



HAL
open science

Essai de fertilisation minérale sur pin maritime à Mimizan (Landes). Résultats après la 6^o année

Jean Guinaudeau, Georges Illy, J.-P. Maugé, F. Dumas

► To cite this version:

Jean Guinaudeau, Georges Illy, J.-P. Maugé, F. Dumas. Essai de fertilisation minérale sur pin maritime à Mimizan (Landes). Résultats après la 6^o année. Annales de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts et de la Station de Recherches et Expériences Forestières, 1963, 20 (1), 71 p. hal-02730478

HAL Id: hal-02730478

<https://hal.inrae.fr/hal-02730478v1>

Submitted on 3 Jan 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ESSAI
DE FERTILISATION MINÉRALE
SUR PIN MARITIME
à MIMIZAN (Landes)

Résultats après la 6^e année

PAR

J. GUINAUDEAU

ingénieur en chef des eaux et forêts

G. ILLY

ingénieur des eaux et forêts

J.-P. MAUGÉ

ingénieur agronome

F. DUMAS

ingénieur agronome

Lorsqu'à l'automne 1956, les dirigeants de la Société des Papiers de Gascogne, en particulier M. BLANC, ingénieur des eaux et forêts, président du conseil d'administration et M. BULLE, ingénieur des eaux et forêts, directeur du service forestier de la société, ont exprimé le désir de collaborer avec l'annexe de Bordeaux de la Station de recherches forestières pour réaliser sur le terrain une expérimentation portant sur l'emploi d'engrais dans un reboisement de pin maritime par semis, c'est bien volontiers qu'une expérimentation de cet ordre a été mise à l'étude. La société a mis gracieusement à la disposition de la Station de recherches un terrain lui appartenant sur la commune de Mimisan. Elle a accepté de régler tous les frais entraînés par la préparation, l'exécution et l'entretien de cette expérience.

Quant au dispositif expérimental lui-même, il a été établi en liaison avec l'annexe de la Station de recherches de Bordeaux par les organismes suivants:

— Office national industriel de l'azote à Toulouse, dont le service agronomique, dirigé par M. SOUBIES, a étudié les modalités en fonction de ce qui avait pu être réalisé comme expériences de fertilisation agricole à Solférino dans des sols de même nature; de plus, les très nombreuses analyses préalables à l'expérimentation ont été effectuées entièrement par ce service.

— Centre de recherches agronomiques du Sud-Ouest, à la Grande-Ferrade: en particulier, M. DELMAS, directeur de la Station agronomique, a envoyé un de ses collaborateurs, M. THEILER, pour aider à l'épandage des engrais.

Nous avons également bénéficié des conseils de M. DROUINEAU, directeur de la Station agronomique d'Antibes.

— Scories Thomas: le représentant à Mont-de-Marsan, M. OLLIVIER, a également participé à nos réunions préparatoires, ainsi que M. CHARLON, directeur régional des Scories Thomas pour la région de l'Ouest.

— Potasses d'Alsace:

L'O.N.I.A. et ces deux derniers organismes ont bien voulu fournir gracieusement les engrais nécessaires.

Nous tenons à remercier très vivement toutes les personnes qui nous ont apporté leur aide dans la réalisation de cette expérience et l'interprétation des résultats.

*
**

La fertilisation en forêt n'est pas un problème entièrement nouveau puisque, dès le début de ce siècle, il a fait l'objet d'un certain nombre d'essais [GALOUX]. Mais, à notre connaissance, aucun essai systématique n'avait encore été entrepris à cet égard dans la région landaise avant 1956 si l'on excepte les essais entrepris dès 1952 par la Société forestière de la Saussouze, sur le territoire de la commune de Sore [MAUGÉ (a)] et les quelques expériences de chaulage effectuées par l'un de nous en collaboration avec DUCHAUFOUR [DUCHAUFOUR et GUINAUDEAU].

Rappelons pour mémoire que le pin maritime, en dehors des cas où il peut être régénéré naturellement, n'est pas planté mais semé directement sur des bandes de terrain travaillées de 1 à 5 mètres de large, séparées par des bandes non travaillées de 2 à 3 mètres. La régénération artificielle du pin maritime a donc des analogies avec une culture agricole et la fertilisation minérale pouvait lui être appliquée sans trop de difficulté.

Le but de l'essai décrit dans cet article était d'étudier dans un terrain de lande plutôt médiocre, à sol très fortement podzolisé, l'effet sur la croissance du pin maritime d'une fumure de fond comportant les trois éléments fondamentaux : azote (N), acide phosphorique (P) et potasse (K). Il a été décidé au départ d'apporter cette fumure une fois pour toutes, l'étude de l'effet d'apports échelonnés étant réservée à d'autres essais.

TABLEAU I
RELEVÉS DE TEMPÉRATURES
du 1^{er} octobre 1955 au 30 septembre 1961

DATES	Noms des Postes	Mini-mum	Nbre de jours de gelée	G E L E E		Maxi-mum	Nbre de jours au-dessus de 30°
				1 ^{re}	Dernière		
1 ^{er} octobre 1955	MIMIZAN	-13°	48	-1° le 17 novembre	-2° le 7 avril	37°5	10
30 septembre 1956	YCHOUX (1)	-19°	-	-2° (7 - 10 octobre)	-5° (1 - 7 mai)	37°	-
	BOUSCAT	-16°	77	-6° le 18 octobre	-1°5 le 26 avril	37°	17
1 ^{er} octobre 1956	MIMIZAN	-8°	24	-0°5 le 27 octobre	-0°5 le 21 février	-	-
30 septembre 1957	YCHOUX	-13°5	-	-3° (2 - 8 octobre)	-1° (6 - 13 mai)	38°	-
	BOUSCAT	-10°5	47	-2° le 1 ^{er} novembre	-2° le 16 avril	39°5	23
1 ^{er} octobre 1957	MIMIZAN	-3°5	25	-1° le 24 novembre	-1° le 17 avril	40°	35
30 septembre 1958	YCHOUX	-9°	-	-3° (1 ^{er} - 7 octobre)	-2° (13 - 21 avril)	35°	-
	BOUSCAT	-7°5	59	-0°5 le 3 octobre	-2° le 17 avril	37°	44
1 ^{er} octobre 1958	MIMIZAN	-5°	30	-0°2 le 2 novembre	-0°2 le 22 avril	41°5	33
30 septembre 1959	YCHOUX	-8°	-	-1° (1 ^{er} - 6 octobre)	-4° (21 - 27 avril)	37°	-
	BOUSCAT	-8°5	62	-2°5 le 25 octobre	-3° le 22 avril	39°5	34
1 ^{er} octobre 1959	MIMIZAN	-7°7	23	-1°5 le 7 novembre	-1°5 le 30 avril	39°8	15
30 septembre 1960	YCHOUX	-10°	-	-1° (19 - 26 octobre)	-3°5 (2 - 9 mai)	35°	-
	BOUSCAT	-9°	48	-2°5 le 30 octobre	-1° le 5 mai	36°5	31
1 ^{er} octobre 1960	MIMIZAN	-4°5	19	-1°8 le 9 décembre	-1° le 30 mars	39°1	30
30 septembre 1961	YCHOUX	-8°	-	-0°5 (10 - 17 octobre)	-2° (23 - 29 mai)	39°1	-
	BOUSCAT (2)						

(2) : Poste supprimé le 31 décembre 1960.-

(1) : Poste à relevés hebdomadaires.-

RELEVÉS D
Du 1^{er} octobre 1955 :

TABLEAU II

MOIS	Année 1955-1956			Année 1956-1957			Année 1957-1958			Année 1958	
	MIMI- ZAN	YCHOUX	BOUS- CAT	MIMI- ZAN	YCHOUX	BOUS- CAT	MIMI- ZAN	YCHOUX	BOUS- CAT	MIMI- ZAN	YCHOUX
octobre	135,6	90	122,3	53,6	42	50,9	56,0	42	16,4	72,0	52
novembre	64,6	86	104,7	64,2	28	66,8	80,9	71	113	81,8	72
décembre	86,2	145	146,7	83,3	42	50,9	74,3	98	92,2	150,5	175
janvier	99,8	112	107	52,3	28	66,8	137,1	181	175,6	82,5	90
février	44,8	neige	41,4	77,7	151	94,5	43,2	37	40,5	16,4	12
mars	43,6	34	37,5	34,3	46	43,6	173,9	174	218,3	64,1	61
avril	50,8	49	53,1	51,5	60	88,0	51,7	64	61,9	67,5	109
mai	41,1	58	67,9	80,5	91	95,0	86,6	96	118,0	95,7	68
juin	54,8	27	32,5	106,1	118	67,6	69,0	89	108,0	25,9	54
juillet	66,9	77	125,2	58,4	76	83,1	53,6	84	81,3	14,0	71
août	104,3	110	160,2	16,1	31	18,3	66,3	139	98,8	102,2	44
septembre	62,1	56	106,1	61,8	83	75,5	84,7	60	54,6	89,7	91
TOTAUX	854,6	844	1104,6	739,8	851	837,9	977,3	1135	1178,6	862,3	899

1 — Le milieu

11 — CLIMAT :

L'emplacement du terrain offert par les Papeteries de Gascogne est situé par 49° 5' de latitude nord et 3° 90' de longitude ouest (Méridien de Paris) et à l'altitude d'environ 35 m au-dessus du niveau de la mer. Il se trouve sur le territoire de la commune de Mimizan (Landes) exactement le long et à l'ouest de la piste stabilisée qui relie la gare d'Aureilhan à la gare de Lisacq, à 1 km au sud de la route départementale 44 (Carte Michelin n° 78, pli n° 14).

Ce terrain se trouve à vol d'oiseau à 11 kms seulement de la mer, ce qui explique le caractère en général océanique et assez doux du climat : la température moyenne annuelle est d'environ 12°5, la pluviosité moyenne d'environ 1 m, elle est d'ailleurs bien répartie entre les différents mois de l'année; tout au plus peut-on parler d'un maximum d'automne et d'un léger minimum d'été. (Les Landes de Gascogne — Compte rendu 1947).

PLUVIOSITÉ

31 septembre 1961

- 1959	Année 1959-1960			Année 1960-1961			M O Y E N N E S		
BOUS- CAT	MIMI- ZAN	YCHOUX	BOUS- CAT	MIMI- ZAN	YCHOUX	BOUS- CAT	MIMIZAN (1952-1961)	YCHOUX (1954-1961)	BOUSCAT (1955-1959)
95,3	166,9	145	185,7	245,9	243	281,7	114,4	95,4	94
66,6	138,5	172	199,8	148,0	204	227,1	101,5	96,7	114
219,7	225,8	294	354,3	242,5	211	267,4	137,1	156,7	172,7
92,9	72,5	69	111,8	131,5	192		96,5	125,2	110,8
16,1	59,2	96	73,5	35,2	66		69,2	107,8	53,2
112,1	70,9	63	93,4	0,2	1		59,7	55,7	100,9
150,6	27	71	46,5	78,9	73		46,2	61	80
105,9	112,2	92	105,7	25,5	39		62,6	69,8	98,5
54,7	53,7	168	49,6	35,2	37		59,0	81,8	62,4
47,0	25,6	44	61,4	25,4	33		46,6	63,4	79,6
98,8	94,2	132	171,8	27,6	37		67,9	72	109,5
144,9	181,9	224	182,8	81,5	37		86,2	84	112,7
1224,6	1228,4	1590	1636,3	1077,4	1173		946,9	1069,5	1188,3

Au reste, les données climatiques relatives à la place d'expérience de Mimizan peuvent être rapprochées de celles de trois points où la Station de recherches forestières a installé des petits postes d'observations météorologiques qui fonctionnent depuis 1952, 1954 ou 1955: l'un se trouve sur le territoire même de Mimizan, à proximité de la Maison Forestière des Trounques, dans la dune à 1 km environ de la mer, le deuxième sur le territoire de la commune d'Ychoux en pleine lande, à environ 28 kms du littoral, le troisième, qui ne fonctionne plus depuis décembre 1960, se trouve sur le territoire de la commune de Lesperon, à également 28 kms de la mer.

A vrai dire, les données de ces deux derniers postes sont vraisemblablement plus proches de celles de l'emplacement de l'expérience qui nous intéresse, bien que les deux postes de lande soient situés à une trentaine de kilomètres de l'expérience de Mimizan, car les conditions de climat dans la lande diffèrent assez notablement de celles de la dune comme il ressort nettement des tableaux I et II. Il est vraisemblable que les chiffres que l'on obtiendrait sur la place de fertilisation de Mimizan seraient, en définitive, voisins de ceux du Bouscat.

On constate sur ces tableaux que les températures minimales de l'hiver sont d'environ -9° à -10° chaque année, et qu'elles sont descendues en 1956 à environ -16° , ce qui représente probablement le minimum absolu qu'on puisse enregistrer dans cette région. Les températures les plus élevées de l'année avoisinent 40° . Le nombre de jours de gelée est compris suivant les années entre 50 et 75 jours environ. Les dernières gelées printanières, qui sont les plus dangereuses pour la végétation, se produisent en général vers la fin du mois d'avril ou au début du mois de mai. Quant aux précipitations, elles sont comprises entre 840 et 1 600 mm pour l'année et dans l'ensemble bien réparties, quoique très irrégulières d'une année à l'autre. Il n'existe pratiquement pas de mois sans précipitations. Elles atteignent quelquefois des chiffres très importants en hiver, provoquant alors des submersions temporaires, comme cela a été le cas dans les années 1959-1960 et 1960-1961.

12 — L'EAU DU SOL :

On sait, par de nombreuses études, la relation étroite qui existe, en particulier dans la région landaise, entre la nappe phréatique et le type de végétation spontanée. Par ailleurs, l'observation constante montre que le comportement des peuplements de pin maritime est fortement influencé par les caractéristiques de cette nappe. Il a donc paru intéressant, dans le cas présent, d'étudier en détail ces caractéristiques.

La nappe intervient surtout par sa profondeur à un instant donné et par l'amplitude des variations de cette profondeur.

Dans les parties les plus humides du terrain d'expérience, l'eau affleure ou dépasse la surface du sol à plusieurs reprises dans le courant de l'hiver en temps normal. Depuis la mise en place de l'essai, le réseau des fossés a toujours été suffisant pour qu'une submersion de quelques centimètres ne dure pas plus de quelques jours dans ces zones. Cependant, il apparaît que c'est à de telles submersions que l'on doit la disparition d'un certain nombre de semis dans le courant de l'hiver 1957-1958.

L'amplitude des variations de profondeur de la nappe paraît la même dans tous les points du terrain ; elle est de l'ordre de 80 cm à 1 m selon les années entre le moment où les fossés cessent de couler et celui où le niveau de la nappe est le plus bas, soit au début de l'automne. Les différences d'amplitude ne paraissent donc pas être une caractéristique susceptible de différencier les stations.

Par contre, à un instant donné et en dehors de la période où les fossés débitent, de grandes différences de profondeur de la nappe existent entre les divers points du terrain, même très voisins.

Par exemple, en janvier 1957, au point 11, la nappe était à 95 cm de la surface ; elle était à 62 cm au point 12, à 50 cm du premier.

Les mesures de profondeur effectuées au cours de l'été 1957 ont permis de vérifier une constatation déjà faite en d'autres points de la région landaise :

1° La surface de la nappe oscille verticalement parallèlement à elle-même dans le temps.

2° A un instant donné, la profondeur de la nappe est toujours plus grande sous une végétation à base d'ajoncs d'Europe, de fougère aigle, d'hélianthème, de callune, que sous une végétation à base de bruyère à balai ou de molinie.

Par exemple, au début du mois de janvier 1957, époque à laquelle ont été faits les premiers sondages, tous les points où la nappe se trouvait à une profondeur supérieure à 70 cm environ, étaient occupés par une végétation du type « lande sèche », alors que tous les points où la nappe se trouvait à moins de 60 cm de la surface, étaient occupés par une végétation de type « lande humide ».

Dans l'intervalle (60-70 cm) on rencontrait des végétations de type mixte avec, très souvent, une prédominance de Bruyère à balai.

Quelques exceptions avaient été constatées lors de la première lecture des résultats de sondage. Vérification faite, il s'agissait dans tous les cas d'erreurs de mesures.

Ces profondeurs limites sont évidemment variables dans le temps.

Le nombre de sondages dont on disposait (25), a cependant paru insuffisant pour s'assurer de la rigueur de la détermination du type de végétation par la profondeur de la nappe. Cela aurait été un travail considérable que d'augmenter suffisamment le nombre de sondages et de mesures directes de la profondeur du plan d'eau. Aussi a-t-on jugé préférable d'utiliser une méthode permettant d'estimer cette profondeur en n'importe quel point du terrain dont on connaissait la cote.

Pour cela, on a déterminé la forme de la surface de la nappe ; deux méthodes ont été utilisées concurremment : la géométrie descriptive et le calcul statistique.

