

Note de recherche forestière n° 78

Quelques résultats préliminaires de croissance d'une plantation d'épinette blanche traitée avec des boues de station d'épuration

GILLES SHEEDY *

F.D.C. 237+232.4(047.3)(714)
L.C. SD 408 .S77

*

Résumé

Ce rapport présente les résultats de quatre saisons de croissance d'une jeune plantation d'épinette blanche 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.

Mots-clés : épinette blanche, *Picea glauca*, croissance, plantation, boues d'épuration, fertilisation.

*

Summary

This report presents the four season growth results for a young white spruce plantation treated with sewage sludge from Victoriaville station. The treated trees presented height and diameter growth superior to the control.

Key words : white spruce, *Picea glauca*, growth, plantation, sewage sludge, fertilization.

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 sur les plantations forestières. Avec l'avènement des usines d'épuration des eaux usées, le Québec se retrouve avec des quantités importantes de boues. Ces boues 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, une 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 alternative 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 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, contamination de la nappe phréatique, etc.). Enfin, ces essais permettent aussi de tester les équipements et la machinerie disponibles pour l'épandage des boues en milieu forestier.

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

Tableau 1. Traitements appliqués

Traitement N°	Quantité de boues appliquées (m³/ha)	Quantité de N disponible (kg/ha)	Commentaires
1 T (témoin)	0	0	
2 T + H (témoin + herse)	0	0	enfouissement de la végétation
3 B (boues)	70	231	
4 B + H (boues + herse)	70	231	enfouissement de la végétation et des boues

**Tableau 2. 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)	Caractéristiques des boues ³ mg/kg (m.s)	Quantité d'éléments appliqués kg/ha
Taux d'application				70 m³/ha
Siccité			14,2 %	14,2 %
Matière sèche appliquée				9,9 m³/ha
pH		6,50	6,50	6,50
N-NTK	-	62837	66500	661
N-NH ₄	-	1539	4710	
N-NOX	-	90	2	
N disponible	-	20018	23270	231
P total	-	27560	29495	293
P disponible⁴	-	16977	18160	180
Al ⁵	Al ⁴	15100	22050	219
As	15-30	3	10	0,1
B	100-200	44	23	0,23
Ca	-	12800	20160	200
Cd	10-15	2,6	3	0,03
Cr	500-1000	62	29	0,29
Cu	600-1000	600	598	6
Fe ⁵	Fe ⁴	20800	29625	294
K	-	7500	8643	86
Mg	-	3650	3575	36
Mn	1500-3000	420	743	7
Mo	20-25	< 8	10	0,1
Ni	-	16	40	0,4
Pb	-	61	69	0,7
Se	-	2	2	0,02
Zn	1750-2500	455	374	3,7

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

² Moyenne des rapports d'analyses n° 1490 et 3765 de Biolab inc., fournis à la station de Victoriaville. Prélèvement pour la période du 15 mai au 29 juin 1993.

³ Rapport d'analyses n° solc3123 du laboratoire d'analyses de sol, de tissu et d'eau du MRN. Prélèvement du 9 juillet 1993 effectué sur le site d'épandage.

⁴ % P disponible = $70 - \frac{(\text{concentration (Al total + 0,5 Fe total)} - 20000)}{2000}$ = 61,6 % P total

⁵ Concentration maximale (Al + 0,5 Fe) = 150 000 mg/kg (m.s.) ; concentration actuelle = 36 862 mg/kg (m.s.)

