GOUVERNEMENT DU QUÉBEC
MINISTÈRE DES TERRES ET FORÊTS
DIRECTION GÉNÉRALE DES FORÊTS
SERVICE DE LA RECHERCHE

MÉMOIRE N° 45

PROJET INTERPROVINCIAL DE FERTILISATION DES FORÊTS NATURELLES

I- EFFETS DE LA FERTILISATION SUR QUELQUES CARACTÉRISTIQUES DE SEPT SAPINIÈRES EN GASPÉSIE

par Jean-Marc Veilleux et Gilles Sheedy

JEAN-MARC VEILLEUX est bachelier ès sciences appliquées (foresterie) de l'université Laval depuis 1965 et maître ès sciences forestières de la même institution depuis 1975. En 1965, il entrait à la division des sols de l'ancien Bureau de sylviculture et de botanique du ministère des Terres et Forêts du Québec et, en 1967, il passait au Service de la recherche, à titre de chargé de recherches en fertilité des sols et reboisement.

GILLES SHEEDY a fait ses études à la faculté de Foresterie et de Géodésie de l'université Laval où il obtenait son baccalauréat en foresterie en 1969. Il est depuis lors à l'emploi du Service de la recherche du ministère des Terres et Forêts, à titre de chargé de recherches en fertilité et fertilisation des forêts. L'université Laval lui a décerné en 1976 le diplôme de Maître ès sciences forestières.

PROJET INTERPROVINCIAL DE FERTILISATION

DES FORETS NATURELLES

I - EFFETS DE LA FERTILISATION SUR QUELQUES CARACTERISTIQUES DE SEPT SAPINIERES EN GASPESIE

par

JEAN-MARC VEILLEUX et GILLES SHEEDY

MEMOIRE N° 45

SERVICE DE LA RECHERCHE

DIRECTION GENERALE DES FORETS

MINISTERE DES TERRES ET FORETS

1978

ERRATA & ADDENDA

page-parag.-ligne			
vii	1	4	...m^3/ha, ...
1	2	4	..., Hagner, 1967).
3	2	2	...Rowe(1959)
4	tab. 1 col. 1		longitude ouest
28	2	5	figures 4 et 5
31	1	8	figure 5
33	2	5	Veilleux, 1976
33	3	1	figures 6 à 11
37	1	1	placettes fertilisées en 1970
38	2	1	tableau 14
41	2	2	figure 12
43	1	5	tableau 17
43	2	6	teneurs en azote
43	3	4	Roberge (1976)
44	3	3	Gagnon, Roberge et Swan (1976)
49			FERLAND, M.G.
50	ajouter		WEETMAN, G.F., H.H. KRAUSE et E. KOLLER, 1976. *Résultats du premier remesurage quinquennal dans trente installations fertilisées en 1969, remesurées en 1974. Projet interprovincial de fertilisation des forêts naturelles.* Canada, Min. Env., Serv. Can. des For., Rap. tech. for. 16, 34 p.

Dépôt légal

Bibliothèque nationale du Québec

AVANT-PROPOS

Le Projet interprovincial de fertilisation des forêts naturelles a été proposé en 1968 par l'Institut canadien de recherches sur les pâtes et papiers. Ce projet couvre la majorité des provinces canadiennes à l'exception de Terre-Neuve, de l'Ile-du-Prince-Edouard et de la Colombie-Britannique et vise à connaître les réactions possibles à la fertilisation de nos essences résineuses les plus importantes en regard des possibilités d'utilisation de cette technique dans l'aménagement de nos forêts.

Le comité technique du projet comprend des représentants des ministères provinciaux impliqués, du ministère de l'Environnement du Canada, de l'Institut canadien de recherches sur les pâtes et papiers et des universités Laval, de Toronto et du Nouveau-Brunswick.

Tous les renseignements relatifs à l'historique, la conception, le dispositif expérimental et les méthodes de travail du Projet interprovincial de fertilisation des forêts naturelles sont contenus dans le rapport d'étape 1969-72 (Anon., 1973). Depuis 1968, un total de 80 dispositifs normalisés a été établi dans le cadre de ce projet

et les résultats d'accroissement du premier remesurage quinquennal d'une trentaine de ces installations ont été publiés par Weetman *et al.*, 1976.

RESUME

La fertilisation de sept stations représentatives de la sapinière à bouleau blanc, situées dans la péninsule gaspésienne, a donné des gains de croissance modérés après cinq ans. Les accroissements supplémentaires en volume total dus aux traitements s'échelonnent en moyenne entre 5,8 et 8,7 m^3/ha, soit 20 à 30 p. 100 d'augmentation. L'azote a été l'élément le plus efficace, ce qui confirme l'hypothèse d'une faible disponibilité de cet élément dans nos forêts.

Le nombre de recrus ainsi que la mortalité, qui affecte surtout les tiges des étages intermédiaires et supprimés, sont plus élevés dans les placettes fertilisées. En 1974, les dommages attribuables à la tordeuse des bourgeons de l'épinette, bien que très importants, n'auraient causé que peu de mortalité. Toutefois, ces dommages, qui affectent la croissance et la vitalité du sapin, atténuent la réaction à la fertilisation. Advenant que l'infestation de l'insecte progresse au cours des prochaines années, l'expérience serait fortement compromise.

Les analyses annuelles des aiguilles de l'année courante de même qu'une analyse des sols après la fertilisation ont permis de suivre et de connaître le devenir des engrais ajoutés au sol.

ABSTRACT

Fertilization of seven typical balsam fir white birch stands in the Gaspé Peninsula produced moderate growth increment after five years. Total volume increments due to the treatments have mean values between 5,8 and 8,7 m /ha, an increase of 20 to 30 p. 100. Nitrogen is the most efficient element, which confirms the hypothesis that this element is not very much available in our forests.

Number of new growths, and mortality which mostly affects stems in the intermediate and suppressed strata, are more important in the fertilized plots. In 1974, damages imputable to spruce budworm, though important, had caused very little mortality. But as they affect balsam fir growth and vitality, they attenuate response to fertilization. Should the insect epidemic make headway in the next few years, the experiment would be much jeopardized.

Annual analyses of the current-year needles as well as an analysis of the soil after fertilization have helped to follow and recognize the fate of fertilizers added to the soil.

TABLE DES MATIERES

page

AVANT-PROPOS iii

RESUME v

ABSTRACT vii

TABLE DES MATIERES ix

LISTE DES TABLEAUX xi

LISTE DES FIGURES xiii

INTRODUCTION 1

CHAPITRE I - MATERIEL ET METHODES EXPERIMENTALES 1

1.1 Description des stations 3
1.2 Dispositif expérimental 3
1.3 Plan de fertilisation 7
1.4 Observations météorologiques et précipitation 7
1.5 Récolte, préparation et analyse des tissus 7
1.6 Mesures de longueur et de poids des aiguilles 9
1.7 Echantillonnage du sol 11
1.8 Observations sur les dommages causés par la tordeuse des bourgeons de l'épinette 11
1.9 Compilations et analyses statistiques 12

CHAPITRE II - RESULTATS ET DISCUSSION 13

2.1 Résultats de croissance 15

2.1.1 Croissance après cinq ans 15
2.1.2 Accroissement en volume marchand dû aux recrus 17
2.1.3 Mortalité 17

page

2.2 Observations sur les dommages causés par la tordeuse 27
2.3 Variation en longueur et poids des aiguilles 28

2.3.1 Secteur Lemieux, 69-06 31
2.3.2 Secteur Chabot, 69-07 31

2.4 Analyses chimiques des aiguilles 31

2.4.1 Secteur Lemieux, 69-06 33
2.4.2 Secteur Chabot, 69-07 38
2.4.3 Secteurs Cuoq (69-01) et Horton (69-02). . . . 39

2.5 Azote total et azote ammoniacal des horizons du sol 39

2.5.1 Azote total, secteur Lemieux 41
2.5.2 Azote total, secteur Chabot 41
2.5.3 Azote ammoniacal, secteur Chabot 43
2.5.4 Comparaison des deux secteurs 43

CONCLUSION 45

BIBLIOGRAPHIE 49

APPENDICES 51

LISTE DES TABLEAUX

		page
Tableau 1	Localisation des secteurs expérimentaux et données climatiques prévalant dans les régions concernées	4
Tableau 2	Caractéristiques générales des stations	5
Tableau 3	Caractéristiques physico-chimiques des sols des stations étudiées	6
Tableau 4	Plan de fertilisation	8
Tableau 5	Précipitations hebdomadaires dans les installations fertilisées en 1970	10
Tableau 6	Effet de la fertilisation et accroissement quinquennal dans les sept sapinières de la Gaspésie	18
Tableau 7	Test de F (Scheffe). Analyses de variance et de covariance, comparaisons multiples pour les données du volume total (VT).	22
Tableau 8	Accroissement en volume marchand dû aux recrus au cours de la période de 5 ans (1969-1974).	23
Tableau 9	Pertes dues à la mortalité exprimée en volume total et marchand avec répartition du nombre d'arbres morts selon la classe d'étage et la classe de diamètre pour l'ensemble des placettes traitées comparées aux témoins dans chaque installation	24
Tableau 10	Evaluation des dommages causés par la tordeuse des bourgeons de l'épinette en 1975 et en 1976 dans les peuplements de sapins fertilisés en 1969	26

page

Tableau 11 Longueurs des aiguilles et nombre d'aiguilles par gramme chez le sapin baumier - Moyenne par traitement 29

Tableau 12 Test de F. Analyses de variance. Comparaisons multiples. Longueurs et poids des aiguilles de l'année courante du sapin baumier. Secteurs Lemieux, 69-06 et Chabot, 69-07 30

Tableau 13 Teneurs en azote, phosphore et potassium dans les aiguilles de l'année courante du sapin baumier 32

Tableau 14 Test de F. Analyses de variance. Comparaisons multiples. Analyses chimiques des aiguilles de l'année courante du sapin baumier. Secteurs Lemieux, 69-06 et Chabot, 69-07 34

Tableau 15 Teneurs en azote, phosphore et potassium dans les aiguilles de l'année courante du sapin baumier 35

Tableau 16 Test de F. Analyses de variance. Comparaisons multiples sur analyses chimiques des aiguilles de l'année courante du sapin baumier. Secteurs Cuoq, 69-01 et Horton, 69-02 36

Tableau 17 Teneur en azote total et azote ammoniacal des horizons du sol, quatre mois après la fertilisation 40

Tableau 18 Test de F de l'analyse de variance et test de Duncan. Azote N - total et azote N - ammoniacal des horizons du sol 42

LISTE DES FIGURES

		page
Figure 1	Localisation des secteurs	53
Figure 2	Réaction relative à la fertilisation. Accroissements quinquennaux en volume total des placettes fertilisées, exprimés en pourcentage par rapport à l'accroissement en volume total des placettes témoins	20
Figure 3	Accroissements moyens brut (o) et net (•) en volume total, pour les installations combinées durant la période de cinq ans après la fertilisation	21
Figure 4	Variation de la longueur des aiguilles (mm) de l'année courante·Tiers supérieur de la cime - Moyenne par traitement. Sapin baumier - Secteur expérimental Lemieux, 69-06	54
Figure 5	Variation du poids (n. d'aiguilles/g) des aiguilles de l'année courante. Tiers supérieur de la cime - Moyenne par traitement. Sapin baumier - Secteur expérimental Lemieux, 69-06	55
Figure 6	Variation de la concentration en azote (p. 100) des aiguilles de l'année courante. Tiers supérieur de la cime - Moyenne par traitement. Sapin baumier - Secteur expérimental Lemieux, 69-06	56
Figure 7	Variation de la concentration en phosphore (ppm) des aiguilles de l'année courante. Tiers supérieur de la cime - Moyenne par traitement. Sapin baumier - Secteur expérimental Lemieux, 69-06	57

page

Figure 8 Variation de la concentration en potassium (ppm) des aiguilles de l'année courante. Tiers supérieur de la cime - Moyenne par traitement. Sapin baumier - Secteur expérimental Lemieux, 69,06 58

Figure 9 Variation de la concentration en azote (p. 100) des aiguilles de l'année courante. Tiers supérieur de la cime - Moyenne par traitement. Sapin baumier - Secteur expérimental Cuoq, 69-01 59

Figure 10 Variation de la concentration en phosphore (ppm) des aiguilles de l'année courante. Tiers supérieur de la cime - Moyenne par traitement. Sapin baumier - Secteur expérimental Cuoq, 69-01 60

Figure 11 Variation de la concentration en potassium (ppm) des aiguilles de l'année courante. Tiers supérieur de la cime - Moyenne par traitement. Sapin baumier - Secteur expérimental Cuoq, 69-01 61

Figure 12 Variation de la concentration en azote total (p. 100) des horizons du sol, 4 mois après fertilisation - Secteur expérimental Lemieux 69-06 (Moyenne et écart type par traitement) 62

Figure 13 Variation de la concentration en azote total (p. 100) des horizons du sol, 4 mois après fertilisation - Secteur expérimental Chabot 69-07 (Moyenne et écart type par traitement) 63

INTRODUCTION

La demande globale et régionale des produits forestiers ainsi que les coûts de ces produits augmentent constamment alors que les superficies réservées à la production de matière ligneuse sont de plus en plus restreintes. Cette situation fait ressortir le besoin d'intervenir sur les peuplements naturels et artificiels afin d'augmenter la productivité de ces forêts et de réduire si possible l'âge d'exploitabilité des peuplements.

Parmi les techniques sylvicoles pouvant réduire le déficit réel ou éventuel de bois de certaines régions du Québec, il y a la fertilisation des forêts. On sait déjà que l'utilisation des engrais favorise la croissance des arbres (Armson *et al.*, 1975). Il reste cependant à évaluer biologiquement et économiquement les impacts de la fertilisation forestière en vérifiant systématiquement la réaction des peuplements à des traitements bien définis dans chaque section forestière ayant une importance économique. C'est devant ce besoin apparent que le projet interprovincial de fertilisation des forêts naturelles a vu le jour.

Ce projet a pour but de déterminer les effets possibles des engrais sur l'augmentation du taux de croissance des arbres dans un

peuplement naturel d'une essence, d'une classe d'âge et d'une classe de fertilité données et de déterminer le choix des engrais à utiliser et leur taux d'application.

De plus, des études complémentaires permettent de suivre, après la fertilisation, les variations de longueur et de poids des aiguilles, l'évolution des teneurs en éléments nutritifs du feuillage, les changements en azote total et en azote ammoniacal des sols dans deux dispositifs, l'effet sur la mortalité dans les peuplements et sur l'accroissement des recrus, ainsi que les relations, s'il y en a, avec le développement de la tordeuse des bourgeons de l'épinette.

Ce rapport donne un compte rendu des résultats quinquennaux de sept dispositifs normalisés de fertilisation. Ces dispositifs, établis en 1969 dans des peuplements de sapin baumier âgés de 45 à 65 ans, couvrent l'ensemble de la péninsule gaspésienne et ont été fertilisés au printemps 1970.

CHAPITRE I

MATERIEL ET METHODES EXPERIMENTALES

1.1 DESCRIPTION DES STATIONS

En 1969, sept sapinières étaient sélectionnées en vue d'essais de fertilisation manuelle s'inscrivant dans le cadre du Projet interprovincial de fertilisation des forêts naturelles. Ces secteurs expérimentaux ont été établis dans les régions de la péninsule gaspésienne, y compris le comté de Kamouraska-Témiscouata.

Selon la classification des régions forestières du Canada par J.S. Rowe (1972), six de ces stations se situent dans la région forestière boréale, section de la Gaspésie (B-2). L'autre, le secteur 69-07, se retrouve dans la région forestière des Grands-Lacs-et-du-Saint-Laurent, section L-6 de Témiscouata-Restigouche.

La localisation des secteurs expérimentaux et les conditions climatiques qui caractérisent les régions concernées sont consignées au tableau 1. D'autres détails particuliers aux peuplements sont présentés aux tableaux 2 et 3.

TABLEAU 1

LOCALISATION DES SECTEURS EXPERIMENTAUX ET DONNEES CLIMATIQUES[1] PREVALANT DANS LES REGIONS CONCERNEES

	Cuoq, 69-01	Horton. 69-02	Raudin, 69-03	Dufour, 69-04	Baldwin, 69-05	Lemieux, 69-06	Chabot, 69-07
lot	58-sud						
rang	III						IX
canton	Cuoq	réserve Horton	Raudin	Dufour	Baldwin	Lemieux	Chabot
comté	Matane	Rimouski	Gaspé	Bonaventure	Matane	Matane	Kamouraska-Témiscouata
latitude nord	48°31'	48°06'	48°23'	48°30'	48°43'	48°50'	47°23'
latitude ouest	67°07'	68°00'	64°56'	65°48'	66°10'	66°05'	69°25'
altitude (m)	365	380	335	425	275	396	274
exposition	nord-est	nord-est	nord-est	ouest	sud-est	est	ouest
pente	0 à 5 p.100	1 à 2 p.100	5 à 15 p.100	0,5 à 1 p.100	5 à 10 p.100	10 à 15 p.100	<1 p.100
température moyenne °C — annuelle	2,3	2,0	3,0	3,0	1,7	1,1	3,0
température moyenne °C — janvier	-13,8	-13,8	-12,0	-12,8	-13,6	-13,8	-12,2
température moyenne °C — juillet	17,4	17,0	17,8	16,7	15,5	15,0	18,3
Période sans gel (jours)	85	90	100	95	85	80	100
Précipitation mm — totale	88	96	100	100	102	102	102
Précipitation mm — neige	330	330	280	305	355	450	330

D'après FERLAND, M.G. et R.M. GAGNON, 1967. *Climat du Québec méridional.* Min. Rich. Nat., Québec, M.P. 13, 93 p.

