

LAU-X-17

LA FERTILITÉ DE L'HORIZON DE SURFACE DU SOL D'UNE PLANTATION D'ÉPINETTE BLANCHE 10 ANS APRÈS FERTILISATION

M. R. Roberge



CENTRE DE RECHERCHES FORESTIÈRES DES LAURENTIDES



Environnement
Canada

Environment
Canada

Service
des forêts

Forestry
Service

Roberge, M.R. La fertilité de l'horizon de surface du sol d'une plantation d'épinette blanche 10 ans après fertilisation. Can. Centre Rech. For. Laurentides, Ste-Foy, Qué. Rapp. Inf. LAU-X-17. 11 p.

La fertilité est plus élevée là où de l'urée a été appliquée et la croissance de l'épinette blanche est supérieure.

Urée, Grand'Mère, matière organique, azote, acidité;
Urea, organic matter, nitrogen, acidity.

Roberge, M.R. La fertilité de l'horizon de surface du sol d'une plantation d'épinette blanche 10 ans après fertilisation. Can. Centre Rech. For. Laurentides, Ste-Foy, Qué. Rapp. Inf. LAU-X-17. 11 p.

La fertilité est plus élevée là où de l'urée a été appliquée et la croissance de l'épinette blanche est supérieure.

Urée, Grand'Mère, matière organique, azote, acidité;
Urea, organic matter, nitrogen, acidity.

LA FERTILITE DE L'HORIZON DE SURFACE DU SOL D'UNE PLANTATION
D'EPINETTE BLANCHE 10 ANS APRES FERTILISATION

M.R. Roberge

RAPPORT D'INFORMATION LAU-X-17

Février 1976

CENTRE DE RECHERCHES FORESTIERES DES LAURENTIDES
SERVICE CANADIEN DES FORETS
MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT
1080 ROUTE DU VALLON
SAINTE-FOY, QUEBEC
G1V 4C7

Exemplaires disponibles

TABLE DES MATIERES

	Page
RESUME	
ABSTRACT	
INTRODUCTION	1
DESCRIPTION DE L'AIRE EXPERIMENTALE	1
INVESTIGATIONS CONDUITES	2
RESULTATS	3
DISCUSSION	4
Matière organique	4
Azote total	9
Acidité	9
Ammonium	10
Croissance des épinettes blanches	10
REFERENCES	11

RESUME

Dix ans après l'application de 255 kg/ha d'urée aux plantations d'épinette blanche de Grand'Mère, des différences marquées ont été observées dans la fertilité de l'horizon de surface du sol. Celle-ci est plus élevée là où de l'urée a été appliquée tel que le démontre la présence d'une plus grande quantité de matière organique, d'azote total et sous forme d'ammonium, un C/N plus bas et un pH plus élevé. La croissance des épinettes blanches fertilisées a été et devrait encore être meilleure que celle des épinettes blanches non fertilisées. Une nouvelle fertilisation azotée ne serait probablement pas bénéfique en ce moment.

ABSTRACT

Ten years after the application of 255 kg/ha of urea to Grand'Mère white spruce plantations, marked differences have been observed in the fertility of the soil surface horizon. This is higher where urea has been applied as demonstrated by the presence of a greater amount of organic matter, total nitrogen, and ammonium, a lower C/N ratio, and a higher pH. The growth of white spruce has been and should continue to be greater than that of unfertilized white spruce. Another nitrogenous fertilization would probably not be beneficial at this time.

INTRODUCTION

La recherche en fertilisation forestière vise à fournir les informations qui doivent être connues avant que des fertilisations aériennes, ou autres, puissent être judicieusement entreprises sur une base opérationnelle au Québec. Parmi les informations à connaître, celles concernant le besoin, la sorte, la quantité, la saison et la fréquence d'application de fertilisants, et celles concernant l'âge et la densité de peuplement souhaitables pour des applications de fertilisants, sont de première importance. Une méthode rapide et sûre d'obtenir ces informations est par l'étude des microbes de l'horizon de surface du sol, de leur action sur les fertilisants et, vice versa, de l'effet des fertilisants sur les microbes et la fertilité du sol. C'est ce sur quoi a porté la présente étude dans une plantation d'épinette blanche de Grand'Mère.

