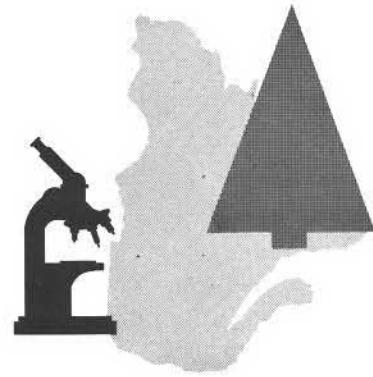




Gouvernement du Québec
Ministère des Terres et Forêts
Direction générale des forêts
Service de la recherche



NOTE N^o 8 1978

EFFETS DE SEPT TRAITEMENTS DE FERTILISATION SUR LA PRODUCTION DE CONES
ET DE GRAINES D'UN PEUPEMENT DE SAPIN BAUMIER AGE DE 60 ANS

Gilles Sheedy¹

O.D.C. 232.31 + 237.4 -- 01 (047.3) (714) L.C. SD 408 .P66

RESUME

Dans un peuplement de sapin baumier fertilisé en mai 1970 et situé dans le parc de la Gaspésie, les cônes ont été récoltés en août 1970, 1973 et 1974. Ce rapport décrit brièvement la méthode utilisée et présente les résultats pour les trois récoltes de cônes. L'addition des engrais a permis des augmentations marquées du nombre de cônes par arbre et de la qualité des cônes (cônes plus longs et plus lourds). Les graines extraites de ces cônes étaient de meilleure qualité (plus lourdes et plus grosses) et présentaient un meilleur taux de germination. Il est difficile de préciser quel traitement favorise le plus la production de cônes et de graines de ce peuplement mais il semble que ce soit l'azote qui est l'élément le plus efficace.

¹ Gilles Sheedy, ing.f., M.Sc., chargé de recherches en sylviculture

SUMMARY

Cones were collected in a balsam fir stand located in Gaspé Park in order to study seed production and to determine if fertilization in natural forests affects the quality and the quantity of cones and seeds. This paper describes the method used and gives the results of the three collections of cones. Fertilization of this stand affected the production of cones and their quality (cones were longer and heavier). The quality and the number of seeds were also affected as they were heavier and their rate of germination was better. It is difficult to be more precise about which treatment was the most effective on the production of cones and seeds of this stand, but nitrogen seems to be the most effective element.

INTRODUCTION

Il existe plusieurs traitements sylvicoles susceptibles de favoriser la production et la qualité des cônes et des graines des peuplements forestiers et des vergers à graines. La fertilisation des forêts se place parmi ces traitements et plusieurs auteurs ont noté des effets bénéfiques de l'application d'engrais sur la production des cônes et des graines, comme l'on signalé Baule et Fricker en 1964 et Brazeau et Veilleux en 1976.

Dans le cadre du Projet interprovincial de fertilisation des forêts naturelles (Anonyme 1973), nous avons entrepris en 1969 l'étude des effets de l'application de sept traitements de fertilisation (tableau 1) sur la production de cônes et de graines d'un peuplement de sapin baumier âgé de 60 ans. La description de la méthode expérimentale et les résultats du premier échantillonnage de cônes ont fait l'objet d'une note de recherche (Sheedy 1974). Le but de ce rapport est de présenter une synthèse des résultats obtenus pour les trois échantillonnages de cônes et de graines qui ont été réalisés dans ce peuplement.

DESCRIPTION DU PEUPEMENT

Le peuplement choisi pour cette étude est situé à environ 50 km au sud-est de Sainte-Anne-des-Monts, dans le parc de la Gaspésie, à 66° 05' de longitude ouest et à 48° 52' de latitude nord. L'altitude est d'environ 395 m et le peuplement fait partie de la section B-2 de Rowe (1972). Ce peuplement est composé principalement de sapin baumier (98 p. 100) et de quelques épinettes et bouleaux blancs.

En 1969, lors de l'établissement des 16 placettes d'échantillonnage d'une superficie de 0,04 ha (2 placettes par traitement), la hauteur moyenne des arbres dominants et codominants était de 12,5 m alors que le diamètre moyen des arbres était de 11 cm.