TABLEAU 2

CARACTERISTIQUES GENERALES DES STATIONS

Caractéristiques	Cuoq (69-01)	Horton (69-02)	Raudin (69-03)	Dufour (69-04)	Baldwin (69-05)	Lemieux (69-06)	Chabot (69-07)
Dépôt	Moraine schisteuse	Moraine	Moraine d'ablation	Moraine	Moraine	Moraine	Fluvio-glaciaire
Type de sol	Podzol ferrique	Podzol ferrique	Podzol ferrique	Podzol ferrique orthique	Podzol gleyfié	Podzol humo-ferrique	Podzol humo-ferrique orthique
Drainage (NSSC)	2	3	2	2	4	3	2
Type de peuplement	Sapinière *Hylocomium-Oxalis*	Sapinière *Hylocomium-Oxalis*	Sapinière *Hypnum*	Sapinière *Hypnum*	Sapinière à Epn *Hypnum* – *Hylocomium*	Sapinière *Hylocomium* – *Cornus*	Sapinière *Hypnum* – *Hylocomium*
Physionomie	Sab: 90.6 p. 100 Epb: 6.9 p. 100 Bob: 2.5 p. 100	Sab: 93 p. 100 Epb: 4 p. 100 Bob: 3 p. 100	Sab: 86 p. 100 Epb: 4 p. 100 Bob: 9 p. 100 Boj: 1 p. 100	Sab: 72 p. 100 Epn: 14 p. 100 Bob: 14 p. 100	Sab: 91 p. 100 Epn: 14 p. 100 Bob: <1 p. 100	Sab: 98 p. 100 Epb: 2 p. 100 Bob: <1 p. 100	Sab: 89 p. 100 Epb: 10 p. 100 Bob: 1 p. 100
d.h.p.moyen	13,2 cm	11,4 cm	13,8 cm	11,0 cm	9,2 cm	11,0 cm	11,1 cm
Hauteur moy.	13,1 m	13,4 m	13,1 m	12,5 m	11,3 m	13,5 m	14,0 m
Age	50 ans	48 ans	60 ans	60 ans	60 ans	60 ans	55 ans
Indice de fertilité (Linteau)	II	II	II	III	III	II	II
Hauteur à 50 ans	13,1 m	13,7 m	11,6 m	10,4 m	9,1 m	10,7 m	12,2 m
Origine	Coupe	Coupe	Naturelle	Chablis	Coupe et chablis	Coupe et chablis	Coupe

TABLEAU 3

CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES SOLS DES STATIONS ETUDIEES

Secteur	Horizon	N total p. 100	Mat. org. p. 100	C/N	pH eau	P disp. T. moy. 1 ppm	Cations échangeables (ppm)				Texture (p. 100)			Classe texturale
							Mg	Mn	K	Ca	Sable	Limon	Argile	
Cuoq, 69-01	H	0,70	43,08	35,7	3,55	212	412	187	1175	3000	-	-	-	-
	Ae	0,05	0,97	11,3	3,65	traces	22	traces	39	30	40,0	42,0	18,0	glaise
	Bfh	0,29	9,60	19,2	4,25	24	49	14	80	2425	75,0	11,4	13,6	glaise sableuse
	Bf_1	0,14	1,93	8,0	4,95	traces	21	traces	52	21	51,0	31,4	17,6	glaise
	Bf_2	0,03	0,41	8,0	5,15	traces	16	traces	36	25	41,0	39,4	19,6	glaise
	C	0,02	0,33	9,5	5,00	16	12	traces	35	28	48,0	32,4	19,6	glaise
Horton, 69-02	H	1,41	68,83	28,3	3,80	272	37	1000	1250	1300	-	-	-	-
	Ae	0,08	1,57	11,4	3,75	traces	24	6	49	34	38,0	38,0	24,0	glaise
	Bf_1	0,26	6,27	14,0	4,60	44	19	34	75	14	73,0	12,0	15,0	glaise sableuse
	Bf_2	0,14	3,14	13,0	5,00	12	16	traces	46	21	63,0	19,0	18,0	glaise sableuse
	C	0,05	1,29	15,0	5,25	24	17	traces	41	28	51,0	24,0	25,0	glaise sablo-argileuse
Raudin, 69-03	H	1,30	78,22	34,9	3,25	132	39	54	825	1550	-	-	-	-
	Ae	0,05	1,00	11,6	3,40	traces	22	traces	46	28	44,6	37,0	18,4	glaise
	Bf_1	0,13	3,25	14,5	4,35	42	26	17	57	33	62,0	15,0	23,0	glaise sablo-argileuse
	Bf_2	0,06	1,93	18,7	5,00	32	17	traces	40	27	56,0	26,0	18,0	glaise sableuse
	C	0,03	0,29	5,7	5,75	540	51	7	40	325	57,0	20,0	23,0	glaise sablo-argileuse
Dufour, 69-04	H	1,44	74,97	30,2	3,00	132	70	105	1100	243	-	-	-	-
	Ae	0,08	2,12	15,4	3,80	12	27	traces	41	11	25,4	43,2	31,4	glaise argileuse
	Bf(h)	0,50	17,24	20,0	4,35	36	30	9	61	1	69,4	16,0	14,6	glaise sableuse
	Bf	0,34	9,38	16,0	4,60	42	21	4	54	4	68,6	13,0	18,4	glaise sableuse
	C	0,09	1,58	10,2	4,90	4	16	traces	37	27	42,6	37,2	20,2	glaise
Baldwin, 69-05	H	1,13	75,78	38,9	4,00	138	54	675	1225	3000	-	-	-	-
	Bg	0,10	2,65	15,4	5,20	20	12	4	61	258	46,6	21,0	32,4	glaise sablo-argileuse
	Cg	0,04	1,95	28,3	4,95	76	115	6	70	209	44,6	19,0	36,4	glaise argileuse
Lemieux, 69-06	H	1,20	84,61	40,9	4,40	240	1,33	1,50	2,91	18,00	-	-	-	-
	Bfh	0,21	6,58	18,2	4,75	36	0,57	0,13	0,47	2,25	69,4	16,0	14,6	glaise sableuse
	Bf_1	0,11	3,79	20,0	5,60	12	0,11	traces	0,41	2,63	63,6	22,8	13,6	glaise sableuse
	Bf_2	0,08	2,28	16,5	5,70	44	0,32	traces	0,09	0,57	61,6	24,0	14,4	glaise sableuse
	C	0,08	2,34	17,0	5,70	160	0,38	0.01	0,11	0,77	65,6	18,0	16,4	glaise sableuse
Chabot, 69-07	H	1,30	67,68	30,2	3,50	170	0,27	0,39	1,60	11,63	-	-	-	-
	Ae	0,09	1,15	7.4	3,45	4	0,18	traces	0,11	0,17	63,0	21,0	16,0	glaise sableuse
	Bfh	0,34	11,19	19,1	4,20	6	0,29	traces	0,16	0,04	76,0	7,0	17,0	glaise sableuse
	Bf_1	0,11	3,08	16,3	4,90	2	0,07	traces	0,05	0,04	72,0	12,0	16,0	glaise sableuse
	Bf_2	0,04	0,55	8,0	4,87	20	0,07	traces	0,04	0,07	72,0	13,0	15,0	glaise sableuse
	C	0,02	0,33	9,5	5,10	160	0,09	traces	0,04	0,12	84,0	4,0	12,0	sable glaiseux

1.2 DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Chaque installation comprend 2 blocs complets de 6 placettes circulaires de 0,04 ha de superficie; seuls les arbres vivants de 5 cm et plus et contenus dans une sous-placette intérieure circulaire de 0,02 ha furent mesurés et étiquetés. Le diamètre a été mesuré à 0,025 cm près et la hauteur, à 30,5 cm près. Les diamètres des arbres furent remesurés 5 ans après la fertilisation.

Dans deux installations (69-06 et 69-07), quatre placettes additionnelles ont été établies pour permettre l'étude de deux autres traitements.

1.3 PLAN DE FERTILISATION

Les traitements de fertilisation ont été assignés au hasard dans chaque bloc. L'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K) sont les éléments qui ont été appliqués selon les formes et les taux présentés au tableau 4.

La fertilisation s'est effectuée dès la fonte de la neige au printemps 1970, à l'aide d'un épandeur manuel de marque *Cyclone*.

Les engrais ont été appliqués uniformément dans chaque placette de 0,04 ha en effectuant deux passages successifs en sens opposé.

1.4 OBSERVATIONS METEOROLOGIQUES ET PRECIPITATION

Grâce à la collaboration du Service de météorologie du ministère des Richesses naturelles, nous avons installé un pluviomètre

TABLEAU 4

Plan de fertilisation

Traitement par bloc	Type d'engrais	Quantité d'élément
Témoin	Nil	Nil
N_1	Urée (45 p. 100 d'azote)	100 lb/ac de N (*112 kg/ha*)
N_2	Urée (45 p. 100 d'azote)	200 lb/ac de N (*224 kg/ha*)
N_2P	Urée (45 p. 100 d'azote) Triple superphosphate (45 p. 100 de P_2O_5)	200 lb/ac de N (*224 kg/ha*) 100 lb/ac de P (*112 kg/ha*)
N_2K	Urée (45 p. 100 d'azote) Muriate de potasse (KCl, 60,5 p. 100 de K_2O)	200 lb/ac de N (*224 kg/ha*) 100 lb/ac de K (*112 kg/ha*)
N_2PK	Urée (45 p. 100 d'azote) Triple superphosphate Muriate de potasse	200 lb/ac de N (*224 kg/ha*) 100 lb/ac de P (*112 kg/ha*) 100 lb/ac de K (*112 kg/ha*)
N_n (1)	Nitrate d'ammonium (NH_4NO_3), 34 p. 100 d'azote)	200 lb/ac de N (*224 kg/ha*)
N_s (1)	Sulfate d'ammonium $(NH_4)_2SO_4$ (20,5 p. 100 d'azote)	200 lb/ac de N (*224 kg/ha*)

(1) Traitements supplémentaires ajoutés dans les installations 69-06 et 69-07. Le dispositif normalisé du Projet interprovincial de fertilisation des forêts naturelles ne comprend que les 6 premiers traitements.

accumulateur aux abords de chaque installation fertilisée en 1970, une dizaine de jours avant la fertilisation.

Les lectures hebdomadaires furent relevées au cours de cinq semaines consécutives. Les données concernant les précipitations durant cette période sont présentées au tableau 5.

Nous avons complété notre information en consultant les données climatologiques journalières des stations météorologiques situées les plus près de nos installations, ce qui nous a permis de constater que, moins de 36 heures après la fertilisation, plus de 2,5 cm de pluie étaient tombés dans les installations 69-05 et 69-06.

1.5 RECOLTE, PREPARATION ET ANALYSE DES TISSUS

Dans les secteurs 69-06 et 69-07, les échantillons foliaires ont été prélevés durant les deux dernières semaines de septembre dans le tiers supérieur de la cime. Le premier échantillonnage a été effectué en 1969, à l'automne précédant la fertilisation, puis chaque année après la fertilisation jusqu'en 1973. Dans chaque peuplement étudié, six arbres dominants ou co-dominants par placette ont été échantillonnés. pour fins de comparaison, un échantillonnage a été effectué dans deux installations (69-01 et 69-02) l'année précédant la fertilisation (1969), en 1970 et en 1974 (5 ans après).

Tous les échantillons furent identifiés et conservés en chambre froide à 0°C avant d'être séchés pendant 24 heures à 65°C puis moulus à 20 mailles par un broyeur. Les échantillons ont été analysés au

TABLEAU 5

Précipitations hebdomadaires dans les installations fertilisées en 1970

Secteur expérimental	Date de fertilisation	Date d'installation des pluviomètres	Précipitations (cm)									
			1	Date	2	Date	3	Date	4	Date	5	Date
69-01	30/05/70	20/05	3,33	26/05	0,94	02/06	5,16	09/06	1,29	16/06	1,90	23/06
69-02	29/05/70	19/05	1,65	26/05	0,69	01/06	4,22	08/06	0,53	16/06	0,25	23/06
69-03	03/06/70	21/05	2,11	28/05	1,60	04/06	1,75	11/06	0,36	18/06	0,30	25/06
69-04	04/06/70	21/05	2,03	27/05	5,16	03/06	1,22	10/06	0,86	17/06	0,66	24/06
69-05	01/06/70	20/05	2,23	27/05	2,84	03/06	1,14	10/06	0,69	17/06	0,63	24/06
69-06	01/06/70	20/05	2,11	27/05	3,45	03/06	1,78	10/06	0,79	17/06	0,63	24/06
69-07	28/05/70	19/05	0,94	25/05	1,60	01/06	4,29	08/06	3,02	15/06	0,86	22/06

laboratoire du Service de la recherche du M.T.F. selon les méthodes usuelles (Martin, 1972).

1.6 MESURES DE LONGUEUR ET DE POIDS DES AIGUILLES

Des mesures de poids et de longueur furent effectuées sur les échantillons foliaires prélevés à l'automne de 1970, 71, 72 et 73, dans les installations 69-06 et 69-07. Le poids, à 0,1 mg près, de 200 aiguilles et la longueur en millimètres de 25 aiguilles ont été déterminés pour chaque échantillon.

1.7 ECHANTILLONNAGE DU SOL

Un échantillonnage du sol fut effectué dans chaque dispositif de fertilisation pour mieux caractériser la station et le type de sol. Les analyses ont été effectuées selon les méthodes utilisées au laboratoire du Service de la recherche (Martin, 1972) et les résultats sont présentés au tableau 2.

Dans les secteurs Lemieux (69-06) et Chabot (69-07), les sols ont été échantillonnés quatre mois après la fertilisation pour analyser leurs teneurs en azote total et en azote ammoniacal. Ces études complémentaires pourraient nous renseigner sur le devenir des différentes formes d'engrais azotés ajoutés au sol en forêt naturelle.

Ces analyses de l'azote sous les formes N total et N ammoniacal ont été réalisées sur des échantillons provenant de 10 profils par placette. Prélevés au moyen d'un emporte-pièce (15,2 cm de diamètre par 15,2 cm de profondeur), les échantillons étaient constitués essentiellement des horizons organiques de surface, de l'horizon Ae (secteur

69-07 seulement) et de la partie supérieure de l'horizon Bfh. Jusqu'au moment de l'analyse, les échantillons ont été conservés séparément dans des sacs de polyéthylène identifiés, à une température de 0°C.

Les échantillons d'humus et de sol minéral ont d'abord été séchés à l'air de la température ambiante, puis tamisés à la fraction < 2 mm. La terre fine a été homogénisée avant d'être conservée dans des contenants de carton paraffiné. L'azote total des échantillons de sol a été dosé par la méthode Kjeldahl tandis que l'azote ammoniacal était analysé selon Bremner et Shaw (1955). L'azote ammoniacal n'a pu être déterminé sur les échantillons provenant du secteur Lemieux (69-06) par suite d'une contamination avant l'analyse.

1.8 OBSERVATIONS SUR LES DOMMAGES CAUSES PAR LA TORDEUSE DES BOURGEONS DE L'EPINETTE

Chacune des placettes des installations fertilisées de la Gaspésie a été échantillonnée à l'automne de 1975 et de 1976 pour évaluer les dommages causés par la tordeuse des bourgeons de l'épinette.

Cette évaluation a été faite en prélevant une branche dans la partie supérieure du tiers central de la cime de quatre arbres par placette. On notait alors, pour chacune des branches récoltées, la présence des bourgeons apicaux et la défoliation sur les trois pousses terminales de l'année. Cette méthode d'évaluation est basée sur celle qu'utilise le Service d'entomologie et de pathologie du M.T.F. pour évaluer la protection accordée au sapin baumier par les pulvérisations aériennes contre la tordeuse et qui a été décrite par Dorais et Hardy (1976).

Le but principal de ces évaluations est de relier la perte éventuelle de vigueur des peuplements affectés par la tordeuse et leur réaction à la fertilisation.

Les résultats des observations sur la tordeuse seront présentés avec les résultats de croissance et pourront être discutés par la suite.

1.9 COMPILATIONS ET ANALYSES STATISTIQUES

Les résultats de croissance ainsi que les analyses statistiques de ces données sont tirés du rapport de Weetman, Krause et Koller (1976). Les données ont fait l'objet d'une analyse de variance et de covariance; par la suite, les résultats ont été soumis au test de Scheffé (1959).

Les résultats des études physiques et des analyses chimiques du feuillage ainsi que les données des analyses de l'azote des sols ont été soumis à des analyses de variance. Par la suite, le test de Duncan ou les comparaisons multiples avec un seul degré de liberté (Steel et Torris, 1960) ont été utilisés pour identifier les traitements significatifs.

CHAPITRE II

RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats de nos différentes études et observations sont présentés en cinq parties: 1) les accroissements en diamètre, en surface terrière et en volumes total et marchand (dans la présentation de ces résultats, on tiendra compte de la mortalité ainsi que de l'augmentation du volume marchand due aux recrues); 2) les observations sur la défoliation par la tordeuse des bourgeons de l'épinette; 3) les variations en longueur et en poids des aiguilles; 4) la concentration en éléments minéraux dans les aiguilles; 5) les contenus en azote total et ammoniacal des sols.