DESCRIPTION DE L'AIRE EXPERIMENTALE

Une plantation d'épinette blanche de 3 ha à environ 5 km au sud de Grand'Mère fut traitée en mai 1963 (Gagnon, Conway et Swan, 1976). Ce peuplement est sur la propriété privée de la compagnie de papier Consolidated-Bathurst, latitude $46^{\circ}35'N$ et longitude $72^{\circ}40'0$, dans la section du St-Laurent Moyen L.3 de la région forestière des Grands-Lacs-St-Laurent. La précipitation annuelle y est de 118 cm dont 70 tombe durant la saison de croissance. La température moyenne des 183 jours que dure la saison de croissance est de $14^{\circ}C$. Le peuplement repose sur un terrain plat bien drainé. Le sol a une profondeur d'environ 30 cm et appartient au sous-groupe des podsoles orthiques. L'horizon organique de surface est un humus brut et a une profondeur d'environ 7 cm. La roche mère est un dépôt fluvio-marin, un sable limoneux. Le site est du type forestier Calliargon de l'association Hypno-Piceetum. Il est classifié de qualité 2, l'épinette blanche atteignant 12.2 m à 50 ans ou 17.3 m à 100 ans.

Le peuplement résulte d'une plantation de 1913 (Gagnon, Conway, et Swan, 1976). En 1963, l'âge à hauteur de souche des arbres était de 37 ans. Il y avait 2960 arbres/ha avec un diamètre moyen de 12.6 cm, une hauteur moyenne de 10.0 m, une surface terrière de $37 \text{ m}^2/\text{ha}$, et un

volume total de 166 m³/ha. la croissance en diamètre et en hauteur était de 1.83 mm et de 6.1 cm, respectivement. La voûte foliacée interceptait 80% de l'intensité totale de lumière et 30% de la précipitation totale.

INVESTIGATIONS CONDUITES

En 1972, des investigations détaillées de type écologique et microbiologique ont été conduites sur les 15 cm de surface du parterre forestier comprenant l'horizon d'humus subdivisé en couche de litière (2 cm) et de fermentation et humification (11 cm), et 2 cm de l'horizon minéral de surface de cette aire expérimentale. Ces investigations ont porté sur: 1) l'humidité; 2) l'épaisseur; 3) la quantité; 4) le pH; 5) l'azote total; 6) les éléments minéraux; 7) la matière organique; 8) le carbone organique; 9) le rapport carbone sur azote; 10) le contenu en urée, ammonium, nitrate et nitrite; 11) la capacité d'échange; 12) la capacité de rétention en eau; 13) la respiration; 14) la minéralisation de l'azote organique et l'influence des litières forestières sur la minéralisation; 15) le métabolisme de l'urée; 16) la disponibilité de l'azote; 17) l'uréolyse, l'immobilisation, et la nitrification; 18) la minéralisation de l'urée; 19) l'ammonification de l'urée; 20) les facteurs affectant la solubilité de l'azote; 21) le mouvement de l'azote; 22) les facteurs influençant les pertes azotées par volatilisation et délavage et la pollution de l'air, de l'eau et du sol, et 23) la composition de la litière en débris provenant de la strate arborescente et arbustive, de la strate herbacée, et de la strate muscinale. Les méthodes suivies ont été les mêmes que précédemment (Roberge, Weetman, et Knowles, 1970; Roberge, 1971; 1975).

Nous ne présentons les résultats que pour certaines propriétés soit celles qui sont encore les plus affectées suite à l'application de fertilisants ou qui servent le plus à discuter et à comprendre ces propriétés. Les autres seront publiées ailleurs.