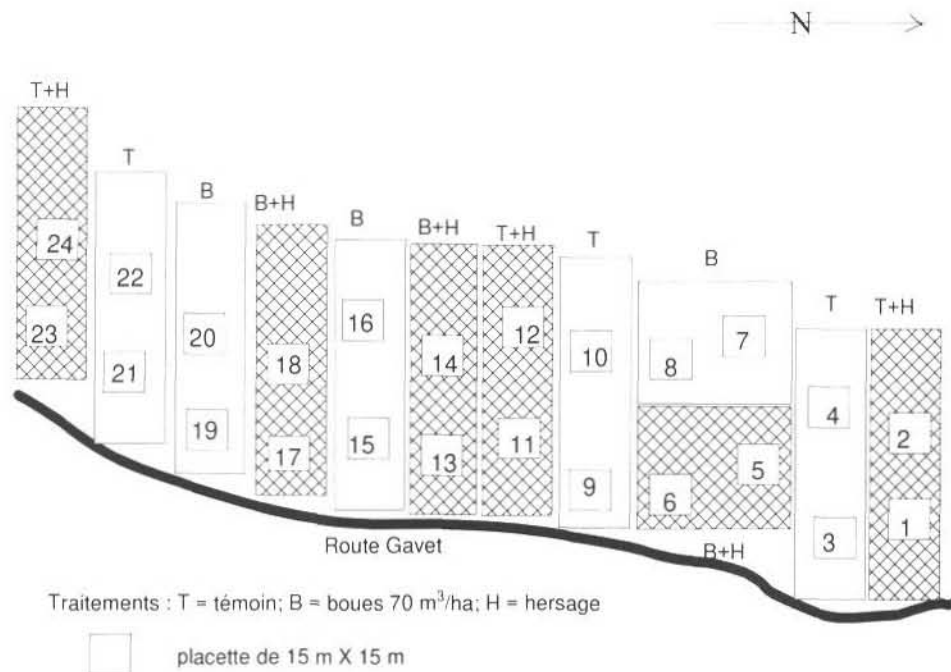


Figure 1. Localisation des placettes et des traitements.

Ce rapport présente les résultats des mesures et des observations effectuées depuis quatre ans dans une plantation d'épinette blanche qui a été réalisée quelques semaines après l'épandage des boues.

Matériel et méthode

Description des stations

Cette jeune plantation d'épinette blanche fait partie de la région écologique 2b, 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 de Victoriaville, rang II, lot 166, canton Tingwick, à l'est de la route 116. Elle a été réalisée du 20 au 23 juillet 1993 sur le site d'une terre agricole. Une partie du terrain a été labourée et rotocultée avant la plantation. La plantation a été réalisée à un espacement de 1,8 m par 2,1 m avec des plants 2-0 cultivés dans des récipients 45-110 (provenance 88 D 50). Le sol de cette plantation fait partie de la série Woodbrige issue de dépôts de tills et présente un drainage qui varie de modérément bon à imparfait. Les relevés de la station météorologique de Victoriaville indiquent que l'altitude moyenne de la région est de 148 m, la température moyenne annuelle est de 4,9 °C et que les précipitations annuelles sont de 109 cm (ROMPRÉ *et al.* 1984). Lors de l'établissement du dispositif expérimental (octobre 1993), les plants avaient en moyenne une hauteur de 25 cm et un diamètre au collet de 6 mm.

Dispositif expérimental

Ce dispositif semi-opérationnel est un plan à parcelles partagées en blocs aléatoires avec sous-échantillonnage (figure 1, tableau 1). Il est formé de trois blocs aléatoires et chacun des blocs comprend deux traitements principaux (boues au taux de 70 m³/ha et témoin) et deux sous-traitements (avec hersage du sol, sans hersage). Il est donc constitué de 12 unités expérimentales d'une superficie approximative de 3200 m² (30 sur 107 m) et chaque unité comprend deux placettes de 225 m² (15 sur 15 m). Le choix des placettes et l'attribution des traitements ont été faits de façon aléatoire. Les mesures et les observations ont été effectuées dans ces placettes et concernent en moyenne 50 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 des boues) afin de les rendre aptes à leur utilisation à des fins de valorisation sylvicole.

Ces boues pâteuses (14,2 % m.s.) ont été appliquées mécaniquement à l'aide d'un épandeur à fumier d'une capacité de 15 m³ tiré par un tracteur Ford 8630. L'épandage a été effectué sur six des 12 unités délimitées dans cette plantation. Le taux d'application visé était de 70 m³/ha de boues pâteuses soit l'équivalent de 231 kg/ha d'azote (N) disponible. Les caractéristiques physico-chimiques des boues sont

Tableau 3. Résultats des analyses du sol (éléments totaux)¹

Traitement	N			P			K			Mg			Ca			Al		
	1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994	1995
T	5600	7149	6000	1623	2223	1860	1081	16812	6360	4406	5973	7890	4884	5793	6000	37160	46680	48300
T + H	6249	4800		1938	1500			13737	3960		5472	5550		5205	4950		46740	35700
B	6150	6900		1686	1440			12531	4680		4476	5730		3252	3600		39690	38700
B + H	7500	5700		2145	1620			17772	4620		6315	6180		3771	3360		53220	38700

Traitement	Mn			Zn			Cu			B			Cr			Fe		
	1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994	1995
T	1011	2019	1650	100	165	180	33	36	—	123	165	30	90	93	198	49476	52710	65700
T + H	1371	930			141	120		39	—		147	30		90	165		55590	54600
B	1074	900			111	120		18	—		141	12		90	213	21390	51300	55800
B + H	1317	900			159	120		27	—		195	30		93	159	24930	56400	54900

¹ Concentration moyenne en éléments (kg/ha) pour six échantillons composites par traitement. Le pH (CaCl₂) de ces sols est de 4,7; le pH recommandé est de 5,5. Les sols présentent une teneur en m.o. de l'ordre de 140 à 170 t/ha; la teneur en m.o. recommandée pour cette essence est de l'ordre de 150 t/ha. La teneur en Nt recommandée est de 1300 kg/ha (WILDE 1966, MORRISON 1974).