La méthode géométrique se passe d'explication. Elle a permis de se rendre compte que la forme la plus vraisemblable de la surface de la nappe est un plan dont la pente est à peu près dirigée Nord-Sud et de l'ordre de 5 ‰. Mais cette méthode présente des inconvénients : du fait des erreurs de mesure ou des erreurs graphiques la détermination de la pente et de la direction du plan d'eau est assez incertaine et assez subjective. Il y avait donc intérêt à essayer de déterminer ces éléments par le calcul.

On a opéré de la manière suivante :

Chaque point où la profondeur de la nappe avait été mesurée a été repéré par un système de coordonnées utilisant le quadrillage établi lors du premier levé.

Dans l'hypothèse où la surface de la nappe est un plan, elle peut être considérée comme le plan de régression (1) de la cote sur les coordonnées horizontales de chacun de ses points.

Le calcul de ce plan est théoriquement possible, quelle que soit la répartition des points de sondage sur le terrain. Il est alors nécessaire de faire intervenir la corrélation éventuelle entre les coordonnées horizontales. Ce paramètre est petit dans le cas présent, étant donné la forme du terrain et la répartition des sondages; il ne peut être estimé qu'avec une marge d'erreur importante, qui se retrouve dans l'estimation des paramètres du plan de régression. Pour obvier à cet inconvénient, on a préféré éliminer quelques points choisis de manière à annuler à coup sûr la corrélation entre les coordonnées horizontales.

La linéarité des deux régressions se révélant à l'épreuve comme très vraisemblable, il se confirme donc que la surface la plus probable de la nappe est bien un plan.

Les deux coefficients de régression sont les tangentes des angles des deux droites perpendiculaires de ce plan avec le plan horizontal. Il est alors facile de calculer l'angle du plan d'eau avec l'horizontale, ainsi que la direction de la ligne de plus grande pente :

soit α l'angle de cette direction avec l'axe des y ,
 b_x et b_y les coefficients de régression définis plus haut,
 p la pente du plan d'eau. On voit aisément que :

$$\text{tg } \alpha = \frac{b_x}{b_y} \text{ ce qui détermine la direction de la ligne de plus grande pente,}$$

$$\text{et } p = \frac{b_x}{\cos \alpha}$$

On trouve ainsi : $\alpha = 22,56$ grades
 $p = 0,00436$

Les résultats de ce calcul donnent donc, pour la ligne de plus grande pente du plan d'eau, une tangente de $p = 0,00436$.

Le plan d'eau étant ainsi connu, il est possible de calculer la cote de tous les points du terrain par rapport à lui. Plus commodément, on a calculé la cote par rapport à un plan parallèle au plan d'eau passant par le point n° 19 où la profondeur de l'eau au début de janvier 1957 était de 65 cm.

Par un souci d'homogénéité de la présentation des résultats toutes les cotes ont été recalculées par rapport au plan de référence ainsi choisi, sans tenir compte des résultats de mesures directes.

L'examen de la figure 1 montre que tous les points dont la cote est positive se trouvent dans une zone de végétation d'ajoncs d'Europe, ou de callune et d'hélianthème ou de fougère. Tous les points dont la cote est négative se trouvent au contraire dans une zone à molinie. Cela est vrai partout sauf dans un intervalle de quelques cm (environ $- 5 \text{ cm} + 5 \text{ cm}$) où peuvent apparaître les deux types de végétation ou une végétation à base de bruyère à balai.

(1) Le calcul de la régression est une méthode statistique qui établit les liaisons existant entre les valeurs moyennes d'une variable non aléatoire ou indépendante et celles d'une variable aléatoire ou dépendante [VASSEREAU].

Il est à remarquer que si les premières constatations relatives à la profondeur mesurée ont permis de rectifier des erreurs dans ces mesures, une première série de calculs a pu mettre en évidence qu'une erreur s'était certainement produite lors du levé dans la mesure de la cote du point 13. Un nouveau levé de nivellement de ce secteur a permis en effet de relever une erreur de 70 cm dans cette cote, égale à l'erreur qui avait été calculée à partir des caractéristiques du plan d'eau.

La conclusion qui s'impose est que la carte de la végétation donne un véritable plan en courbes de niveau par rapport au plan d'eau et la précision qu'elle donne n'aurait pu être obtenue que par un nombre considérable de sondages. En outre, des différences entre les sous-types d'association de lande sèche semblent traduire non des différences de profondeur du plan d'eau, mais des différences de station d'une autre nature encore inconnue.

13 — LE SOL :

Avant toute expérimentation, un plan détaillé avec courbes de niveau à l'équidistance de 20 cm a été dressé à l'initiative des Pape-teries de Gascogne et une étude approfondie du terrain a été effectuée.

131 — *Origine géologique :*

Le sol sur lequel a été entreprise l'expérimentation est un sol de lande. Au point de vue géologique, il est de constitution récente : d'après ENJALBERT, une nappe d'épandage, amenée par les érosions fluvio-glaciaires, a recouvert à la fin de l'époque pliocène les dépôts tertiaires sur une épaisseur qui atteint parfois plusieurs dizaines de mètres dans l'ensemble du Massif landais ; puis elle a été remanée, notamment pendant les périodes xéothermiques, où le sable, soulevé par le vent, est venu recouvrir l'ensemble des autres matériaux souvent sur plusieurs mètres d'épaisseur. Pendant les périodes glaciaires qui ont suivi, une végétation de lande s'est implantée et a fixé ces sables, provoquant l'apparition en surface d'un humus très acide ; on y constate un lessivage plus ou moins accentué.

132 — *Pédologie :*

1321 — **Généralités :**

Au point de vue pédologique, ces sols, et plus spécialement celui de l'emplacement qui nous intéresse, sont donc des podzols plus ou moins caractérisés, avec un horizon B qui porte localement le nom d'alios.

La figure n° 2 résume l'étude préalable qui a été faite en décembre 1956 et janvier 1957 des conditions de sol sur l'emplacement d'expérience : elle montre que l'on a affaire soit à des podzols humo-ferrugineux, soit à des podzols humiques. On notera en outre que les alios sont assez bien alignés sur le plan d'eau.

1322 — Zones sèches :

Dans les parties relativement sèches, on constate la présence d'un horizon A_0 noir très peu épais et peu net. L'absence d'un horizon A_0 net sur l'ensemble du terrain vient de ce que deux ans auparavant, une tentative de reboisement avait été effectuée et que le débroussaillage et le labour partiel avaient mélangé quelque peu les horizons superficiels.

A cet horizon A_0 fait suite un horizon A_1 plus clair et un horizon lessivé A_2 assez net ; dans l'ensemble les horizons A occupent une épaisseur de 40 à 80 cm environ.

Puis viennent les horizons d'accumulation : un horizon B_1 noirâtre (alios humique) suivi d'un horizon B_2 plus ou moins épais mais en général très caractérisé et dur, de couleur rouille ou rouge brique (alios ferrugineux) ; les horizons B ont une épaisseur de 20 à 50 ou 60 cm. Ils reposent directement sur la roche-mère qui est un sable jaunâtre.

Toutes ces indications correspondent exactement à un podzol humo-ferrugineux.

1323 — Zones plus humides :

Dans les parties ouest du terrain d'expérience, plus humides dans l'ensemble, les sondages donnent en général une coupe assez différente ; la succession des horizons à partir de la surface est en moyenne la suivante :

- A_0 très peu épais et pas toujours net ;
- A_1-A_2 plus clair, sans qu'il y ait de limites bien marquées ;
- puis, à environ 40 cm de profondeur, un horizon d'accumulation où il est impossible de distinguer différentes zones et que l'on peut qualifier d'alios diffus, d'ailleurs relativement mou, de couleur brunâtre, d'une épaisseur de 5 à 10 cm et reposant directement sur la roche-mère. Ce sont là les caractéristiques d'un podzol hydro-morphe.

Un cas particulier s'est présenté au sondage n° 30 : ici, deux alios superposés ont été constatés, séparés par un horizon A_1-A_2 ; il s'agit manifestement d'un alios fossile recouvert ultérieurement par une nouvelle couche de sable où un deuxième phénomène de podzolisation est intervenu.

133 — *Analyses des profils :*1331 — **Echantillonnage du terrain :**

A l'occasion des coupes du terrain effectuées pour les besoins des études pédologique et hydrologique, un certain nombre de prélèvements de sols ont été faits par horizon pour analyses.

Suivant les profils, deux types d'analyses ont été effectués :

- soit des analyses partielles : carbone et azote ;
- soit des analyses plus détaillées, comportant en outre la granulométrie, le pH, les bases échangeables (CaO, K₂O, MgO), l'acide phosphorique et quelques autres déterminations (S, Fe, Mn, Cu).

Les analyses ont été effectuées par le laboratoire de la Station de Recherches agronomiques de l'O.N.I.A.

1332 — **Méthodes utilisées :**

Sur la terre fine tamisée à 2 mm :

- granulométrie : méthode internationale par sédimentation,
 - Argile (moins de 0,002 mm),
 - Limon (0,002 à 0,02 mm),
 - Sable fin (0,02 à 0,2 mm),
 - Sable grossier (0,2 à 2 mm).
- azote total : KJELDAHL
- carbone organique : ANNE
- acide phosphorique : réactif citrique DYER
méthode JORET-HEBERT (oxalate NH₄)
- bases échangeables : extraction à l'acétate NH₄, pH 7, par percolation lente.
- soufre : extraction à l'oxalate NH₄.
- fer, Mn et Cu échangeables : extraction à l'acétate NH₄.

1333 — **Résultats des analyses :**133.31 *L'azote et la matière organique :*

Quatre-vingt-dix déterminations ont été effectuées intéressant trente-quatre profils du sol. Le détail en est donné dans le tableau III.

Dans ce qui suit, sont laissés de côté les cas où les horizons A₁ et A₂ n'ont pas été prélevés séparément, le sol fossile n° 30 au-dessous du sol actuel, et les chiffres de 33/A₂ où la teneur en carbone est anormalement faible. Quand elles ont été effectuées séparément, les déterminations de B₁ et B₂ ont été regroupées en un horizon B.

TABLEAU III
ANALYSES DU SOL PAR HORIZONS
L'Azote et la Matière organique.

Point de prélèvement	Horizon	N o/oo	C o/oo	C/N	Point de prélèvement	Horizon	N o/oo	C o/oo	C/N
1	A1	0.40	17.3	43.3	20	A2	0.17	6.8	40.0
	B1	1.32	34.7	26.3		B1	1.03	43.2	42.0
	B2	1.12	27.7	23.1		E2	0.31	14.5	46.8
2	A1	0.52	15.4	29.6	22	A1	0.38	9.6	25.2
	B2	0.76	29.1	38.3		A2	0.16	2.5	15.4
3	AO	4.55	158.7	34.9	23	B1	0.23	4.3	18.9
	B1	0.45	12.3	27.3		A1	0.73	17.0	23.3
	C	0.17	3.1	18.3		B2	0.17	3.4	20.0
4	A1	0.38	17.9	47.1	24	A1	0.25	6.2	24.8
	B	0.94	32.1	34.2		B2	0.46	11.6	28.4
5	A1	0.49	21.6	44.2	25	C	0.17	3.1	18.2
	A2	0.31	12.7	41.6		A2	0.21	6.5	31.0
	B1	0.71	26.7	37.6		B	0.28	6.8	24.3
6	B2	0.39	14.4	37.0	26	A1 + A2	0.59	17.1	29.0
	A2	0.28	10.5	37.6		B1	0.83	33.6	40.5
	B2	0.85	23.7	29.8		B2	0.61	21.6	35.4
7	C	0.17	4.0	23.8	30	A1	0.78	45.9	52.1
	A1	0.40	16.9	42.2		B1	0.95	52.5	55.3
	B	1.23	33.8	27.5		B2	0.36	18.2	50.2
8	A1	0.48	17.6	36.7	31	A'1	0.43	17.2	40.0
	A2	0.17	3.1	18.2		A'2	0.38	18.0	47.4
9	A1	0.47	16.4	34.9	31	B'	0.80	24.0	30.0
	B1	0.48	14.8	31.6		A1	0.51	13.9	27.3
10	A1	0.54	17.0	31.5	32	A2	0.14	3.1	22.1
	B2	0.97	45.2	46.6		B	0.28	6.5	23.2
11	A1	0.23	9.9	43.0	32	A1	0.56	12.5	22.3
	B1	1.61	55.0	34.1		B1	0.26	6.0	23.1
12	AO	3.35	74.6	22.3	33	C	0.19	4.0	21.0
	B2	0.60	15.7	26.2		A1	0.92	16.2	17.6
13	A1	0.35	13.9	39.7	38	A2	0.16	0.9	5.6
	B2	0.50	17.4	34.8		A1	0.79	20.4	25.8
	C	0.16	3.1	19.3		B1	1.04	36.5	35.1
14	A1	0.49	13.3	27.1	39	B2	0.43	15.7	36.5
	B2	0.41	13.5	32.9		A1	0.28	6.8	24.2
16	A1	0.81	23.7	29.2	40	B	0.53	17.0	32.0
	A1	0.71	21.8	30.7		A1 + A2	0.51	17.7	34.7
17	B	0.74	19.6	26.5	41	C	0.19	3.4	17.9
	C	0.16	3.1	19.3		A1	0.38	6.5	17.0
	A1	0.38	13.6	35.1		B2	0.33	6.5	19.7
18	B1	0.47	12.8	27.5	28 bis	C	0.23	4.4	19.1
	A2	0.19	3.1	16.2		AO	2.56	85.4	33.4
19	A1	0.71	20.1	28.3	28 bis	A1	0.59	28.5	48.3
	B2	0.38	7.6	20.0		A2	0.12	1.6	15.0
	C	0.21	5.6	26.6		B1	0.43	18.2	42.3
20	A1	0.45	16.4	36.4	28 bis	B2	0.36	12.4	34.5

133.311 *Variations selon l'humidité:*

L'emplacement des blocs a été déterminé en fonction de l'humidité des différentes zones, que reflète convenablement, nous l'avons vu par ailleurs, la carte de végétation. En comparant la carte des C/N des horizons A₁, et la carte de végétation, on constate très nettement que:

— le rapport C/N est plus élevé sur les parties les plus sèches, à dominante ajonc d'Europe.

— il est le plus faible dans les zones les plus humides à Molinie.

Par exemple, pour le bloc I (le plus sec) et le bloc II (le plus humide), les moyennes de N et C et des rapports C/N sont les suivantes:

Blocs	P O I N T S	N°/oo	C°/oo	C/N
I	1, 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 28 bis.....	0,45	17,1	39,0
II	22, 23, 24, 31, 32, 33, 38, 39.....	0,44	10,8	21,6

133.312 *Variations selon les horizons:*

— Au-dessous de l'horizon A₀, d'épaisseur variable et généralement très faible, on trouve des teneurs en N, C et des rapports C/N nettement plus élevés dans les horizons A₁ et B que dans les horizons A₂ et C.

— Les chiffres présentent une grande variabilité pour A₁ et B, et sont au contraire beaucoup plus réguliers pour A₂ et C.

— Les moyennes des déterminations de N et C, et des rapports C/N selon les horizons sont les suivantes:

Horizon	N°/oo	C°/oo	C/N	Déterminations
A1	0,55	16,7	32,9	27
A2	0,19	5,5	26,3	9
B	0,63	20,7	32,3	36
C	0,18	3,8	20,4	9

133.313 *Interprétation d'ensemble:*

Ces rapports C/N élevés sont classiques dans les sols forestiers sur sable des Landes.

Du point de vue cultural, on peut estimer que les teneurs en azote sont très faibles. Les teneurs en carbone sont faibles pour des sols qui n'ont pratiquement pas d'autre complexe absorbant que celui de la matière organique.

133.32 La granulométrie:

Ces sols sont extrêmement sableux sur tout le profil et pratiquement dépourvus d'argile et même de limon. Les teneurs maximales en argile sont 2,9 % et en limons 4,3 %.

(Nota: Les bilans en % de la granulométrie sont incomplets si l'on n'y ajoute pas la matière organique.)