2.1 RESULTATS DE CROISSANCE

2.1.1 Croissance après cinq ans

Les résultats qui concernent le d.h.p., la surface terrière, le volume total et le volume marchand, par traitement et par installation, sont

présentés au tableau 6. Les résultats des analyses statistiques sur ces données sont consignés au tableau 7. Les figures 2 et 3 montrent les réactions en volume total brut et net pour les traitements de fertilisation appliqués.

Les données combinées des installations montrent des accroissements appréciables après la fertilisation. Ces accroissements par rapport au témoin et dûs aux traitements de fertilisation, sont de l'ordre de 0,8 à 1,2 m^2/ha (18,5 à 27,9 p. 100) en surface terrière et de 5,8 à 8,7 m^3/ha (18,4 à 27,7 p. 100) en volume total (figure 2). Ainsi, pour le traitement N_2, le volume total s'est accru de 7,4 m^3/ha (24 p. 100) tandis que le phosphore et le potassium ajoutés à N_2 résultent en des accroissements supplémentaires du volume total de 0,8, 1,3 et 1,0 m^3/ha respectivement pour les traitements N_2P, N_2K et N_2PK; d'ailleurs, c'est le traitement N_2K qui semble le meilleur en moyenne.

Le test des comparaisons multiples ne montre pas de différence significative entre le traitement N_1 et les traitements N_2, N_2K, N_2P et N_2PK.

Les résultats varient grandement avec chacune des installations; ainsi, les résultats obtenus pour le volume total passent de 2,2 m^3/ha à 17,6 m^3/ha respectivement pour les installations 7 et 5.

Les meilleures réactions ont été obtenues avec N_2K dans trois installations, avec N_2 dans trois autres et avec N_2P dans la dernière.

Les valeurs de F pour chaque installation varient de 0,67 à 14,09. Il n'y a pas de différence significative de croissance entre les traitements pour les installations 1, 2, 3, 4 et 7.

Les traitements avec le nitrate d'ammonium et le sulfate d'ammonium appliqués dans deux installations (6 et 7) ont donné des résultats comparables à ceux du traitement N_2K. De plus, il n'y a pas de différence significative entre les traitements N_1, N_2, N_n et N_s.

2.1.2 Accroissement en volume marchand dû aux recrus

La plupart des peuplements montrent un nombre élevé de recrus qui atteignent les classes de diamètre marchand. Les accroissements en volume marchand dû aux recrus pour la période de 1969 à 1974 sont consignés au tableau 8. En moyenne, les accroissements en volume marchand sont plus élevés pour les traitements de fertilisation. Dans les peuplements où le nombre de tiges est élevé et le d.h.p. faible, on constate que la réaction à la fertilisation au niveau du volume marchand est souvent supérieure à celle du volume total.

2.1.3 Mortalité

La mortalité observée varie beaucoup selon les peuplements. Parfois, les pertes en volumes dues à la mortalité sont plus grandes que les gains attribués à la fertilisation (secteurs 1, 2 et 7). Jusqu'à maintenant, il est impossible de faire ressortir un effet consistant des engrais sur la mortalité, parce que dans quelques installations, les placettes traitées montrent une mortalité plus élevée tandis qu'ailleurs, les pertes sont plus grandes dans les placettes témoins. La figure 3

TABLEAU 6

EFFET DE LA FERTILISATION ET ACCROISSEMENT QUINQUENNAL

DANS LES SEPT SAPINIERES DE LA GASPESIE

Secteur	Paramètres du peuplement	Témoin			Accroissement supplémentaire dû aux traitements				
		Initial	Final	Accr.	N_1	N_2	N_2P	N_2K	N_2PK
69-01 Cuoq	d.h.p., *cm*	13,3	13,9	0,6					
	ST, m^2/ha	45,2	49,4	4,0	1,1	1,0	2,1	2,2	1,5
	VT, m^3/ha	310,1	341,7	31,6	6,3	8,0	15,7	15,5	12,2
	VM, m^3/ha	251,7	282,0	30,3	7,8	7,6	16,6	17,0	11,6
69-02 Horton	d.h.p., *cm*	12,1	12,6	0,5					
	ST, m^2/ha	40,2	44,1	4,0	0,5	0,5	0,2	1,5	1,2
	VT, m^3/ha	259,2	290,1	30,9	2,8	3,1	1,6	10,5	7,9
	VM, m^3/ha	203,1	233,0	29,9	3,5	7,6	2,0	11,8	11,3
69-03 Raudin	d.h.p., *cm*	13,8	14,5	0,7					
	ST, m^2/ha	37	41	4,2	0,8	1,0	0,7	0,9	0,7
	VT, m^3/ha	235	267	32	5,4	7,6	4,5	6,3	5,5
	VM, m^3/ha	197	228	31	4,5	7,3	3,4	6,3	3,9
69-04 Dufour	d.h.p., *cm*	10,9	11,4	0,5					
	ST, m^2/ha	44,5	48,4	3,8	0,5	1,6	1,0	1,2	0,6
	VT, m^3/ha	275,5	301,4	26,0	3,0	10,8	7,5	8,3	3,4
	VM, m^3/ha	200,2	225,6	25,4	3,6	12,5	6,9	12,1	5,0

TABLEAU 6 (suite)

Secteur	Paramètres du peuplement[1]	Témoin			Accroissement supplémentaire dû aux traitements						
		Initial	Final	Accr.	N_1	N_2	N_2P	N_2K	N_2PK		
69-05 Baldwin	d.h.p., *cm*	8,6	9,1	0,5							
	ST, m^2/ha	40,6	45,7	5,1	1,4	1,3	2,5	1,2	2,3		
	VT, m^3/ha	237,4	272,2	34,8	10,6	10,3	17,6	8,6	16,2		
	VM, m^3/ha	116,8	152,8	36,0	10,1	9,4	18,8	7,8	14,8		
										N_n[2]	N_s[3]
69-06 Lemieux	d.h.p., *cm*	9,9	10,4	0,5							
	ST, m^2/ha	40,4	45,2	4,8	1,6	2,4	1,1	1,2	1,5	1,7	0,9
	VT, m^3/ha	243,4	275,5	32,1	14,8	15,5	8,5	9,4	14,5	14,3	10,0
	VM, m^3/ha	154,8	187,8	33,0	13,0	21,0	6,6	10,6	12,7	13,5	8,5
69-07 Chabot	d.h.p., *cm*	10,3	10,9	0,6							
	ST, m^2/ha	42,7	47,3	4,6	-0,3	-0,6	0,2	0,2	-0,2	0,1	0,5
	VT, m^3/ha	261,6	294,3	32,6	-2,2	-3,8	2,1	2,2	-1,1	2,6	4,5
	VM, m^3/ha	174,0	208,5	34,5	-2,3	-4,7	0,6	1,5	-2,1	1,2	3,5
Moyenne	d.h.p., *cm*	11,3	11,8	0,6							
	ST, m^2/ha	41,5	45,9	4,3	0,8	1,0	1,1	1,2	1,1	0,9	0,7
	VT, m^3/ha	260,3	291,7	31,4	5,8	7,4	8,2	8,7	8,4	8,4	7,2
	VM, m^3/ha	185,4	216,8	31,4	5,7	8,7	7,8	9,6	8,2	7,3	6,0

[1] Paramètres: d.h.p.: diamètre à hauteur de poitrine
ST : surface terrière
VT : volume total
VM : volume marchand

[2] N_n: Traitement supplémentaire avec le nitrate d'ammonium.
[3] N_s: Traitement supplémentaire avec le sulfate d'ammonium.

FIGURE 2

p. 100

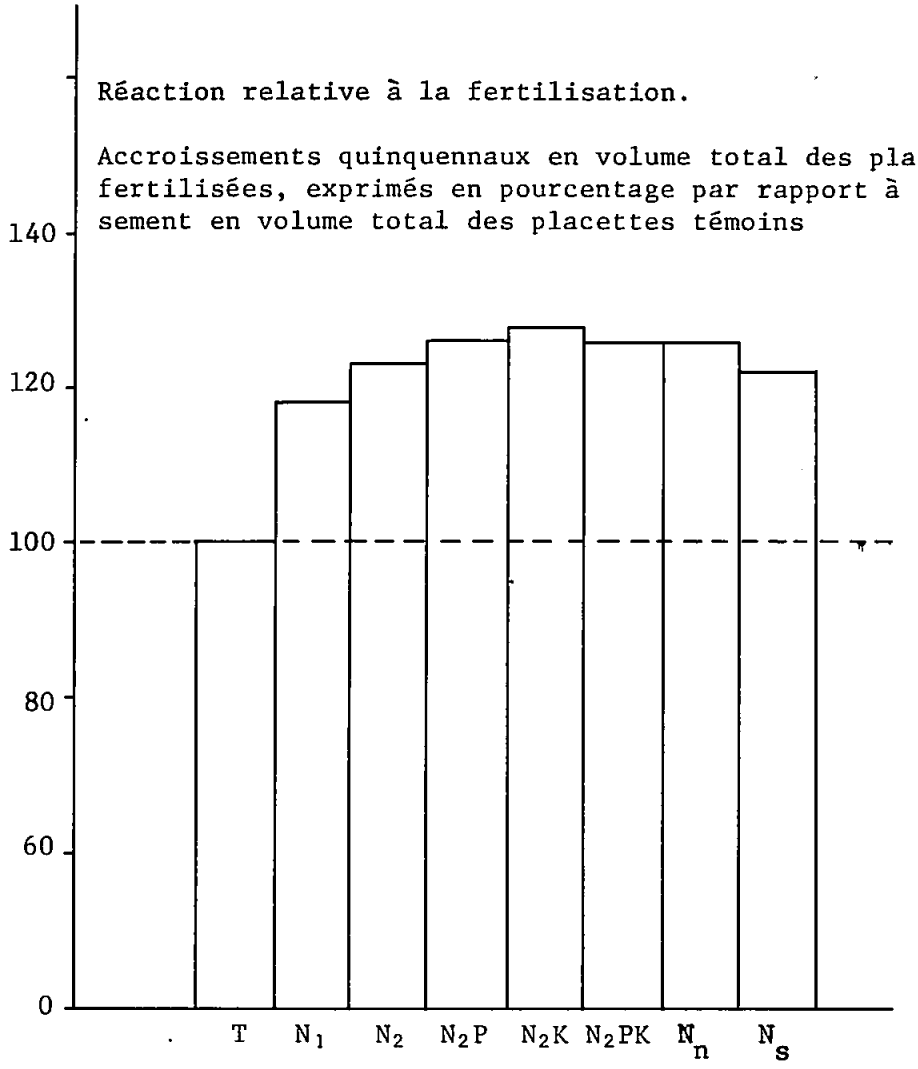


FIGURE 3

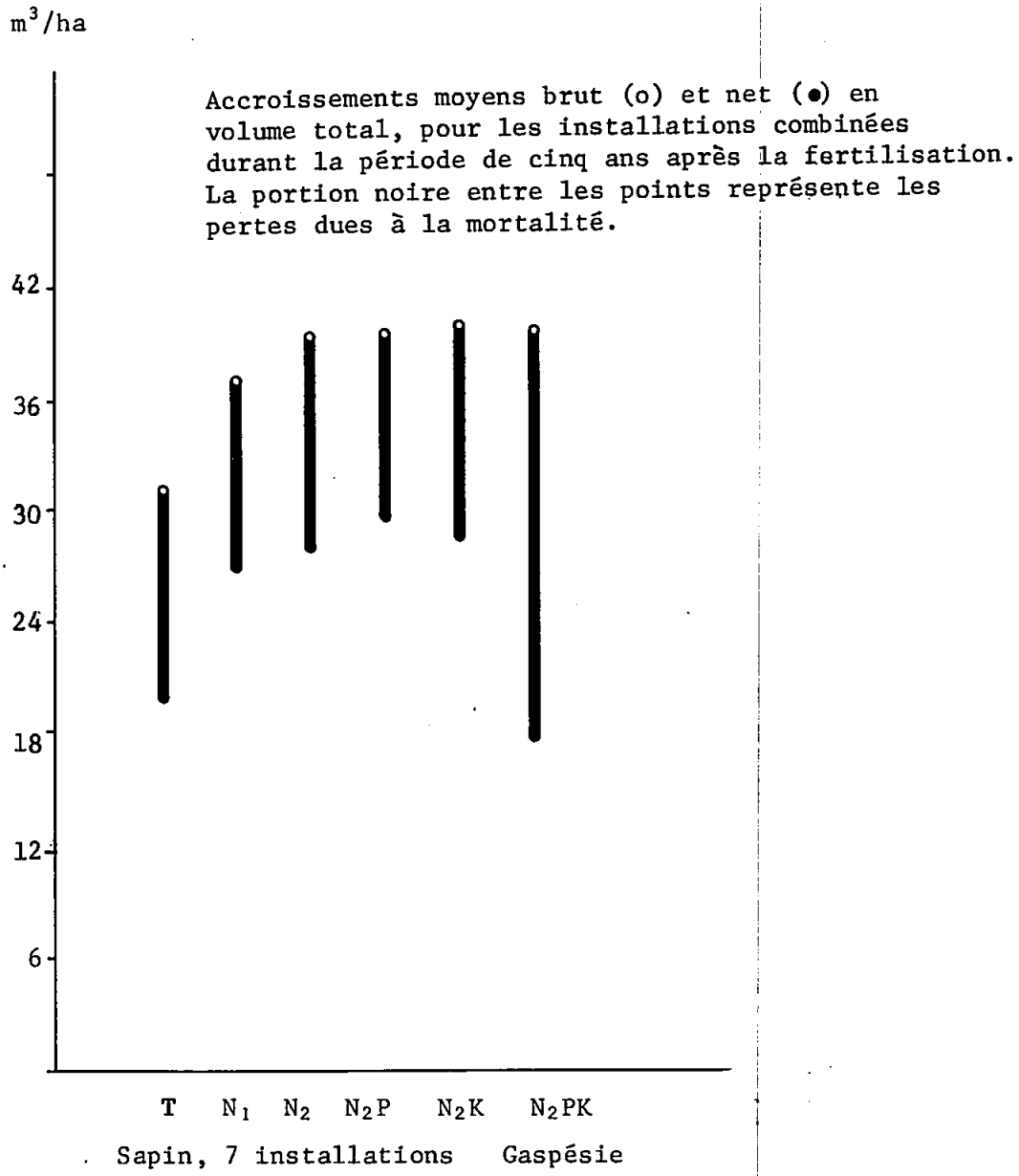

m³/ha
Accroissements moyens brut (o) et net (•) en volume total, pour les installations combinées durant la période de cinq ans après la fertilisation. La portion noire entre les points représente les pertes dues à la mortalité.
42
36
30
24
18
12
6
T
N1
N2
N2P
N2K
N2PK
Sapin, 7 installations Gaspésie

TABLEAU 7

TEST DE F (SCHEFFE). ANALYSES DE VARIANCE ET DE COVARIANCE, COMPARAISONS MULTIPLES POUR LES DONNEES DU VOLUME TOTAL (VT)

Secteurs	F[1]	Traitement par ordre croissant (Volume total)[2]							
Sapin baumier									
69-01	3,45	Témoin	N_1	N_2	N_2PK	N_2P	N_2K		
69-02	2,31	Témoin	N_2P	N_1	N_2	N_2PK	N_2K		
69-03	0,67	Témoin	N_2P	N_1	N_2PK	N_2K	N_2		
69-04	2,08	Témoin	N_1	N_2PK	N_2P	N_2K	N_2		
69-05	14,09**	Témoin	N_2K	N_2	N_1	N_2PK	N_2P		
69-06	7,72*	Témoin	N_2P	N_2K	N_s	N_n	N_2PK	N_1	N_2
69-07	1,37	N_2	N_1	N_2PK	Témoin	N_2P	N_2K	N_n	N_s
Ensemble des installations	7,66 *	Témoin	N_1	N_2	N_2PK	N_2P	N_2K		

1. F: La valeur de F obtenue par analyse de covariance est soulignée.

2. : Les traitements reliés par une même ligne ne sont pas significatifs au niveau P = 0,1

* significatif à P = 0,05

** significatif à P = 0,01

TABLEAU 8

ACCROISSEMENT EN VOLUME MARCHAND DU AUX RECRUS

AU COURS DE LA PERIODE DE 5 ANS (1969-1974)

Secteur	Traitements					
	Témoin	N_1	N_2	N_2P	N_2K	N_2PK
SAPIN						
69-01 m^3/ha	0,6	3,1	0	1,8	2,4	0
69-02 m^3/ha	1,8	3,6	0,9	3,8	5,3	6,4
69-03 m^3/ha	1,2	0,6	1,3	0,6	1,9	0
69-04 m^3/ha	2,1	3,4	4,1	0,6	6,6	4,5
69-05 m^3/ha	12,2	11,5	12,0	16,6	13,9	15,5
69-06 m^3/ha	5,1	2,2	14,2	3,5	7,1	1,7
69-07 m^3/ha	6,3	5,5	3,2	3,2	5,0	3,5
MOYENNE						
m^3/ha	4,2	4,3	5,1	4,3	6,0	4,4

Tableau 9

Pertes dues à la mortalité exprimée en volumes total et marchand avec répartition du nombre d'arbres morts selon la classe d'étage et la classe de diamètre pour l'ensemble des placettes traitées comparées aux témoins dans chaque installation

Secteur no	P.E.P.	Répartition du nombre de tiges/ha selon l'étage[1] D	C-D	I	S	Autres	Total /ha	p. 100	Répartition du nombre de tiges/ha selon le D.H.P. non-marchandes	marchandes	d.h.p.[2] moyen cm	Vol. total m^3/ha	Vol. marchand m^3/ha
69-01 Cuoq	Témoins	0	125	150	225	0	500	13,2	275	225	9,78	28,02	20,04
	Traitées	5	25	120	400	0	550	13,0	405	145	7,92	18,51	9,66
69-02 Horton	Témoins	25	0	125	297	173	620	16,0	500	120	7,14	13,15	7,85
	Traitées	0	5	84	415	59	563	12,6	500	63	7,09	11,48	6,57
69-03 Raudin	Témoins	0	25	49	124	74	272	10,5	198	74	8,08	10,50	6,98
	Traitées	0	30	64	237	74	405	14,7	282	123	7,77	13,12	7,98
	N_2PK[3]	297	741	297	494	99	1 928	61,9	544	1 384	11,71	140,72	106,12
69-04 Dufour	Témoins	0	25	25	247	297	593	12,5	494	99	7,54	16,10	4,09
	Traitées	5	35	109	415	163	727	13,0	657	70	6,81	16,53	2,68
69-05 Baldwin	Témoins	0	25	99	296	0	420	6,2	395	25	6,15	6,69	0,49
	Traitées	15	15	114	242	15	400	6,5	375	25	6,32	7,58	1,87
69-06 Lemieux	Témoins	0	0	49	74	0	123	2,5	99	24	6,86	2,98	0,64
	Traitées	5	30	89	79	0	203	4,2	168	35	7,39	5,46	1,05
69-07 Chabot	Témoins	0	49	99	0	0	148	3,1	148	0	7,21	3,22	0,00
	Traitées	0	40	118	84	0	242	6,0	188	54	7,52	6,42	1,92
Moyenne	Témoins	4	35	84	180	77	380	8 5	299	81	7,64	11,52	5,72
	Traitées	4	27	99	267	45	440	9 6	368	72	7,21	11,30	4,53

[1] Classes d'étage: D: dominants; CD: co-dominants; I: intermédiaires; S: supprimés; Autres: penchés ou étêtés.
[2] d.h.p. moyen des arbres morts marchands et non marchands.
[3] Placette d'échantillonnage montrant un taux de mortalité anormal dû à la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Ces données ont été exclues des calculs.

montre les accroissements brut et net en volume total pour l'ensemble des sept installations de sapin, au cours des cinq premières années après la fertilisation. La différence entre les deux accroissements représente la mortalité.

