b, lac Saint-Pierre, du domaine de l'érablière à tilleul et de l'érablière à bouleau jaune (THIBAUT 1985). Elle est située à environ 20 km au sud-ouest de Victoriaville, sur les lots 1111-1112 du rang XI de Saint-Jacques de Horton, près de la route 122. La plantation a été réalisée en 1991 sur le site d'une ancienne sablière à drainage rapide. Le sol

de celle-ci fait partie de la série Beurivage caractérisée par la présence de lits de sables plus ou moins fins et très perméables. Les relevés de la station météorologique de Victoriaville indiquent que la température moyenne annuelle y est de 4,9 °C et que les précipitations annuelles y sont de 109 cm (ROMPRÉ *et al.* 1984). L'altitude moyenne de la région est de 148 m. En juin 1992, lors de l'établissement du dispositif expérimental, les plants avaient en moyenne une hauteur de 41 cm et un diamètre au collet de 6 mm.

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est un plan en blocs aléatoires complets constitués de deux blocs et deux traitements (figure 1). Chacune des quatre unités expérimentales ainsi constituées a une superficie approximative de 2800 m² (20 x 140 m) et comprend entre quatre et huit placettes de 100 m² (10 m x 10 m). Les mesures et les observations ont été effectuées dans ces placettes et concernent en moyenne 25 plants par placette.

Traitements appliqués

Les boues proviennent de la station d'épuration de Victoriaville et ont été entreposées dans une citerne extérieure pendant plus de 20 jours (période minimale de stabilisation) afin de les rendre aptes à leur utilisation à des fins de valorisation sylvicole.

Ces boues liquides (7,6 % m.s.) ont été appliquées mécaniquement à l'aide d'un camion-citerne d'une capacité de 13 m³ sur deux des quatre parcelles délimitées dans cette plantation. Le taux d'application visé était de 200 m³/ha de boues liquides, soit l'équivalent de 397 kg/ha d'azote disponible. Les caractéristiques physico-chimiques des boues sont présentées au tableau 1; ce tableau présente aussi les quantités de boues et d'éléments réellement appliqués par bloc. L'évaluation de l'uniformité de l'épandage s'est faite en

Tableau 2. Quantité de boues appliquées par placette

Parcelle n ^o	Placette n ^o	Quantité de boues appliqués (m ³ /ha)
1	1	299
	2	239
	3	154
	4	288
moyenne	1 à 5	245 ± 57
3	5	127
	6	125
	7	136
	8	99
	9	116
	10	134
	11	105
	12	89
moyenne	5 à 13	116 ± 16

disposant, avant l'épandage, sept plats dans chacune des placettes, soit l'équivalent de 1 m² de surface. Il s'agissait de recueillir et, par la suite, de quantifier les boues captées par les plats.

Les boues ont été appliquées au début de juillet de 1992. À la suite de problèmes d'épandage (épandage non uniforme, largeur d'épandage insuffisante, équipement trop lourd pour ce type de sol) et en considérant les résultats de l'évaluation de l'uniformité de l'épandage obtenus dans nos placettes (tableau 2), nous avons décidé de considérer trois traitements dans ce dispositif (tableau 3).

Mesurage et échantillonnage

Le sol de cette plantation a été échantillonné avant et après l'épandage des boues. Un échantillonnage des tissus foliaires (un échantillon composite par placette) a été effectué en 1992, en 1993 et en 1994. Les échantillons ont été préparés et analysés selon les méthodes usuelles du laboratoire (THOMAS *et al.* 1967, WALSH 1971, KALRA et MAYNARD 1992). Les résultats des analyses ont été validés à l'aide d'un matériel de référence du NIST : SMR 1575 (*pine needles*).