Le dispositif expérimental comprend deux groupes de parcelles échantillons à environ 2 km l'un de l'autre. Il n'y a qu'une parcelle de chaque traitement dans chacun des groupes. Ne sont présentés que les

résultats pour les parcelles non-éclaircies qui ont subi les traitements suivants: non fertilisées, fertilisées avec 255 kg/ha d'urée ou avec 255 kg/ha d'urée plus 224 kg/ha de sulfate de potassium. Les résultats obtenus avec 125 kg/ha d'urée sont généralement intermédiaires à ceux obtenus sans urée et à ceux obtenus avec 255 kg/ha d'urée. L'addition de K et de Mg sans urée ne montrait aucun changement par rapport aux résultats obtenus dans les parcelles non fertilisées. Les traitements pour lesquels nous présentons des résultats sont ceux qui ont le plus augmenté le rendement en bois de 1963 à 1972, soit 30% de plus que le témoin (Gagnon, Conway, et Swan, 1976).

RESULTATS

Le contenu en eau, la capacité de rétention en eau, la quantité d'humus, le pourcentage de matière organique, la concentration et la quantité de nitrate, et la composition de la litière n'ont pas été affectés par la fertilisation (Tableau 1). Les parcelles du groupe A et du groupe B, bien que quelque peu différentes par la plupart des propriétés physico-chimiques présentées, se sont comportées de façon identique vis-à-vis la fertilisation.

La quantité de matière organique, la concentration et la quantité d'azote total, le pH, la concentration et la quantité d'azote sous forme d'ammonium sont plus élevés là où du fertilisant a été ajouté il y a une dizaine d'années (Tableau 1). Le C/N y est par contre plus bas. Il n'y a pas de différence que l'urée ait été ajoutée seule ou en combinaison avec le sulfate de potassium.

C'est surtout la concentration et la quantité d'azote sous forme d'ammonium qui sont plus grandes où du fertilisant a été ajouté. La première est augmentée d'environ 70 ppm à 700, alors que la seconde est passée de 0.4 kg/ha à 5 (Tableau 1).

Tout ce qui a été observé dans la couche L de l'humus, l'a été aussi dans les couches F + H de l'humus (Tableau 2) et dans l'horizon minéral de surface (Tableau 3) excepté que la différence dans la concentration et la quantité d'azote sous forme d'ammonium est moins grande

avec et sans fertilisation. Par contre, la différence dans la quantité de matière organique et la quantité d'azote total est plus grande.

Le tableau 4 présente les résultats des mêmes propriétés indiquées aux tableaux 1, 2 et 3 pour l'horizon d'humus et pour l'horizon minéral de surface combinés, toujours par parcelle échantillon. Ces résultats se rapprochent beaucoup de ceux de l'horizon minéral de surface en ce qui concerne l'effet de la fertilisation sur la quantité de matière organique et la quantité d'azote total. Ils s'en éloignent quelque peu en ce qui concerne l'effet de la fertilisation sur la concentration et la quantité d'azote sous forme d'ammonium.

En fait, nous retrouvons dans les parcelles fertilisées une moyenne de 1340 kg/ha d'azote total et 1130 dans les parcelles non fertilisées. La différence est plus grande que la quantité d'azote ajouté en 1963, qui était de 110 kg/ha. Des 1340 et 1130 kg/ha d'azote total, 20 et 10 kg/ha étaient sous forme d'ammonium dans les parcelles fertilisées et non fertilisées, respectivement.

DISCUSSION

Matière organique

La plus grande quantité de matière organique, soit 38,000 kg/ha sans fertilisation et 46,000 kg/ha avec fertilisation, est à noter. Elle est quand même éloignée de celles des sapinières naturelles de Stoneham, Murdochville, Grande Vallée, et Forêt Montmorency, et de celle d'une pessière noire naturelle de Baie Comeau qui ont 103,600, 72,739, 76,100, 98,500 et 125,600 kg/ha de matière organique, respectivement (Roberge, Weetman, et Knowles, 1970; Roberge, 1971; 1975).