Cependant, le tableau 9 fait ressortir que la majorité des tiges mortes se retrouvent dans les étages intermédiaire et supprimé et que la plupart de ces arbres morts ne sont pas marchands. En moyenne, il semble que la mortalité soit plus élevée chez les tiges supprimées et intermédiaires des placettes traitées. D'ailleurs, pour ces dernières, le taux moyen de mortalité des tiges est de 9,6 pour cent comparativement à 8,5 pour cent dans les témoins. Toutefois, il est impossible de préciser lequel des traitements produit un effet consistant pour accélérer la mortalité de ces tiges pour la plupart non marchandes.

La mortalité qui affecte la majorité des tiges marchandes des étages dominants et co-dominants est attribuable principalement aux arbres renversés ou cassés par le vent, la neige ou la glace. En 1974, la mortalité attribuable à la tordeuse des bourgeons de l'épinette était négligeable, sauf dans l'installation 69-03 (Raudin) où les dommages sont particulièrement élevés dans une des placettes puisque 61,9 pour cent des arbres sont morts. Cette placette d'échantillonnage serait située en plein épicentre d'une épidémie de la tordeuse.

TABLEAU 10

EVALUATION DES DOMMAGES CAUSES PAR LA TORDEUSE DES BOURGEONS DE L'EPINETTE EN 1975 ET EN 1976 DANS LES PEUPLEMENTS DE SAPINS FERTILISES EN 1969

Secteur No	Défoliation (p. 100) 1974 - 1975 - 1976			Bourgeon (p. 100) 1975 - 1976		Indice de santé (p. 100) 1975 - 1976		Perte de vigueur annuelle (p. 100) 1976
69-01	43	97	100	59	100	69	100	103
69-02	60	97	100	37	100	51	100	103
69-03	95	100	88	100	29	100	43	négative
69-04	91	100	88	100	39	100	33	négative
69-05	37	90	98	67	69	74	77	32
69-06	27	79	98	25	91	37	93	110
** 69-07	65	99	-	93	-	94	-	-

Bourgeons: pourcentage de bourgeons attaqués.

Indice de santé: une valeur 0 indique que le peuplement n'a pas subi de dommages importants.

Perte de vigueur annuelle: une valeur négative indique que la santé du peuplement s'est améliorée.

** Le secteur 69-07 n'a pu être échantillonné en 1976 mais semblait presque autant attaqué que l'année précédente.

2.2 OBSERVATIONS SUR LES DOMMAGES CAUSES PAR LA TORDEUSE

Les infestations de la tordeuse des bourgeons de l'épinette ont commencé en Gaspésie en 1973. Nos observations sur cet insecte effectuées en 1975 et en 1976, ne portaient que sur 4 arbres par placettes, dans chaque peuplement (Sheedy, 1977). Ces renseignements nous permettent d'évaluer les dommages causés aux peuplements fertilisés mais ne nous permettent pas d'établir de relations entre les dommages causés par la tordeuse et les traitements de fertilisation appliqués. D'autre part, on peut affirmer que les pertes en volume dues à la mortalité, observées dans ces peuplements lors du remesurage quinquennal de 1974, ne peuvent être attribuées à la tordeuse des bourgeons de l'épinette.

Les résultats des observations sur les dommages causés par la tordeuse des bourgeons de l'épinette sont présentés au tableau 10. Ces résultats montrent que tous les peuplements étudiés ont subi des dommages par la tordeuse en 1974, en 1975 et en 1976. Cette constatation nous laisse croire que la vitalité et la croissance de ces peuplements ont été compromises durant ces années et que les effets escomptés des traitements de fertilisation sur ces peuplements pourraient être passablement réduits si les attaques de la tordeuse se poursuivent.

L'ampleur des dommages varie selon les installations et selon les années d'échantillonnage. Ainsi, les installations 3 et 4 ont été moins attaquées en 1976 qu'en 1974 et 1975, ce qui explique pourquoi ces installations n'ont pas subi de perte de vigueur en 1976 alors que la plupart des autres peuplements ont subi une perte de vigueur importante cette année-là (installations 1, 2 et 6).

D'autre part, les résultats du remesurage quinquennal de 1974 montrent que les traitements de fertilisation n'ont pas affecté significativement la croissance des arbres dans les installations 3, 4 et 7 et que la mortalité dans certaines de ces installations était suffisante pour annuler les gains dus à la fertilisation; il est intéressant de constater que ces installations étaient fortement défoliées par la tordeuse en 1974. Il semble donc que, si les conditions climatiques favorisent encore les attaques de la tordeuse en Gaspésie durant quelques années, il pourrait être décevant de rechercher des effets de la fertilisation sur ces peuplements.

2.3 VARIATION EN LONGUEUR ET POIDS DES AIGUILLES

Pour les deux stations étudiées (69-06 et 69-07), les données relatives à la longueur et au poids des aiguilles du sapin (nombre d'aiguilles par gramme) apparaissent au tableau 11. Les variations de ces caractéristiques pour les aiguilles de l'année courante du secteur 69-06, prélevées de 1970 à 1973, sont présentées aux figures 5 et 6. Celles-ci permettent en outre de visualiser les variations possibles, selon les traitements, au cours des années successives d'échantillonnage. Ces mesures n'ont pas été effectuées sur les tissus prélevés en 1969.

Les analyses de variance, avec comparaisons multiples pour chacune des deux variables dépendantes, ont permis de déceler les effets des traitements. Au tableau 12, pour les deux secteurs étudiés, sont consignées les valeurs de F relatives à la longueur et au poids des aiguilles de l'année courante (1970 à 1973).

TABLEAU 11

LONGUEURS DES AIGUILLES ET NOMBRE D'AIGUILLES PAR GRAMME CHEZ LE SAPIN BAUMIER - MOYENNE PAR TRAITEMENT

	TRAIT.	LEMIEUX 69-06				CHABOT 69-07			
		1970	1971	1972	1973	1970	1971	1972	1973
Longueur des aiguilles en mm[1]	Témoin	10	13	14	11	10	13	15	10
	N_1	12	17	18	11	11	14	16	11
	N_2	11	17	18	13	10	14	16	11
	N_2P	11	17	18	12	11	15	17	12
	N_2K	11	16	19	12	10	14	16	12
	N_2PK	11	19	18	12	10	15	17	12
	N_n	11	17	18	12	10	15	17	12
	N_s	11	18	19	13	10	17	17	11
Nombre d'aiguilles /gramme[2]	Témoin	423	274	266	421	451	338	369	494
	N_1	307	215	199	395	409	266	330	497
	N_2	356	194	181	332	422	273	325	483
	N_2P	306	174	171	336	414	221	284	423
	N_2K	305	193	188	332	417	237	301	412
	N_2PK	337	171	172	351	417	225	302	491
	N_n	329	216	218	412	402	266	327	456
	N_s	298	180	164	346	407	236	298	494

[1] Longueurs moyennes des aiguilles exprimées en mm, 25 aiguilles/arbre.

[2] Calculé à partir du poids moyen (en grammes) de 200 aiguilles/arbre.

TABLEAU 12

TEST DE F. ANALYSES DE VARIANCE. COMPARAISONS MULTIPLES.
LONGUEURS ET POIDS DES AIGUILLES DE L'ANNEE COURANTE DU SAPIN BAUMIER

Secteurs Lemieux, 69-06 et Chabot, 69-07

Composantes		Lemieux, 69-06		Chabot, 69-07	
		Longueur	Poids	Longueur	Poids
1. Analyse de variance	NDL				
A. Années	3	146,62**	157,25**	70,02**	61,72**
T. Traitements	7	7,66**	11,02**	1,22	2,44*
A x T	21	1,44	0,82	0,49	0,32
Répétitions	1	2,67*	1,88	0,13	0,58
2. Comparaisons multiples					
A.1: 1970 - [1971 + 1972 + 1973]		186,96**	96,14**	89,54**	23,96**
A.2: 1971 - [1972 + 1973]		29,79**	81,66**	6,96*	81,66**
A.3: 1972-1973		223,12**	293,87**	113,55**	79,53**
T.1: Témoins - autres		48,64**	58,88**	4,42*	12,31**
T.2: N_1 - [N_2 + N_n + N_s]		0,53	0,83	0,85	0,30
T.3: N_2 - [N_2P + N_2K + N_2PK]		0,01	1,17	0,00	2,35
T.4: N_2 - [N_n + N_s]		0,08	0,13	0,50	0,69
T.5: N_2PK - N_2P + N_2K		2,05	0,45	2,12	1,00
T.6: N_2P - N_2K		0,07	0,33	0,37	0,08
T.7: N_n-N_s		2,21	10,96**	0,12	0,03
3. Interactions[1]					
A.1 x T.1		6,01**	1,14	1,19	0,92
A.1 x T.4		0,00	5,50*	0,19	0,07
A.2 x T.5		7,87**	0,33	0,93	0,81
A.3 x T.1		6,81**	0,33	0,05	0,12

* Significatif au seuil de 95 p. 100.
** Significatif au seuil de 99 p. 100.
[1] Seules les interactions significatives sont inscrites au présent tableau.

2.3.1 Secteur Lemieux, 69-06

Dans ce secteur, l'analyse de variance et les comparaisons multiples démontrent que pour les aiguilles d'un an, l'effet significatif des engrais sur les caractéristiques foliaires est perceptible à partir de la deuxième année (1971) suivant la fertilisation. En 1971 et 1972, il n'existe pas de différence entre les traitements de fertilisation; par la suite, l'effet sur la longueur semble à peu près disparu en 1973 tandis que le poids unitaire des aiguilles est encore affecté par les traitements N_2, N_2P, N_2K, N_2PK et N_s (figure 3).

2.3.2 Secteur Chabot, 69-07

L'influence de la fertilisation sur la longueur des aiguilles de l'année courante du sapin dans le secteur Chabot n'est pratiquement pas décelable à cause des variations annuelles démontrées par le témoin. Par contre, le poids foliaire unitaire augmente à partir de 1971 et la différence est significative entre le témoin et les parcelles fertilisées. L'effet disparaît à partir de la quatrième année (1973) dans le cas des longueurs d'aiguilles pendant que les traitements affectent encore le poids des aiguilles.

Pour ces deux secteurs, l'effet des engrais se traduit par des augmentations de la longueur et du poids des aiguilles. Toutefois, ces changements sont plus importants dans le secteur Lemieux, 69-06.

2.4 ANALYSES CHIMIQUES DES AIGUILLES

Les résultats annuels moyens des analyses chimiques du feuillage de l'année courante sont présentées au tableau 13 pour les secteurs

TABLEAU 13

TENEURS EN AZOTE, PHOSPHORE ET POTASSIUM DANS LES AIGUILLES DE L'ANNEE COURANTE DU SAPIN BAUMIER

		Azote total (p. 100)					Phosphore total (ppm)					Potassium total (ppm)				
	Trait.	1969	1970	1971	1972	1973	1969	1970	1971	1972	1973	1969	1970	1971	1972	1973
Secteur Lemieux, 69-06	Témoin	1,13	1,26	1,24	1,31	0,97	1846	1602	1495	2050	1840	6239	4515	4616	6628	6271
	N_1	1,16	1,51	1,44	1,45	1,16	1979	1581	1615	1971	1806	6606	4339	4533	5996	5704
	N_2	1,19	1,75	1,62	1,55	1,31	1954	1652	1592	1963	1715	6041	4370	4359	5694	5512
	N_2P	1,13	1,86	1,60	1,56	1,14	1818	1874	1626	2136	1878	5883	4255	3675	5301	5033
	N_2K	1,12	1,67	1,54	1,50	1,16	1871	1527	1309	1817	1842	5946	4687	4766	6360	6337
	N_2PK	1,19	1,81	1,59	1,49	1,24	1931	1839	1752	2252	2133	6393	4833	4954	6658	6133
	N_n	1,21	1,88	1,63	1,53	1,25	1808	1594	1357	1921	1692	5935	4331	4147	5673	5437
	N_s	1,21	2,03	1,43	1,61	1,28	1735	1679	1308	1840	1478	6316	5057	4412	5923	5242
Secteur Chabot, 69-07	Témoin	1,17	1,40	1,32	1,24	1,18	1708	1638	1535	1480	1702	6271	4361	4448	4740	4846
	N_1	1,22	1,76	1,55	1,40	1,28	1587	1611	1454	1326	1537	5710	4846	4780	5326	5350
	N_2	1,20	1,83	1,60	1,44	1,26	1666	1699	1656	1401	1672	6475	4754	4564	5307	5004
	N_2P	1,15	2,00	1,62	1,43	1,18	1821	1964	1858	1876	1929	6245	4734	4956	5494	5298
	N_2K	1,14	1,76	1,66	1,41	1,21	1837	1719	1569	1373	1499	5850	4245	5393	6086	5916
	N_2PK	1,11	1,76	1,62	1,39	1,16	1745	1719	1707	1760	1795	6106	5049	5309	6118	6225
	N_n	1,23	2,04	1,81	1,58	1,24	1679	1756	1722	1627	1576	5862	4537	4975	6246	4812
	N_s	1,17	2,42	1,63	1,51	1,18	1731	1696	1645	1543	1481	6493	4080	4854	5057	4704

Lemieux et Chabot et au tableau 15 pour les secteurs Cuoq (69-01) et Horton (69-02). Les résultats de ces deux derniers secteurs ont été insérés ici principalement pour montrer les valeurs de l'analyse foliaire réalisée sur les aiguilles récoltées en 1974, soit 5 ans après la fertilisation, ces secteurs étant moins affectés par l'épidémie de la tordeuse des bourgeons d'épinette.

Les données d'analyses incluses dans ce rapport portent strictement sur les éléments appliqués: l'azote, le phosphore et le potassium. D'ailleurs, nous avions déjà rapporté que les concentrations en calcium, magnésium et manganèse des aiguilles ne semblaient pas influencées par les traitements de fertilisation (Veilleux, 1975).

Aux figures 7 à 12 inclusivement sont exprimées les variations des moyennes, par année et par traitement, des concentrations en azote, phosphore et potassium, des aiguilles de l'année courante, pour les secteurs Lemieux (69-06) et Cuoq (69-01). Ces figures permettent de visualiser les variations annuelles de chaque élément à la suite de la fertilisation.

Afin de préciser les variations, si variations il y a, les tableaux 14 et 16 reproduisent les valeurs de F de l'analyse de variance et des comparaisons multiples pour chacun des éléments analysés.

2.4.1 Secteur Lemieux, 69-06

Dans ce secteur, l'augmentation de la concentration en azote des aiguilles de l'année courante des parcelles traitées est très marquée dès l'automne qui suit la fertilisation. Ainsi, en 1969, la teneur en azote de toutes les placettes qui s'établissait entre 1,12 et 1,21 p.