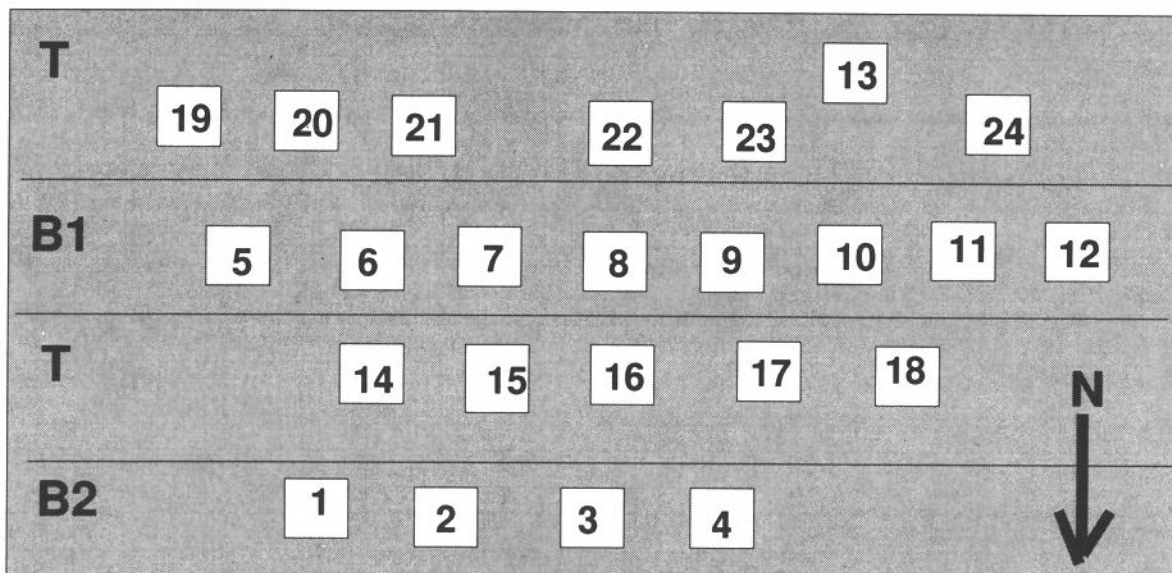
Les arbres à l'intérieur des placettes (environ 25 arbres) ont été numérotés et leur hauteur totale, leur croissance en hauteur (pousse annuelle) et leur diamètre au collet ont été mesurés en 1992 avant l'épandage des boues, puis à l'automne de 1992, de 1993, de 1994 et de 1995. Lors de ces mesurages, on a aussi noté l'état de santé des plants 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, les animaux ou l'action humaine. Les mesures et les observations ont été par la suite compilées pour présenter les résultats moyens par traitement (hauteur, croissance en hauteur et en diamètre, diamètre et état de santé).

Analyses statistiques

Les problèmes d'épandage des boues ayant modifié le dispositif de sorte qu'il comprend maintenant trois traitements mais une seule répétition pour les deux traitements avec des boues (figure 1), il devient alors difficile de procéder à une analyse statistique adéquate. Seules des statistiques descriptives seront donc produites ici.

Tableau 3. Traitements appliqués

Traitement n ^o	Quantité de boues liquides appliquées (m ³ /ha)	Quantité de N disponible (kg/ha)
1 Témoin	0	0
2 B-116	116 ± 16	239
3 B-245	245 ± 57	505



□ = PEP 10 m X 10 m

Traitements : T = témoin; B1 = 116 m³/ha; B2 = 245 m³/ha

Figure 1. Localisation des placettes et des traitements.

Résultats et discussion

Le sol

Les résultats des analyses du sol sont présentés aux tableaux 4 (éléments totaux) et 5 (éléments assimilables). Comme on pouvait s'y attendre, le sol de cette ancienne sablière est particulièrement pauvre en matière organique (m.o.) et en éléments nutritifs. La teneur en m.o. de ces sols était de l'ordre de 20 t/ha avant l'épandage des boues; les recommandations sont de 150 t/ha (WILDE 1966 et MORRISON 1974). Les tableaux 4 et 5 montrent aussi que les concentrations en N_t, P, K, Mg et Ca du sol sont toutes nettement inférieures aux standards minimums nécessaires à la culture du pin gris.

Ces sols sablonneux (95 % de sable et à peine 2 % d'argile) présentent une faible capacité de rétention en eau et en éléments nutritifs.