TABLEAU IV
ANALYSES DU SOL PAR HORIZONS
Granulométrie et analyse chimique

Point de prélèvement	Horizon	Analyse Physique				pH eau	P205		Bases échangeables			S	Fe	Mn		Cu
		Argile	Limon	Sable fin	Sable gros		Citrique	J - H	CaO	K ₂ O	MgO			Réductible	Echangeable	
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
3	A0	nd	nd	nd	nd	4.6	0.05	0.11	2.04	0.19	tr	nd	nd	nd	nd	nd
	B1	2.9	3.3	25.1	66.9	5.5	0.03	0.12	0.58	0.01	tr	102	1510	tr	tr	0.5
	C	0.2	2.2	38.0	55.8	5.5	0.04	0.12	0.26	0.01	tr	93	595	1	tr	1.2
6	A2	0.9	3.1	30.9	60.4	4.7	0.04	0.07	0.22	0.01	tr	24	905	tr	tr	0.1
	B2	0.5	2.5	35.1	50.6	5.8	0.04	0.32	0.18	0.01	tr	169	6600	tr	tr	0.2
	C	0.6	2.6	36.5	56.4	5.7	0.05	0.12	0.11	0.01	tr	91	1320	tr	tr	0.1
8	A1	0.5	3.3	27.4	60.5	4.9	0.04	0.09	0.17	0.02	0.04	55	745	0.3	0.2	0.2
	A2	0.5	2.2	29.9	63.8	5.1	0.04	0.15	0.11	0.01	tr	26	282	0.5	0.5	tr
16	A1	1.2	3.8	30.6	56.5	5.6	0.04	0.22	nd	nd	nd	13	1050	tr	tr	0.2
18	A1	0.1	2.6	25.3	66.8	4.9	0.03	0.13	0.56	0.02	0.05	36	660	1	tr	0.2
	A2	0.1	2.7	34.9	57.1	4.4	0.04	0.21	0.53	0.02	0.05	28	264	1	tr	0.9
	B1	1.1	2.2	38.9	54.0	5.5	0.03	0.47	0.47	0.01	tr	62	1250	tr	tr	0.2
22	A1	2.0	3.9	29.4	59.7	5.0	0.04	0.07	0.22	0.02	0.04	18	710	1	0.4	0.3
	A2	1.3	2.9	35.0	57.1	5.4	0.05	0.09	0.17	0.01	tr	41	405	0.2	tr	0.5
	B1	2.3	2.6	36.0	57.3	5.5	0.05	0.12	0.11	0.01	tr	19	490	tr	tr	1.0
25	A2	0.2	4.2	29.3	61.7	5.7	0.04	0.16	0.11	0.01	tr	60	1160	1	0.4	0.7
	B	0.5	2.0	30.2	63.8	5.7	0.06	0.58	0.11	0.01	tr	362	1230	0.3	0.4	0.7
31	A1	2.4	4.3	20.7	68.0	5.6	0.04	0.14	0.28	0.02	0.04	38	2370	0.2	tr	0.5
	A2	0.4	2.7	34.3	59.1	5.6	0.05	0.16	0.11	0.01	tr	20	480	0.5	tr	0.3
	B	0.4	2.4	28.7	65.7	5.7	0.03	0.12	0.17	0.01	tr	28	375	0.3	tr	0.3
39	A1	1.0	4.0	34.0	57.4	5.2	0.02		0.39	0.01	tr	nd	nd	nd	nd	nd
	B	2.0	2.9	25.6	63.8	5.2	0.03		0.30	0.01	tr	nd	nd	nd	nd	nd

- tr : teneurs trop faibles pour être dosées quantitativement par les méthodes utilisées.-

- nd : dosage non effectué.-

133.33 *Le pH et les bases échangeables:*

Les pH dont les valeurs extrêmes sont 4,6 et 5,7 sont certes faibles. Mais on trouve des sols plus acides dans ce type de terrain. Les teneurs en chaux échangeable sont très faibles, ce qui est normal compte tenu de tout ce qui précède. On remarquera les niveaux particulièrement bas en potasse et en magnésie, souvent à la limite des méthodes d'analyse pratiquées.

133.34 *L'acide phosphorique:*

La méthode JORET-HEBERT donne des teneurs très variables qui semblent augmenter de la surface vers l'horizon d'accumulation.

La méthode citrique donne au contraire des teneurs toujours très faibles et bien groupées: les extrêmes sont 0,02 et 0,06 ‰. Ces teneurs sont faibles mais correspondent bien aux valeurs trouvées dans de nombreux sols forestiers chimiquement pauvres.

On n'a pu faire effectuer les dosages par la méthode DUCHAUFOUR, qui consiste en une double extraction acide puis alcaline suivie d'un dosage colorimétrique, car le laboratoire de pédologie de la Station de recherches forestières de Nancy était surchargé.

133.35 *Autres déterminations:*

Si les teneurs *en fer* sont toujours très élevées et les teneurs *en soufre* généralement convenables quoique très variables, les teneurs *en cuivre* sont variables mais généralement faibles et les teneurs *en manganèse* sont toujours faibles.

134 — *Conclusion :*

La micro-hétérogénéité du sol, révélée par l'observation pédologique, est confirmée par la dispersion des résultats de déterminations analytiques effectuées sur un certain nombre de profils.

On peut présumer de l'intérêt d'essais de fumure minérale NPK par suite:

— des teneurs très faibles en azote total, avec un rapport C/N élevé qui semble améliorable par le travail du sol et les engrais azotés (DUCHAUFOUR).

— de teneurs régulièrement très faibles en acide phosphorique « citrique » et en potasse « échangeable ».

14 — **VEGETATION NATURELLE :**

En même temps que les sondages et les prélèvements de sol, une étude détaillée de la végétation sur l'ensemble de la place d'expérience a été effectuée. Cette étude, bien que faite en plein hiver, nous a permis de distinguer dans l'ensemble du terrain cinq zones

assez nettement tranchées; en les classant par ordre d'humidité croissante, ce sont les suivantes (Figure n° 1):

1° Zone caractérisée par l'abondance de la callune (*Calluna vulgaris*) et la présence d'Hélianthème (*Helianthemum alyssoides*).

2° Zone présentant une grande abondance d'ajonc d'Europe (*Ulex europaeus*).

3° Zone à fougère aigle (*Pteris aquilina*).

4° Zone à brande (*Erica scoparia*) et ajonc nain (*Ulex nanus*) dominant.

5° Zone à molinie dominante (*Molinia caerulea*).

Les plantes principales rencontrées dans chacun de ces types sont figurées dans les listes du Tableau V.

TABLEAU V

Principaux types de végétation en décembre 1956 et janvier 1957.

- | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| 1° Type à Callune et Hélianthème: | 4° Type à Ajonc nain et brande: |
| — <i>Calluna vulgaris</i> | — <i>Ulex nanus</i> |
| — <i>Helianthemum alyssoides</i> | — <i>Erica scoparia</i> |
| — <i>Erica cinerea</i> | — <i>Calluna vulgaris</i> |
| — <i>Erica scoparia</i> | — <i>Erica cinerea</i> |
| — <i>Arrhenatherum thorei</i> | — <i>Arrhenatherum thorei</i> |
| — <i>Ulex europaeus</i> (rare) | — <i>Erica tetralix</i> (rare) |
| — <i>Ulex nanus</i> (rare) | |
| — <i>Molinia caerulea</i> | 5° Type à Molinie: |
| | — <i>Molinia caerulea</i> |
| 2° Type à Ajonc d'Europe: | — <i>Ulex nanus</i> |
| — <i>Ulex europaeus</i> | — <i>Erica scoparia</i> |
| — <i>Calluna vulgaris</i> | — <i>Calluna vulgaris</i> (rare) |
| — <i>Erica cinerea</i> | — <i>Erica tetralix</i> |
| — <i>Erica scoparia</i> | — <i>Erica ciliaris</i> |
| — <i>Arrhenatherum thorei</i> | — <i>Arrhenatherum thorei</i> |
| — <i>Molinia caerulea</i> (rare) | — <i>Schoenus nigricans</i> (rare) |
| — <i>Ulex nanus</i> (très rare) | |
| 3° Type à Fougère aigle: | |
| — <i>Pteris aquilina</i> | |
| — <i>Ulex europaeus</i> | |
| — <i>Erica cinerea</i> | |
| — <i>Erica scoparia</i> | |
| — <i>Calluna vulgaris</i> | |
| — <i>Arrhenatherum thorei</i> | |
| — <i>Molinia caerulea</i> (rare) | |

Il y a d'ailleurs des transitions entre chacun des types indiqués ci-dessus ; d'une façon générale, d'ailleurs, les trois premiers types correspondent à des landes sèches ou bien drainées, les deux derniers à des landes humides mal drainées.

On peut constater la coïncidence très bonne qui existe entre les facteurs pédologiques et la végétation naturelle. Il y a notamment une corrélation assez étroite entre la présence de lande à callune ou ajonc d'Europe et la présence non seulement d'un plan d'eau profond, mais d'un podzol humo-ferrugineux bien caractérisé ; au contraire, les landes à molinie correspondent au plan d'eau plus superficiel, mais aussi aux podzols hydromorphes.

On peut noter en conclusion de l'ensemble de cette étude écologique, le lien vraiment étroit qui existe entre le relief, la végétation et le plan d'eau, du moins si on examine l'ensemble des données relevées sur la place d'expérience. Dans le détail, on observe bien des différences, mais sans doute ces anomalies sont-elles liées en réalité à de très petites différences de composition chimique et de structure physique que nos procédés d'analyse sont incapables de déceler.

2 — Mise en place de l'essai et entretiens

21 — CALCUL DES DOSES D'ENGRAIS :

L'essai met en comparaison sept traitements, ou modalités de fertilisation différentes. Ils diffèrent par la présence ou l'absence d'un ou plusieurs des éléments fertilisants *Azote* (N), *Acide phosphorique* (P) et *Potasse* (K). L'essai comporte une seule dose et une seule forme de ces éléments, et l'application en est faite une fois pour toutes avant le labour précédant le semis, sur la moitié de la surface, c'est-à-dire sur les bandes ensemencées.

Les doses indiquées ci-dessous sont données à l'hectare de parcelle. La concentration effective est donc double sur les bandes fertilisées :

Traitements	Eléments fertilisants Kg/Ha			Quantités d'engrais Kg/Ha		
	N	P2O5	K2O	AZORGAN	SCORIES	CHLORURE
T	0	0	0	0	0	0
N	78	0	0	200	0	0
P	0	125	0	0	750	0
NP	78	125	0	200	750	0
NK	78	0	130	200	0	250
PK	0	125	130	0	750	250
NPK	78	125	130	200	750	250

Chacun de ces traitements est répété cinq fois (5 blocs).

Les formes utilisées sont :

- l'Azorgan, polymère de l'urée-formol à 39 % d'Azote,
- les Scories Thomas, à 16,65 % d'acide phosphorique total (1),
- le chlorure de potassium, à 52 % de potasse.

(1) La composition exacte des Scories était la suivante :

P ₂ O ₅ total	16,65 %	Fe ₂ O ₃	20,60 %
P ₂ O ₅ sol. Acide citrique à 2 %	14,56	MnO	3,37
CaO	47,00	Cu	0,037
MgO	2,00	SiO ₂	7,30

211 — *Le choix des modalités de fumures :*

Avec ces sept traitements, il est possible de tester l'efficacité de l'azote soit seul, soit en présence de chacun des autres éléments. Il en est de même pour l'acide phosphorique. En ce qui concerne la potasse, il manque le test de cet engrais isolément, sans interaction des autres éléments (traitement K).

212 — *Le choix des formes :*

212.1 — **Azote :**

Par suite de l'absence de renseignement sur l'efficacité de cet élément, aucune forme a priori ne semblait s'imposer. Compte tenu des besoins présumés réduits dans l'immédiat (faible développement des pins maritimes dans l'année du semis), du lessivage important des formes nitriques ou devenant rapidement nitriques sous ce climat et dans ce type de sol, il a semblé judicieux de choisir une forme d'engrais à libération lente d'azote minéral. Les caractéristiques du polymère de l'urée-formol commercialisé en France, l'Azorgan [SOUBIÈS et GADET], semblaient le mieux répondre à cette préoccupation. Rappelons qu'il s'agissait d'introduire l'azote en même temps que les autres engrais une fois pour toutes au labour précédant le semis.

212.2 — **Acide phosphorique :**

Pour cet élément, les expériences les plus proches de nos conditions (Pins sylvestres en humo-podzols) effectuées en Belgique par A. GALOUX, indiquent que les engrais qui agissent le plus efficacement sur le développement des Pins sont les engrais phosphatés, l'effet le plus favorable étant obtenu avec les formes contenant l'acide phosphorique soluble ou facilement soluble (superphosphate et scories de déphosphoration). Nous avons retenu la forme *scories*, relativement économique, de loin la plus utilisée sur les cultures dans les Landes de Gascogne, avec entière satisfaction (C. R. des essais d'engrais sur maïs par le C.E.T.A. de la Grande Lande) [DELMAS].

212.3 — **Potasse :**

En l'absence de contre-indication, la forme « chlorure » la plus classique a été retenue.

213 — *Le choix des doses :*

213.1 — **Azote :**

L'Azorgan devant fournir en première année de 30 à 40 kg/ha d'azote minéral [SOUBIÈS et GADET], c'est-à-dire en réalité le double dans les bandes semées, la dose appliquée peut sembler élevée pour

les besoins immédiats des pins. Mais cette application étant faite une fois pour toutes, il était nécessaire de calculer une dose telle que les libérations d'azote minéral dans les premières années qui suivent puissent influencer encore de façon appréciable le développement des pins.

213.2 — Acide phosphorique :

Les expériences de A. GALOUX, utilisant de 100 à 265 kg/ha de P_2O_5 , montrent que toutes les doses agissent, mais qu'il est difficile de préciser la dose optimale. La dose retenue (125 unités à l'hectare de parcelle, soit 250 unités sur les bandes semées), sans prétendre être un optimum technique ou économique, reste dans les normes de ces essais antérieurs. Compte tenu des résultats d'analyse de sol, la dose de 250 unités serait normale dans cette région pour une culture agricole annuelle sur défrichement.

213.3 — Potasse :

On a retenu une dose à peu près analogue à celle de l'acide phosphorique, soit 250 kg de chlorure 52 % à l'hectare de parcelle. Cette dose est comparable à celle utilisée par A. GALOUX (500 kg par hectare de Kaïnite).

22 — DISPOSITIF EXPERIMENTAL :

Le dispositif expérimental a été naturellement choisi de façon à permettre une interprétation des résultats par la méthode statistique. Cette méthode permet en effet d'éliminer les causes de variation, que l'on peut connaître et sur lesquelles on peut agir, au profit des seules causes de variation apportées par les traitements étudiés.

En ce qui concerne les causes de variation connues, nous avons vu plus haut, grâce aux indications fournies par l'étude du milieu, qu'il existe des différences dans la composition chimique (rapport C/N, teneur en matière organique, teneur en azote, en acide phosphorique, en potasse et même en chaux et magnésie), les profils pédologiques, la profondeur du plan d'eau, la végétation spontanée.

En fait, les différences de composition chimique ne permettaient pas de constituer des parcelles homogènes, la variation étant très forte d'un point à un autre. Mais, de toute façon, les teneurs en éléments nutritifs étaient dans l'ensemble très faibles.

Il restait donc seulement la profondeur du plan d'eau et la végétation naturelle pour servir de base de regroupement des parcelles en blocs homogènes.

Or, nous venons de voir que ces deux éléments sont étroitement liés. Il suffisait donc de bien connaître l'un ou l'autre de ces élé-

ments. Pratiquement, on a trouvé plus commode d'utiliser la carte botanique qui a été dressée avec une précision, bien meilleure que celle des courbes de niveau par rapport au plan d'eau en raison de la faible densité de points cotés dont on disposait.

Nous avons vu d'autre part que les grands types de profils peuvent être rattachés en gros à la profondeur du plan d'eau et aux types de végétation.

En définitive, tout se passe pratiquement comme si l'on avait à contrôler un seul facteur de variation: l'adoption d'un dispositif expérimental *en blocs* était donc tout indiquée (1).

221 — *Placeaux* :

S'agissant d'un essai prévu pour durer le temps d'une révolution normale de pin maritime, soit plus de 50 ans, il était nécessaire de donner aux placeaux une surface telle qu'en fin de révolution le peuplement qui s'y trouverait puisse être considéré comme suffisamment représentatif.

Différentes observations sur des peuplements en fin de révolution conduisent à estimer que ce résultat serait atteint compte tenu des répétitions avec des surfaces de l'ordre de 10 à 15 ares.

En outre, il est prudent de prévoir que des réactions mutuelles entre arbres situés dans les placeaux voisins pourront jouer jusqu'à des distances de 8 à 10 mètres. Ce qui revient à dire que la zone d'isolement devra avoir une largeur supérieure ou égale à 8 mètres et atteindre, si possible, 10 mètres.

Pratiquement, les placeaux auront une forme carrée ou rectangulaire. S'ils ont une forme carrée, le côté du placeau inventorié devra avoir entre 33 et 40 mètres. La largeur de la zone d'isole-

(1) Dans un dispositif *en blocs*, on s'arrange pour regrouper ensemble, au sein d'un même bloc, les parcelles présentant une certaine homogénéité par rapport à un caractère déterminé, qui peut être qualitatif ou quantitatif, et que l'on s'attend à voir agir sur la grandeur que l'on veut étudier (facteur contrôlé de variation). Ici, l'on s'attend à ce que la nature de la végétation soit en rapport avec la fertilité du sol au départ. On va s'efforcer de regrouper au sein d'un même bloc, des parcelles occupées par un même type de végétation. Habituellement, un bloc est, comme l'on peut s'y attendre, d'un seul tenant; mais ce n'est nullement une règle absolue; il est tout aussi légitime de regrouper dans un même bloc des parcelles dispersées sur le terrain, ce qui a été fait ici. Chaque bloc comprend habituellement autant de parcelles (ou placeaux) qu'il est prévu de traitements différents.