4

Tableau 4. Résultats des analyses du sol (éléments assimilables)¹

Traitement	NH ₄			NO ₃			P			K			Mg			Ca		
	1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994	1995
T	18	24	21	6	5	9	45	35	33	79	137	123	102	150	123	2269	2709	2484
T + H		19	24		7	6		31	30		100	111		95	117		2334	2253
B		27	18		8	12		37	33		97	105		52	48		1228	1197
B + H		31	30		15	12		39	45		113	120		63	60		1372	1236

Standards ²							44			140			225			300		
------------------------	--	--	--	--	--	--	----	--	--	-----	--	--	-----	--	--	-----	--	--

Traitement	Nmi			Mn			Fe			Cu			S		
	1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994	1995
T	22	29	30	53	142	168	641	639		3	4		62	51	
T + H		26	30		52	72		631			3			49	
B		36	30		56	81		720			3			64	
B + H		46	42		52	78		717			4			71	

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

² Standards minimums recommandés pour l'épinette (WILDE 1966, MORRISON 1974).

Tableau 5. Résultats des analyses de tissus par traitement (éléments totaux)¹

Traitement	N			P			K			Mg			Ca			Al		
	1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994	1995
T	7,2	19,0	15,1	2,0	2,1	1,2	5,8	6,0	3,5	1,1	1,0	0,7	2,6	6,3	4,1	0,09	0,05	0,04
T + H	17,2	15,0	11,2	2,0	1,5	0,9	6,3	5,4	2,7	1,1	0,8	0,7	4,7	6,3	3,3	0,17	0,05	0,05
B	15,2	22,0	16,2	2,8	2,8	1,6	6,2	6,1	3,0	1,4	1,1	0,7	3,8	5,3	3,3	0,10	0,08	0,06
B + H	21,2	23,0	14,5	2,3	2,7	1,5	5,9	6,7	3,2	1,3	1,0	0,7	5,8	5,0	3,5	0,24	0,10	0,10
Moyenne²	12,7			1,6			4,7			0,6			3,8			0,09		
Standard³	15			1,8			6,0			1,0			3,0			—		
Traitement	Mn			Zn			Cu			B			Na			Fe		
T	0,10	0,40	0,16	0,03	0,08	0,04	< 0,0	< 0,0	< 0,0	0,06	< 0,0	0,01	0,08	0,01	0,02	0,14	0,07	0,06
T + H	0,15	0,16	0,07	0,05	0,06	0,03	< 0,0	< 0,0	< 0,0	0,07	< 0,0	0,01	0,07	0,01	0,02	0,22	0,07	0,05
B	0,14	0,35	0,23	0,04	0,06	0,02	< 0,0	< 0,0	< 0,0	0,06	0,01	0,01	0,09	0,02	0,01	0,20	0,09	0,06
B + H	0,23	0,29	0,16	0,06	0,06	0,03	< 0,0	< 0,0	< 0,0	0,07	< 0,0	0,01	0,09	0,01	0,01	0,28	0,10	0,07
Moyenne²	0,44			0,08			0,05			—			0,06			0,04		
Standard³	0,20			0,08			—			0,08			—			0,08		

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

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

³ Standards proposés pour cette essence (SWAN 1969, BONNEAU 1988)