TABLEAU 14

Test de "F". Analyses de variance. Comparaisons multiples.
Analyses chimiques des aiguilles de l'année courante du sapin baumier.
Secteurs Lemieux, 69-06 et Chabot, 69-07

Composantes	NDL	Lemieux, 69-06			Chabot, 69-07		
		Azote	Phosphore	Potassium	Azote	Phosphore	Potassium
1. Analyse de variance	NDL						
A. Années	4	62,58**	24,67**	93,53**	120,90**	5,26**	36,08**
T. Traitements	7	8,56**	5,63**	8,77**	8,95**	9,54**	4,28**
A X T	28	1,27	0,78	1,13	2,80**	0,99	1,80
Répétitions	1	2,39	0,17	0,65	1,03	0,11	0,59
2. Comparaisons multiples							
A.1 1969 - (1970 + 1971 + 1972 + 1973)		87,82**	8,18**	107,03**	141,27**	6,25*	89,77**
A.2 1970 - (1971 + 1972 + 1973)		86,98**	5,26*	72,49**	237,93**	7,80**	33,83**
A.3 1971 - (1972 + 1973)		21,05**	70,53**	187,57**	72,90**	1,50	16,81**
A.4 1972 - 1973		54,50**	14,72**	7,01*	31,69**	5,48*	3,91
T.1 Témoins - autres traitements		44,71**	0,00	7,43**	39,21**	1,37	9,01**
T.2 N_1 - (N_2 + Nn + Ns)		12,67**	3,04	2,69	6,77*	9,20**	0,02
T.3 N_2 - (N_2P + N_2K + N_2PK)		1,02	1,36	3,07	0,25	7,17*	4,70*
T.4 N_2 - (Nn + Ns)		0,24	4,32*	0,15	7,34**	0,32	0,15
T.5 N_2PK - (N_2P + N_2K)		0,61	12,62**	18,47**	2,21	0,07	4,88*
T.6 N_2P - N_2K		1,18	7,91**	26,61**	0,04	33,84**	0,74
T.7 N_n - N_s		0,03	0,46	3,47	0,01	0,97	1,97
3. Intéractions[1]							
A.1 X T.1		7,71**	0,04	1,04	9,20**	0,15	4,48*
A.1 X T.2		1,74	0,19	1,47	2,42	0,11	4,11*
A.1 X T.3		0,00	1,69	0,56	0,44	0,04	6,20*
A.1 X T.6		0,16	3,20	5,63*	0,00	9,37*	2,38
A.1 X T.7		0,02	0,00	0,10	0,44	0,95	6,15
A.2 X T.1		6,44*	0,61	3,38	15,25**	0,12	1,33
A.2 X T.2		5,33*	1,82	2,43	7,16**	0,17	0,62
A.2 X T.3		0,83	0,00	0,03	0,69	0,37	4,16*
A.2 X T.4		4,28*	0,66	1,19	10,26**	0,00	2,24
A.2 X T.6		1,27	0,49	3,31	0,93	0,10	5,13*
A.2 X T.7		1,65	0,88	2,46	14,90**	0,03	0,00
A.4 X T.4		0,18	0,27	0,44	1,38	4,94*	1,48

* Significatif au seuil de 95 p. 100
** Significatif au seuil de 99 p. 100
[1] Seules les interactions significatives sont inscrites au présent tableau.

TABLEAU 15

Teneurs en azote, phosphore et potassium dans les aiguilles de l'année courante du sapin baumier

	Traitement	Azote total (p. 100)			Phosphore total (ppm)			Potassium total (ppm)		
		1969	1970	1974	1969	1970	1974	1969	1970	1974
Secteur Cuoq 69-01	Témoin	1,28	1,28	1,36	1850	1918	1732	6195	4675	4925
	N_1	1,26	1,48	1,28	1871	1918	1608	5662	4700	4625
	N_2	1,20	1,69	1,35	1460	1873	1576	6102	4325	4050
	N_2P	1,30	1,72	1,34	1752	2207	1823	5968	4900	4450
	N_2K	1,29	1,73	1,32	1866	1942	1651	6009	4950	4875
	N_2PK	1,35	1,65	1,26	1721	2257	1777	6189	5100	4725
Secteur Horton 69-02	Témoin	1,20	1,29	1,33	1693	2061	1790	5212	4875	4850
	N_1	1,14	1,42	1,24	1848	2308	1868	6133	5000	4750
	N_2	1,25	1,60	1,35	1687	2062	1696	5962	4775	4450
	N_2P	1,28	1,77	1,44	1683	2410	1998	5904	5000	4475
	N_2K	1,16	1,64	1,33	1787	2158	1793	6270	4700	4525
	N_2PK	1,16	1,75	1,35	1789	2186	1754	6562	5425	5250

TABLEAU 16

Test de "F", Analyses de variance, Comparaisons multiples sur analyses chimiques des aiguilles de l'année courante du sapin baumier. Secteurs Cuoq, 69-01 et Horton, 69-02

Composantes		Cuoq, 69-01			Horton, 69-02		
		Azote	Phosphore	Potassium	Azote	Phosphore	Potassium
1. Analyse de variance	NDL						
A. Années	2	58,51**	16,57**	37,09**	74,00**	25,62**	28,79**
T. Traitements	5	3,58**	3,07*	1,21	7,82**	1,58	1,55
A X T	10	4,13**	1,33	0,52	3,21*	0,49	0,18
Répétitions	1	0,64	4,28	2,20	5,17*	1,15	3,45
2. Comparaisons multiples							
A.1 1969 - (1970 + 1974)		41,05**	3,96	73,32**	90,40**	19,55**	56,05**
A.2 1970 - 1974		75,93**	29,18**	0,86	57,62**	31,70**	1,54
T.1 Témoin - autres traitements		9,76**	0,04	0,63	11,53**	1,38	0,09
T.2 $N_1 - N_2$		2,84	3,65	0,45	8,18*	4,07	0,68
T.3 $N_2 - (N_2P + N_2K + N_2PK)$		0,43	13,17**	4,02	1,00	3,03	1,53
T.4 $N_2PK - (N_2P + N_2K)$		0,64	0,37	0,44	0,15	0,56	6,12*
T.5 $N_2P - N_2K$		0,07	1,60	0,46	7,15*	1,51	0,02
3. Interactions[1]							
A.1 X T.1		5,06*	1,22	0,04	6,47*	0,04	0,37
A.1 X T.2		4,60*	4,26	2,89	0,08	0,06	0,02
A.2 X T.1		24,63**	1,07	1,08	15,67**	0,52	0,25

* Significatif au seuil de 95 p. 100

** Significatif au seuil de 99 p. 100

[1] Seules les intéractions significatives sont inscrites au présent tableau.

100, variait de 1,51 à 2,03 p. 100 pour les placettes utilisées en 1970, comparativement à 1,26 p. 100 pour le témoin. L'écart, bien que moins élevé, se maintient toujours au cours des deux années subséquentes tandis que l'effet est à peu près disparu après quatre ans. D'après l'analyse de variance, il n'existe aucune différence entre les parcelles en 1969, tandis que pour les trois années après la fertilisation, les teneurs en azote des aiguilles des placettes traitées sont significativement plus élevées que celles du témoin, indépendamment de la quantité d'azote ajoutée au sol. L'effet tend à disparaître à partir de la quatrième année après la fertilisation.

Les additions de superphosphate triple se réflètent sur la concentration en phosphore des aiguilles de l'année. Dès 1970, la teneur en phosphore foliaire des traitements N_2P et N_2PK est supérieure à celle des aiguilles provenant des autres parcelles. De plus, après la fertilisation, le phosphore dosé dans les aiguilles des arbres traités avec N_2K, N_n et N_s est moins élevé que dans les autres parcelles et les différences sont significatives; toutefois, les écarts diminuent avec le temps et la perception des différences est plus difficile en 1973.

L'augmentation du potassium foliaire dans les placettes fertilisées avec le KCl est moins bien marquée que pour les deux éléments précédemment étudiés, et l'effet semble plus lent. Ce n'est qu'à partir de 1971 que les teneurs en potassium des aiguilles des traitements N_2K et N_2PK montrent une différence significative et seulement avec celle du traitement N_2P. Il semble que les conditions d'azote et surtout du phosphore interfèrent avec l'absorption du potassium.

2.4.2 Secteur Chabot, 69-07

L'augmentation de la teneur en azote du feuillage de première année est particulièrement marquée dès l'automne qui suit la fertilisation. Avant le traitement, la teneur en azote varie de 1,11 à 1,23 p. 100; en 1970, la teneur en azote du témoin est de 1,40 p. 100, en comparaison avec 1,76 à 2,42 p. 100 dans les placettes fertilisées. Ces écarts décroissent au cours des années qui suivent et les différences ne sont plus perceptibles en 1973.

L'analyse de variance présentée au tableau 15 démontre que les concentrations en azote des aiguilles de l'année courante dans toutes les placettes en 1969 ne diffèrent pas significativement. Toutefois, après la fertilisation, les teneurs en azote des placettes traitées sont significativement différentes de celle du témoin, indépendamment de la quantité d'azote ajoutée au sol. De plus, en 1970, la concentration maximum de 2,42 p. 100 d'azote obtenue avec le traitement N_s est significativement plus élevée que celle des autres placettes fertilisées tandis qu'en 1971, c'est le nitrate d'ammonium (N_n) qui fournit la valeur la plus élevée en N foliaire. En 1972, il n'existe plus de différence entre les placettes fertilisées.

L'augmentation de la teneur en phosphore des aiguilles est significative en 1970 et 1971 pour le traitement N_2P. Les années suivantes, les placettes traitées avec N_2P et N_2PK accusent les concentrations foliaires les plus élevées et les plus significatives tandis que les autres traitements semblent nuire à l'absorption du phosphore.

L'effet du potassium ajouté au sol est lent et les variations sont plus difficiles à déceler, surtout parce que cet élément enregistre des variations annuelles importantes. Des concentrations en potassium légèrement supérieures et significatives sont observées dans les aiguilles des parcelles traitées avec N_2K et N_2PK à partir de 1971.

2.4.3 Secteurs Cuoq (69-01) et Horton (69-02)

A l'instar des secteurs Lemieux et Chabot, les concentrations en azote des aiguilles de l'année courante du sapin, augmentent d'une façon marquée à l'automne de l'année de la fertilisation (1970). Les données après 5 ans (1974), au tableau 15, confirment la tendance démontrée par les deux autres secteurs préalablement analysés, à savoir, que l'effet des traitements azotés n'est plus perceptible par l'analyse du feuillage.

Le phosphore foliaire dosé en 1970 pour les traitements N_2P et N_2PK, est significativement plus élevé tandis qu'en 1974, la différence est encore décelable mais non significative.

Les additions de potassium ne causent aucune différence significative dans les aiguilles analysées en 1970 et 1974.

2.5 AZOTE TOTAL ET AZOTE AMMONIACAL DES HORIZONS DU SOL

Le tableau 17 présente les résultats des analyses de l'azote total pour les deux secteurs étudiés et ceux de l'azote ammoniacal du secteur Chabot. Les échantillons du secteur expérimental Lemieux n'ont pu être dosés pour l'azote ammoniacal à cause d'une contamination avant l'analyse. Il est à noter que pour ce secteur, l'horizon Ae n'étant qu'à

TABLEAU 17

TENEUR EN AZOTE TOTAL ET AZOTE AMMONIACAL DES

HORIZONS DU SOL, QUATRE MOIS APRES LA FERTILISATION

Traitement	Horizon	N total (p. 100)		N ammoniacal[1] (ppm)
		Lemieux 69-06	Chabot 69-07	Chabot 69-07
Témoin	F	1.28	1.58	412
	H	1.35	1.28	396
	Ae	0.32	0.11	56
	Bfh		0.23	36
N_1	F	1.46	1.48	687
	H	1.43	1.26	344
	Ae	0.28	0.08	47
	Bfh		0.23	50
N_2	F	1.44	1.56	1 972
	H	1.33	1.33	928
	Ae	0.37	0.13	61
	Bfh		0.16	32
N_2P	F	1.32	1.44	1 082
	H	1.38	1.25	921
	Ae	0.38	0.09	39
	Bfh		0.21	19
N_2K	F	1.24	1.58	1 151
	H	1.33	1.32	762
	Ae	0.43	0.09	50
	Bfh		0.23	69
N_2PK	F	1.34	1.52	873
	H	1.41	1.30	1 035
	Ae	0.32	0.14	92
	Bfh		0.23	31
N_n	F	1.54	1.59	812
	H	1.37	1.40	637
	Ae	0.53	0.12	78
	Bfh		0.18	37
N_s	F	1.45	1.71	863
	H	1.35	1.35	555
	Ae	0.55	0.10	64
	Bfh		0.23	45

[1] L'azote ammoniacal n'a pu être dosé dans les échantillons de sol du secteur Lemieux, 69-06.

l'état de traces, a été mélangé avec le Bfh.

Les valeurs de F de l'analyse de variance et les résultats du test de Duncan pour les horizons dans lesquels on obtient un F significatif (analyse de variance) sont présentés au tableau 18.

2.5.1 Azote total, secteur Lemieux

Les variations de la concentration en azote total de chacun des horizons du sol sont exprimées à la figure 13. L'analyse de variance ne décèle pas d'effet significatif dû à la fertilisation, même si les résultats permettent de constater que les concentrations sont légèrement plus élevées dans les placettes fertilisées, pour l'horizon F. La couche H ne présente pas de telles variations tandis qu'en Ae + Bfh, les traitements N_n et N_s donnent des valeurs supérieures aux autres traitements, laissant supposer que le nitrate d'ammonium et le sulfate d'ammonium sont entrainés plus rapidement dans les couches profondes.

2.5.2 Azote total, secteur Chabot

L'analyse de variance montre une différence significative au niveau de l'horizon F, due au traitement avec le sulfate d'ammonium (N_s) qui donne la concentration d'azote total la plus élevée avec 1,71 p. 100. Les trois autres horizons analysés (H, Ae et Bfh) ne présentent pas de variation significative. Des précipitations plus faibles notées dans ce secteur de même que des capacités différentes de rétention de l'azote au niveau des sols pourraient expliquer les écarts obtenus entre les dosages pour les deux secteurs.

TABLEAU 18

Test de "F" de l'analyse de variance et test de Duncan
azote N - total et azote N - ammoniacal des horizons du sol

1. Analyse de variance

Secteurs			Lemieux, 69-06			Chabot, 69-07			
Horizons du sol			F	H	Ae + Bfh	F	H	Ae	Bfh
		NDL							
N total	Traitements	7	0,80	0,29	3,73	7,58**	1,30	0,91	1,11
	Répétitions	1	0,69	0,05	0,10	0,13	2,85	1,30	5,16**
N ammoniacal	Traitements	7	aucun résultat			5,19*	5,49*	0,72	0,88
	Répétitions	1				1,61	6,85*	0,52	2,32

* Significative au seuil de 95 p. 100
** Singificative au seuil de 95 p. 100

2. Test de Duncan (95 p. 100)[1]

a) 69-07, Azote total, horizon F

N_2P	N_1	N_2PK	N_2	T	N_2K	Nn	Ns
1,44	1,48	1,53	1,56	1,58	1,58	1,59	1,71

b) 69-07, Azote ammoniacal, horizon F

T	N_1	Nn	Ns	N_2PK	N_2P	N_2K	N_2
412	687	812	863	873	1082	1151	1972

c) 69-07, Azote ammoniacal, horizon H

N_1	T	Ns	Nn	N_2K	N_2P	N_2	N_2PK
344	396	555	631	762	921	928	1035

[1] Les traitements reliés par la ligne pointillée ne sont pas significativement différents.

2.5.3 Azote ammoniacal, secteur Chabot

Les horizons F et H du secteur Chabot montrent pour certains traitements, des teneurs d'azote ammoniacal significativement différentes. Ainsi, dans l'horizon F, le dosage indique 1972 ppm pour le traitement N_2, ce qui diffère de ceux obtenus dans les autres parcelles. Dans l'horizon H, les différences sont moins marquées (tableau 18).

2.5.4 Comparaison des deux secteurs

Les données ne permettent pas d'évaluer s'il y avait des variations entre les placettes de chaque secteur, avant la fertilisation; ceci complique davantage l'interprétation des résultats. Selon le tableau 3, certaines différences existeraient entre les propriétés physico-chimiques des sols des secteurs expérimentaux Lemieux et Chabot, particulièrement au niveau de la couche humifère où les teneurs en humus, en matière organique, le rapport C/N et le pH diffèrent; dans l'horizon C, la texture est nettement plus sableuse dans le secteur Chabot. A cause de ces différences, il est possible que les capacités de rétention de l'azote soient différentes au niveau des sols.

A l'instar des résultats publiés par Phu et Gagnon (1972), le contenu en azote total augmente dans l'humus F et ce phénomène est plus facilement perceptible dans le secteur Lemieux, même si les différences ne sont pas significatives. D'ailleurs, Roberge (1975) mentionne qu'une grande quantité d'azote total déjà présente avant la fertilisation fait que l'addition d'azote sous forme d'urée est difficile à déceler par l'analyse de l'azote total. Les concentrations d'azote total déterminées dans les secteurs Lemieux et Chabot ne sont pas très éloignées de

celles de Roberge *et al.* 1970, Roberge 1971 et 1975, et Bernier *et al.*, 1972.