Intuitivement, on conçoit que si un bloc est bien homogène au départ, il y a des chances pour que les différences observées ultérieurement entre les comportements des placeaux qui le constituent soient imputables aux différences de traitements, et que si ces mêmes différences sont observées dans tous les blocs ou dans la majorité des blocs, la certitude concernant les différences d'action entre les traitements soit renforcée.

Le calcul permet, dans la dispersion des résultats de faire la part des différences d'action entre traitements, et celle des différences entre blocs. On conçoit que l'essai puisse y gagner beaucoup de précision.

ment étant comprise entre 16 et 20 mètres (8 à 10 m de chaque côté) on voit que le côté du plateau traité devra être compris entre environ 50 et 60 mètres.

Par ailleurs, la surface dont on disposait était de l'ordre de 10 hectares, mais non utilisable en totalité pour l'essai, du fait de l'irrégularité de la forme de la parcelle et pour des raisons diverses. On a vu plus haut que l'on avait envisagé sept traitements. On estime généralement à cinq le nombre minimum de répétitions nécessaires pour ne courir qu'un risque raisonnable de ne pas voir apparaître des différences, cependant intéressantes d'action, entre les traitements.

A fortiori, ne doit-on pas descendre en dessous de ce chiffre pour un premier essai. On devrait donc trouver au minimum 35 plateaux, ce qui laisserait une surface disponible de l'ordre de 26 ares pour chacun.

Le terrain avait été régulièrement quadrillé en carrés de 50 mètres de côté pour les levés topographiques. Le système de jalons ayant été utilisé pour le levé avait été maintenu en place : d'où l'idée d'utiliser ce quadrillage pour asseoir les plateaux. Très généralement, à deux exceptions près, on a même confondu les plateaux avec les carrés définis par ces jalons.

Pour le plateau T5, faute de place, on a dû renoncer à lui donner une forme carrée. La largeur de la zone d'isolement devant rester constante et la surface du plateau inventorié aussi constante que possible, on a dû augmenter assez sensiblement la surface totale.

222 — Blocs :

La carte de végétation montre qu'il est impossible d'asseoir des blocs de sept plateaux homogènes contigus. On a donc dû accepter de disperser géographiquement les plateaux d'un même bloc.

Il était difficile également de n'utiliser que des plateaux parfaitement homogènes quant à la végétation qu'ils portaient.

Enfin, dans le cas des zones sèches, il a été impossible de constituer un bloc de sept plateaux à ajonc d'Europe dominant ; on a dû y inclure un plateau à fougère aigle, en tenant compte du fait signalé plus haut que la profondeur relative du plan d'eau sous ces deux types de végétation était à peu près la même, et de l'observation courante que les zones les plus fertiles sont en général celles à ajonc d'Europe et à fougère aigle.

La répartition entre les blocs s'est faite de la manière suivante :

Bloc I — Plateaux à ajonc d'Europe dominant ou à fougère aigle (lande bien drainée).

Bloc II — Plateaux à molinie avec très peu de brande (lande humide).

Bloc III — Plateaux à molinie mais avec une proportion plus élevée de brande que dans le bloc II (lande humide).

Bloc IV — C'est le bloc le plus hétérogène : il comporte des placeaux portant à la fois les trois types de végétation correspondants aux trois premiers blocs.

Bloc V — Ce bloc a été assis sur une partie du terrain devant primitivement rester hors d'essai.

La décision de créer ce cinquième bloc a été prise après la détermination des quatre premiers. Le terrain restant disponible n'a pas paru suffisamment hétérogène pour justifier une nouvelle répartition de l'ensemble des placeaux entre cinq blocs distincts. C'est ce qui explique l'emplacement du dernier bloc et sa structure d'un seul tenant.

23 — PREPARATION DU SOL ET REALISATION PRATIQUE DE L'EXPERIENCE :

231 — *Epanrages* :

Il était essentiel que les engrais soient épanchés avant le labour exactement aux emplacements prévus pour les bandes labourées et semées, et que le labour soit bien exécuté là où il avait été prévu.

Le terrain avait été débroussaillé en plein au rouleau débroussaillageur landais au début du printemps 1957. Il était donc impossible de marquer par un passage de cet outil les bandes destinées à être labourées comme cela se fait couramment. Il a donc été nécessaire de procéder à un piquetage précis et complet avant d'épandre les engrais, puis de labourer. Ce piquetage a consisté à planter sur toutes les limites de placeaux parallèles à la route de petits piquets à 2 mètres les uns des autres en partant d'un angle de placeau.

Au moment des épanrages, on a tendu perpendiculairement à cette direction des cordeaux entre les piquets placés sur un côté et leurs homologues respectifs sur le côté opposé. Deux cordeaux voisins définissaient ainsi un couloir correspondant soit à une future bande labourée, soit à une interbande. Les épanrages ont été évidemment réalisés dans les couloirs destinés à être labourés. Une surveillance attentive a été nécessaire pour éviter des erreurs bien faciles à commettre.

Les épanrages ont été effectués à la main. Le stock d'engrais était transporté de placeau en placeau sur la remorque d'un tracteur. On avait également placé sur cette remorque une bascule sur laquelle se faisaient les pesées à raison d'une pesée pour chaque bande traitée.

Les scories ont été épanchées seules dans tous les placeaux comportant le traitement P.

Pour des raisons de commodité et de charge à ne pas dépasser pour les ouvriers épancheurs, il a été jugé préférable de ne pas

faire de mélange avec les scories. On a donc eu un seul mélange à faire, d'azorgan et de chlorure de potasse. Il a été effectué à la pelle après avoir vidé alternativement sur un même tas des sacs d'azorgan et de chlorure en proportion convenable.

L'azorgan a été épandu seul dans tous les placeaux où le traitement N n'était pas associé au traitement K (N et NP).

L'azorgan et le chlorure ont été épandus en mélange toutes les fois que cela a été possible (placeaux NK et NPK).

Le chlorure a été épandu seul pour le traitement PK.

Tous ces travaux ont été réalisés entre le 15 et le 25 avril 1957.

232 — *Travail du sol :*

Ainsi qu'il a été dit plus haut, un débroussaillage en plein est intervenu au début du printemps 1957. Après les épandages d'engrais, on a fait un labour à la charrue « Athens » à six disques. Ce travail a laissé à désirer surtout dans la zone à molinie où les mottes se sont très mal retournées.

L'expérience acquise depuis conduirait maintenant à préférer de beaucoup, pour un tel travail, un labour à la charrue à soc.

L'opération a été guidée par les piquets de repérage dont il a été fait état plus haut, qui ont été écrasés par le tracteur ou la charrue à mesure de l'avancement, ce qui a évité tous risques de confusion.

Le labour a été suivi de deux passages successifs de rouleau débroussailleur sur les bandes travaillées pour émietter le sol.

233 — *Semis :*

Les graines étaient en provenance de Soulac (Gironde). Les cônes avaient été récoltés sur des peuplements des dunes domaniales au cours de l'hiver 1955-1956 et ouverts à la sécherie solaire domaniale de Soulac.

Il y a tout lieu de supposer que les peuplements en cause sont issus, par semis artificiels, de graines récoltées sur des peuplements locaux spontanés, au moment des travaux de fixation des dunes au XIX^e siècle.

L'essai était primitivement prévu pour environ sept hectares. Une dose normale de 15 kg de graines par hectare de bande semée avait été prévue. La moitié environ de la surface devant être commencée, la quantité totale nécessaire était donc de l'ordre de 50 kg.

C'est donc cette quantité qui a été mise en prégermination au froid [GUINAUDEAU (a)] en janvier 1957. Par la suite, on a pris la décision d'étendre l'essai à 9 hectares environ par l'adjonction du cinquième bloc. La quantité de graines mises en prégermination est donc devenue juste suffisante.

Il était malheureusement trop tard pour faire subir le même traitement à une quantité complémentaire.

Le semis a été fait le 9 mai 1957 à la main, à la volée sur les bandes labourées. La dose a été de 10 kg de graines par hectare effectivement semé. Pour éviter toute erreur et obtenir une régularité absolue dans la densité de semis, des sachets de papier kraft contenant exactement 100 grammes de graines, quantité nécessaire au semis de 50 mètres de bande, avaient été préparés à l'avance.

24 -- TRAVAUX D'ENTRETIEN :

La levée des semis s'est faite d'abord rapidement et de façon assez complète et régulière dans la lande sèche, à l'exception d'une portion du placeau NPK₁ où beaucoup de graines ont été la proie des tourterelles peu après le semis.

Cependant, on a pu constater dans l'été 1957 que le nombre de semis était finalement plus élevé dans les blocs relativement humides II et III que dans le bloc I plus sec. Par ailleurs la fougère aigle a étouffé les jeunes semis dans la parcelle PK₁.

Au mois d'octobre 1957, un comptage par échantillonnage des semis de chaque placeau a été effectué: aucune différence sensible n'apparaissait alors entre les diverses modalités de fertilisation, ni quant à la hauteur des semis ou à leur aspect, ni quant à leur nombre qui paraissait plutôt en relation, comme il vient d'être dit, avec le degré d'humidité de la lande. Du reste, une étude détaillée des résultats de ce premier inventaire figure ci-après, au paragraphe 42.

Mais durant l'hiver 1957-1958, l'humidité a été assez considérable pour submerger, par places, pendant plusieurs semaines, certains placeaux des zones les plus humides de telle sorte que beaucoup de semis ont péri dans cette zone, alors qu'au contraire de nouvelles levées renforçaient la densité des semis jusque là très insuffisants dans le bloc I en zone sèche. Des transplantations ont donc dû être envisagées pour homogénéiser la densité des semis sur les placeaux: ces transplantations ont été effectuées en 1958, à la fin de l'hiver et au début du printemps, à l'aide de l'appareil Ménager, qui est une bêche ronde spéciale. Mais, naturellement, ce travail n'a été fait que dans des conditions bien déterminées: pour regarnir un placeau présentant telle modalité de fertilisation, par exemple PK₁, on a prélevé des plants en motte dans un autre placeau de même type, également PK, où les semis étaient surabondants. Des instructions avaient été données pour que les sujets semés ou plantés se trouvent en définitive entre 1 et 2 mètres d'intervalle, tout au moins dans la lande humide, la lande sèche ayant conservé une densité plus importante.

A l'automne 1958 un nouvel inventaire des semis a été effectué, toujours par échantillonnage, comme il est indiqué ci-après; il a

été accompagné de mesures de hauteurs et a permis de constater cette fois des différences extrêmement visibles entre les diverses modalités de fertilisation.

C'est alors qu'une anomalie est apparue très nettement dans le bloc n° 5: alors que partout dans les autres blocs, les plants soumis à une fumure PK étaient très nettement supérieurs en hauteur aux plants soumis à une fumure N, les sujets du plateau PK₅ étaient au contraire de taille très inférieure aux sujets du plateau N₅ (en moyenne 38 cm pour PK₅ contre 83 cm pour N₅). Dès lors, il était extrêmement probable qu'une interversion avait eu lieu entre les deux plateaux lors de l'épandage des engrais. La valeur de cette hypothèse s'est vérifiée de plus en plus depuis cette époque: les semis de N₅ ont continué à évoluer de façon tout à fait comparable à ceux des plateaux PK des autres blocs et inversement, ceux de PK₅ sont restés de croissance aussi réduite que les semis des plateaux N des autres blocs.

D'ailleurs, en 1959, des analyses de sol par prélèvements multiples dans les plateaux N₅ et PK₅ ont donné une nette présomption en faveur de l'intervention des fumures sans que la différence décelée par l'analyse soit statistiquement significative:

Dosage du P₂O₅ citrique (‰) en 1959

PK ₄	"PK ₅ du plan"	N ₄	"N ₅ du plan"	T ₅
0,032	0,04	0,015	0,07	0,02
<u>0,11</u>	0,045	0,03	0,04	0,03
0,036	0,032	0,035	<u>0,235</u>	0,03
<u>0,16</u>	0,03	0,025	0,025	0,035
0,04	0,02	0,03	<u>0,39</u>	0,035
0,076	0,033	0,03	0,152	0,03

Enfin, au printemps 1962, les différences entre les végétations spontanées des deux plateaux N₅ et PK₅ permettent, comme on le verra, d'assimiler exactement le plateau N₅ aux plateaux PK des autres blocs, le plateau PK₅ aux plateaux N des autres blocs (paragraphe 41).

Aussi, dans la suite de cet article, considérerons-nous comme certaine l'intervention entre PK₅ et N₅. Toutefois, seuls les tableaux sont modifiés en conséquence. Les plans portent encore l'indication ancienne.

Depuis 1959, des *travaux d'entretien* ont dû être entrepris sur la place d'expérience :

— passages de rouleau débroussilleur chaque année entre les bandes boisées pour détruire les broussailles qui commençaient à repousser d'une façon vigoureuse, entravant le passage et gênant les opérations d'inventaire que l'on a répétées chaque année à l'automne depuis.

Il est possible que cette opération qui ne correspond pas à un vrai travail du sol mais diminue fortement la concurrence herbacée ait favorisé la croissance des jeunes pins. Toutefois, l'opération a été effectuée sur l'ensemble des placeaux fertilisés ou non et les différences constatées suivant les traitements auraient conservé un ordre de grandeur voisin s'il n'y avait pas eu de débroussaillage.

— débroussaillage partiel à la main dans les bandes boisées pour dégager les jeunes semis des ajoncs, des brandes et autres espèces qui menaçaient de les étouffer.

En mars 1960, une première éclaircie très modérée a accompagné ce débroussaillage ; on a coupé les pins qui se trouvaient à moins de 50 cm du pin le plus voisin en enlevant naturellement chaque fois les sujets les moins bien venants.

Dans la suite, il y aura lieu de continuer des éclaircies modérées, intervenant, en principe, tous les quatre ans, comme c'est le cas dans les peuplements de Pins maritimes de la région. Il serait prématuré de fixer dès maintenant les nombres d'arbres à enlever ou à laisser par placeau lors de chaque éclaircie, ce nombre devant dépendre essentiellement de la vigueur des peuplements qui semble devoir être très variable d'un placeau à l'autre en fonction des fumures adoptées. On pourra, lors de chaque éclaircie, se baser, par exemple, sur la méthode du facteur d'espacement de HART-BECKING pour déterminer l'intensité de l'éclaircie à marquer.

3 — Effets sur la croissance

Les observations ont été faites dès la première année, à l'automne 1957, pour voir si l'action des engrais avait déjà marqué sur la croissance: en fait, rien n'a pu être mis en évidence pour la première saison, alors que les engrais ont marqué dès la première année dans une expérience semblable, celle de Retis [MAUGÉ (b)]. Mais pour les saisons suivantes, l'effet était très important et bien visible à l'observation. Chaque année au mois d'octobre, on a noté la hauteur totale de tous les arbres comptés, et aussi depuis le comptage d'octobre 1961, la circonférence à 1,30 m de tous les arbres ayant plus de 3 m de haut.

Ces mesures nous permettent ainsi de connaître:

- la hauteur moyenne pour chaque placeau
- et l'accroissement moyen en hauteur, calculé par différence entre les hauteurs moyennes de 2 comptages successifs. A l'heure actuelle, il n'est pas question encore de calculer les volumes, le nombre des arbres dépassant 3 mètres étant très faible.

L'interprétation statistique a été faite en utilisant le test F de Fisher-Snedecor et le test de Duncan [RIVES] pour l'étude des différences significatives. Au bas de chacun des tableaux d'interprétation statistique des résultats, on a rangé les traitements par ordre croissant pour le caractère étudié et on a relié par un trait les groupes de traitements ne présentant pas entre eux de différences significatives.

31 — DEFINITION DE L'ECHANTILLONNAGE :

Le nombre des semis est tel que la mesure de la totalité de ceux qui existent sur un placeau nécessiterait un travail très important et serait d'ailleurs à peu près inutile. Il a donc été décidé dès l'origine de procéder par sondages. C'est ce qui sera fait, probablement pendant quelques années encore.

Théoriquement, il serait possible de définir un échantillonnage par sous-placeaux disséminés dans chaque placeau. Une formule plus simple et sans inconvénient théorique est de prendre comme sous-placeaux des bandes entières. L'échantillonnage aurait été largement suffisant quant au nombre de semis en ne prenant qu'une

seule bande. Mais pour avoir une meilleure représentation de chaque plateau on a préféré constituer l'échantillon avec quatre bandes complètes. Les bandes semées étant numérotées du nord au sud, on a choisi dès les premières mesures et par la suite, conventionnellement, les numéros 3, 6, 8 et 11. Dans la suite de cet article, quand il sera question des moyennes par plateau, il faudra entendre « moyenne des semis des quatre bandes n° 3, 6, 8 et 11 » constituant l'échantillon.