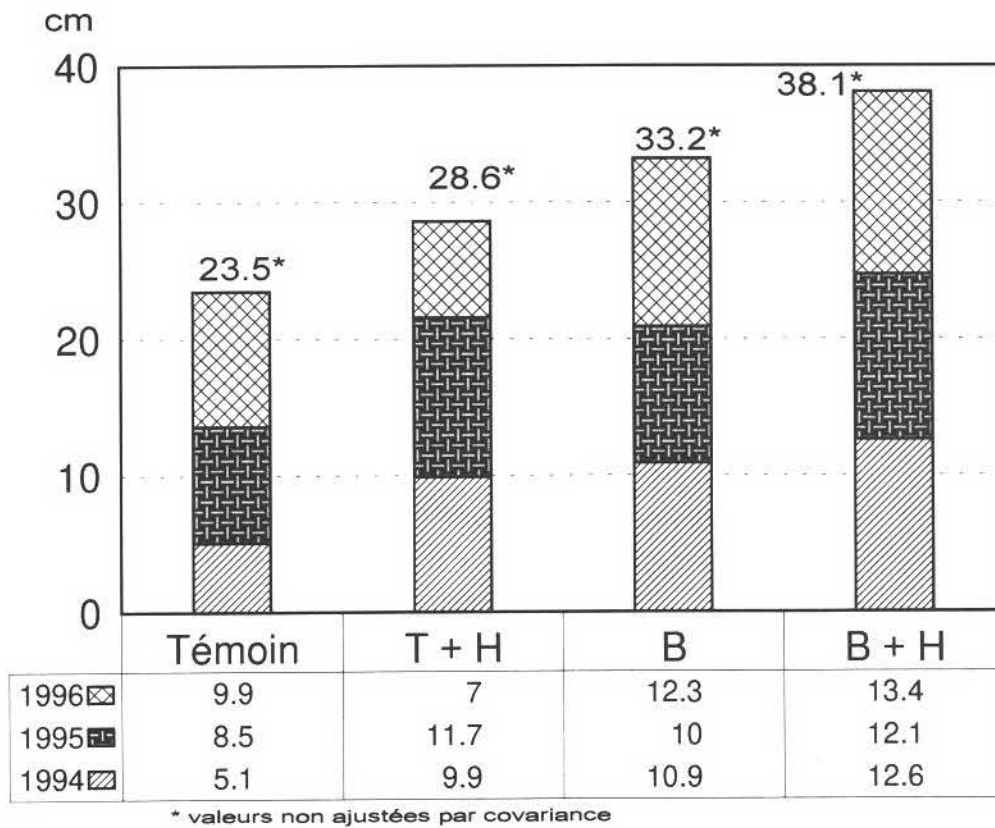


Figure 2. Accroissement en hauteur.

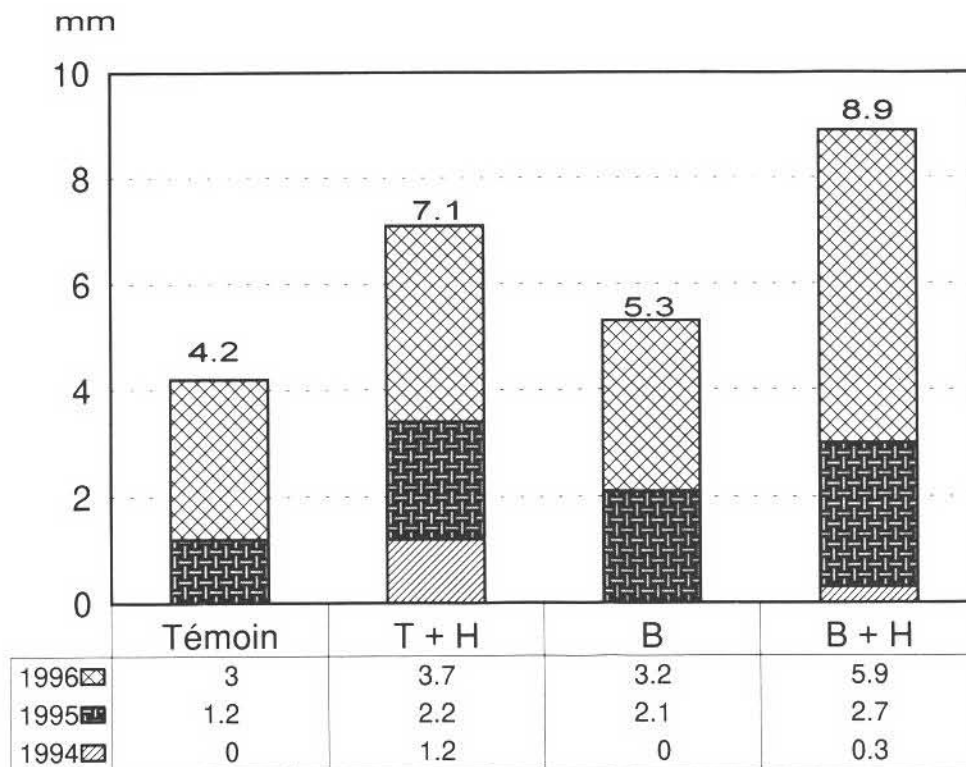


Figure 3. Accroissement en diamètre.

présentées au tableau 2. Les boues ont été appliquées le 9 juillet 1993. La charrue et la herse ont été passées dans six unités (trois traités avec les boues et trois témoins) pour enfouir la végétation et les boues épandues.