Par contre, l'azote sous forme d'ammonium n'ayant pas été dosé dans les sols de Lemieux, la comparaison est impossible à ce niveau avec le secteur Chabot. A ce dernier endroit, dans l'humus F et H, l'azote sous forme ammonium est beaucoup plus élevé dans les placettes fertilisées que dans le témoin. A dose égale, ces concentrations sont plus faibles dans les sols fertilisés avec le nitrate d'ammonium (N_n) et le sulfate d'ammonium (N_s), à cause de la différence de mobilité entre les formes d'azote ajouté au sol. Ceci confirme (Roberge, 1971) que l'urée offre des avantages marqués sur tous les autres engrais azotés connus pour la fertilisation des sols des sapinières québécoises. Les quantités d'azote ammoniacal récupérées pour les traitements N_2P, N_2K et N_2PK, témoignent d'un lessivage plus accentué de l'urée lorsque celle-ci est ajoutée conjointement avec P et K, tel que signalé par Carrier et Bernier (1971).

Ainsi, les résultats d'analyses indiquent que des quantités substantielles d'azote ont été immobilisées dans les couches F et H, ce qui permet d'affirmer, à l'instar de Gagnon, Conway et Swan (1975), que la fertilité de l'horizon de surface du sol est plus élevée là où les engrais azotés (particulièrement l'urée) ont été appliqués et que la croissance des arbres devrait y être meilleure.

CONCLUSION

Le présent travail avait pour but de suivre après la fertilisation, les changements de quelques caractéristiques de sept stations représentatives de la sapinière à bouleau blanc, situées dans la péninsule gaspésienne. Ainsi, l'incidence de la fertilisation a été étudiée en fonction de la croissance des arbres, de la défoliation par la tordeuse des bourgeons de l'épinette, des variations annuelles dans les dimensions des aiguilles, de l'évolution des teneurs en éléments nutritifs du feuillage et enfin, des changements de concentration en azote total et en azote ammoniacal des sols, quatre mois après fertilisation.

La fertilisation a causé des gains modérés de croissance, après cinq ans, avec des accroissements supplémentaires en volume total dus aux traitements qui s'échelonnent en moyenne entre 5,8 et 8,7 m^3/ha, soit de 20 à 30 p. 100 d'augmentation. L'azote a été l'élément le plus efficace, ce qui confirme l'hypothèse d'une faible disponibilité de cet élément dans nos forêts. Bien que les gains maximums aient été obtenus à la suite des traitements combinés N_2P, N_2K et N_2PK, les effets apparents du P et du K ne sont pas confirmés par les tests de comparaisons multiples.

Les résultats de croissance varient beaucoup d'une installation à l'autre et seules les installations 5 et 6 présentent des différen-

ces significatives de croissance dues aux traitements appliqués.

Durant la période de 1969 à 1974, un nombre élevé de recrus ont atteint les classes de diamètre marchand et causé des accroissements en volume marchand de l'ordre de 4,2 m^3/ha à 6,0 m^3/ha respectivement pour le témoin et le traitement N_2K.

D'autre part, les pertes moyennes en volume total dues à la mortalité durant les cinq ans, sont de l'ordre de 11,2 m^3/ha dont 5,1 m^3/ha en volume marchand. Cependant, la mortalité observée varie beaucoup selon les peuplements. Parfois, les pertes en volumes dues à la mortalité sont plus grandes que les gains attribués à la fertilisation (installations 1, 2 et 7). Il semble que la majorité des tiges mortes se retrouve dans les étages intermédiaire et supprimé et que la plupart de ces arbres ne sont pas marchands. De plus, la mortalité de ces tiges serait plus élevée dans les placettes traitées. Toutefois, il est impossible, jusqu'à maintenant, de faire ressortir un effet consistant des engrais sur la mortalité.

Des dommages attribuables à la tordeuse des bourgeons de l'épinette ont été observés depuis 1974 et peu de mortalité est due à l'insecte, sauf dans un des peuplements (69-03) qui s'est retrouvé en plein épicentre d'une épidémie. Ces dommages qui affectent la croissance et la vitalité du sapin, peuvent atténuer la réaction à la fertilisation. Advenant que l'épidémie de la tordeuse se poursuive ou s'aggrave, il deviendra presque impossible de déceler les accroissements supplémentaires dus aux engrais, lors du remesurage décennal.

A la lumière de ces résultats sur la croissance et en supposant que la réaction au traitement se continuera encore pendant quelques années et que l'épidémie de la tordeuse soit en régression, on pourrait préconiser un traitement de 200 à 225 kg/ha d'azote sous forme d'urée (450 à 500 kg/ha d'urée), dans des sapinières de bonne venue agées de 30 à 50 ans, croissant en Gaspésie, particulièrement celles situées à proximité des usines. Dans certains peuplements où la mortalité en volume marchand est élevée, la fertilisation devrait être combinée avec l'éclaircie.

Par ailleurs, tous les traitements de fertilisation ont favorisé l'augmentation de la longueur et du poids des aiguilles de l'année courante dans les stations étudiées. Toutefois, les réactions varient selon les peuplements. L'analyse chimique des aiguilles de l'année fait ressortir que les concentrations foliaires des éléments ajoutés aux sols varient dans le même sens après la fertilisation et que les variations de la teneur en azote sont particulièrement fortes dès l'automne qui suit l'application des engrais. L'azote fourni par le sulfate d'ammonium et le nitrate d'ammonium est absorbé plus rapidement que l'azote fourni sous forme d'urée. L'effet des traitements azotés sur la teneur en azote foliaire n'est pratiquement plus décelable après 5 ans, de même que celui du potassium, tandis que celui du phosphore est encore perceptible mais non significatif. La fertilisation azotée semble favoriser la teneur en potassium foliaire tandis que des phénomènes d'interaction se manifestent au niveau foliaire sur la teneur en phosphore à la suite des traitements N_2K et N_n, et sur la teneur en potassium consécutive au traitement N_2P. Les teneurs en calcium, magnésium et manganèse du feuillage sont très

peu influencées par la fertilisation.

Les dosages de l'azote total et de l'azote ammoniacal ont permis de suivre l'évolution des teneurs en azote du sol après la fertilisation. Seules les teneurs en azote total de la couche humifère F présentent quelques changements tandis que les autres horizons n'accusent aucune réaction, quatre mois après l'application des engrais. En général, le niveau d'azote total dans les humus, qui était passablement élevé avant la fertilisation, n'a pas permis de déceler les nouvelles additions d'azote.

Par contre, l'azote ammoniacal dosé dans les horizons du sol renseigne assez bien sur le devenir des engrais azotés ajoutés. Dans l'horizon F, les teneurs d'azote ammoniacal des placettes fertilisées sont supérieures à celles des témoins, la teneur maximale étant obtenue avec le traitement N_2 (1972 ppm). Dans la couche H, ces augmentations sont plus faibles. Pour les placettes fertilisées avec le nitrate d'ammonium (N_n) et le sulfate d'ammonium (N_s), les quantités d'azote récupérées sont plus faibles à comparer avec celles dosées à la suite du traitement N_2 (urée), à cause des différences de mobilité entre les formes d'azote ajoutées au sol; ainsi, l'urée semblerait plus avantageuse (Roberge 1971). De plus, l'azote ammoniacal récupéré pour les traitements N_2P, N_2K et N_2PK, témoigne d'une lessivage plus accentué de l'urée lorsque celle-ci est ajouté conjointement avec P et K.

BIBLIOGRAPHIE

ANONYME, 1973. *Interprovincial forest fertilization program. Progress report 1969/72.* C.F.S. publ. No. 1319, 19 p. Ottawa.

ARMSON, K.A., H.H. KRAUSE et G.F. WEETMAN, 1975. *Fertilization response in the northern coniferous forest.* in: Forest Soils and Forest Management, p. 449-446. (Proceedings of the Fourth North American Forest Soils Conference, Laval University, Quebec, Aug. 1973). Ed. Bernier, B. and C.H. Winget, Les Presses de l'université Laval, Québec.

BERNIER, B., M. BRAZEAU et C.H. WINGET, 1972. *Gaseous loss of ammonia following urea application in balsam fir forest.* Can. Journ. For. Res., 2: 59-62.

BREMMER, J.M. et K. SHAW, 1955. *Determination of ammonia and nitrate in soil.* J. Agric. Sci., 46: 320-328.

CARRIER, D. et B. BERNIER, 1971. *Pertes d'azote par volatilisation ammoniacale après fertilisation en forêt de pin gris.* Can. Journ. For. Res., 1:69-79.

DORAIS, L.G. et Y.L. HARDY, 1976. *Méthode d'évaluation de la protection accordée au sapin baumier par des pulvérisations aériennes contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette.* Can. J. For. Res. 6. 1976. p. 86-92.

FERLAND, J.G. et R.M. GAGNON, 1967. *Climat du Québec méridional.* Min. Rich. Nat., Québec, M.P. 13, 93 p.

GAGNON, J.D., J.M. CONWAY et H.S.D. SWAN, 1976. *Growth response following fertilizer application in the Grand Mere plantations.* For. Chron. 52 (2): 1-4

HAGNER, S., 1967. *Fertilizer as a production factor in industrial forestry.* H.R. MacMillan Lectureship, 1967. University of British Columbia. 28 p.

MARTIN, D., 1972. *Principes et techniques d'analyses de sols et de tissus végétaux.* Service de la recherche, M.T.F. 175 p.

PHU, T.D. et J.D. GAGNON, 1972. *Effet de la fertilisation azotée sur la teneur en éléments minéraux des aiguilles et de la couche humifère de peuplements de sapin baumier.* Serv. Can. For., Centr. Rech. For. Laur., Rapp. Inf. Q-F-X-37, 23 p.

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* YOUNGBERG, C.T. et C.B. DAVEY (eds.), Tree growth and forest soils, Oregon State University Press, Corvallis: 73-96.

ROBERGE, M.R., 1971. *Observations sur le métabolisme de l'urée dans l'humus de trois sapinières du Québec. In* GAGNON, J.D. éd., Fertilisation des sapinières naturelles du Québec. Serv. Can. For. Centr. Rech. For. Laur., Rapp. Inf. Q-F-X-14: 42-68.

ROBERGE, M.R., 1975. *Changements notés dans l'humus au cours de la 1ère saison de croissance après fertilisation. In* ROBERGE, M.R. et J.D. GAGNON (éds.), Essais de fertilisation aérienne à la Forêt Montmorency: Rapport d'étape 1972-1974. Serv. Can. For., Centr. Rech. For. Laur., Rapp. Inf. LAU-X-15: 37-39.

ROBERGE, M.R., 1976. *La fertilité de l'horizon de surface du sol d'une plantation d'épinette blanche 10 ans après fertilisation.* Serv. Can. For., Centr. Rech. For. Laur., Rapp. Inf. LAU-X-17, 11 p.

ROWE, J.S., 1959. *A forest classification for Canada.* Can. Dep. of Northern Aff. and Nat. Res., For. Branch, For. Res. Div. Bull. 123, 71 p.

SHEEDY, G., 1977. *Evaluation des dommages causés par la tordeuse des bourgeons de l'épinette dans des dispositifs de fertilisation établis dans des peuplements de sapin et d'épinette.* Service de la recherche, M.T.F. Rapport interne n° 176, 21 p.

STEEL, R.G.D. et J.H. TORRIE, 1960. *Principles and procedures of statistics with special references to the biological sciences.* McGraw-Hill, New York, 481 p.

VEILLEUX, J.-M. 1976. *Evolution de la nutrition minérale dans des sapinières fertilisées.* Service de la recherche, M.T.F. Rapport interne n° 164, 104 p.

WEETMAN, G.F., R. KNOWLES et S. HILL, 1972. *Effets of different forms of nitrogen fertilizer on nutrient uptake by black spruce and its humus and humus mesofanna.* Can. Pulp. Paper Res. Inst. Can., Woodl. Rep. 39: 20.

APPENDICE I

FIGURES

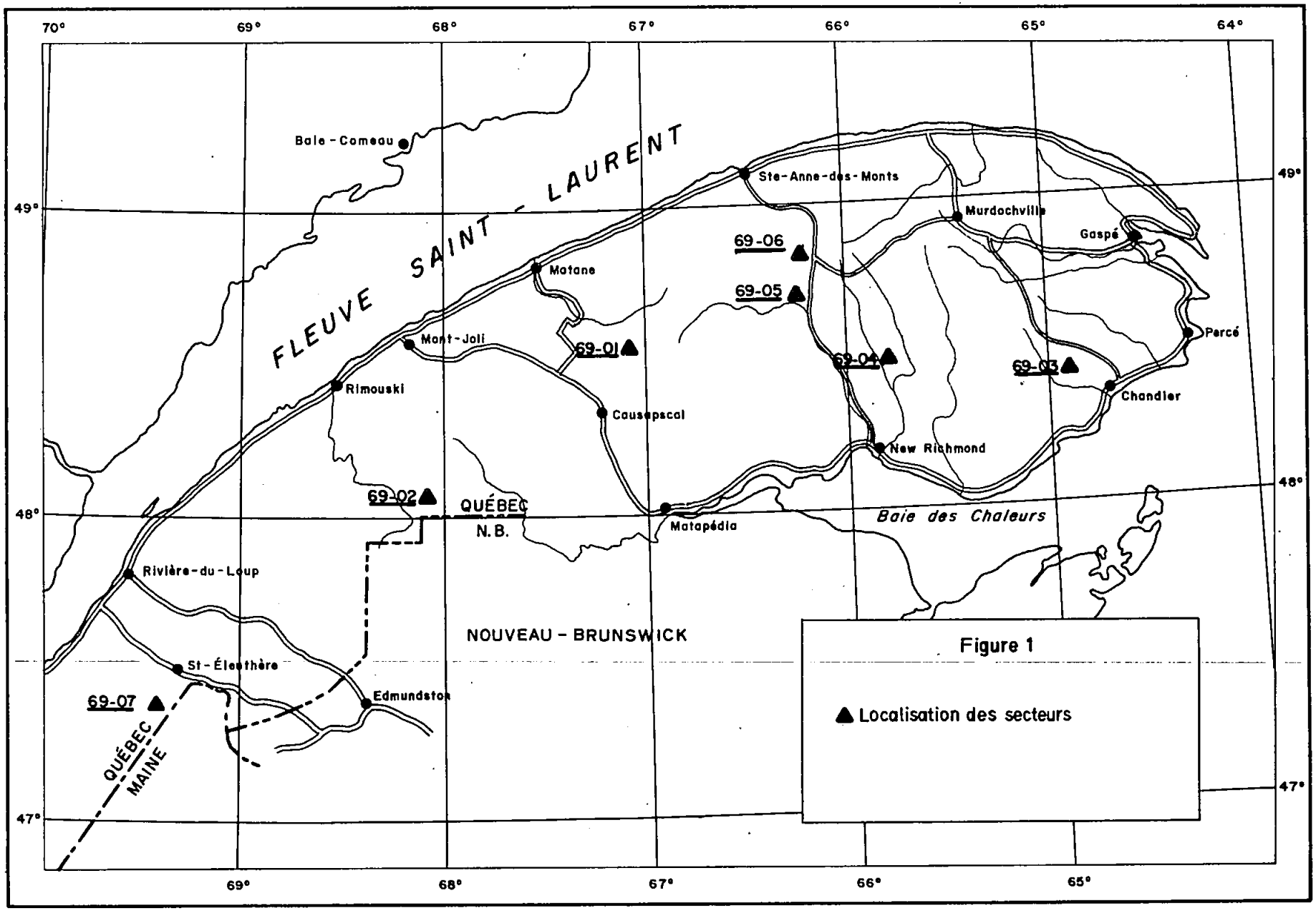

70°
69°
68°
67°
66°
65°
64°
49°
48°
47°
FLEUVE SAINT - LAURENT
Baie - Comeau
Ste-Anne-des-Monts
Murdochville
Gaspé
Percé
Chandler
Matane
Mont-Joli
Rimouski
Causapscal
New Richmond
Matapédia
Baie des Chaleurs
Rivière-du-Loup
St-Éleuthère
Edmundston
QUÉBEC
N.B.
NOUVEAU - BRUNSWICK
QUÉBEC
MAINE
69-01
69-02
69-03
69-04
69-05
69-06
69-07
Figure 1
Localisation des secteurs