32 — EFFETS SUR LA HAUTEUR APRES LA DEUXIEME ANNEE :

Compte tenu des preuves apportées par l'étude de la végétation et par l'analyse chimique du sol, nous devons considérer comme certaine l'inversion qui a été faite entre les plateaux PK₅ et N₅ au moment de l'épandage.

Les résultats sont ainsi légèrement différents (tableau VI) de ceux qui avaient été présentés dans une publication précédente (J. GUINAUDEAU, 1959).

Toutefois, ce tableau fait apparaître un résultat aberrant pour le plateau PK₁ : en effet, alors que les différences entre plateaux d'un même traitement n'atteignent pas en général 20 % le plateau PK₁ a une moyenne de hauteur égale à la moitié de celle des autres plateaux PK. Or, nous avons vu plus haut que le plateau PK₁ avait eu une très mauvaise levée par suite de la présence de fougère aigle ; on avait dû procéder à de très nombreux regarnis à l'aide de plants prélevés dans les autres plateaux PK. Nous avons donc été amenés à considérer que les résultats du plateau PK₁ étaient aberrants et qu'il fallait le considérer comme manquant, ce qui est d'ailleurs corroboré par l'examen des courbes de croissance dont nous parlerons plus loin (fig. 4).

Nous avons donc évalué la valeur probable du plateau PK₁ par une méthode statistique utilisant la formule de YATES.

Les résultats sont consignés dans le tableau VII. On voit ainsi que les traitements T (témoin), NK et N ont eu la même action. Les traitements avec phosphore ont tous donné une augmentation considérable. Mais l'apport en plus du phosphore d'engrais azoté ou potassique a marqué de façon très nette.

On ne peut toutefois distinguer entre l'action de NP et de PK ni entre celle de NPK et de PK.

Si l'on donne aux témoins sans engrais la valeur 100, les gains en hauteur procurés par les différents traitements sont les suivants :

N	NK	P	NP	PK	NPK
0 %	0 %	61 %	99 %	104 %	120 %

TABLEAU VI
Hauteurs moyennes à l'automne 1958 (cm).

	N	NK	T	P	PK	NP	NPK	Moyenne
I	38,6	37,3	37,4	47,0	37,3	66,9	71,6	48,0
II	32,5	40,5	32,2	62,8	71,6	71,6	79,7	55,8
III	34,2	38,7	35,7	55,6	70,8	69,6	80,4	55,0
IV	34,0	28,6	36,4	64,2	69,4	69,9	78,8	54,4
V	38,2	32,7	37,7	59,4	83,3	79,0	82,8	59,0
Moyenne	35,5	35,5	35,8	57,8	66,4	71,4	78,6	54,5

Analyse de la variance

Variations	Somme des carrés des écarts	Degrés de Liberté	Variance	Critérium F	
				Calculé	des Tables
				0,05	0,01
Totale	12 126,8	34			
Blocs	396,8	4	99,2	1,75	2,78; 4,22
Traitements	10 375,7	6	1 745,6	30,89	2,51; 3,67
ERREUR	1 354,3	24	56,5		

$$\sigma m = 3,36$$

Différences significatives par le test de DUNCAN:

Probabilité de 0,05:

N	NK	T	P	PK	NP	NPK
---	----	---	---	----	----	-----

Probabilité de 0,01:

N	NK	T	P	PK	NP	NPK
---	----	---	---	----	----	-----

TABLEAU VII

Hauteurs moyennes à l'automne 1958 (cm): PK₁ considéré comme manquant.

	N	NK	T	P	NP	PK	NPK	Moyenne
I	38,6	37,3	37,4	47,0	66,9	70,4	71,6	52,7
II	32,5	40,5	32,2	62,8	71,6	71,6	79,7	55,8
III	34,2	38,7	35,7	55,6	69,6	70,8	80,4	55,0
IV	34,0	28,6	36,4	64,2	69,9	69,4	78,8	54,4
V	38,2	32,7	37,7	59,4	79,0	83,3	82,8	59,0
Moyenne	35,5	35,5	35,8	57,8	71,4	73,1	78,6	55,3

(++)

Donnée manquante estimée par la formule de Yates.

Analyse de la variance

Variations	Somme des carrés des écarts	Degrés de Liberté	Variance	Critérium F Calculé	des Tables
				0,05	0,01
Totale	12 054,5	34			
Blocs	99,5	4	24,87	1	2,78
Traitements	11 385,0	6	1897,5	76,6	2,51; 3,67
ERREUR	570,0	23	24,78		

$\sigma_m = 2,18$

Différences significatives par le test de DUNCAN:

Probabilité de 0,05:

N	NK	T	P	NP	PK	NPK
---	----	---	---	----	----	-----

Probabilité de 0,01:

N	NK	T	P	NP	PK	NPK
---	----	---	---	----	----	-----

TABLEAU VIII

HAUTEURS MOYENNES EN 1962

Moyenne	N	NK	T	P	NP	PK	NPK	Moyenne
I	123,5	123,5	141,9	222,5	224,2	215,1	249,7	185,7
II	106,2	150,0	115,3	208,1	216,8	250,8	227,6	182,1
III	116,2	138,7	138,0	193,8	211,6	204,4	238,5	177,3
IV	123,2	107,6	140,7	209,5	233,0	232,9	233,3	182,8
V	113,7	113,9	142,8	213,7	249,8	246,6	244,9	189,3
Moyenne	116,5	126,7	135,7	209,5	227,0	229,9	238,8	

Analyse de la variance

Variations	Somme des carrés des écarts	Degrés de Liberté	Variance	Critérium F	
				Calculé	des Tables
					0,05 : 0,01
Totale	94 097	34			
Blocs	263	4	65	0,29	2,78 : 4,22
Traitement	88 614	6	14 769	680	2,51 : 3,67
ERREUR	5 220	24	217		

om = 6,44

Différences significatives par le test de DUNCAN:

Probabilité de 0,05:

N	NK	T	P	NP	PK	NPK
---	----	---	---	----	----	-----

Probabilité de 0,01:

N	NK	T	P	NP	PK	NPK
---	----	---	---	----	----	-----

33 — EFFETS SUR LA HAUTEUR AU BOUT DE LA SIXIEME ANNEE :

Nous parlerons, ici encore, des résultats des mesures de hauteur qui sont présentés dans le tableau n° VIII. On voit ainsi que le groupe des placeaux ayant reçu du phosphore conserve sa différence avec les placeaux témoins ou sans phosphore. Par contre, l'action positive de l'azote ajouté au phosphore n'est plus marquée, NP n'étant plus significativement différent de P. Seule ou associée à l'azote, la potasse conserve son action positive par rapport au phosphore seul. Les suppléments d'accroissements obtenus grâce aux engrais sont, ici, les suivants :

N	NK	P	NP	PK	NPK
— 14 %	— 7 %	54 %	67 %	69 %	76 %
(non significatif)					

Nous n'indiquons pas ici les résultats mesurés chaque année à l'automne (voir à titre indicatif pour fin 1961 le tableau XII, p. 56), mais nous avons porté sur des graphiques les hauteurs successives pour montrer la régularité et la continuité de l'action des engrais dans leurs effets.

Sur la figure 4 on peut voir que la courbe de croissance pour la moyenne des traitements est à peu près une droite qui aurait tendance à s'infléchir vers le haut en 1962: elle prend ainsi la forme en « S » des courbes d'accroissement classiques.

Le groupe sans phosphore se distingue très nettement du groupe avec phosphore et l'on peut bien saisir ici ce que signifie l'expression mathématique « différence significative ». On peut y voir aussi l'action qui semble nuisible bien que non significative de l'azote employé seul pour lequel la pente de la courbe diminue constamment.

Dans le groupe avec phosphore l'accroissement général annuel reste le même en gros, mais l'avance prise par les placeaux ayant reçu les engrais soit binaires, soit ternaires est conservée sans s'accroître d'ailleurs. Ce qui tendrait à montrer que si l'action de la potasse et de l'azote a été positive au départ quoiqu'à un degré moindre que celle du phosphore et toujours en combinaison avec lui, cette action n'a pas eu de prolongation. Par contre, l'action du phosphore continue à se faire sentir.

La figure 5 donne la courbe de croissance en hauteur de chacun des 5 placeaux témoins et des 5 placeaux NPK.

On peut noter ici que l'action de l'engrais a eu un effet d'homogénéisation sur les placeaux situés dans des blocs écologiquement différents.

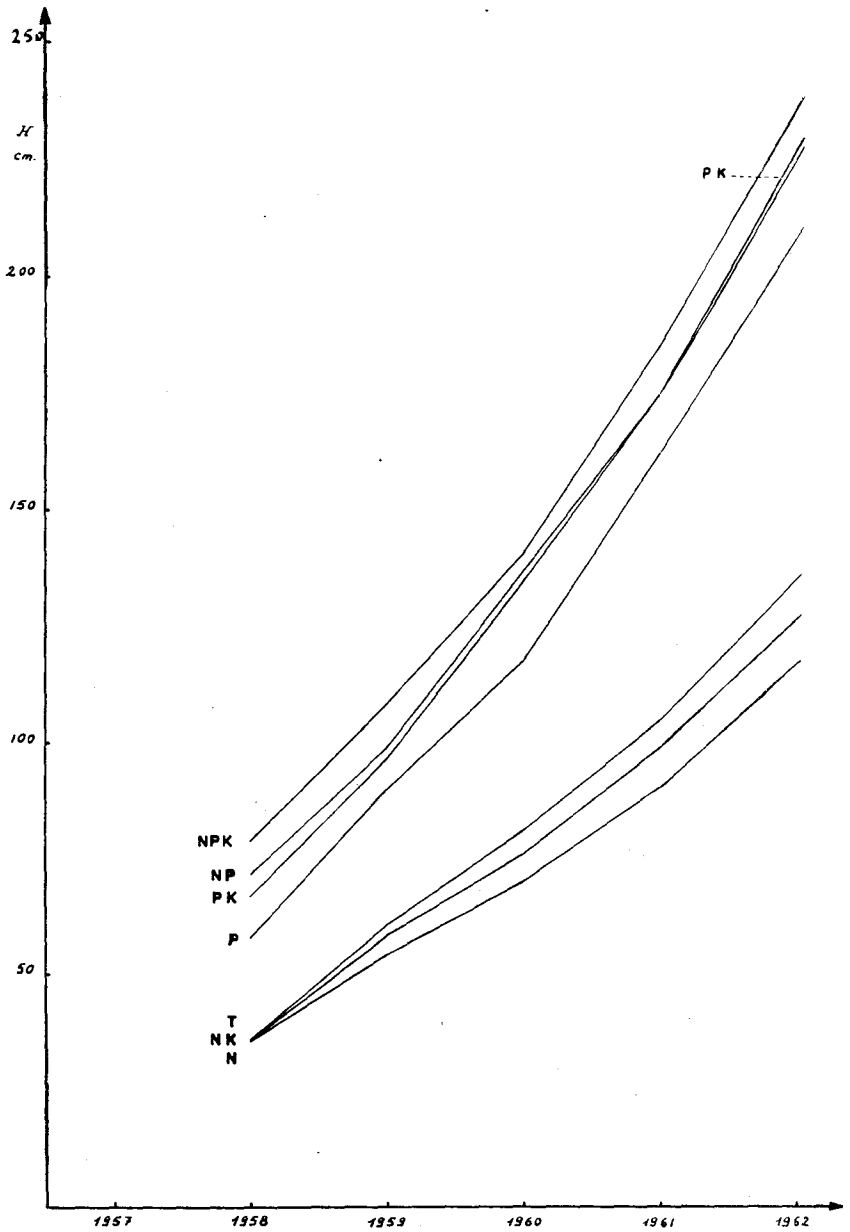


FIG. 4.

Graphique de croissance en hauteur des moyennes de traitement.

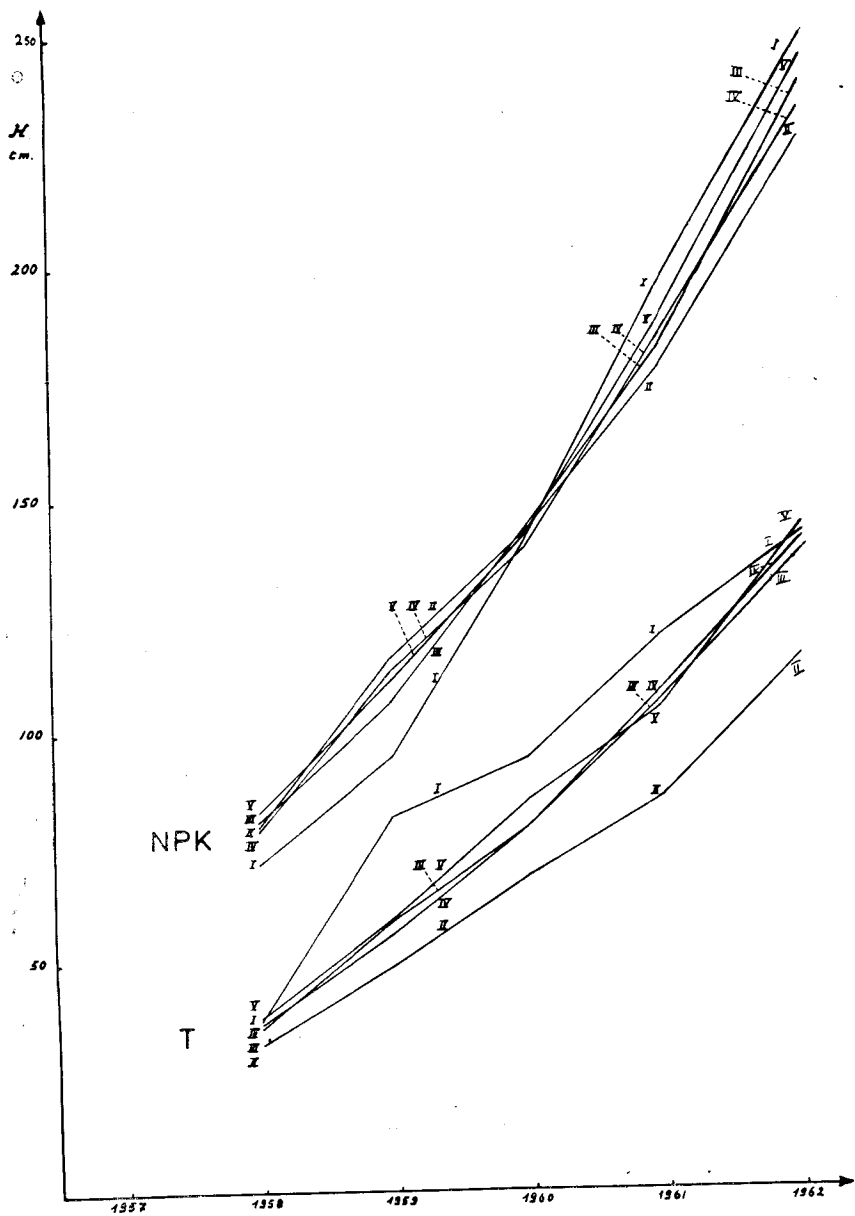


FIG. 5.

Graphique de croissance en hauteur des placeaux des traitements T et NPK.