Cette grande quantité de matière organique est associée à une grande capacité de rétention en eau et d'échange en cations. Ces deux propriétés expliquent pourquoi peu d'eau de pluie traverse l'horizon de surface du sol, même en dehors de la saison de croissance, et pourquoi l'azote ajouté reste dans cet horizon.

Une plus grande quantité de matière organique et une grande capacité de rétention en eau permettent à l'horizon de surface du sol de constituer une réserve importante d'eau qui est à la disposition des arbres et des

Tableau 1. Propriétés physico-chimiques de la couche L de l'humus

Propriétés	Parcelles échantillons					
	Groupe A			Groupe B		
	Témoin	N	N+K	Témoin	N	N+K
Contenu en eau (ml/g)	2.0	1.8	3.3	3.1	4.3	2.9
Capacité de rétention en eau (ml/g)	5.3	5.6	7.2	6.2	7.5	6.5
Humus (1,000 kg/ha)	7	9	7	6	6	6
Matière organique (%)	90	90	90	92	93	93
Matière organique (1000 kg/ha)	6	8	6	5	6	5
Azote total (%)	2.1	2.1	2.2	2.0	2.1	2.1
C/N	22	22	18	24	23	23
pH	5.3	5.6	5.6	5.3	5.5	5.3
NH ₄ -N (ppm)	45	550	909	96	843	686
NO ₃ -N (ppm)	14	0	15	29	20	7
NH ₄ -N (kg/ha)	0.3	4.8	5.8	0.5	5.5	3.7
NO ₃ -N (kg/ha)	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0
Azote total (10 kg/ha)	15	18	15	12	13	13
Composition						
% mousses	67	57	58	53	63	50
% plantes	4	6	0	0	0	0
% autres	29	37	42	47	37	50

Tableau 2. Propriétés physico-chimiques des couches F + H de l'humus

Propriétés	Parcelles échantillons					
	Groupe A			Groupe B		
	Témoin	N	N+K	Témoin	N	N+K
Contenu en eau (ml/g)	1.6	1.4	1.8	1.8	1.9	2.1
Capacité de rétention en eau (ml/g)	2.8	3.0	3.6	3.5	2.9	4.7
Humus (1,000 kg/ha)	28	38	32	25	30	38
Matière organique (%)	53	52	50	60	56	62
Matière organique (1,000 kg/ha)	15	20	17	15	17	27
Azote total (%)	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7
C/N	18	18	18	20	19	20
pH	4.6	4.8	4.7	4.5	4.5	4.6
NH ₄ -N (ppm)	183	234	195	111	168	186
NO ₃ -N (ppm)	0	0	17	3	17	0
NH ₄ -N (kg/ha)	5.2	8.8	6.3	2.7	5.0	7.1
NO ₃ -N (kg/ha)	0	0	0.6	0.1	0.4	0
Azote total (10 kg/ha)	46	58	49	40	46	65

Tableau 3. Propriétés physico-chimiques de l'horizon minéral de surface

Propriétés	Parcelles échantillons					
	Groupe A			Groupe B		
	Témoin	N	N+K	Témoin	N	N+K
Contenu en eau (ml/g)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4
Capacité de rétention en eau (ml/g)	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0
Sol (1,000 kg/ha)	323	320	346	106	162	167
Matière organique (%)	8	8	8	9	9	11
Matière organique (1,000 kg/ha)	26	26	27	9	14	18
Azote total (%)	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3
C/N	17	17	17	20	19	20
pH	4.7	4.9	4.7	4.5	4.5	4.5
NH ₄ -N (ppm)	32	43	41	35	43	41
NO ₃ -N (ppm)	0	10	0	10	4	0
NH ₄ -N (kg/ha)	11	11	14	3.7	7.1	6.7
NO ₃ -N (kg/ha)	0	2.5	0	1.0	0.7	0
Azote total (10 kg/ha)	84	86	91	29	40	43

Tableau 4. Propriétés physico-chimiques des horizons de surface du sol
(humus et minéral)