MATERIEL ET METHODE

Les cônes de ce peuplement ont été récoltés à trois reprises (fin août 1970, 1973 et 1974) sur six arbres par placette, au moyen d'une échelle et de sécateurs. Le dénombrement des cônes s'est effectué séparément pour chacun des six arbres échantillonnés. Les cônes ont été pesés et mesurés, puis séchés à 51,7°C pendant 12 heures pour en extraire les graines. Après avoir déterminé le poids et le nombre de graines, on a procédé au test de germination en se basant sur les règles internationales pour les essais de semences (Anonyme 1966). Par la suite, cinq échantillons de 1 g de graines préalablement broyés et mélangés ont été utilisés pour l'analyse chimique des graines. Ces échantillons ont été analysés en suivant les méthodes usuelles d'analyses des tissus végétaux (Martin 1972). Une analyse de corrélation a été effectuée pour vérifier l'existence de relations entre le diamètre des arbres et le nombre et le poids des cônes produits.

RESULTATS

Le tableau 2 présente les résultats des mesures de longueur des cônes ainsi que le nombre et le poids des cônes et des graines pour l'ensemble des arbres, par traitement et par année. Les résultats varient selon les années et selon les traitements; ainsi, le nombre moyen de cônes par arbre est de 89 en 1970, 102 en 1973 et 41 en 1974. D'autre part, le nombre moyen de cônes par arbre et par année de production est de 68 pour le traitement témoin et de 83 pour l'ensemble des traitements de fertilisation. En conditions naturelles, ce type de peuplement produit en moyenne 68 cônes par arbre et par année de production. Ces cônes ont un taux d'humidité élevé (150 p. 100 en moyenne), ils ont une longueur moyenne de 50 mm et un poids sec moyen de 4,5 g. On extrait en moyenne 154 graines par cône et ces graines ont un taux de germination moyen de 23 p. 100 (sauf pour les résultats de 1974). Ce taux de germination semble faible mais il correspond au taux normalement observé pour cette essence au Québec (Lamontagne 1972).

On constate à l'examen du tableau 2 que la récolte de cônes de 1974 est inférieure à celles des années 1970 et 1973 et que le taux de germination des graines en 1974 est très faible. Il faut se rappeler, cependant, que les bonnes années de production de cônes pour le sapin se produisent normalement à intervalle de 2 à 4 ans (Anonyme 1974) et que la production de cônes en 1973 fut très bonne. D'autre part, la tordeuse des bourgeons de l'épinette a commencé à faire des dommages dans ce peuplement en 1974, ce qui peut avoir affecté la production et la qualité des cônes de cette année. De plus, lors de l'entreposage en chambre froide, des moisissures se sont développées sur les cônes, ce qui peut avoir affecté sérieusement la qualité des graines et leur taux de germination.

EFFETS DE LA FERTILISATION SUR LA PRODUCTION DE CONES ET DE GRAINES DE CE PEUPEMENT

A l'examen des résultats présentés au tableau 2, on constate que le nombre, la longueur et le poids des cônes ainsi que le nombre et la qualité des graines sont affectés par la fertilisation. Ainsi, les résultats moyens pour l'ensemble des arbres fertilisés par rapport aux arbres non traités montrent des augmentations substantielles du nombre de cônes (8 à 52 p. 100), de la longueur des cônes (0 à 8 p. 100), du poids des cônes (7 et 8 p. 100 en 1970 et 1973), du poids moyen des graines par cône (8 et 13 p. 100 en 1970 et 1973), une diminution du nombre de graines par gramme (11 et 16 p. 100 en 1970 et 1973) et du nombre de graines par cône (4 et 8 p. 100 en 1973 et 1974) et une augmentation du taux de germination (6 p. 100 en 1973). Il semble, cependant, que l'application d'engrais en mai 1970 ait favorisé une augmentation de nombre de graines par cône la même année.

Il est très difficile de préciser quels sont les traitements qui favorisent le plus la production de cônes et de graines des arbres car il existe beaucoup de variations dans les résultats entre les arbres, les placettes et les années, comme le montre le tableau 3. C'est précisément pour cette raison qu'on ne peut trouver de différences significatives entre les traitements. Il semble bien cependant que c'est l'azote qui favorise le plus la production de cônes et de graines de ce peuplement. D'autre part, on remarque que les effets des engrais sur la production de cônes et de graines de ce peuplement sont encore très perceptibles cinq saisons de croissance après la fertilisation. On constate en effet que le nombre de cônes et de graines de 1974 est nettement plus grand dans les placettes fertilisées; ainsi, il y a en moyenne 52 p. 100 plus de cônes et 40 p. 100 plus de graines dans les arbres fertilisés. De plus, les effets des engrais sur le nombre de cônes et de graines semblent particulièrement marqués pendant les années de faible production alors que lors des années de bonne production, c'est surtout la qualité des graines (graines plus lourdes, meilleur taux de germination) qui semble être la plus affectée.