FIGURE 4

VARIATION DE LA LONGUEUR DES AIGUILLES (mm) DE L'ANNEE COURANTE

TIERS SUPERIEUR DE LA CIME - MOYENNE PAR TRAITEMENT

SAPIN BAUMIER - SECTEUR EXPERIMENTAL LEMIEUX, 69-06

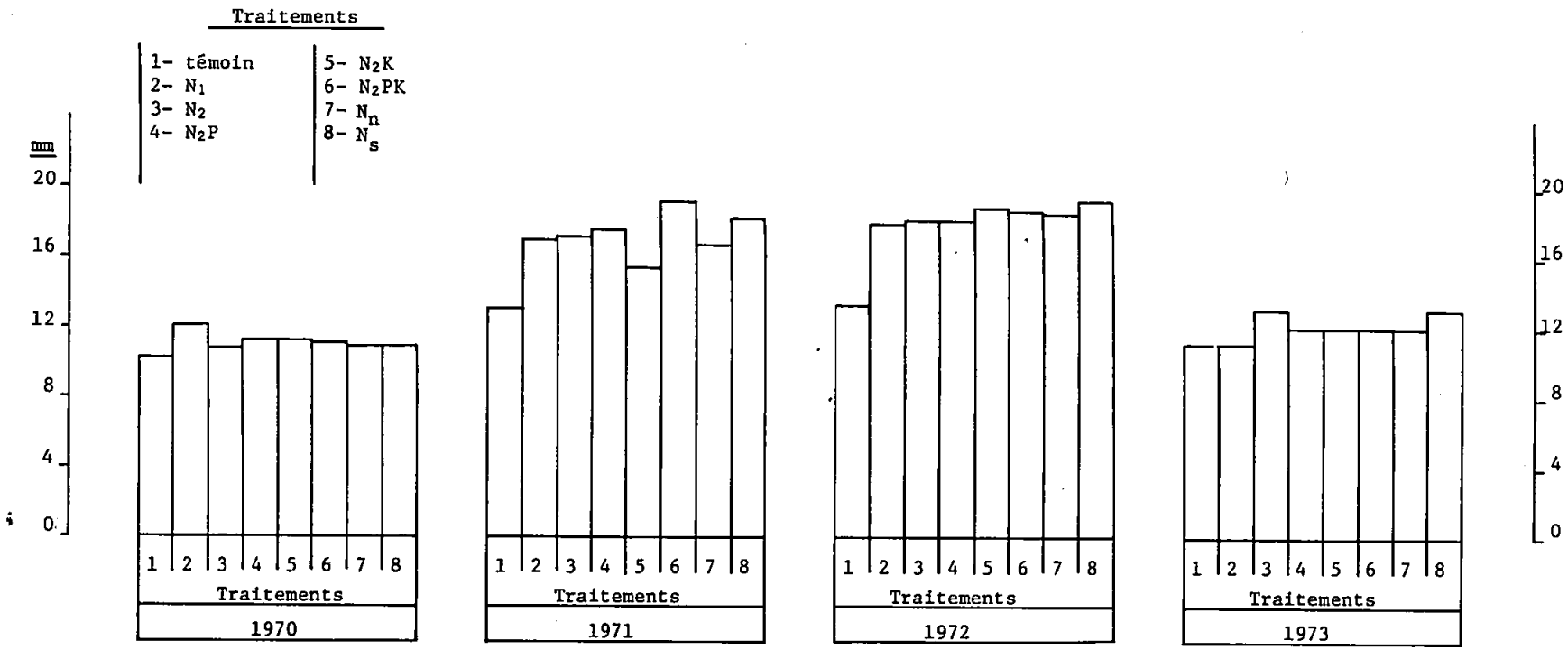


FIGURE 5

VARIATION DU POIDS (n. d'aiguilles/g) DES AIGUILLES DE L'ANNEE COURANTE

TIERS SUPERIEUR DE LA CIME - MOYENNE PAR TRAITEMENT

SAPIN BAUMIER - SECTEUR EXPERIMENTAL LEMIEUX, 69-06

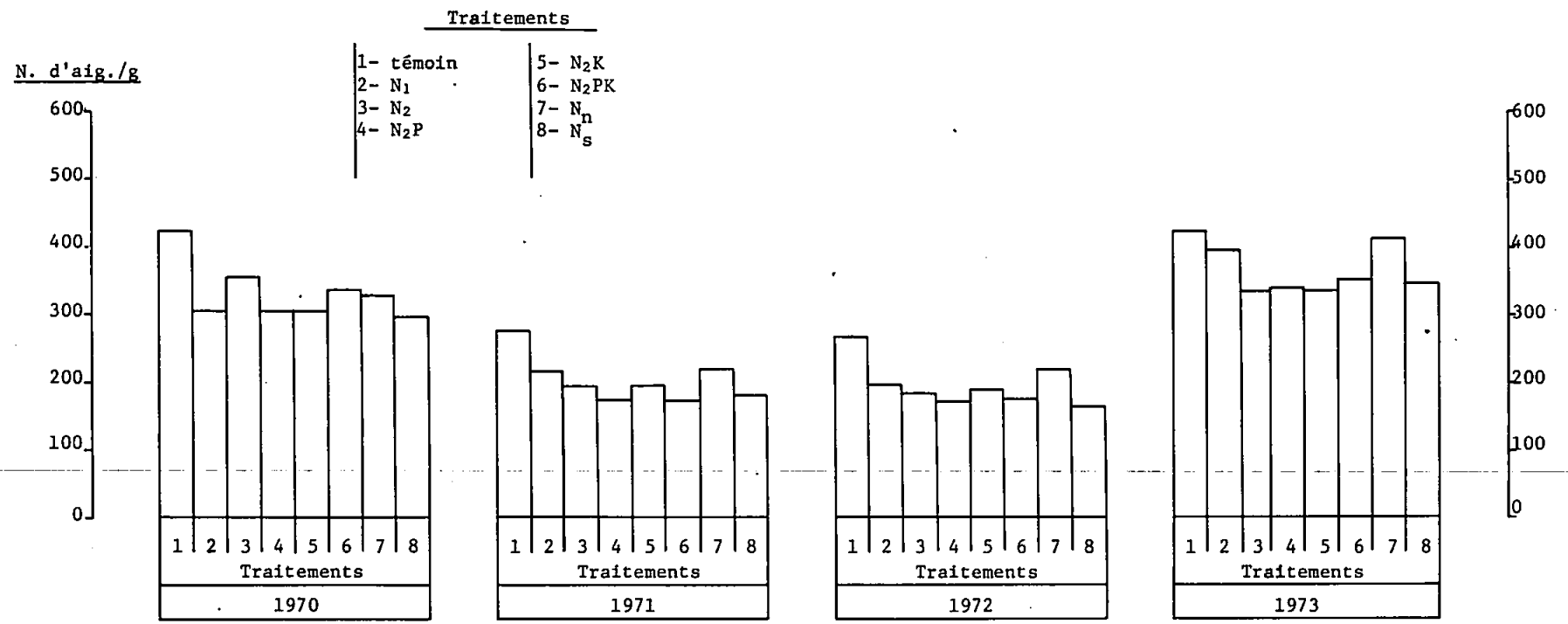


FIGURE 6

VARIATION DE LA CONCENTRATION EN AZOTE (p. 100) DES AIGUILLES DE L'ANNEE COURANTE

TIERS SUPERIEUR DE LA CIME - MOYENNE PAR TRAITEMENT

SAPIN BAUMIER - SECTEUR EXPERIMENTAL LEMIEUX, 69-06

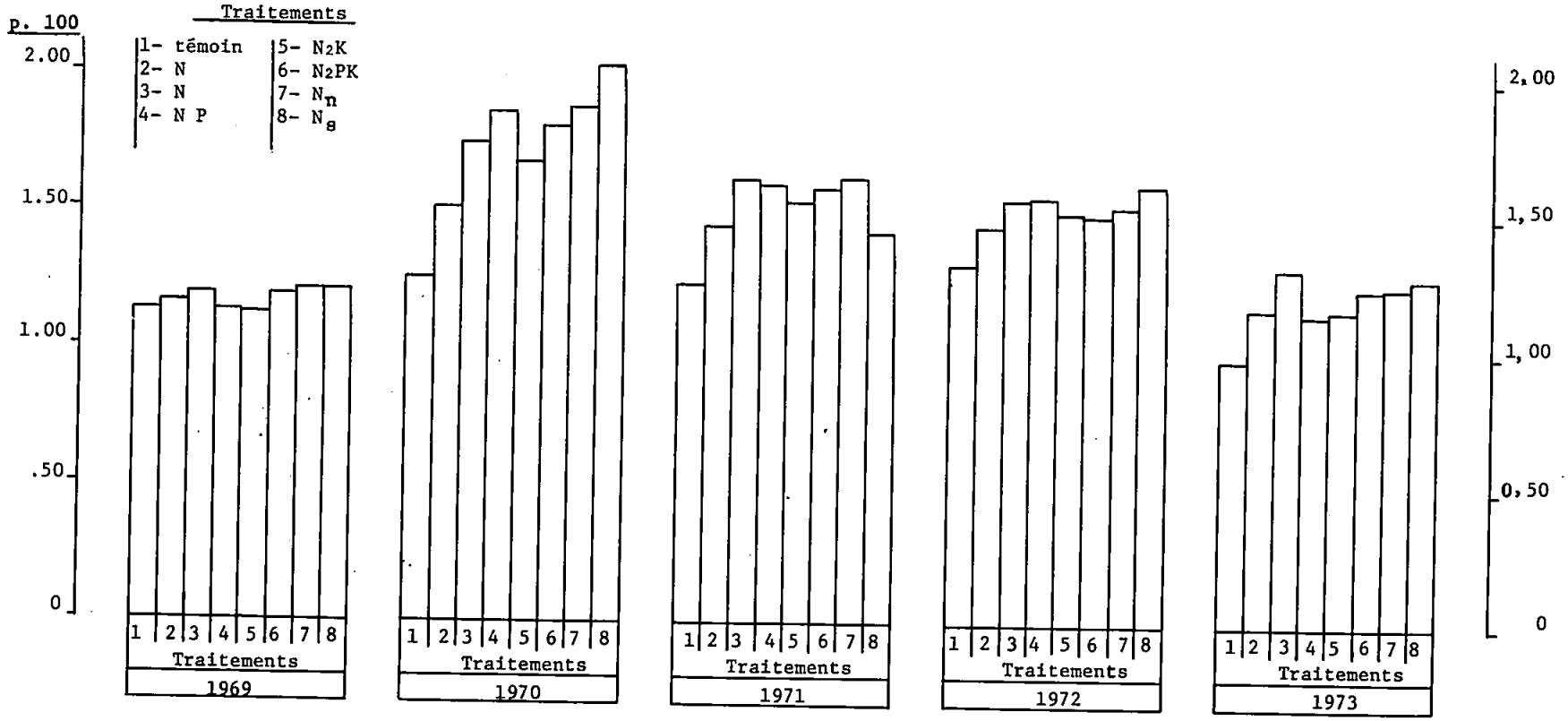


FIGURE 7

VARIATION DE LA CONCENTRATION EN PHOSPHORE (ppm) DES AIGUILLES DE L'ANNEE COURANTE

TIERS SUPERIEUR DE LA CIME - MOYENNE PAR TRAITEMENT

SAPIN BAUMIER - SECTEUR EXPERIMENTAL LEMIEUX, 69-06

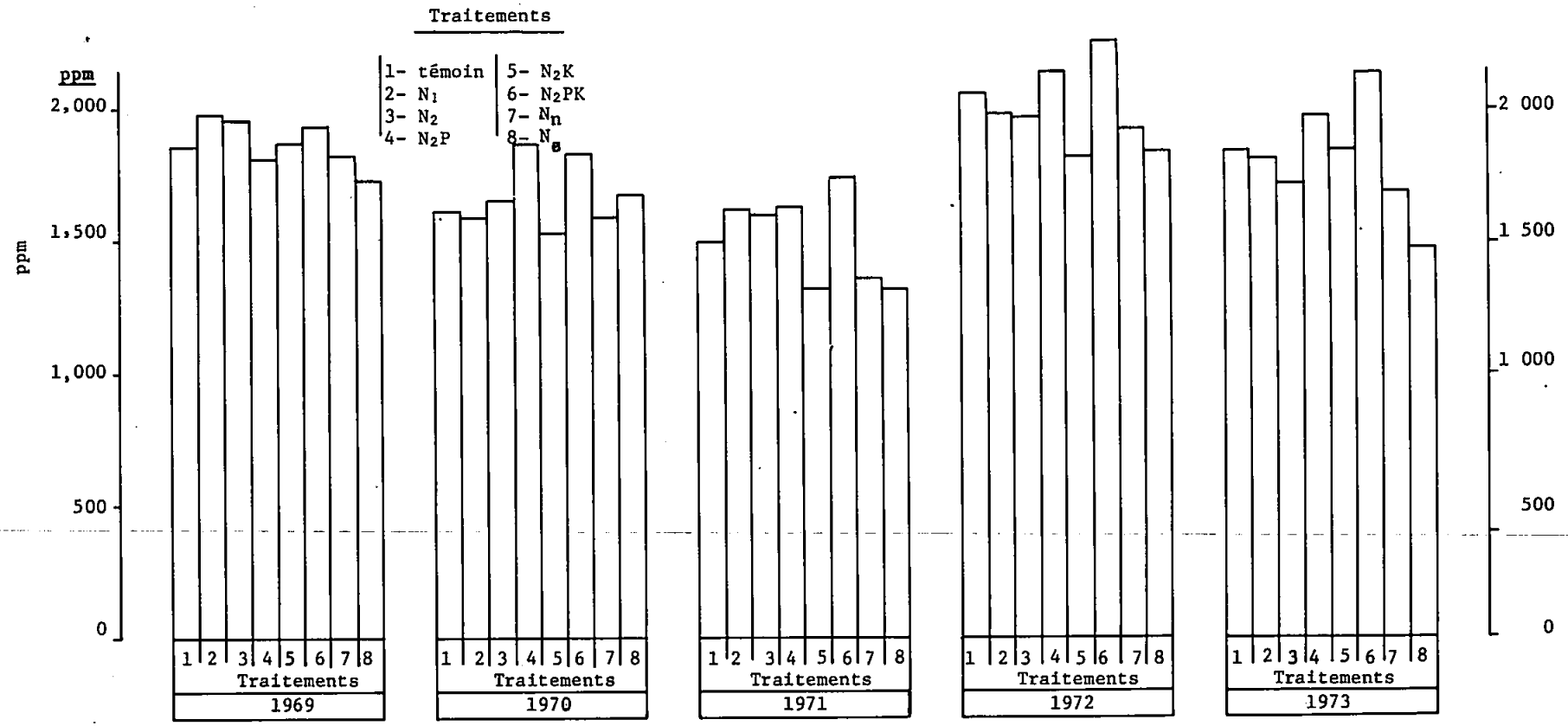


FIGURE 8

VARIATION DE LA CONCENTRATION EN POTASSIUM (ppm) DES AIGUILLES DE L'ANNEE COURANTE

TIERS SUPERIEUR DE LA CIME - MOYENNE PAR TRAITEMENT

SAPIN BAUMIER - SECTEUR EXPERIMENTAL LEMIEUX, 69,06

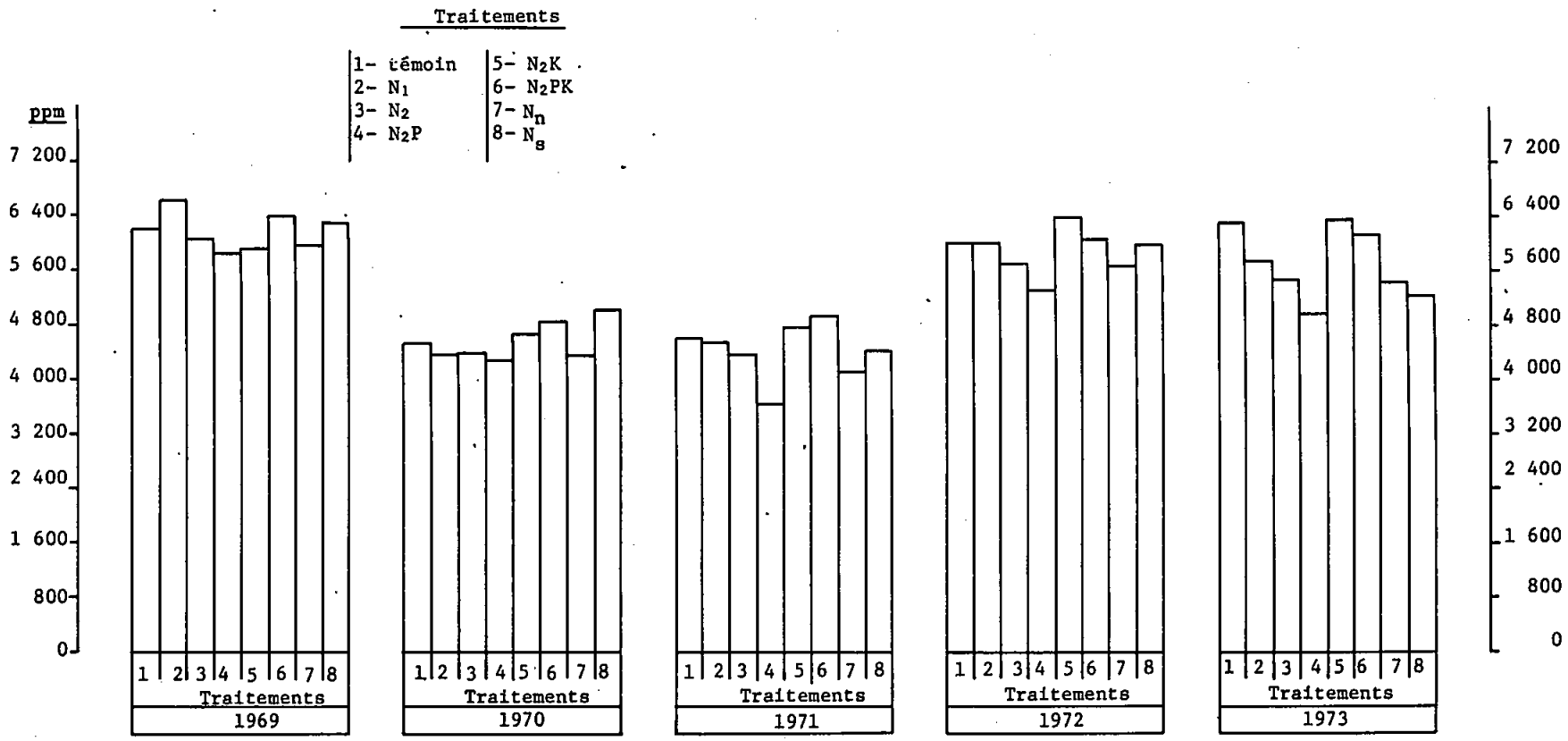


FIGURE 9

VARIATION DE LA CONCENTRATION EN AZOTE (p. 100) DES AIGUILLES DE L'ANNEE COURANTE

TIERS SUPERIEUR DE LA CIME - MOYENNE PAR TRAITEMENT

SAPIN BAUMIER - SECTEUR EXPERIMENTAL CUOQ,69-01

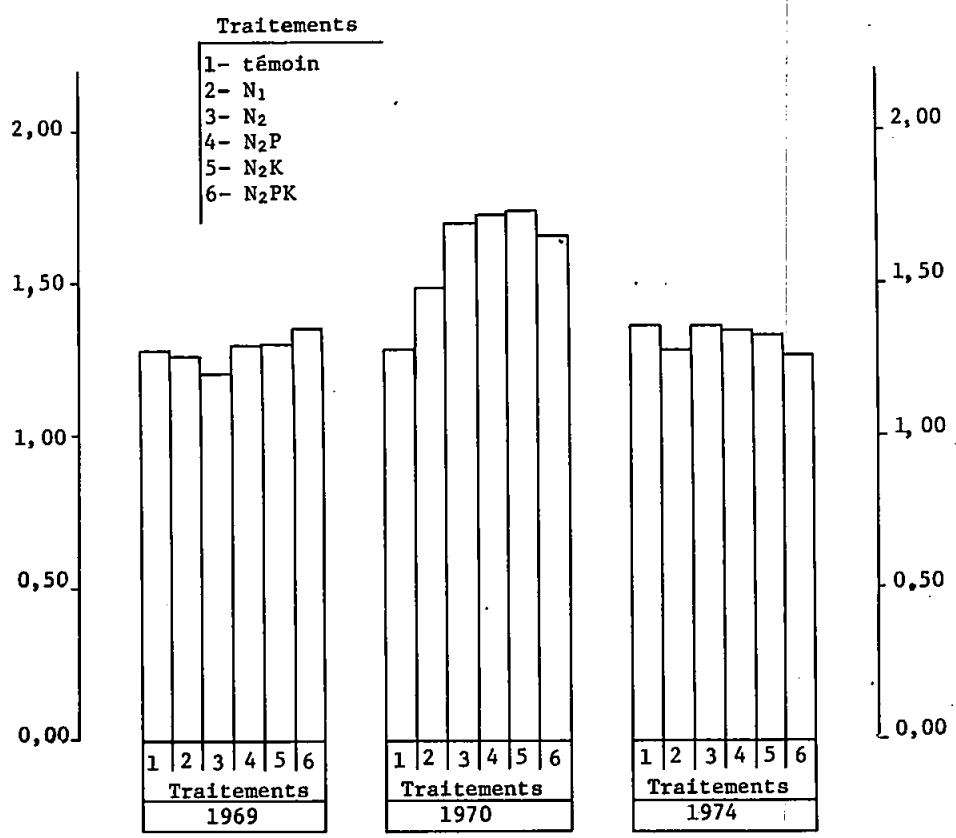


FIGURE 10

VARIATION DE LA CONCENTRATION EN PHOSPHORE (ppm) DES AIGUILLES DE L'ANNEE COURANTE

TIERS SUPERIEUR DE LA CIME - MOYENNE PAR TRAITEMENT

SAPIN BAUMIER - SECTEUR EXPERIMENTAL CUOQ, 69-01

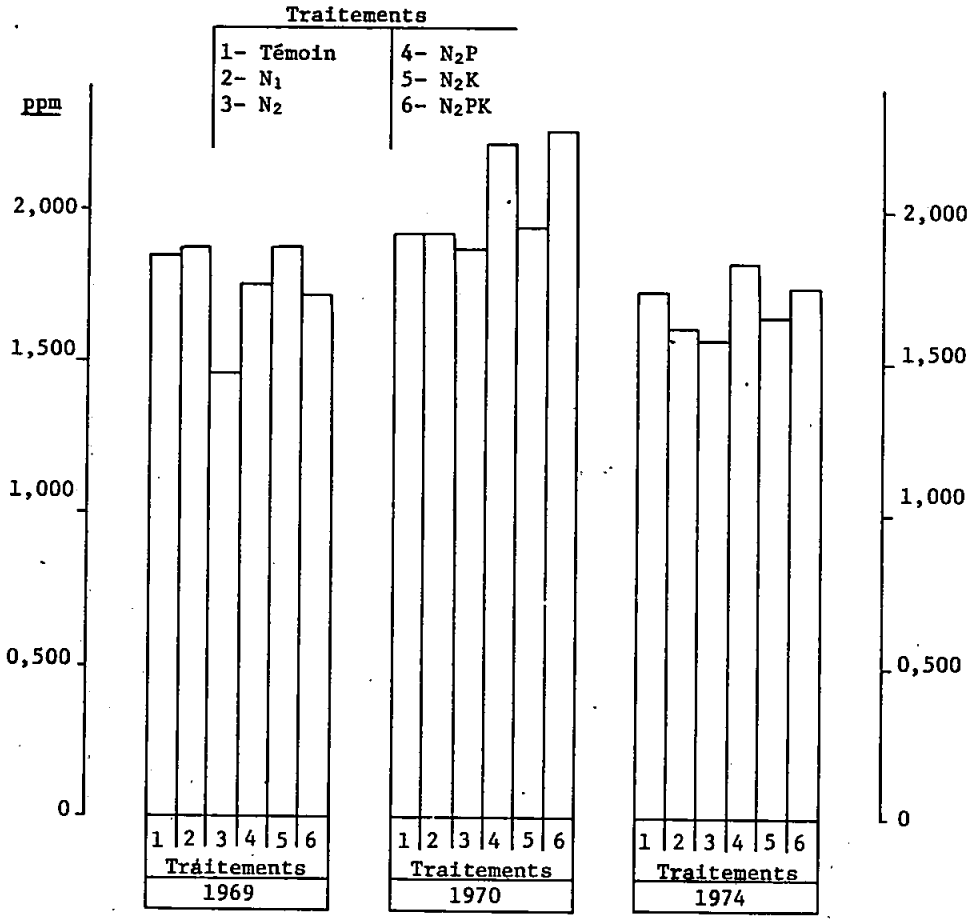


FIGURE 11

VARIATION DE LA CONCENTRATION EN POTASSIUM (ppm) DES AIGUILLES DE L'ANNEE COURANTE