L'ajout de boues a causé des augmentations du contenu en m.o. ; les sols traités présentent en moyenne une teneur en matière organique de 40 t/ha par rapport à 20 t/ha pour les sols témoins. On note aussi des augmentations dans les concentrations en NO₃, N minéral, P (traitement B-245), K et Fe principalement en 1992, année de l'épandage. Toutefois, ces augmentations ne sont pas suffisantes pour combler les déficiences en éléments nutritifs de ces sols.

Le feuillage

Le tableau 6 présente les concentrations en éléments des aiguilles selon les traitements et les années d'échantillonnage. En moyenne et pour le moment, ces concentrations sont semblables à celles observées pour les plantations de pin gris de cinq ans et moins (SHEEDY et THOMASSIN 1994). Seules les teneurs en Mg semblent faibles. Toutefois, les résultats de 1994 sont plus faibles que ceux de 1992 et de 1993. Ces résultats et ceux des analyses du sol nous laissent croire que les déficiences en éléments (N, P, K, Mg et Ca) seront plus apparentes au niveau foliaire au cours des prochaines années. D'ailleurs, plusieurs plants témoins montrent déjà des colorations sur le feuillage.

Les boues ont causées des augmentations surtout dans les concentrations en N des aiguilles échantillonnées en 1992. Les concentrations en P (1993), en K (1992 et 1993), en Ca (1993) et en Fe (1992 et 1993) des aiguilles provenant des arbres traités avec les boues sont aussi légèrement plus élevées que celles des aiguilles témoins.

Résultats des mesures dendrométriques

Ces résultats sont présentés au tableau 7 et aux figures 2 et 3. Ils montrent que les accroissements en hauteur et en diamètre, la hauteur et le diamètre des pins gris traités avec les boues sont meilleurs que ceux des plants témoins. Les

Tableau 4. Résultats des analyses du sol par traitement (éléments totaux)¹

Traitement	Éléments																	
	N		P		K		Mg		Ca		Mn		Al		Fe		Na	
	92	93	92	93	92	93	92	93	92	93	92	93	92	93	92	93	92	93
T	300	600	750	600	3060	2820	3270	2310	1800	1110	510	420	19050	17640	22230	16380	1320	1170
B-116	300	1200	630	630	2850	2070	3180	1590	1380	840	510	390	18960	21030	21390	15150	1350	1200
B-245	300	600	900	540	3270	3060	3720	2550	2160	1170	540	450	19530	18330	24930	17220	1380	1170

Traitement	Cu		Zn		Mo		B		Cd		Cr		Hg		Pb	
	92	93	92	93	92	93	92	93	92	93	92	93	92	93	92	93
	T	30	< 30	60	30	< 30	< 30	120	90	< 30	< 30	150	60	< 30	---	< 30
B-116	< 30	< 30	60	30	< 30	< 30	120	90	< 30	< 30	1260	60	< 30	---	< 30	---
B-245	< 30	< 30	60	30	< 30	< 30	150	60	< 30	< 30	180	90	< 30	---	< 30	---

¹ Concentration moyenne en éléments (kg/ha) pour quatre échantillons composites par traitement. Le pH de ces sols est de 4,8 pour le traitement témoin et de 4,6 pour les autres traitements ; le pH recommandé est de 5,5. Les sols témoins présentent une teneur en m.o. de l'ordre de 20 t/ha et celle des sols traités avec les boues est de 40 t/ha ; la teneur en m.o. recommandé pour cette essence est de l'ordre de 150 t/ha. La teneur en N_i recommandée est de 1300 kg/ha (WILDE 1966, MORRISON 1974).