RELATION ENTRE LE DIAMETRE DES ARBRES ET LEUR PRODUCTION DE CONES

On remarque au tableau 2 que le nombre, la longueur moyenne et le poids moyen des cônes provenant des arbres fertilisés avec N_2 (224 kg/ha d'azote) sont plus petits que ceux observés pour les autres traitements et même pour les arbres témoins; de plus, le diamètre moyen de ces arbres (traitement N_2) est inférieur au diamètre mesuré dans les autres placettes. Ces constatations nous ont amené à vérifier l'existence de relations entre le diamètre des arbres et leur production de cônes. Les résultats de cette analyse sont présentés au tableau 4 et montrent qu'il existe une relation positive et significative entre le diamètre des arbres et le nombre de cônes produits en 1970, 1973 et 1974. Il existe aussi une relation significative positive entre le diamètre des arbres et le poids moyen des cônes produits par ces arbres en 1970, 1973 et 1974. Ainsi, plus un arbre est gros (en diamètre), plus il produit de cônes et plus ces cônes sont gros. Cette relation entre le diamètre des arbres et leur production de cônes a déjà été signalée par Matthews (1963) pour d'autres essences.

PRODUCTION GLOBALE

Si l'on considère qu'il y a environ 2475 tiges dominantes et codominantes par hectare dans ce peuplement, on peut évaluer que la production moyenne de cônes par hectare varie entre 195 000 et 235 000 durant les bonnes années (1970 et 1973) alors qu'elle se situe autour de 69 000 cônes durant les années moins bonnes (1974). D'autre part, si l'on fertilise ce peuplement, on observe une production globale moyenne de cônes par hectare variant de 223 000 à 255 000 pour les bonnes années de production (1970 et 1973) et de 105 000 cônes par hectare pour les années moins bonnes (1974). Il est probable que les effets des engrais sur la production de cônes et de graines du sapin baumier seraient encore plus marqués si l'étude était réalisée dans un verger à graines ou dans un peuplement semencier, les arbres y étant plus espacés et mieux éclairés.

RESULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES DES GRAINES

Les résultats des analyses chimiques des graines de 1970 et de 1973 sont présentés au tableau 5. L'examen de ce tableau montre qu'il existe beaucoup de variations dans les résultats entre les traitements et surtout entre les années; ainsi, les résultats de 1973 sont nettement plus faibles que ceux de 1970.

D'autre part, il est difficile de percevoir les effets des traitements de fertilisation sur les concentrations en éléments des graines à partir de ces résultats. Il faut se rappeler cependant que les graines provenant d'arbres fertilisés sont plus grosses et plus lourdes en général; au total, elles contiennent donc plus d'éléments. Ainsi, la concentration en N de 1970 est plus faible pour le traitement N₂PK que pour le témoin mais si l'on multiplie ces concentrations par le poids moyen d'une graine (0,79 mg et 0,56 mg) pour chaque traitement, c'est la graine fertilisée avec N₂PK qui contient le plus de N.

CONCLUSIONS

Les sapins baumiers non fertilisés qui ont fait l'objet de cette étude ont produit en moyenne 68 cônes par année de production. Ces cônes ont une longueur moyenne de 50 mm et un poids sec moyen de 4,5 g. On extrait en moyenne 154 graines par cône et on observe un taux de germination moyen de 23 p. 100.

L'application d'engrais a eu des effets très marqués sur la production et la qualité des cônes et des graines de ce peuplement. Les arbres fertilisés ont produit en général plus de cônes (8 à 52 p. 100) et ces cônes étaient plus longs et plus lourds (0 à 13 p. 100). Les cônes qui provenaient d'arbres fertilisés contenaient en moyenne moins de graines (4 et 8 p. 100 en 1973 et 1974); ces graines étaient plus lourdes (11 et 16 p. 100 en 1970 et 1973) et avaient un meilleur taux de germination (6 p. 100 en 1973). Il semble que les engrais favorisent la production de cônes et de graines, particulièrement lors des années de faible production (1974) alors que c'est surtout la qualité des graines et des cônes qui est favorisée lors des bonnes années de production (1970 et 1973).

Il est difficile de préciser quels traitements favorisent le plus la production et la qualité des cônes et des graines de ce peuplement. Il semble bien cependant que l'azote soit l'élément le plus favorable à la production de cônes et de graines.