Propriétés	Parcelles échantillons					
	Groupe A			Groupe B		
	Témoin	N	N+K	Témoin	N	N+K
Contenu en eau (ml/g)	0.5	0.5	0.5	0.7	0.6	0.7
Capacité de rétention en eau (ml/g)	1.0	1.2	1.2	1.5	1.3	1.6
Sol (1,000 kg/ha)	358	347	385	137	198	210
Matière organique (%)	13	16	14	20	17	21
Matière organique (1,000 kg/ha)	48	48	49	29	37	50
Azote total (%)	0.4	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5
C/N	17	17	17	20	19	20
pH	4.7	4.9	4.7	4.6	4.6	4.6
NH ₄ -N (ppm)	62	81	74	46	72	74
NO ₃ -N (ppm)	0	8	2	10	6	0
NH ₄ -N (kg/ha)	16	24	26	7	15	17
NO ₃ -N (kg/ha)	0.1	2.5	0.7	1.2	1.2	0
Azote total (10 kg/ha)	145	162	155	81	99	121

microorganismes. Cette réserve est d'autant plus importante que le sol est sableux et que la nappe phréatique est basse comme c'est le cas dans la plantation étudiée.

Plus d'eau disponible permet une meilleure croissance des plantes et des microorganismes. Il en résulte un cycle d'éléments nutritifs plus rapide et une croissance encore meilleure jusqu'au moment où elle devient constante, étant limitée à nouveau soit par un manque d'eau ou d'éléments nutritifs, soit par un manque d'espace physique. Une fertilisation appropriée remédie au manque d'éléments nutritifs et une éclaircie au manque d'espace physique. Dans la plantation étudiée, la fertilisation aurait été appropriée et aurait ainsi causé une augmentation de matière organique.

Azote total

La concentration et la quantité d'azote total, 0.4% et 1130 kg/ha sans fertilisation et 0.5% et 1340 kg/ha avec fertilisation, sont aussi à noter. Elles ne sont pas tellement éloignées de celles des sapinières naturelles de Stoneham, Murdochville, Grande Vallée et Forêt Montmorency, et de celle d'une pessière noire naturelle de Baie Comeau qui ont 1.0, 0.6, 0.8, 0.8, 0.9%, et 2300, 1220, 1171, 1520, 1039 kg/ha d'azote total, respectivement (Roberge, Weetman, et Knowles, 1970; Roberge, 1971; 1975).

Cette grande concentration et quantité d'azote total déjà présentes avant fertilisation font que l'addition de 110 kg/ha d'azote sous forme d'urée est difficile à déceler par l'analyse de l'azote total de l'horizon de surface du sol. On pourrait penser aussi que l'addition d'une si petite quantité d'azote à celle déjà présente ne change rien au statut nutritif du sol. Elle en abaisse pourtant le rapport C/N de sorte que, pour une même quantité de matière organique décomposée par les microorganismes, une plus grande quantité d'azote est rendue disponible pour les plantes.

Acidité

Le pH d'environ 4.7 est un peu plus élevé où du fertilisant a été appliqué qu'il ne l'est où rien n'a été appliqué. Il est aussi plus élevé que celui des sapinières naturelles de Stoneham, Murdochville et Forêt Montmorency, et de celui d'une pessière noire naturelle de Baie Comeau qui sont de 3.8, 4.0, 4.9, 4.0, et 3.3, respectivement. Mais il est plus bas

que celui de la sapinière naturelle de Grande Vallée qui est de 4.9 (Roberge, Weetman, et Knowles, 1970; Roberge, 1971; 1975).

La transformation de l'urée en ammonium entraîne une élévation du pH qui se maintient aussi longtemps qu'il y a de l'ammonium. Celui-ci peut être transformé en nitrate ou en azote organique par les microorganismes, absorbé par les plantes, ou délavé du sol.