Tableau 5. Résultats des analyses du sol par traitement (éléments assimilables)¹

Traitement	Éléments																	
	NH ₄		NO ₃		N min.		P		K		Mg		Ca		Mn		Na	
	92	93	92	93	92	93	92	93	92	93	92	93	92	93	92	93	92	93
Témoin	3	3	3	< 3	5	3	93	108	15	12	9	3	57	24	18	21	120	---
B-116	3	3	6	3	9	6	81	72	30	12	6	3	48	24	18	12	120	---
B-245	3	3	14	< 3	18	3	129	120	21	12	3	3	30	27	21	18	120	---
Standards²	---		---		---		300		56		60		300		---		---	
Traitement	Al		Fe		Cu		Zn		S		B		Cd		Se		Cr	
	92	93	92	93	92	93	92	93	92	93	92	93	92	93	92	93	92	93
	Témoin	4566	3909	192	168	< 3	< 3	< 3	< 3	63	78	3	< 3	< 3	< 3	12	9	< 3
B-116	5658	4407	276	180	< 3	< 3	< 3	3	108	105	3	< 3	< 3	< 3	15	15	< 3	< 3
B-245	4479	4008	195	189	< 3	< 3	3	< 3	60	87	3	< 3	< 3	< 3	12	9	< 3	< 3

¹ Concentration moyenne en éléments (kg/ha) pour quatre échantillons composites par traitement.

² Standards recommandés pour le pin gris (WILDE 1966, MORRISON 1974).

meilleurs résultats de croissance ont été obtenus avec le traitement comprenant la plus forte dose de boues (245 m³/ha). Les arbres qui ont reçus ce traitement présentent, pour les quatre années observées, un accroissement cumulatif en hauteur de 121 cm. C'est une augmentation de 43 cm (55 %) de plus que les arbres témoins et 23 cm (23 %) de plus que les arbres qui ont reçus 116 m³/ha de boues. Pour ce qui est du diamètre au collet, les accroissements sont respectivement de 35 mm pour le traitement B-245, de 28 mm pour le traitement B-116 et de 21 mm pour les arbres témoins. Comme on pouvait s'y attendre, la figure 2 montre que les boues n'ont pas eu d'effets sur la croissance en hauteur des plants en 1992, année de l'épandage. Ce dernier n'ayant eu lieu qu'en juillet, il est normal que les impacts de ce traitement ne soient apparents que sur la croissance en diamètre des arbres pour cette année-là (figure 3). Les figures 2 et 3 montrent par ailleurs que les effets des boues sur la croissance en hauteur et en diamètre des plants sont assez durables. Ainsi, après quatre saisons de croissance, les accroissements en hauteur et en diamètre de 1995 des plants traités avec les boues sont encore nettement meilleurs que ceux des plants témoins.

On constate au tableau 7 que le taux de survie des plants est excellent mais que leur état de santé laisse à désirer. Ainsi, à peine un peu plus de 50 % des arbres témoins et de ceux qui ont reçus le traitement de 116 m³/ha de boues sont classés sains (ne présentant pas de dommage apparent) alors que ce taux est de 73 % pour les arbres qui ont reçus le taux le plus élevé de boues (245 m³/ha). Les principaux dommages observés concernent des bris partiels de la pousse annuelle (tête cassée ou morte, plusieurs têtes ou *leaders*). Plusieurs plants ont subis des dommages causés par les chevreuils, les véhicules tout-terrain et les chevaux. On note aussi qu'au moins 12 % des plants témoins présentent des colorations sur les aiguilles (signes de déficiences

minérales probables). Par ailleurs, une partie relativement importante des plants traités avec les boues est porteuse de la rouille-tumeur autonome, *Endocronartium harknessii* (J.P. Moore) Y.Hiratsuka : 20 % des plants ayant reçus le traitement B-116 et 8 % de ceux qui ont reçus le traitement B-245. Les plants affectés présentent des tumeurs globuleuses sur les branches et sur la tige principale.