D'autre part, il existe des relations positives significatives entre le diamètre des arbres et la production et la qualité des cônes. Ainsi, plus le diamètre de l'arbre est gros, plus il produit de cônes et plus ces cônes sont lourds.

A la suite de ces résultats, il est recommandé de fertiliser les arbres producteurs de cônes dans les peuplements semenciers et les vergers à graines pour améliorer la qualité et la production des cônes et des graines récoltées. Le traitement qui serait le plus susceptible d'être efficace comprendrait une application de 200 kg/ha d'azote et de 75 à 100 kg/ha de P et de K.

REFERENCES

- ANONYME, 1966. *Règles internationales pour les essais de semences 1966*. Proc. Int. Seed Test. Ass. Vol. 31 (1966) No 3. 519 p.
- ANONYME, 1973. *Interprovincial forest fertilization program. Progress report 1969/72*. C.F.S. Publ. 1319, Ottawa. 19 p.
- ANONYME, 1974. *Seeds of woody plants in the United States*. U.S. Dep. Agric.; Forest Serv., Agri. Handb. 450. 883 p.
- BAULE, H. et G. FRICKER, 1969. *La fertilisation des arbres forestiers*. BLV - Verlagsgesellschaft - Mbh, München. 255 p.
- BRAZEAU, M. et J.-M. VEILLEUX, 1976. *Bibliographie annotée sur les effets de la fertilisation sur la production de cônes et de semences*. Québec, Min. Terres et Forêts. Service de la recherche. Mémoire n° 25. 26 p.
- LAMONTAGNE, Y., 1972. *Détermination du nombre de semences requis pour les tests de germination et le calcul du nombre de semences à la livre*. Québec, Min. Terres et Forêts. Service de la restauration, Div. des Pépinières. 11 p.
- MARTIN, D., 1972. *Principes et techniques d'analyses de sols et de tissus végétaux*. Québec, Min. Terres et Forêts. Service de la recherche. 175 p.
- MATTHEWS, J.D., 1963. *Factors affecting the production of seed by forest trees*. Forestry Abstracts 24 (1). 13 p.
- ROWE, J.S., 1972. *Les régions forestières du Canada*. Min. de l'Environnement. Serv. Can. des forêts, Publ. n° 1300 F. 172 p.
- SHEEDY, G., 1974. *Effets comparés de divers fertilisants sur la production de semences du sapin baumier*. Min. Terres et Forêts. Service de la recherche, Note n° 3. 11 p.

Tableau 1

Traitements de fertilisation

Traitement	Engrais	
	Type d'engrais	Quantité d'élément
Témoin		
N ₁	Urée (45 pour 100 d'azote)	112 kg/ha d'azote
N ₂	Urée (45 pour 100 d'azote)	224 kg/ha d'azote
N ₂ P	Urée (45 pour 100 d'azote) Triple superphosphate (45 pour 100 de P ₂ O ₅)	224 kg/ha d'azote 112 kg/ha de phosphore
N ₂ K	Urée (45 pour 100 d'azote) Muriate de potasse (KCl - 60.5 pour 100 de K ₂ O)	224 kg/ha d'azote 112 kg/ha de potassium
N ₂ PK	Urée (45 pour 100 d'azote) Triple superphosphate (45 pour 100 de P ₂ O ₅) Muriate de potasse (KCl - 60.5 pour 100 de K ₂ O)	224 kg/ha d'azote 112 kg/ha de phosphore 112 kg/ha de potassium
N ₃	Nitrate d'ammonium (NH ₄ NO ₃) 34 pour 100 d'azote)	224 kg/ha d'azote
N ₄	Sulfate d'ammonium (NH ₄) ₂ SO ₄ 20.5 pour 100 d'azote	224 kg/ha d'azote