L'épinette blanche, tout comme les autres résineux, préfère un sol à pH de 5.0 à 5.5. A ce pH, l'ammonium n'est pas transformé en nitrate, est mieux adsorbé sur le complexe adsorbant du sol, et peut être absorbé par les plantes. A ce pH, la disponibilité des autres éléments nutritifs majeurs est meilleure qu'à un pH plus bas, tandis que celle des éléments nutritifs mineurs est moins bonne en diminuant d'autant la toxicité possible.

Ammonium

Nous retrouvons de 2 à 10 fois plus d'azote sous forme d'ammonium où il y a eu de l'azote ajouté par rapport à où il n'y en a pas eu dépendant des couches de l'horizon de surface du sol ou de l'horizon de surface du sol considéré dans son entier. La quantité additionnelle d'ammonium est d'autant plus appréciable que les arbres n'absorbent que de 10 à 15 kg/ha d'azote par année et qu'un pH plus élevé associé à un C/N plus bas indique que plus d'azote organique est appelé à se transformer en ammonium après fertilisation.

La présence de beaucoup plus d'ammonium 10 ans après avoir appliqué de l'urée a aussi été observée dans une pessière noire naturelle de Baie Comeau (Armson, Krause, et Weetman, 1975). Tout indique qu'il en sera ainsi aussi dans les quatre sapinières, dans la pineraie grise et dans l'érablaie à sucre naturelle où de l'urée a été ajoutée il y a moins de 10 ans.

Croissance des épinettes blanches

La fertilité de l'horizon de surface du sol est plus élevée là où de l'urée a été appliquée. La croissance des arbres y a été, est, et devrait encore y être meilleure (Gagnon, Conway, et Swan, 1975).

REFERENCES

- Armson, K.A., H.H. Krause et G.F. Weetman. 1975. Fertilization response in the northern coniferous forest. In B. Bernier et C.H. Winget (eds.), Forest Soils and Forest Land Management, Les Presses de l'Université Laval, Québec. p.p. 449-466.
- Gagnon, J.D., J.M. Conway et H.S.D. Swan. 1976. Growth response following fertilizer application in the Grand'Mère plantations. For. Chron. 52: (Sous presse).
- Roberge, M.R., G.F. Weetman et R. Knowles. 1970. An ecological and microbiological study of urea fertilization and thinning in a black spruce stand. In C.T. Youngberg et C.B. Davey (eds.), Tree Growth and Forest Soils, Oregon State University Press, Corvallis. p.p. 73-96.
- Roberge, M.R. 1971. Observations sur le métabolisme de l'urée dans l'humus de trois sapinières du Québec. In J.D. Gagnon (ed.), Fertilisation des Sapinières Naturelles du Québec. Can. For. Res. Lab., Ste-Foy, Qué. Rapp. Inf. Q-F-X-14 p.p. 42-68.
- Roberge, M.R. 1975. Changements notés dans l'humus au cours de la lère saison de croissance après fertilisation. In M.R. Roberge et J.D. Gagnon (eds.), Essais de Fertilisation Aérienne à la Forêt Montmorency: Rapport d'Etape 1972-1974. Can. Centre Rech. For. Laurentides, Ste-Foy, Qué. Rapp. Inf. LAU-X-15 p.p. 37-39.

Roberge, M.R. La fertilité de l'horizon de surface du sol d'une plantation d'épinette blanche 10 ans après fertilisation. Can. Centre Rech. For. Laurentides, Ste-Foy, Qué. Rapp. Inf. LAU-X-17. 11 p.

This report shows where urea has been applied to plantations fertility was higher and growth of white spruce was superior.

Urée, Grand'Mère, matière organique, azote, acidité;
Urea, organic matter, nitrogen, acidity.

Roberge, M.R. La fertilité de l'horizon de surface du sol d'une plantation d'épinette blanche 10 ans après fertilisation. Can. Centre Rech. For. Laurentides, Ste-Foy, Qué. Rapp. Inf. LAU-X-17. 11 p.

This report shows where urea has been applied to plantations fertility was higher and growth of white spruce was superior.

Urée, Grand'Mère, matière organique, azote, acidité;
Urea, organic matter, nitrogen, acidity.