Discussion et conclusion

Même si les résultats présentés dans ce rapport sont préliminaires, ils montrent que les boues ont eu des effets importants sur la croissance et la vitalité des jeunes pins gris de cette plantation. Ainsi, après seulement quatre saisons de croissance (dont trois complètes), les pins gris traités avec des boues sont en moyenne nettement plus hauts et plus gros que les arbres témoins. Comme nous l'avons mentionné précédemment, les meilleurs résultats de croissance ont été obtenus avec le traitement B-245 (245 m³/ha). Ces effets des boues sur la croissance des plants semblent assez durables puisque les accroissements en hauteur et en diamètre de 1995 des plants traités sont encore nettement meilleurs que ceux des plants témoins. Ce résultat est normal puisque les éléments nutritifs contenus dans les boues deviennent graduellement disponibles avec la minéralisation de celles-ci. On constate aussi que les arbres traités avec les boues présentent beaucoup moins de signes de carences minérales (colorations des aiguilles et faibles accroissements) que les arbres témoins ; toutefois, ils semblent être plus sensibles aux attaques de la rouille-tumeur autonome. Le fait que les boues aient été projetées directement sur les plants lors de l'épandage et qu'une partie des boues soit restée collée sur le feuillage et le tronc des arbres durant plusieurs jours peut-il expliquer ce résultat ? Rappelons que ce site était très pauvre en matière organique

Tableau 6. Résultats des analyses de tissus par traitement (éléments totaux)¹

Traitement	Éléments																				
	N			P			K			Mg			Ca			Al			Fe		
	92	93	94	92	93	94	92	93	94	92	93	94	92	93	94	92	93	94	92	93	94
Témoin	19	18	14	1,70	1,47	1,16	4,5	3,8	3,3	0,6	0,4	0,4	2,2	2,8	1,8	0,8	0,9	0,5	0,09	0,05	0,03
B-116	22	19	13	1,67	1,60	1,30	4,8	4,0	3,2	0,6	0,5	0,5	2,2	3,3	1,7	0,6	0,9	0,5	0,14	0,06	0,04
B-245	22	19	13	1,73	1,59	1,27	4,6	4,0	3,3	0,6	0,5	0,5	2,6	3,3	1,6	0,7	0,9	0,5	0,16	0,08	0,05
Moyenne²	13,4			1,39			4,5			0,8			2,1			0,6			0,06		
Standard³	15			1,8			3,5			0,9			1,1								
Traitement	Cu			Zn			Mo			B			Mn			Na					
	92	93	94	92	93	94	92	93	94	92	93	94	92	93	94	92	93	94			
Témoin	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,06	0,05	0,03	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,04	0,08	0,03	0,3	0,3	0,2	0,06	0,09	0,01			
B-116	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,06	0,07	0,04	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,06	0,10	0,07	0,4	0,4	0,2	0,07	0,10	0,05			
B-245	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,06	0,07	0,04	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,06	0,09	0,05	0,5	0,4	0,2	0,08	0,08	0,03			
Moyenne²	< 0,01			0,09			< 0,01			0,04			0,26			0,07					

¹ Concentration moyenne en éléments (g/kg) pour 12 échantillons composites par traitement.

² Moyennes observées pour l'ensemble des plantations de pin gris âgées entre 3 et 7 ans (tiré de SHEEDY et THOMASSIN 1994).

³ Standards minimums proposés pour cette essence (SWAN 1969).

Tableau 7. Résultats de croissance

Traitement ¹	Nombre d'arbres	CrH ² (cm)	H95 ³ (cm)	CrD ⁴ (mm)	D95 ⁵ (mm)	Survie (%)	État de santé (%)				
							S92 ⁶	S95 ⁶	D ⁷	R ⁸	C ⁹
T	276	78	120 ± 30	21	27 ± 8	99	47	54	33	2	12
B-116	149	98	137 ± 28	28	33 ± 7	99	40	51	27	20	1
B 245	66	120	152 ± 30	35	41 ± 9	99	49	73	10	8	3

¹ Traitements : T = Témoin ; B 116 = une application de 116 m³/ha de boues liquides (7,6 % m.s.), soit 239 kg/ha N disponible.
 B 245 = une application de 245 m³/ha de boues liquides (7,6 % m.s.), soit 505 kg/ha N disponible.
 L'épandage a été effectué en juin 1992.

² CrH = croissance en hauteur de 1992 à 1995.

³ H95 = hauteur 1995.