TABLEAU 2

NOMBRE, LONGUEUR ET POIDS DE CONES ET DE GRAINES DE SAPIN PAR TRAITEMENT DE FERTILISATION
RECOLTES DE 1970, 1973 et 1974

Trait.	Diam. moy. cm	N. de cône par arbre			Long. moy. des cônes (mm)			Poids moy. d'un cône sec ² (g)			N. de graines par g			Taux de germination			N. de graines par arbre			N. de graines par cône			Poids moy. des graines par cône (mg)						
		1970	1973 ¹	1974 ¹	1970	1973	1974	1970	1973	1974	1970	1973	1974	1970	1973	1974 ³	1970	1973	1974	1970	1973	1974	1970	1973	1974				
T	14,3	79	95	28	52	45	52	4,9	3,9	4,6	148	164	218	20	26	1	11	139	15	580	4	712	130	164	169	90	95	85	
N ₁	14,5	120	90	37	56	49	53	5,5	4,5	4,1	126	121	235		30	3	16	920	12	420	5	809	141	138	157	90	114	82	
N ₂	13,0	72	57	47	49	45	47	4,6	3,7	4,0	140	134	233	19	18	6	9	360	8	721	7	050	130	153	150	96	117	74	
N ₂ P	14,8	107	82	43	55	49	54	5,8	4,2	4,7	143	123	198		29	4	15	408	13	694	7	138	144	167	166	85	101	96	
N ₂ K	14,4	84	101	51	56	49	55	5,2	4,1	4,4	123	132	215		23	5	9	996	15	049	8	160	119	149	160	99	110	81	
N ₂ PK	14,3	81	113	34	55	51	53	5,2	4,2	4,2	121	140	184		23	37	3	11	421	21	018	5	474	141	186	161	96	121	94
N ₃	14,7	87	122	40	55	48	51	5,2	4,3	3,6	132	162	244		30	9	12	267	17	690	6	040	141	145	151	100	80	72	
N ₄	15,3	81	155	46	54	48	47	5,5	4,3	3,8	132	152	260		27	1	12	150	26	505	6	854	150	171	149	115	107	79	
Moyenne	14,4	89	102	41	54	48	52	5,2	4,2	4,2	133	141	223		21	28	4	12	333	16	335	6	407	137	159	158	96	106	83
M ₂		90	116	43	54	48	51	5,3	4,2	4,1	131	138	224		21	28	5	12	503	16	442	6	646	138	158	156	97	107	83
Augmentation (p. 100)		14%	8%	52%	4%	8%	-1%	8%	7%	-10%	-11%	-16%	+3%	-	6%	-	+12%	+6%	+40%	+6%	-4	-8%	8%	13%	-3%				

1- Un certain nombre de cônes étaient déjà ouverts, d'autres étaient sous forme de strobiles

2- Le taux d'humidité des cônes était de 150 p. 100 en 1970, 135 p. 100 en 1973 et de 180 p. 100 en 1974

3- Il y a eu des moisissures sur les cônes lors de l'entreposage en chambre froide, ce qui explique le faible taux de germination

M₂ Moyenne pour les traitements de fertilisation

TABLEAU 3
 VARIATIONS DU NOMBRE, DE LA LONGUEUR ET DU POIDS DES CONES ET DES GRAINES
 SELON LES PLACETTES, LES ARBRES, LES TRAITEMENTS ET LES ANNEES D'ECHANTILLONNAGE