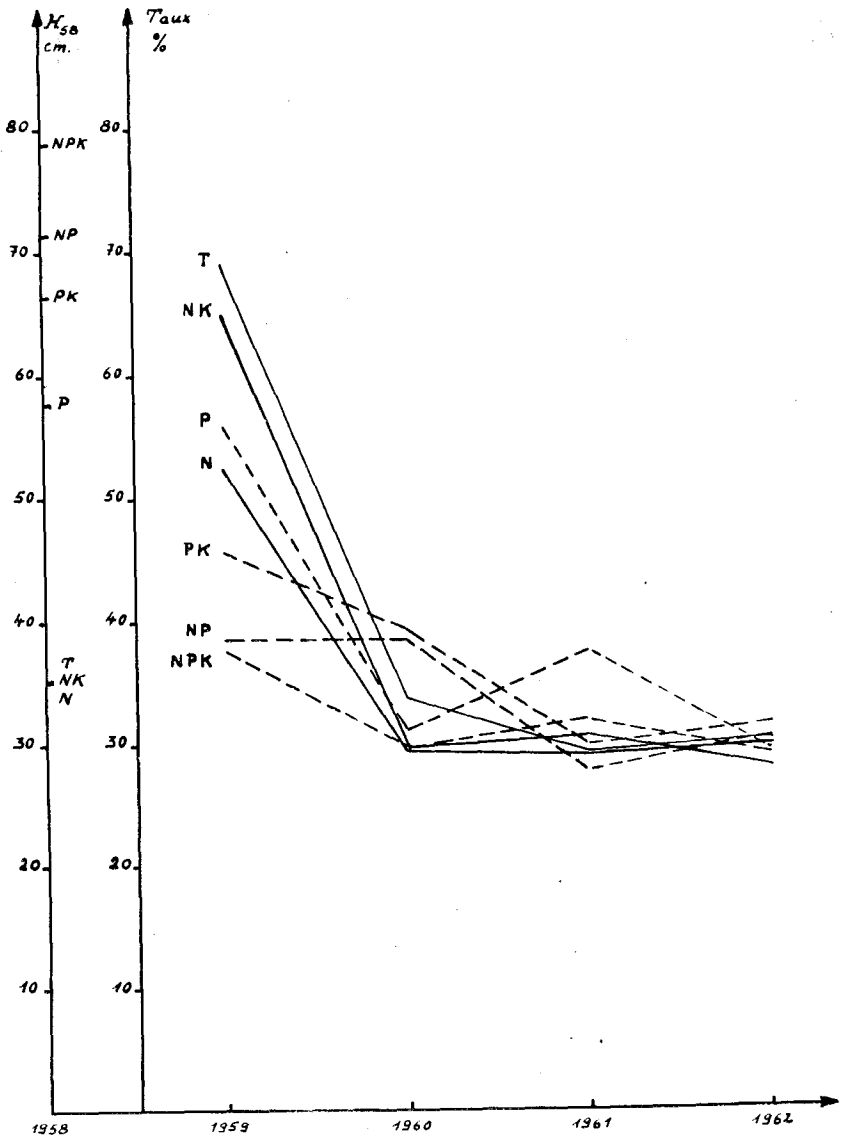


FIG. 6.

Graphique du taux de croissance en hauteur.

Les hauteurs en 1958 ont été portées à titre de comparaison. Le taux de croissance pour une année donnée est égal au rapport entre l'accroissement courant et la hauteur initiale.

Enfin la figure 6 montre l'allure du taux de croissance en hauteur, qui est le rapport entre l'accroissement de l'année et la hauteur atteinte l'année précédente. On peut observer ici que si la croissance a été très forte jusqu'à la deuxième année en ce qui concerne l'action des engrais (croissance absolue et non relative), le taux de croissance a été très fort l'année suivante pour les traitements sans engrais. Par contre, les années suivantes, le taux de croissance s'est régularisé entre les différents traitements et il tend à être le même à l'heure actuelle aussi bien pour les placeaux non fertilisés que pour les placeaux fertilisés.

Or, pour ces derniers, si le taux est le même, la grandeur initiale est nettement plus forte.

Il est d'ailleurs curieux de constater que le gain relatif apporté par le phosphore par rapport aux témoins est à peu près constant :

1958	1959	1960	1961	1962
61 %	53 %	46 %	55 %	54 %

Il en est de même d'ailleurs du gain apporté par l'engrais complet NPK sauf pour la première année où, comme on l'a vu, l'action temporaire de N et K a joué :

1958	1959	1960	1961	1962
120 %	78 %	73 %	77 %	76 %

34 — EFFETS SUR LA REGULARITE :

D'un point de vue théorique, il était intéressant de savoir quelle est l'action des fertilisants minéraux sur la régularité des accroissements à l'intérieur de la population qui compose un placeau : en d'autres termes, la dispersion des hauteurs est-elle augmentée, diminuée, ou inchangée ?

Le problème peut s'examiner de deux façons (1) :

— D'abord, l'étude de la répartition des nombres d'arbres par catégories de hauteur a été faite placeau par placeau (cf. figures 7 et 8, exemples pour les placeaux T₁ et NPK₁) : on voit ainsi que l'engrais complet donne une distribution à peu près « normale » (c'est-à-dire selon la loi de Gauss-Laplace) alors que le témoin a une distribution très dissymétrique. L'allure générale des courbes est, pour tous les placeaux n'ayant pas reçu du phosphore, la même que dans la figure 7 et la même que dans la figure 8 pour ceux en ayant reçu.

(1) Les résultats correspondent à l'année 1961.

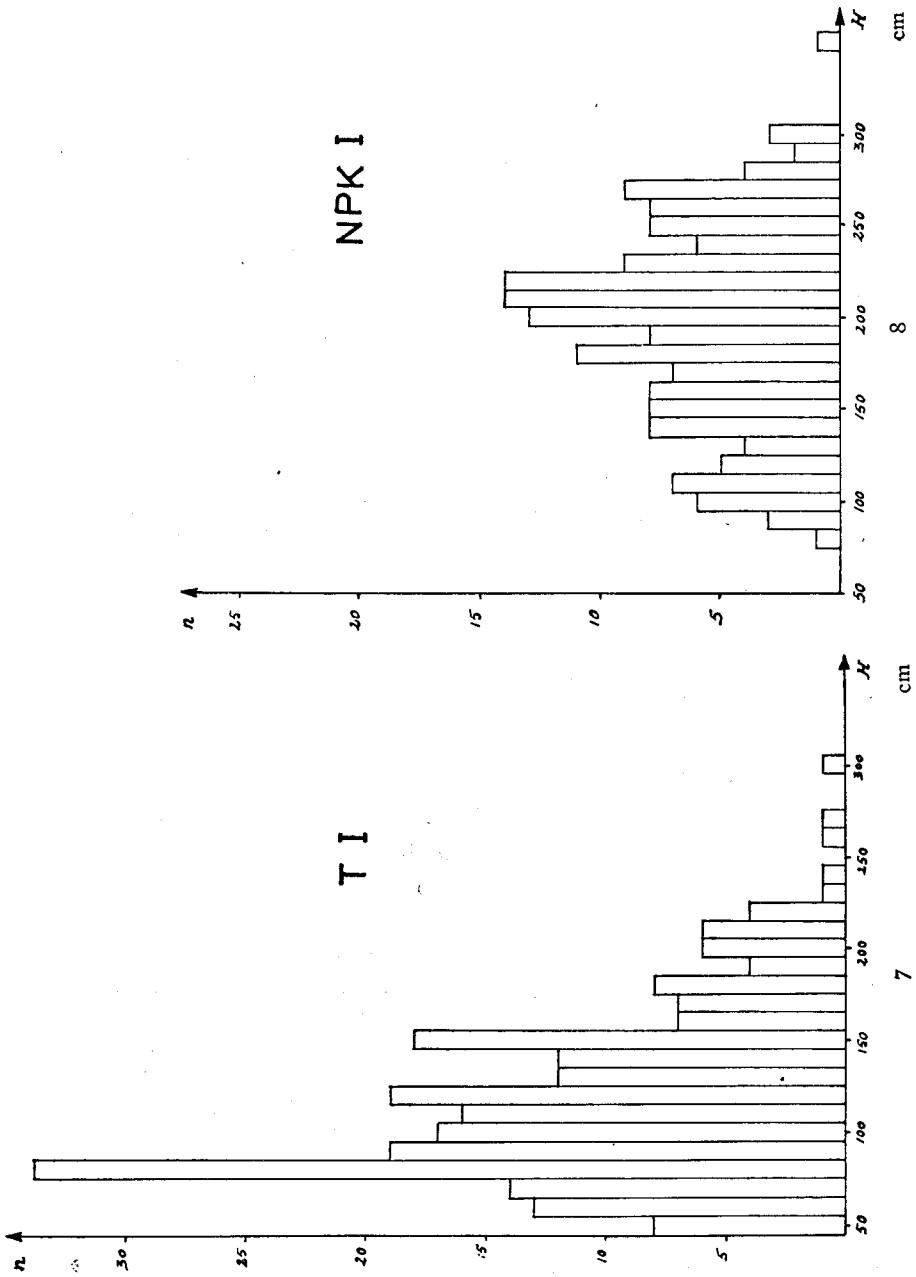


Fig. 7. Nombre de tiges par catégorie de hauteurs (Témoïn n° 1 - octobre 1961).

Fig. 8. Nombre de tiges par catégorie de hauteurs (Placeau NPK₁).

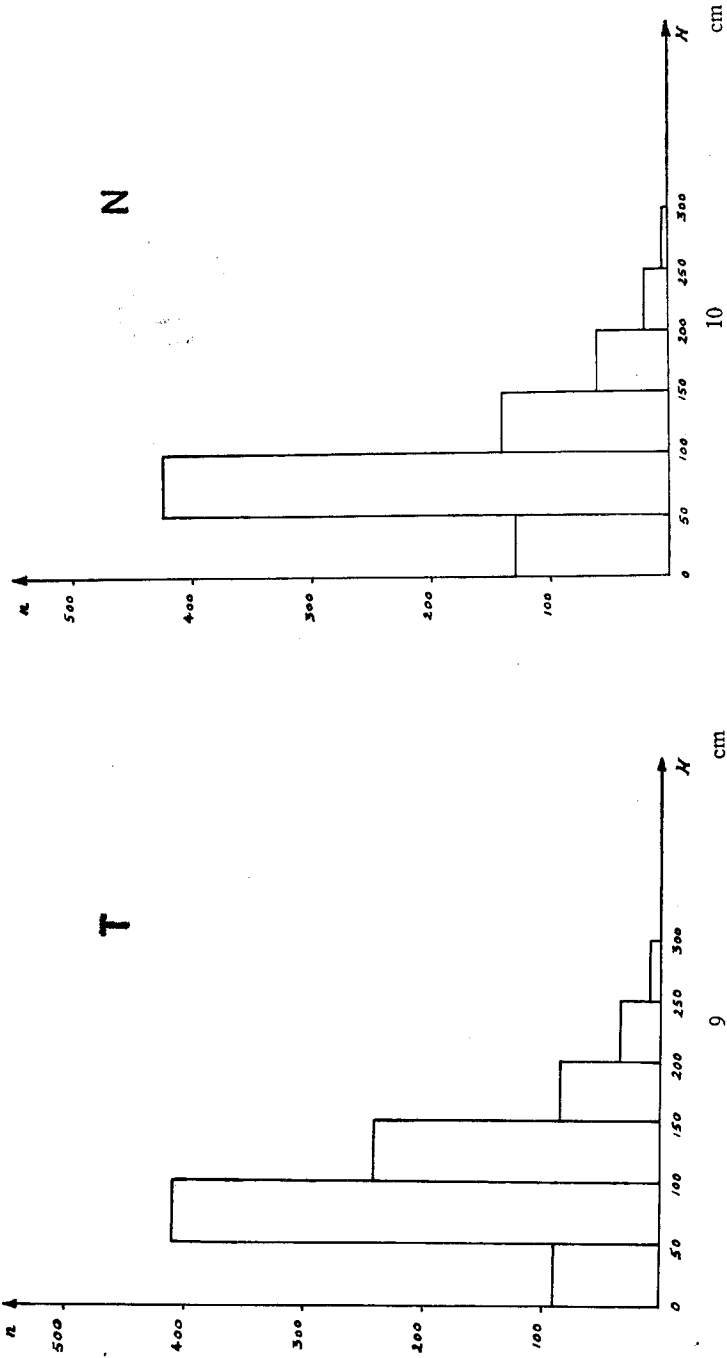
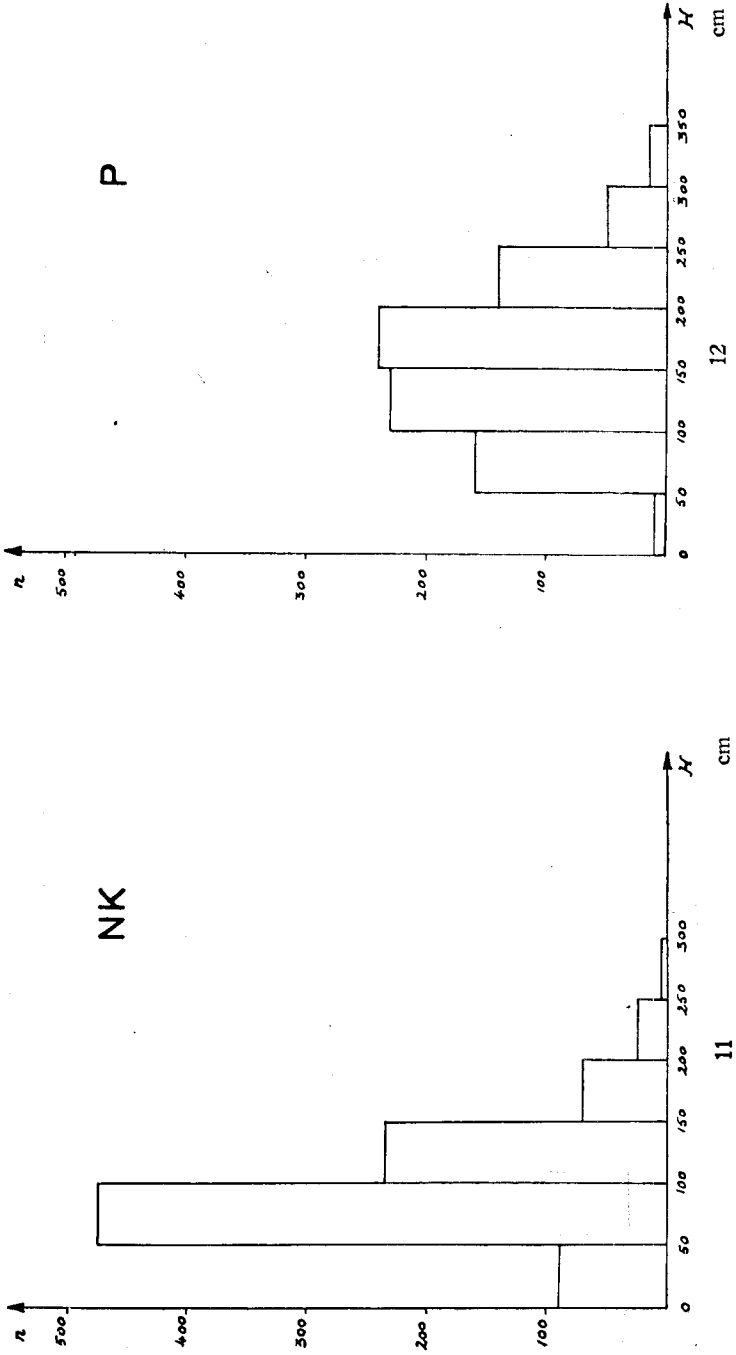


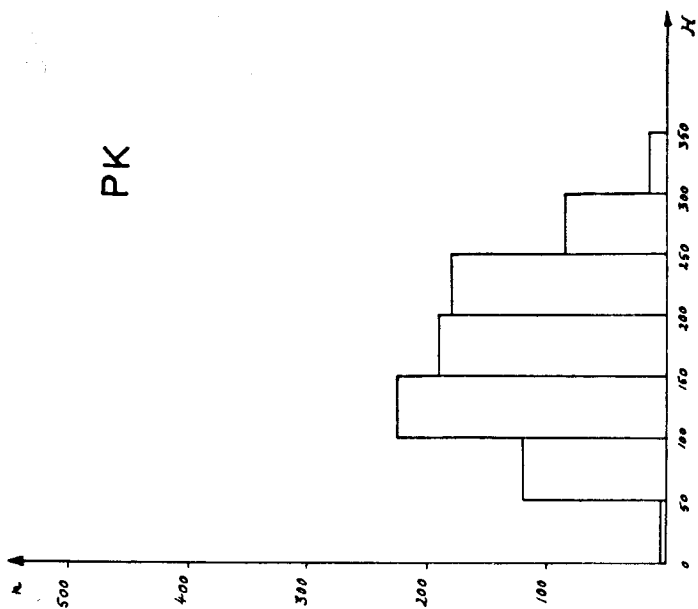
Fig. 9. Nombre de tiges par catégorie de hauteurs (Total du traitement T).

Fig. 10. Nombre de tiges par catégorie de hauteurs (Total du traitement N).



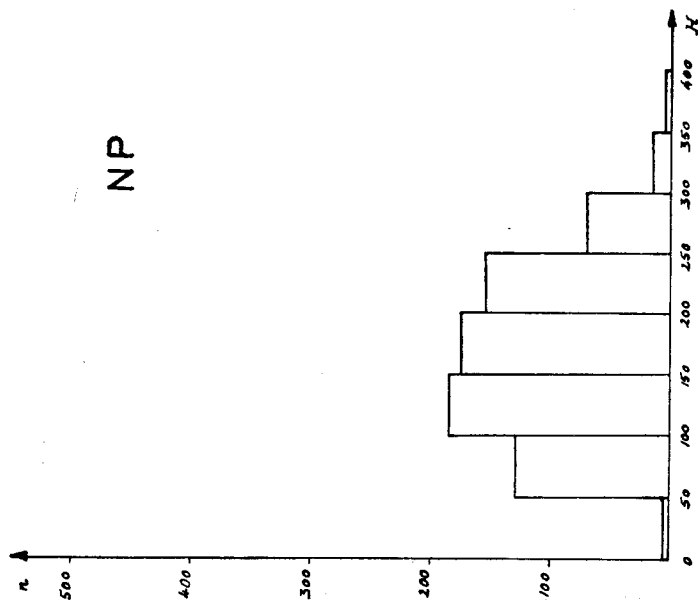
11
12

FIG. 11. Nombre de tiges par catégorie de hauteurs (Total du traitement NK).
FIG. 12. Nombre de tiges par catégorie de hauteurs (Total du traitement P).