Mesurage et échantillonnage

Le sol de cette plantation a été échantillonné (un échantillon composite par bloc) avant et après l'épandage des boues. Un échantillonnage des tissus foliaires (un échantillon composite par placette) a été effectué en 1993, en 1994 et en 1995. Les échantillons ont été préparés et analysés selon les méthodes usuelles 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 arbres à l'intérieur des placettes (environ 50 arbres) ont été numérotés et leur hauteur totale, leur croissance en hauteur (pousse annuelle) et leur diamètre au collet ont été mesurés à l'automne de 1993, de 1994, de 1995 et de 1996. Lors de ces mesurages, l'état de santé des plants a été noté de même que 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 sont par la suite compilées pour présenter les résultats moyens par traitement (hauteur, croissance en hauteur et en diamètre, diamètre et état de santé).

Une étude pour évaluer l'importance et la composition de la végétation concurrente a été réalisée dans chacune des placettes en 1994, 1995 et 1996. Les observations ont été effectuées dans des sous-placettes (1 sur 1 m) situées à 2 m du centre des placettes.

Analyse statistique

L'analyse statistique a été effectuée selon le plan d'expérience et consiste en une analyse de la variance sur la hauteur, le diamètre et l'accroissement (1996-1993) en hauteur et en diamètre. Cette analyse a été réalisée à l'aide de la procédure GLM du progiciel SAS, version 6.11.

Résultats et discussion

Le sol

Les résultats des analyses du sol sont présentés aux tableaux 3 (éléments totaux) et 4 (éléments assimilables). Le sol de cette terre de culture présente une teneur suffisante en matière organique (m.o.) et en azote. La teneur en m.o. de ces sols varie de 140 t/ha à 170 t/ha; les recommandations sont de 150 t/ha. Les tableaux 3 et 4 montrent aussi que les concentrations en P, K et Mg du sol sont légèrement inférieures aux standards minimums recommandés pour la culture de l'épinette.

Ces sols limoneux-graveleux présentent une bonne capacité de rétention en eau et en éléments nutritifs.

L'ajout de boues a causé des augmentations dans les concentrations en NO_3 , N minéral, P et Fe. Toutefois, ces augmentations ne semblent pas suffisantes pour combler les déficiences en K et Mg de ces sols.

Le feuillage

Le tableau 5 présente les concentrations en éléments des aiguilles selon les traitements et les années d'échantillonnage. En moyenne et pour le moment, les concentrations en N, P (1993 et 1994), K (1993 et 1994), Mg, Ca, Al (1993) et Fe sont supérieures à celles observées pour les plantations d'épinette de cinq ans et moins (SHEEDY et THOMASSIN 1994). Toutefois, les résultats de 1995 sont plus faibles que ceux de 1993 et de 1994. Ces résultats montrent aussi que les concentrations en éléments (N, P, K, Mg et Ca) des aiguilles correspondent presque au niveau des standards proposés par SWAN (1969) et BONNEAU (1988).

Les boues ont causé des augmentations surtout dans les concentrations en N des aiguilles échantillonnées en 1993, en 1994 et en 1995. Les concentrations en P (1993, 1994 et 1995), en K (1994), en Ca (1993) en Al (1993, 1994 et 1995) et en Fe (1993, 1994 et 1995) 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 aux tableaux 6 et 7 et aux figures 2 et 3. Ils montrent que les deux traitements (boues et hersage) ont eu des effets positifs sur la croissance des plants. Le tableau 6 présente le résultat des mesures de hauteur, de diamètre et d'accroissement en hauteur et en diamètre des plants alors que le tableau 7 concerne les résultats de l'analyse statistique. Ces derniers résultats montrent que l'application de boues a eu un effet bénéfique sur la hauteur moyenne des plants ($p = 0,03$). Ainsi, la hauteur moyenne des plants traités avec les boues est de 62,6 cm soit 9,8 cm (19 %) de plus que les plants témoins. Ce traitement montre aussi une tendance sur l'accroissement en hauteur ($p = 0,09$). L'accroissement en hauteur des plants traités avec les boues est supérieur à celui des plants témoins de plus de 8,6 cm (31 %). Pour ce qui est du diamètre et de l'accroissement en diamètre, l'analyse statistique n'a pu déceler d'effets positifs ($p > 0,25$).