⁴ CrD = croissance en diamètre de 1992 à 1995.

⁵ D95 = diamètre au collet 1995.

⁶ S = arbres sains (%) ; en 1992, les principaux dommages concernaient la pousse terminale et étaient en partie causés par le chevreuil et les véhicules tout-terrain; plusieurs plants présentaient des colorations sur le feuillage .

⁷ D = dommages sur les pousses (têtes cassées, *leaders*, têtes mortes, plusieurs têtes).

⁸ R = présence de rouille-tumeur sur les branches ou la tige principale.

⁹ C = présence de colorations sur le feuillage (déficiences minérales).

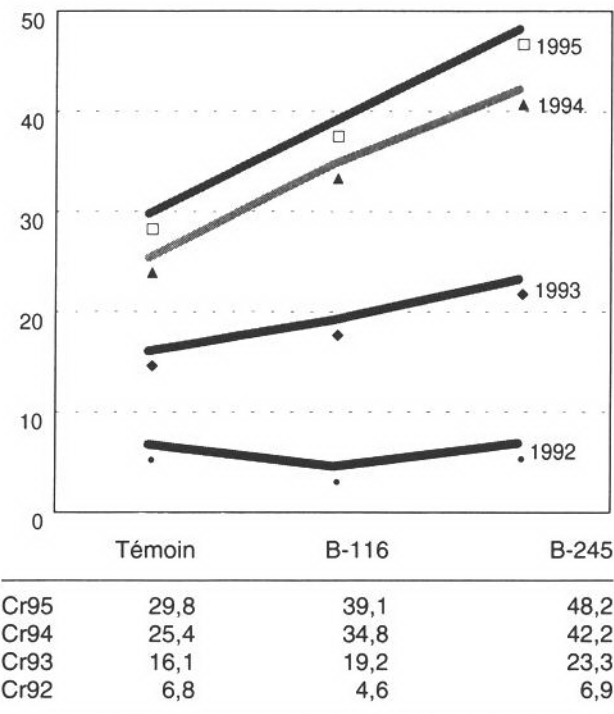


Figure 2. Accroissement en hauteur.

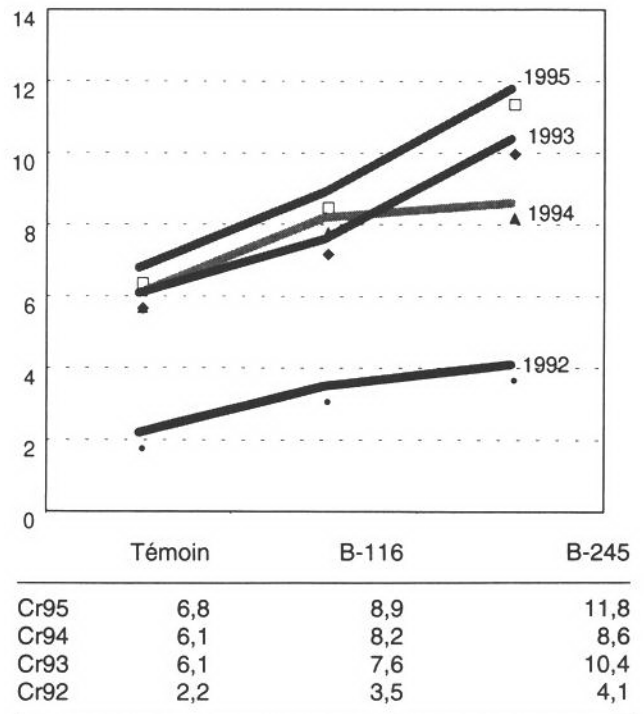


Figure 3. Accroissement en diamètre.

(moins de 20 t/ha) et que le fait d'en ajouter massivement et directement sur les plants peut avoir favorisé la prolifération de ce champignon. Pour éviter ce résultat, il faudrait peut-être épandre les boues avant la plantation ou à tout le moins appliquer les boues directement sur le sol en réduisant le plus possible le contact avec les plants.