PK

14



NP

13

Fig. 13. Nombre de tiges par catégorie de hauteurs (Total du traitement NP).

Fig. 14. Nombre de tiges par catégorie de hauteurs (Total du traitement PK).

Le phénomène est beaucoup plus net encore dans les courbes des figures 9 à 15 où l'on a groupé les classes de hauteur de 50 cm en 50 cm au lieu de 10 cm en 10 cm et où les nombres de plants par classe de hauteur ont été ajoutés pour les cinq placeaux d'un traitement identique.

Il apparaît ainsi que dans les traitements sans phosphore la dominante se trouve en 1961 dans la catégorie de 50 à 100 cm.

Un nombre assez restreint de plants ont crû au delà et atteignent des hauteurs semblables à celles qu'atteignent les plants fertilisés.

L'action du phosphore n'aurait donc pas été de favoriser la croissance des individus, mais plutôt, dans une population d'individus, de ramener les médiocres vers les meilleurs, en supprimant un goulot d'étranglement.

— Il semblait intéressant de *chiffrer* l'action des engrais sur la régularité, et on a procédé au calcul du coefficient de variation, c'est-à-dire du rapport de l'écart-type à la moyenne dans chaque population constituée par un placeau.

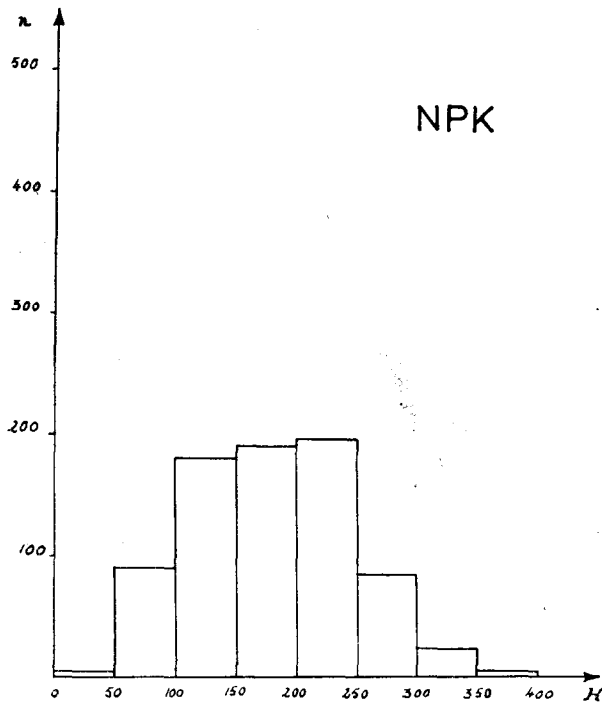


FIG. 15.

Nombre de tiges par catégorie de hauteurs (Total du traitement NPK).

TABLEAU IX

Coefficient de variation de la hauteur des Pins par plateau (octobre 1961)

	NPK	PK	P	NP	NK	T	N	Moyenne
I	27,2	32,5	32,6	34,3	40,8	40,1	44,9	36,0
II	34,5	31,7	36,8	35,4	36,9	44,8	43,3	37,6
III	38,3	39,3	37,6	35,0	44,0	48,3	40,0	40,3
IV	32,3	33,0	34,1	45,2	46,4	44,1	48,4	40,5
V	40,3	39,8	39,7	39,3	41,6	50,0	52,7	43,3
Moyenne	34,5	35,2	36,1	37,8	41,9	45,4	45,8	

Analyse de la variance

Variations	Somme des carrés des écarts	Degrés de Liberté	Variance	Critérium F	
				Calculé	des Tables
				0,05	0,01
Totale	1182	34			
Blocs	172	4	43,0	2,68	2,78
Traitement	625	6	104,16	6,50	2,51
ERREUR	385	24	16,04		

$$\sigma_m = 1,78$$

Différences significatives par le test de DUNCAN:

Probabilité de 0,05:

NPK	PK	P	NP	NK	T	N
-----	----	---	----	----	---	---

Probabilité de 0,01:

NPK	PK	P	NP	NK	T	N
-----	----	---	----	----	---	---

Les résultats et le dépouillement statistique sont présentés dans le tableau IX.

Tous les engrais avec phosphore ont donc eu une action très significative sur la diminution du coefficient de variation de la hauteur par rapport aux témoins. Par contre, les placeaux fertilisés avec N ou NK ne sont pas différents du témoin.

4 — Autres effets

41 — EFFETS SUR LA COUVERTURE VIVANTE :

Depuis le début de l'expérimentation, aucune étude systématique de la végétation spontanée n'a été effectuée jusqu'en 1962, mais nous avons tout de même pu constater, lors des inventaires notamment, un développement extrême de la flore spontanée dans tous les plateaux fertilisés avec du phosphore.

Une étude très systématique de la végétation des différents plateaux a été effectuée entre novembre 1961 et juillet 1962.

La méthode de travail utilisée a été la suivante :

1° On a déterminé sur le terrain les limites dans chaque plateau des principaux types de végétation que l'on pouvait rencontrer dans la place et qui ont été désignés de la façon suivante :

a) lande saine, c'est-à-dire bien drainée, comportant une certaine proportion de fougère aigle (*Pteris aquilina*).

b) lande saine ne comportant pas de fougère aigle ou très peu, mais une très forte dominance de l'ajonc d'Europe (*Ulex europaeus*);

c) lande saine comportant très peu de fougère aigle et d'ajonc d'Europe, mais une forte proportion de callune (*Calluna vulgaris*), ajonc nain (*Ulex nanus*) et parfois de l'héliantheme (*Helianthemum alyssoides*);

d) lande humide ou très humide comportant une dominance nette de molinie (*Molinia caerulea*) avec parfois *Erica tetralix*, *Erica ciliaris*.

Le tracé sur le plan des limites de ces quatre types de végétation a permis d'établir la figure 16 qui représente sensiblement la carte botanique de la place d'expérience en 1962, à comparer à la carte botanique de 1957 (figure 1).

Malgré l'imprécision relative des limites de chaque type de végétation sur la carte, il a même été possible de noter pour chaque plateau et pour chacun des quatre faciès principaux les variations de superficie constatées entre 1956 et 1962 (Tableau X). On cons-

TABLEAU X bis

Exemple de relevé floristique dans les placeaux T et NPK
(Faciès à molinie dominante)

Espèces	Emplacements				NPK ₂	NPK ₃	NPK ₄	NPK ₅
	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅				
Luzula campestris	+							
Juncus sp.						+	+	
Orchis maculata				+				
Simaethis planifolia	+		+			+	+	+
Narcissus bulbocodium			+					
Molinia caerulea	3-4	3-3	4-4	3-3	2-3	2-2	3-3	2-2
Arrhenatherum thorei	+		+	1-1	+	1-1	1-1	+
Festuca capillata	+	+	+	1-3	+	1-1	+	
Danthonia decumbens		+						
Schoenus nigricans	+	+	+	+			+	
Salix atrocinera	+					+	+	
Quercus pedunculata				+				
Rubus sp.				+		+		
Potentilla tormentilla	+	+	+	+	+	+	+	+
Rhamnus frangula						+	+	
Carum verticillatum	+	+	+	+		+	+	
Arenaria montana								
Hypochoeris radicata		+			+	+	+	+
Calluna vulgaris	2-2	2-2	1-1	1-2	1-1	2-1	+	1-2
Erica scoparia	1-1	1-1	1-2	2-2	1-1	1-2	1-1	1-2
Erica cinerea	1-1	+	+	+	+	+		+
Erica tetralix	+	+	+	+		+		
Erica ciliaris	+	+	+	+			+	
Ulex nanus	2-2	1-2	2-2	2-2	2-3	3-3	3-4	3-3
Ulex europaeus					+		+	
Scorzonera humilis	+	+					+	+

tate, qu'en moyenne, le faciès à ajonc d'Europe a pris de l'extension dans les placeaux fertilisés avec du phosphore à l'exception de quelques placeaux situés surtout dans le bloc I; ce faciès a, au contraire, plutôt diminué d'importance dans les autres placeaux sans phosphore.

Le faciès à fougère aigle a augmenté légèrement partout. Le faciès à callune, brande et ajonc nain a également augmenté partout de façon souvent très importante. Le faciès à molinie, au contraire, a diminué dans des proportions considérables à l'exception des placeaux NK où il reste, en moyenne, un peu plus important en 1962 qu'en 1956.

On peut en déduire que, d'une façon générale et indépendamment des engrais semble-t-il, il y a eu dessèchement sur l'ensemble de la place dans la période considérée. Ce dessèchement est particulièrement marqué dans le bloc I déjà sec à l'avance, où le faciès à callune a pris le pas sur le faciès à ajonc d'Europe.

2° Pour chaque type et dans chaque plateau, des relevés floristiques ont été établis notant toutes les espèces rencontrées aux différentes périodes de l'année, leur abondance relative par une note de 1 à 5 et leur groupement par un deuxième chiffre également de 1 à 5.

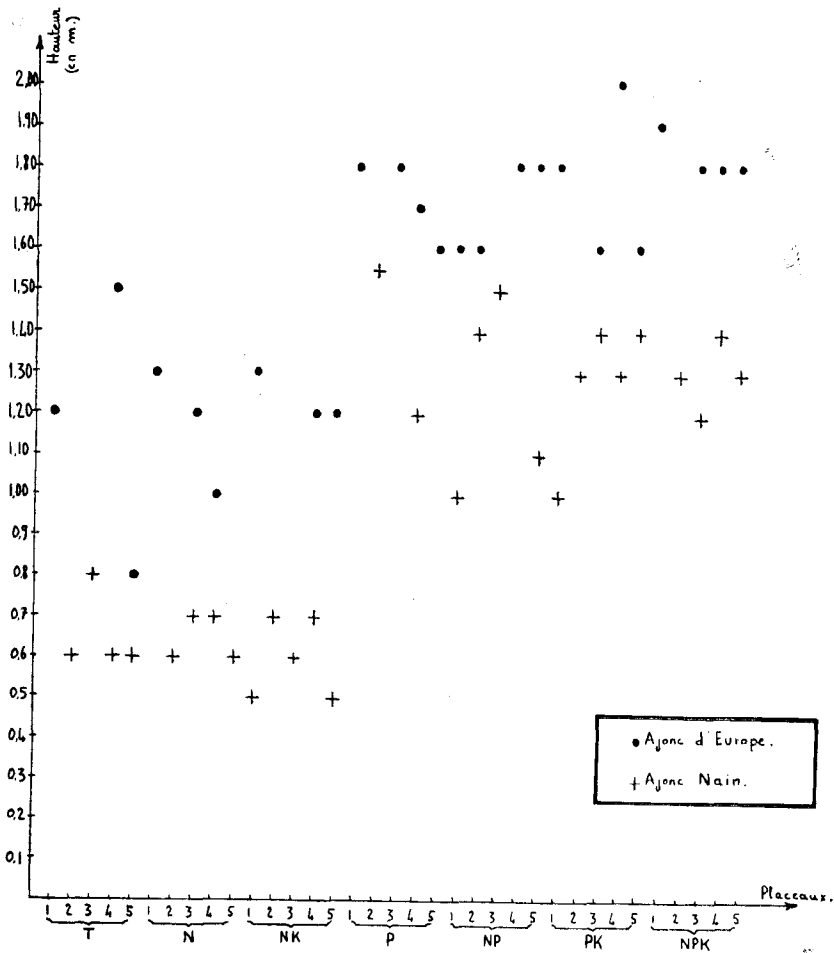


FIG. 17.

Hauteur de l'ajonc nain dans le faciès à molinie dominante et de l'ajonc d'Europe dans le faciès à ajonc d'Europe sans fougère.

Cette méthode n'est autre d'ailleurs que celle qui a été adoptée par DUCHAUFOUR [DUCHAUFOUR (b)].

Nous donnons dans le tableau X bis un exemple de relevé floristique pour le faciès à molinie dominante, d'une part dans les placeaux témoins, d'autre part dans les placeaux NPK.

Au cours de cette opération, il est apparu nettement que certaines espèces paraissaient présenter des différences considérables de vi-



FIG. 18.

Différences entre un placeau avec phosphore et un placeau témoin.

Photo prise en juillet 1962 depuis le piquet n° 40 en direction de l'Est. Noter la différence de hauteur entre le témoin T₂ à droite et le placeau avec phosphore P₂ à gauche. Au deuxième plan, c'est-à-dire dans le 1/5 supérieur de la photo, on aperçoit les placeaux NPK₄ et NP₃ d'aspect comparable à P₂.

(« Photo-Océan » M. Pégeot à Mimizan.)

gueur et de hauteur suivant les placeaux. On a donc noté également sur le terrain pour ces espèces les hauteurs les plus élevées atteintes dans le placeau considéré: les graphiques ont été construits pour les deux espèces qui présentent les différences les plus marquées, savoir: *Ulex europaeus* pour le faciès à *Ulex europaeus* dominant et *Ulex nanus* pour le faciès à molinie dominante (figure 17).

En conclusion de ce travail, on peut noter les faits suivants:

— le phosphore a très nettement favorisé la végétation des légumineuses qui sont ici représentées par les ajoncs: *Ulex europaeus*

dans les parties saines, *Ulex nanus* dans la plus grande partie de la place d'expérience.

1° L'extension en surface de ces espèces se trouve nettement plus grande qu'avant l'expérience en 1957 dans tous les placeaux phosphatés.

2° La hauteur maxima atteinte par les sujets de ces deux espèces est beaucoup plus forte dans les placeaux phosphatés que dans les placeaux sans phosphore. Les graphiques sont très significatifs à cet égard.

42 — EFFETS SUR LE NOMBRE DE SURVIVANTS APRES UNE SAISON DE VEGETATION :

A l'automne 1957, si les mesures de hauteur n'ont pu être faites, du moins a-t-on pu dénombrer les semis existants sur les bandes échantillons, comptage nécessaire pour se rendre compte de l'éventuelle nécessité de regarnis.

Les nombres moyens trouvés ont été les suivants pour 25 mètres de bandes :

NK	T	NPK	PK	P	N	NP
71	63	61	56	51	51	47
			64			

Le premier chiffre pour le traitement PK correspond à la moyenne effectivement observée. Toutefois, il convient de rappeler que le plateau PK₁ a subi des pertes extrêmement importantes au cours de l'année 1957. Il a paru intéressant d'estimer ce qu'aurait pu être le nombre de semis si la présence de fougère n'avait pas joué comme pour la croissance en hauteur (Paragraphe 32). Cette estimation a été faite à l'aide de la formule de YATES et la moyenne générale pour le traitement PK recalculée en substituant le nombre estimé au nombre effectivement observé; le deuxième chiffre sous le traitement PK correspond à cette moyenne (64).

A la lecture de ces résultats, on s'est demandé si la fertilisation n'avait pas pu agir sinon sur la levée, puisque les engrais n'étaient pas au contact direct des graines, du moins sur le nombre des survivants; les résultats très dispersés ont fait que les différences observées sont apparues comme non significatives.

D'autres comptages ont été faits depuis sur d'autres parcelles d'essais. Les résultats se trouvent consignés dans le tableau suivant :

	NK	T	NPK	PK	P	N	NP
Mimizan ..	111	100	97	89	81	81	75
				101			
Sabres	103	100	80	69			
Luglon ...		100					
Arrouilles .	123	100	78	119			85

Pour rendre ces résultats plus facilement comparables, les nombres de semis survivants sont exprimés pour 100 témoins.

Dans les trois autres essais (les trois seuls pour lesquels de tels comptages avaient été faits), l'influence de la fertilisation sur le nombre de survivants peut être considérée comme significative.

Ces résultats ne sont pas parfaitement concordants. On est réduit à des hypothèses pour expliquer ces effets et leur discordance. Mais ils confirment nettement que la fertilisation peut avoir une influence sur le nombre de semis survivants après une saison de végétation, la combinaison NK étant favorable, et les combinaisons NP et NPK défavorables.

Ce phénomène est probablement sans importance pratique. Il nous a cependant paru intéressant de le signaler.

43 — EFFETS SUR LA FLORAISON :

Bien que le but principal de l'essai fût d'étudier l'action des engrais minéraux sur la production de bois de pin maritime, nous avons examiné aussi la production de cônes mâles et de cônes femelles : ce problème a une importance pratique très grande en matière d'amélioration génétique des arbres forestiers : en effet, la production de graines améliorées se fait dans des « vergers à graines » où il est important de stimuler, pour chaque pied, la quantité de graines récoltées.