D'autre part, le tableau 7 montre que le hersage a eu un effet bénéfique sur toutes les variables dendrométriques ($p < 0,01$). Ainsi, les plants qui ont bénéficié de ce traitement présentent une hauteur de 60,4 cm soit 5,4 cm (10 %) de plus que les autres plants. Ces plants sont aussi plus gros que les autres (13,8 mm par rapport à 10,6 mm). De plus, ils présentent des accroissements en hauteur et en diamètre supérieurs à ceux des autres plants de 6,4 cm et de 3,3 mm respectivement. Les effets des boues et du hersage sont additifs de sorte que les plants qui ont reçu ces deux traitements (B + H) sont plus longs (hauteur) et plus

Tableau 6. Résultats de croissance¹

Traitement ²	Nombre d'arbres	Croissance en hauteur (cm) 1993-1996	Hauteur 1996 (cm)	Croissance en diamètre (mm) 1993-1996	Diamètre 1996 (mm)	Survie (%)	État de santé (%) ³			
							S93	S96	T96	D96
T	327	24,6 (10)	50,6 (10)	4,2 (2)	10,1 (3)	95	99	92	6	2
T + H	318	31,0 (10)	55,1 (11)	7,1 (3)	12,9 (3)	97	99	80	13	7
B	224	33,2 (10)	59,5 (12)	5,3 (3)	11,2 (3)	85	99	73	26	1
B + H	254	39,7 (10)	65,7 (12)	8,9 (3)	14,7 (4)	92	100	72	26	2

¹ Moyenne et écart type.

² Traitement : T = Témoin ; T + H = passage d'une herse à disques. B = une application de 70 m³/ha de boues pâteuses (14,2 % m.s.), soit 231 kg/ha N disponible. B + H = une application de 70 m³/ha de boues et passage d'une herse à disques pour enfouir les boues. L'épandage des boues a été effectué le 9 juillet 1993.

³ S = arbres sains (ne présentent pas de dommage apparent) en 1993 et en 1996 ; T = dommages sur les pousses (têtes cassées, *leader*, têtes mortes, plusieurs têtes) ; une partie de ces dommages a été causée par le chevreuil. D = présence de colorations sur le feuillage (déficiences minérales).

∞

Tableau 7. Résultats de l'analyse statistique

Source de variabilité	Degrés de liberté	Hauteur 1996		Accroissement en hauteur		Diamètre 1996		Accroissement en diamètre	
		Moyenne des carrés	Valeur de <i>p</i>	Moyenne des carrés	Valeur de <i>p</i>	Moyenne des carrés	Valeur de <i>p</i>	Moyenne des carrés	Valeur de <i>p</i>
Parcelle principale (p.p.)	5								
Bloc	2	963		528		16		9	
Boues	1	2356	0,03	19454	0,09	548	0,25	524	0,31
Erreur (p.p.)	2	785		1987		220		293	
Sous-parcelle (s.-p.)	6								
Hersage	1	6226	< 0,01	10971	< 0,01	2701	< 0,01	2729	< 0,01
B X H	1	66	0,62	1	0,97	37	0,52	31	0,57
Erreur (s.-p.)	4	233		386		78		85	
Erreur (placette)	12	905		845		78		85	
Erreur (plants)	1099	112		86		8		8	

Tableau 8. Évaluation de l'importance et de la composition de la végétation. Résultats de 1996 ¹

Traitements ²	Nombre total d'espèces par traitement	Nombre moyen d'espèces par PEP	Hauteur (cm) moyenne	Masse sèche (g/m ²) moyenne par PEP	Couverture cumulée (%) moyenne par PEP	Principales espèces et importance (%) moyenne par PEP
Témoin	26	9 (5 - 12) ³	37 (27 - 51)	374 (208 - 472)	95 (61 - 129)	<i>Oxalis stricta</i> 20% <i>Plantago lanceolata</i> 16% <i>Solidago sp.</i> 13% <i>Fragaria virginiana</i> 7%
Témoin + hersage	25	8 (5 - 10)	35 (26 - 54)	295 (184 - 384)	91 (33 - 178)	<i>Chrysanthemum leucanthemum</i> 20% <i>Solidago sp.</i> 19% <i>Leontodon autumnalis</i> 13% <i>Oenothera biennis</i> 6%
Boues pâteuses	19	9 (5 - 12)	49 (37 - 58)	462 (364 - 520)	135 (98 - 196)	<i>Solidago sp.</i> 28% <i>Danthonia spicata</i> 23% <i>Vicia cracca</i> 18% <i>Rumex acetosella</i> 12% <i>Oxalis stricta</i> 12%
Boues pâteuses + hersage	21	9 (6 - 10)	42 (26 - 60)	371 (232 - 428)	129 (97 - 158)	<i>Chrysanthemum leucanthemum</i> 54% <i>Leontodon autumnalis</i> 18% <i>Oxalis stricta</i> 17% <i>Rumex acetosella</i> 7%