TIERS SUPERIEUR DE LA CIME - MOYENNE PAR TRAITEMENT

SAPIN BAUMIER - SECTEUR EXPERIMENTAL CUOQ, 69-01

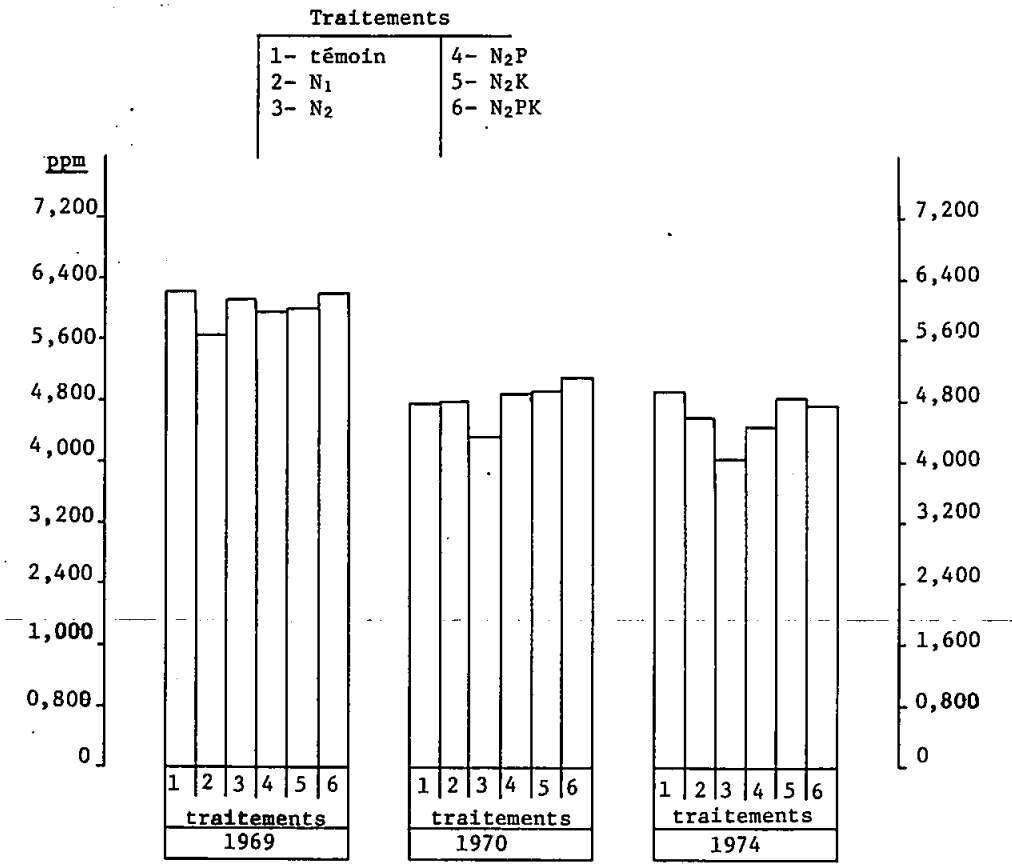


Figure 12

Variation de la concentration en azote total (p.100) des horizons du sol, 4 mois après fertilisation - Secteur expérimental Lemieux 69-06 (moyenne et écart type par traitement)

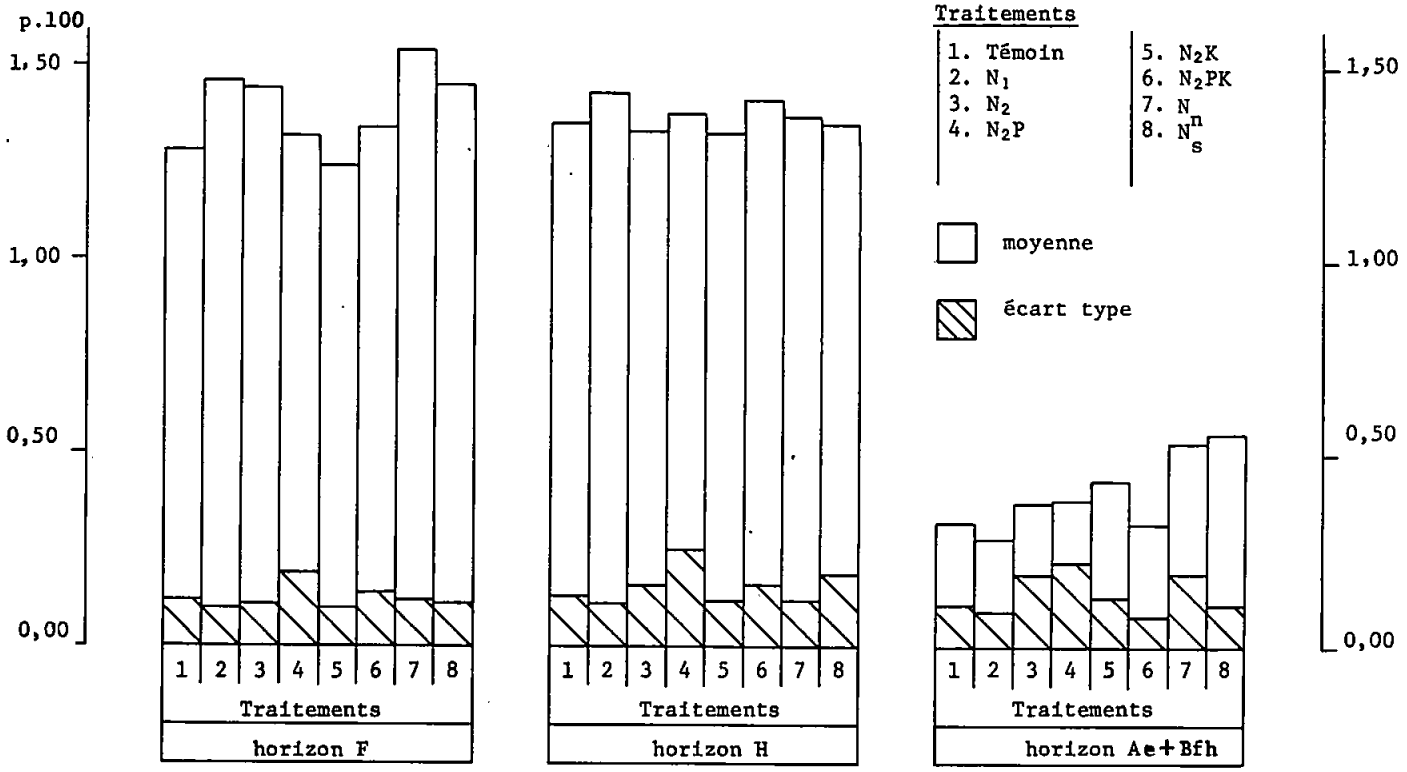
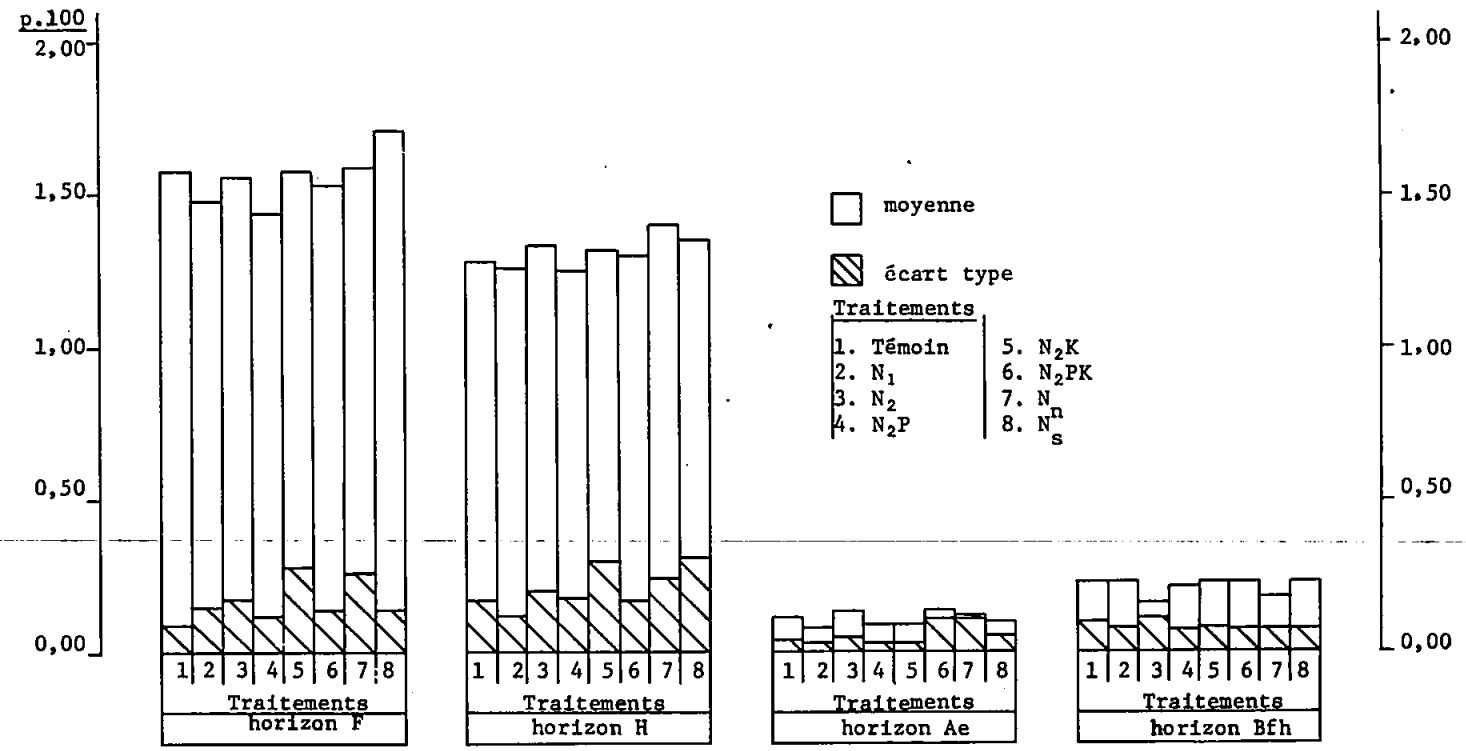


Figure 13

Variation de la concentration en azote total (p.100) des horizons du sol,
4 mois après fertilisation - Secteur expérimental Chabot 69-07
(moyenne et écart type par traitement)



Achevé d'imprimer à
Québec en décembre 1978, sur
les presses du Service des impressions en régie
du Bureau de l'Éditeur officiel
du Québec

La fertilisation des peuplements forestiers, dix ans environ avant la coupe finale, peut être un moyen assez simple d'accroître la production des forêts du Québec. C'est pourquoi le ministère des Terres et Forêts, par son Service de la recherche, a apporté une contribution si importante au Projet inter-provincial de fertilisation des forêts naturelles, en établissant 40 secteurs d'expérimentation dans le but de mesurer l'effet des fertilisants sur l'augmentation du taux de croissance des arbres et d'identifier les engrais à utiliser et leur taux d'absorption. Cependant, la fertilisation manuelle est impraticable sur de grandes superficies. Le Service collabore donc au Projet inter-provincial de fertilisation aérienne des forêts naturelles, qui vise à trouver des méthodes efficaces et économiques de fertiliser de grandes superficies de même qu'à évaluer les effets d'une fertilisation à grande échelle sur l'environnement.

Éditeur officiel du Québec
Imprimé au Québec