Traitement	PEP	Arbre	Diam. 1973	CONES									GRAINES								
				No./arbre			Long. moy.			Poids moyen			N. graines/g			N. graines/cône			% germination ³		
				1970	1973 ¹	1974 ²	1970	1973	1974	1970 ¹	1973	1974	1970	1973	1974	1970	1973	1974	1970	1973	1974
T	65	1	13,5	30	32	34	59	48	54	5,7	4,8	5,0	92	171	264	137	149	175	11	30	2
		2	12,5	153	65	22	50	36	53	4,5	2,8	4,8	390	105	224	319	97	176	22	37	0
		3	11,7	25	69	44	59	48	54	6,1	4,6	4,6	88	146	193	106	159	161	30	49	0
		4	15,1	95	190	-	52	47	53	5,7	3,9	4,8	159	157	224	115	133	176	14	40	0
		5	15,1	46	24	31	59	52	56	6,5	5,5	5,1	137	140	203	163	215	199	6	30	0
		6	15,2	23	138	34	48	42	46	5,8	3,9	4,2	71	214	234	64	169	169	10	24	5
Moyenne			13,9	62	86	33	54	46	53	5,7	4,3	4,8	156	156	224	150	157	176	16	35	1
T	74	1	16,2	60	179	5	44	36	46	4,3	2,6	4,0	118	191	168	106	159	171	35	4	0
		2	12,1	180	104	28	41	41	45	2,8	2,7	2,9	170	167	276	114	146	152	24	21	0
		3	15,6	57	77	24	51	54	53	4,2	5,5	5,5	107	168	237	59	218	173	41	2	0
		4	14,6	103	84	38	56	42	48	5,4	3,2	4,4	173	163	188	132	135	125	4	28	0
		5	15,2	157	75	20	53	45	64	4,2	4,2	5,0	142	168	198	136	191	182	29	35	4
		6	Mort	17	-	-	55	-	-	4,2	-	-	128	-	-	-	-	-	18	-	-
Moyenne			14,7	96	104	23	50	44	52	4,2	3,6	4,4	140	171	213	109	170	161	25	18	1
Moyenne T			14,3	79	23	28	52	45	52	4,9	4,0	4,6	148	164	218	130	164	218	20	26	1
N ₂ PK	67	1	15,5	195	380	30	54	45	51	4,5	3,4	4,0	130	146	142	107	143	54	10	35	36
		2	15,0	53	21	49	56	54	53	4,8	4,2	4,3	146	129	218	178	210	188	24	39	2
		3	14,3	19	92	16	55	48	60	6,6	4,5	4,7	70	98	175	88	132	170	21	28	0
		4	12,6	304	65	6	52	57	55	3,3	5,0	5,0	129	141	129	79	200	111	27	47	1
		5	17,7	106	148	95	52	49	49	4,6	5,2	3,9	126	153	195	154	204	172	23	35	0
		6	15,5	45	64	31	60	57	66	5,9	4,5	5,7	127	155	201	140	189	238	18	26	0
Moyenne			15,1	120	128	38	55	52	54	4,9	4,5	4,4	121	137	177	124	180	156	21	35	7
N ₂ PK	75	1	13,0	109	151	40	58	45	57	5,3	3,0	3,0	114	140	196	166	174	125	24	48	0
		2	13,8	8	182	33	60	56	48	7,1	4,7	4,6	103	127	162	180	184	148	22	32	1
		3	16,8	13	174	51	54	45	51	5,4	3,4	3,7	134	136	221	155	154	173	23	13	0
		4	13,5	22	51	11	59	49	59	5,5	4,3	5,9	114	154	175	155	181	207	27	37	0
		5	13,2	21	32	3	53	53	55	6,5	4,1	4,0	113	170	172	145	223	156	25	62	1
		6	10,7	76	7	31	53	52	52	3,9	3,8	3,8	145	125	202	139	228	162	22	43	0
Moyenne			13,5	42	100	28	56	50	53	5,6	3,9	4,1	121	152	188	157	191	162	24	39	0
Moyenne N ₂ PK			14,3	81	114	33	55	51	54	5,3	4,2	4,2	121	140	184	141	186	161	23	37	3

¹ Cônes partiellement ouverts, 10 à 20 p. 100 de strobiles.

² Peuplement attaqué par la tordeuse.

³ Présence de moisissures sur les cônes lors de l'entreposage en chambre froide, ce qui explique le faible taux de germination.

TABLEAU 4

COEFFICIENTS DE CORRELATION ENTRE LE DIAMETRE DES ARBRES, LE NOMBRE DE CONES ET LE POIDS MOYEN DES CONES DE 1970, 1973 ET 1974

VARIABLES	Valeur de r		
	1970	1973	1974
NOMBRE DE CONES	0,25**	0,34**	0,25**
POIDS DES CONES	0,24*	0,34**	0,24*

* indique une corrélation significative au seuil de 0,05

** indique une corrélation significative au seuil de 0,01

TABLEAU 5

RESULTATS DE L'ANALYSE CHIMIQUE DES GRAINES
RECOLTEES EN 1970 ET EN 1973

Traitement	CONCENTRATIONS EN ELEMENTS									
	N (p.100)		P (p.100)		K (p.100)		Mg (p.100)		Ca (p.100)	
	1970	1973	1970	1973	1970	1973	1970	1973	1970	1973
T	2,10	1,80	0,89	0,36	0,73	0,70	0,19	0,17	0,02	0,02
N ₁	2,29	1,69	0,83	0,30	0,75	0,65	0,20	0,14	0,02	0,02
N ₂	2,00	1,59	0,71	0,31	0,70	0,63	0,16	0,14	0,03	0,02
N ₂ P	2,16	1,69	0,82	0,32	0,72	0,65	0,18	0,14	0,02	0,01
N ₂ K	1,99	1,74	0,73	0,34	0,71	0,70	0,17	0,16	0,02	0,02
N ₂ PK	1,94	1,78	0,78	0,33	0,77	0,67	0,18	0,16	0,03	0,02
N ₃	2,25	1,73	0,81	0,34	0,75	0,68	0,19	0,17	0,03	0,02
N ₄	2,19	1,58	0,77	0,30	0,78	0,71	0,18	0,15	0,02	0,02
Moyenne	2,11	1,70	0,79	0,32	0,74	0,67	0,18	0,15	0,03	0,02