¹ L'épandage des boues a été réalisé le 9 juillet 1993 alors que la plantation (épinette blanche en récipient) a été effectuée le 22 juillet 1993. Les observations portent sur six sous-placettes d'un m² par traitement. En 1996, les observations sur la végétation ont été effectuées la semaine du 10 juillet; les sous-placettes étaient situées à 2 m au sud du centre des placettes.

² Traitements : Témoin = aucun épandage ; Témoin + hersage = passage d'une herse à disques pour enfouir la végétation ; Boues pâteuses = une application de 9,9 t/ha (m.s.), soit 70,3 m³/ha de boues pâteuses (14% m.s.), ce qui correspond à 231 kg/ha N disponible ; Boues pâteuses + hersage = même traitement que « boues pâteuses », mais enfouissement des boues par le passage d'une herse à disques.

³ () = plage de valeurs observées.

gros que les autres. Ainsi, les arbres qui ont reçu le traitement B + H présentent, pour les quatre années observées, un accroissement cumulé en hauteur de 39,7 cm. C'est une augmentation de 15,1 cm (61 %) de plus que les arbres témoins et 8,7 cm (28 %) de plus que les arbres des placettes hersées (T + H). Pour ce qui est du diamètre au collet, les accroissements sont respectivement de 8,9 mm (traitement B + H), de 5,3 mm (traitement B), de 7,1 mm (traitement T + H) et de 4,2 mm pour les arbres témoins. La figure 2 montre que les boues ont eu des effets sur la croissance en hauteur des plants dès 1994. Les impacts de l'épandage des boues sur la croissance en diamètre des arbres, même s'ils ne sont pas significatifs, sont présentés à la figure 3. Les figures 2 et 3 montrent par ailleurs que les effets des boues et du hersage sur la croissance en hauteur et en diamètre des plants sont assez durables. Ainsi, après trois saisons de croissance, les accroissements en hauteur et en diamètre de 1996 des plants traités avec les boues sont encore supérieurs à ceux des plants témoins.

Le tableau 6 montre aussi que le taux de survie des plants est excellent. Toutefois, les arbres traités avec les boues présentent un taux de survie plus faible que celui observé pour les autres plants. Ainsi, en moyenne, le taux de survie des plants traités avec des boues est de 88 % (77 plants sont morts en trois ans) alors que celui des autres plants est de 96 % (26 plants sont morts en trois ans). Par ailleurs, on constate aussi que l'état de santé des plants témoins (T et T + H) est meilleur que celui des plants traités avec les boues (B et B + H). En moyenne, plus de 86 % des arbres témoins sont classés sains (ne présentent pas de dommage apparent) alors que dans le cas des plants traités avec les boues ce taux n'est que de 73 %. Les principaux dommages observés concernent des bris partiels de la pousse annuelle (tête cassée, ou morte, plusieurs têtes ou *leader*). Ces dommages se retrouvent, en moyenne, sur 26 % des plants traités avec les boues et sur moins de 10 % des plants témoins. En grande partie, ces dommages ont été causés par le chevreuil (brouillage des pousses). Ce dernier semble préférer les arbres traités avec les boues. Ces plants présentent une pousse plus longue et peut-être plus savoureuse. Les oiseaux, la neige et le verglas peuvent aussi causer des dommages sur la pousse annuelle. Le tableau 6 montre aussi que moins de 3 % des plants présentent des colorations sur les aiguilles.

Il faut noter que les mesures de croissance présentées dans ce rapport ne concernent que les plants vivants qui présentent une hauteur supérieure à celle de l'année précédente. Ainsi, au total, on a exclu des compilations 120 plants traités avec les boues (63 pour le traitement B et 57 pour le traitement B + H) qui avaient diminué de hauteur (brouillés par le chevreuil). L'analyse de la variance a été effectuée avec et sans ces plants et les résultats montraient les mêmes tendances.