Les résultats concernant les analyses du sol et des tissus nous ont surpris. Nous nous attendions à observer une augmentation importante des teneurs en N, P, Fe et Al et dans une moindre mesure en Ca, Mg et K dans le sol et les tissus après l'épandage des boues. Les augmentations observées sont très modestes. Le sol étant très sableux, il est possible qu'une partie des éléments appliqués avec les boues ait été lessivée rapidement vers les horizons inférieurs. L'échantillonnage du sol ne portait que sur les 30 premiers cm de profondeur. Pour ce qui est de l'azote, il est possible aussi que le fait de ne pas enfouir les boues ait favorisé sa volatilisation.

Autre surprise, les résultats des analyses de tissus se comparent très bien avec ceux provenant de plantations établies sur des sites beaucoup plus fertiles. En ce qui concerne ces derniers résultats, on pense que les plants profitent encore en partie des réserves accumulées lors de leur croissance en serre dans des conditions idéales de culture (fertilisation fréquente) mais que les différences seront beaucoup plus évidentes dans les prochaines années.

Bien que les résultats de croissance présentés ici montrent que les boues ont eu des impacts très positifs, il reste que ces résultats sont préliminaires et qu'il faudra attendre encore quelques années avant de conclure sur les mérites réels de ce traitement et d'en recommander ou non l'utilisation sur des plantations semblables.

Les résultats actuels montrent cependant que le type d'appareil utilisé pour épandre les boues dans ce dispositif (camion-citerne à lisier) ne permettait pas de faire un épandage uniforme et efficace sur ce type de sol.

Remerciements

L'auteur tient à souligner la précieuse collaboration de M. Conrad Thomassin, techn.f., responsable des travaux de terrain (établissement, mesurage et échantillonnage). Il remercie également M. Daniel St-Hilaire, ing.f., de la Société Sylvicole Arthabaska-Drummond inc., qui s'est chargé d'obtenir les autorisations nécessaires du propriétaire et des diverses autorités intéressées par la gestion des boues de stations d'épuration ; de même que M. Gaétan Brouillard, de la firme EAI Environnement inc., qui s'est chargé de l'épandage des boues. Il remercie aussi le personnel du laboratoire des sols et des tissus qui a procédé aux analyses des échantillons prélevés pour cette étude ; ainsi que tous ceux qui ont contribué à la correction et à la réalisation de ce rapport.

*

*

Références

- HUITEMA, B.E., 1980. *The analysis of covariance and alternatives*. Wiley. 445 p.
- KALRA, Y.P. et MAYNARD, D.G., 1992. *Méthodes d'analyses des sols forestiers et des tissus végétaux*. Forêts Canada, Edmonton (Alberta). Rapport Inf. NOR-X-319F. 129 p.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, MINISTÈRE DES FORÊTS et MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX, 1991. *Valorisation sylvicole des boues de stations d'épuration des eaux usées municipales. Guide de bonnes pratiques*. Gouvernement du Québec, ministère de l'Environnement, ministère des Forêts et ministère de la Santé et des Services sociaux. 83 pages.
- MORRISON, I.K., 1974. *Mineral nutrition of conifers with special reference to nutrient status interpretation : a review of literature*. Environment Canada, Forestry Service, Pub. No. 1343. 73 p.
- ROMPRÉ, M. et al., 1984. *Étude pédologique du comté d'Arthabaska*. Québec, Min. de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Dir. de la recherche agricole. 96 p.
- SHEEDY, G. et THOMASSIN, C., 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., 1970. *Relationships between nutrient supply, growth and nutrient concentrations in the foliage of black spruce and jack pine*. Pulp Pap. Res. Inst. Can., Woodlands Pap. 19. 46 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., SHEARD, R.W. et MOYER, J.R., 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 Sc. 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.



Gouvernement du Québec
Ministère des Ressources
naturelles

RN96-3063

ISBN 2-550-30194-3

ISSN 0834-4833

Dépôt légal 1996

Bibliothèque nationale du Québec

Bibliothèque nationale du Canada

© 1996 Gouvernement du Québec