Évaluation de l'importance et de la composition de la végétation concurrente

Les résultats présentés au tableau 8 concernent l'évaluation de 1996. Les résultats des évaluations de 1994 et de 1995 sont semblables à ceux de 1996 sauf en ce qui concerne la hauteur et la masse (g/m²) de la végétation. Ces résultats montrent que la hauteur, la masse et la couverture de la végétation au sol sont supérieures dans le cas des placettes traitées avec des boues. Le hersage du sol a eu un effet inverse à celui des boues. Ainsi, la hauteur et la masse sèche de la végétation sont plus faibles dans les placettes hersées. Par rapport au traitement témoin, les augmentations de la hauteur, de la masse sèche et de la couverture cumulée de la végétation dans les placettes traitées avec les boues, sont de l'ordre de 32 %, 24 % et 42 % respectivement. Si l'on compare les résultats pour les traitements T + H (hersage) et B + H (boues + hersage), les augmentations sont de l'ordre de 20 %, 26 % et 42 % respectivement. Les résultats de cette évaluation montrent que l'ajout de boues au sol a causé une augmentation de l'importance de la végétation (masse sèche et hauteur moyenne supérieures). Il ne semble pas y avoir cependant d'effets des boues sur le nombre d'espèces bien que la composition de la végétation et l'importance des espèces varient selon les traitements.

★

Conclusion

Même si les résultats présentés dans ce rapport sont préliminaires, ils montrent que les boues et le hersage du sol ont eu des effets importants sur la croissance et la vitalité des jeunes épinettes de cette plantation. Ainsi, après seulement quatre saisons de croissance (dont trois complètes), les épinettes traitées avec des boues sont en moyenne plus hautes et plus grosses que les arbres témoins. Le hersage du sol (avec ou sans l'ajout de boues) a eu aussi des impacts positifs sur la croissance des plants (hauteur et diamètre). Comme nous l'avons mentionné précédemment, les meilleurs résultats de croissance ont été obtenus avec le traitement B + H. Ainsi, l'enfouissement des boues a permis d'améliorer encore plus la croissance des arbres. Ces effets des boues et du hersage sur la croissance des plants semblent assez durables puisque les accroissements en hauteur et en diamètre de 1996 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 disponibles graduellement avec la minéralisation des boues.

L'ajout de boues et le hersage du sol ont eu aussi des effets sur l'importance et la composition des plantes concurrentes. Cependant, même si les placettes traitées avec des boues présentent une végétation plus importante (en termes de hauteur et de masse sèche), ce résultat n'a pas eu d'effets négatifs sur la croissance des épinettes.

Par ailleurs, les résultats de cette étude montrent que les plants traités avec les boues ont été plus sévèrement endommagés par le chevreuil (broutage des pousses annuelles) que les plants témoins (T et T + H).

Les résultats concernant les analyses du sol et des tissus ont montré des augmentations des teneurs en N, P, Fe et Al et dans une moindre mesure en Ca, Mg et K du sol et des tissus après l'épandage des boues. Les augmentations observées sont assez faibles.

Les résultats des analyses de tissus se comparent très bien avec ceux provenant de plantations établies sur des sites semblables.

Bien que les résultats de croissance présentés dans ce rapport 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 pas, l'utilisation sur des plantations semblables.

Les résultats actuels montrent cependant que le type d'appareil utilisé pour épandre les boues dans ce dispositif (épandeur à fumier) a permis de faire un épandage uniforme et efficace sur ce type de terrain (terrain agricole).

Remerciements

L'auteur tient à souligner la précieuse collaboration de M. Conrad Thomassin, tech. 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 impliquées dans 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. L'auteur remercie spécialement Mme Lise Charette de la section de la biométrie, Direction de la recherche forestière, qui a procédé à l'analyse statistique de ce dispositif. 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

- BONNEAU, M., 1988. *Le diagnostic foliaire*. R.F.F. XL, n° sp.: 19-28.
- KALRA, Y.P. et D.G. MAYNARD, 1992. *Méthodes d'analyses des sols forestiers et des tissus végétaux*. Forêts Canada, Edmonton (Alberta). Rapp. 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 du Québec, Dir. de la recherche agricole. 96 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., 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.
- THIBAULT, 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.



Gouvernement du Québec
Ministère des Ressources
naturelles

RN97-3063

ISBN 2-550-31894-3

ISSN 0834-4833

Dépôt légal 1997

Bibliothèque nationale du Québec

Bibliothèque nationale du Canada

© 1997 Gouvernement du Québec