43I — *Production de cônes femelles :*

Sans attendre la vérification du nombre de cônes mûrs, nous avons compté en avril 1962, c'est-à-dire après leur épanouissement, le nombre de cônelets femelles apparus, par plateau (1). Les résultats sont consignés dans le tableau XI.

(1) Ce nombre est comparable à un facteur constant près au nombre moyen par arbre puisque le nombre d'arbres varie peu suivant les traitements (165 en moyenne pour les quatre lignes d'échantillonnage de chaque plateau).

TABLEAU XI

Nombre de cônelets femelles par placeau en avril 1962.

	N	NK	T	P	NP	NPK	PK	Moyenne
I	5	11	27	72	107	94	101	59,57
II	16	48	20	90	85	143	168	81,42
III	26	29	45	92	122	88	87	69,85
IV	11	34	32	75	114	133	146	77,85
V	6	16	21	67	78	118	106	58,85
Moyenne	12,8	27,6	29	79,2	101,2	115,2	121,6	

Analyse de la variance

Variations	Somme des carrés des écarts	Degrés de Liberté	Variance	Critérium F	
				Calculé	des Tables
				0,05	0,01
Totale	72 971	34			
Blocs	2 953	4	738	2,37	2,78
Traitements	62 563	6	1 042,7	33,57	2,51
ERREUR	7 455	24	310,6		

$\sigma_m = 7,89$

Différences significatives par le test de DUNCAN:

Probabilité de 0,05:

N	NK	T	P	NP	NPK	PK
---	----	---	---	----	-----	----

Probabilité de 0,01:

N	NK	T	P	NP	NPK	PK
---	----	---	---	----	-----	----

TABLEAU XII
HAUTEURS MOYENNES 1961

	N	NK	T	P	PK	NP	NPK	Moyenne
I	97,9	99,8	119,9	164,2	180,4	159,1	195,3	145,24
II	84,8	116,3	85,1	160,6	167,8	189,3	177,7	140,23
III	86,5	106,0	106,0	157,9	162,0	162,1	181,8	137,47
IV	98,4	85,5	108,2	166,5	173,5	178,4	183,8	142,04
V	83,9	88,9	105,0	162,9	189,4	185,3	187,5	143,27
Moyenne	90,3	99,3	104,84	162,42	174,62	174,84	185,22	141,65

Analyse de la variance

Variations	Somme des carrés des écarts	Degrés de Liberté	Variance	Critérium F	
				Calculé	des Tables
				0,05:0,01	
Totale	54 410,1	34			
Bloos	245,5	4	61,3	0,55	2,78:4,22
Traitements	51 518,3	6	8 586,3	77,90	2,51:3,67
ERREUR	2 646,3	24	110,2		

om = 4,69

Différences significatives par le test de DUNCAN:

Probabilité de 0,05:

N	NK	T	P	PK	NP	NPK
---	----	---	---	----	----	-----

Probabilité de 0,01:

N	NK	T	P	PK	NP	NPK
---	----	---	---	----	----	-----

Il apparaît ainsi une très forte action des engrais phosphatés par rapport au témoin puisque le nombre de cônes est augmenté de 172 % (P) à 317 % (NPK). Les formules phosphatées binaires et ternaires sont toutefois très nettement favorables par rapport au phosphore seul.

Mais le tableau des différences significatives est très analogue au tableau des hauteurs et une étude s'imposait de l'influence de la hauteur sur le nombre de cônes.

Nous avons donc procédé à l'étude de la régression du nombre de cônelets par placeau sur la hauteur moyenne des placeaux; on obtient une droite de régression qui montre qu'une fois éliminée l'action des engrais sur la hauteur, l'action résiduelle directe des engrais sur le nombre de cônelets femelles est nulle.

On peut donc en conclure que si les engrais ont agi sur le nombre de cônelets femelles, ce n'est pas directement mais indirectement par leur effet sur la croissance des plants. On a donc intérêt à mettre les arbres forestiers dans les meilleures conditions de nutrition pour obtenir le maximum de cônes femelles. C'est contraire à l'opinion couramment admise qui veut que des arbres forestiers qui souffrent fructifient davantage.

432 — *Production de cônes mâles :*

Pour évaluer l'abondance de cônes mâles, on s'est contenté de donner une note subjective sur 5 à chacune des quatre lignes d'échantillonnage des placeaux. Chaque placeau a reçu ainsi une note sur 20, et l'interprétation statistique est donnée dans le tableau XIII.

L'étude des résultats montre que nous obtenons ici aussi une régression linéaire en fonction de la hauteur, comme dans le cas des fleurs femelles. Là encore, on peut dire que les engrais phosphatés ont eu une action positive, mais qui a eu lieu par l'intermédiaire de celle sur la croissance.

Par contre, il semble ici y avoir une différence significative due à une action dépressive de N et NK sans P par rapport au témoin.

44 — **EFFETS SUR LES MYCORHIZES :**

Une étude particulière a été faite par BOULLARD (1960) sur les plants provenant d'un des blocs de l'expérience, le bloc I qui comprend les placeaux à végétation plus xérophile. Les conclusions, que nous reproduisons ci-dessous, ne sont peut-être pas transposables en totalité pour d'autres types de sols et en particulier pour les autres blocs de l'essai :

— l'azote et le potassium employés seuls ou en combinaison, ne sont pas favorables à la mycorhization.

TABLEAU XIII

Notation sur 20 de la floraison mâle en avril 1962.

	N	NK	T	P	NP	PK	NPK	Moyenne
I	6	1	9	15	12	12	17	10,3
II	4	4	9	13	16	17	13	10,8
III	1	3	5	13	10	14	16	8,86
IV	6	6	5	13	17	14	15	10,8
V	1	4	4	11	13	15	16	9,1
Moyenne	3,6	3,6	6,4	13	13,6	15	15,4	

Analyse de la variance

Variations	Somme des carrés des écarts	Degrés de Liberté	Variance	Critérium F	
				Calculé	des Tables
				0,05	0,01
Totale	952	34			
Blocs	14,9	4	3,72	10,81	2,78
Traitement	826,8	6	121,1	26,4	2,51
ERREUR	110,3	24	4,6		

$$\sigma_m = 0,92$$

Différences significatives par le test de DUNCAN :

Probabilité de 0,05:

N	NK	T	P	NP	PK	NPK
---	----	---	---	----	----	-----

Probabilité de 0,01:

N	NK	T	P	NP	PK	NPK
---	----	---	---	----	----	-----

— le phosphore seul favorise la mycorhization, mais son effet bénéfique est annulé quand on lui ajoute de l'azote et du potassium.

Il ne semble pas y avoir de liaison, en tout cas, entre la hauteur des plants et l'abondance de la mycorhization à l'âge où ont été faites les observations.

45 — EFFETS SUR LA PERSISTANCE DES FEUILLES :

La saison de végétation 1961 a été très sèche dans les Landes de Gascogne; on a pu observer un phénomène qui semblait lié à cette sécheresse, la chute précoce des aiguilles de deuxième année des jeunes pins maritimes.

On s'est demandé si les engrais n'avaient pas pu agir sur la persistance des feuilles. Pour l'étudier, on a fait un comptage (par sondage le 28 novembre 1961) des arbres qui avaient gardé leurs feuilles de deuxième année, et l'on a fait l'interprétation statistique des observations; les données étudiées étaient la proportion des arbres ayant conservé leurs aiguilles par rapport au nombre total d'arbres de la même ligne.

Les résultats sont consignés dans le tableau n° XIV.

Le test F de FISHER-SNEDECOR montre que les différences observées entre les différents traitements ne sont pas significatives au seul de probabilité de 95 %, le rapport de la variance due au traitement à la variance de l'erreur n'étant que de 2,36 alors qu'il faudrait qu'il soit de 2,51.

On est toutefois très près du seuil de signification, et si l'on applique le test de DUNCAN de comparaison des moyennes, on voit que les traitements PK et NPK seraient significativement différents du témoin.

L'ensemble PK aurait donc favorisé le maintien des feuilles de deuxième année, et dans la mesure où on admet que ce maintien est lié au régime de l'eau, il a pu jouer le rôle d'économiseur d'eau.

Il ne s'agit pas d'un effet indirect, par exemple par l'intermédiaire de l'action sur la croissance, car ce phénomène ne s'observe pas dans les placeaux P à phosphore seul, où la croissance est aussi forte. On a d'ailleurs étudié graphiquement s'il existait une corrélation entre le maintien d'aiguilles et la croissance, et cette corrélation était manifestement nulle.

Il ne s'agit pas d'autre part d'un effet de la potasse seule: on a en effet étudié statistiquement l'influence du Potassium par comparaison entre les placeaux N et NK, P et PK, NP et NPK, et aucune différence significative n'a été trouvée.

On peut donc dire qu'il y a une influence positive des engrais phosphatés et potassiques sur le maintien des aiguilles de deuxième année, mais que cette influence est légère.

TABLEAU XIV

Pourcentage d'arbres ayant conservé leurs feuilles de deuxième année à la fin de novembre 1961

	N	T	NK	P	NP	NPK	PK	Moyenne
I	6,1	14,7	41,6	29,4	53,4	46,2	52,4	34,82
II	67,7	49,8	48,6	47,3	59,2	65,4	67	57,85
III	56,4	39,4	46,2	52,2	43	59,4	73	52,8
IV	24,9	57,1	34,5	38,1	51,5	62,2	59,8	46,87
V	39,2	34,5	42	53,6	42,6	54,1	49,5	45,07
Moyenne	38,9	39,1	42,6	44,1	49,9	57,5	60,3	47,50

Analyse de la variance

Variations	Somme des carrés des écarts	Degrés de Liberté	Variance	Critérium F	
				Calculé	des Tables
				0,05	0,01
Totale	8 165,9	34			
Blocs	2 109,5	4	52,5	3,31	2,78
Traitement	2 251,2	6	375,5	2,36	2,51
ERREUR	3 805,2	24	158,5		

$$\sigma_m = 5,64$$

$$\sigma_b = 4,76$$

Différences significatives par le test de DUNCAN,
entre blocs, à la probabilité de 0,05:

I V IV III II

Plus nette est la différence qui existe entre les blocs : en effet, le test de DUNCAN montre dans le tableau n° XIV que les différences entre les blocs sont significatives.

Ainsi le bloc II et le bloc III ont-ils un pourcentage d'arbres à feuilles de deuxième année nettement plus élevé que le bloc I : or, comme nous l'avons vu au paragraphe 32, le bloc I représente la partie sèche de l'essai, le bloc II étant le plus humide, le bloc III un peu moins humide, et les blocs IV et V comprenant des parcelles plus ou moins humides.

On peut donc conclure que le maintien des feuilles de deuxième année était lié au régime de l'eau, soit que l'approvisionnement en eau soit plus facile dans les parties à végétation composée de molinie, soit aussi qu'il y ait plus de concurrence dans les parties de végétation plus xérophile, callune, bruyère cendrée et héliantheme.

46 — EFFETS SUR LA COMPOSITION CHIMIQUE DES FEUILLES :

On a songé à faire des analyses foliaires pour voir si ce diagnostic pouvait rendre compte des différences de croissance. Les analyses n'ont pas été menées sur la totalité des blocs mais sur les 3 premiers, ce qui représente d'ailleurs un nombre très considérable de dosages, effectués par le laboratoire de la 5^e Section de la Station de Recherches.

Les prélèvements d'aiguilles ont été effectués sur un seul arbre par plateau, de taille égale à la taille moyenne du plateau, et sur le premier verticille suivant la méthode préconisée par la 5^e Section de la Station de Recherches.

Les proportions des éléments, données en pourcentage des aiguilles séchées à 105° sont les suivantes (1) (moyennes des 3 blocs) :

	N	P2O5	Ca	K	Mg	Cu (°/oo)
T	1,12	0,20	0,29	0,40	0,19	0,010
N	1,25	0,17	0,20	0,36	0,13	0,010
NK	1,15	0,20	0,27	0,34	0,16	0,031
P	1,37	0,31	0,23	0,44	0,12	0,018
PK	1,22	0,30	0,26	0,52	0,15	0,006
MP	1,23	0,32	0,24	0,45	0,13	0,015
NPK	1,34	0,28	0,25	0,46	0,17	0,009

(1) Des analyses complémentaires ont été faites pour certains plateaux et l'on obtient ainsi une teneur moyenne de 0,04 °/oo pour le fer et de 0,165 °/oo pour le manganèse.

On voit ainsi la très nette augmentation de la teneur des aiguilles en *acide phosphorique* dans tous les placeaux dont le sol en a reçu en engrais: cette augmentation est de 50 %.

La teneur des témoins est tout à fait semblable à celle observée dans des conditions comparables par SEILLAC (1960) dans un sol de lande moyennement riche. Des analyses faites sur des plants nettement plus jeunes provenant d'un essai de fertilisation à Sabres (Landes) donnent des teneurs pour les témoins nettement plus élevées: mais il semble bien que ces teneurs plus élevées soient dues au jeune âge des plants.

Pour les autres éléments, les conclusions ne sont pas aussi nettes:

En ce qui concerne l'*azote*, il semble que l'on puisse noter une augmentation corrélatrice à celle du phosphore qui en aurait ainsi stimulé indirectement l'absorption. On s'explique mal toutefois le fait que l'azote seul a agi, et non l'azote joint à la potasse. De toute façon, même dans les cas les meilleurs, la teneur en azote reste inférieure à l'optimum généralement admis, soit 1,6 %.

L'absorption de *potasse* semble aussi avoir été stimulée par le phosphore de la même façon.

Par contre, le calcium et le magnésium voient leur taux diminuer par rapport au témoin quel que soit l'engrais appliqué, et ceci bien que les scories aient apporté une quantité non négligeable de calcium.

Ainsi, au bout de la cinquième saison de végétation peut-on voir encore, dans la composition chimique des feuilles, une action très nette de l'engrais phosphaté sur la teneur en acide phosphorique, et aussi, semble-t-il, sur celle en N et K.

On a cherché à voir s'il y avait une relation entre les teneurs des feuilles en P et en N et l'accroissement 1960-1961: l'étude des courbes montre (sans qu'il ait été jugé utile de calculer le coefficient de corrélation) que:

pour le *phosphore*, une fois la carence supprimée au seuil de 0,28 %, c'est-à-dire pour tous les placeaux ayant reçu P en engrais, la croissance est indépendante de la concentration. Il en est de même pour les placeaux n'ayant pas reçu d'engrais phosphaté, mais ceux-ci constituent un groupe significativement différent du premier.

En ce qui concerne l'*azote*, l'effet est semblable: la croissance dans le groupe ayant reçu du phosphore est indépendante du taux d'azote dans les feuilles comme dans le groupe n'en ayant pas reçu, le premier groupe ayant d'ailleurs un taux d'azote supérieur au second.

Ainsi, on peut dire qu'une fois les carences supprimées en phosphore, la croissance est indépendante du taux de P ou de N: l'effet de ces éléments ne serait pas ainsi un effet proportionnel mais un effet de seuil. Encore faut-il noter que nous n'avons pas de résul-

tats assez nombreux pour conclure avec certitude et aussi que nous n'avons pas établi de relations entre les teneurs en P dans le sol et les teneurs en P dans les aiguilles.

47 — EFFETS SUR LES PARASITES :

Malgré une étude systématique, il n'a pas été observé de différences entre les traitements sur la présence de parasites animaux (*Pissodes notatus*, *Hylobius abietis*) ou végétaux (*Melampsora pini-torqua*). Le peuplement est de toute façon très sain dans l'ensemble.

5 — Conclusion

L'expérience de fertilisation de Mimizan a donné des résultats remarquables et d'autant plus spectaculaires qu'on n'attendait pas une action aussi nette des engrais.

Grâce aux expériences complémentaires faites dans le même esprit dans le massif landais, on peut dire que l'on possède maintenant des renseignements intéressants au sujet de l'action des engrais sur le départ des jeunes pins maritimes.

Rappelons toutefois que si ces résultats sont valables sur plusieurs centaines de milliers d'hectares, on ne doit les transposer dans d'autres conditions de sol et de climat qu'avec précaution.

Les enseignements de l'expérience sont nombreux en ce qui concerne la croissance des jeunes pins mais aussi en ce qui concerne d'autres caractères : ceci montre que dans toute expérimentation, il faut être prêt à observer des phénomènes que l'on ne s'était pas proposé d'étudier au départ.

En ce qui concerne la croissance, nous avons vu que l'élément prépondérant était le phosphore. Cet élément était administré sous forme de scories de déphosphoration. L'action très favorable des scories pouvait être attribuée en partie aux autres éléments qui les composent et en particulier la chaux et les oligo-éléments.

En fait, des expériences antérieures [DUCHAUFOR et GUINAUDEAU] ont montré que dans les conditions de sol des Landes de Gascogne, l'administration de chaux dans le sol n'a pas une action nette.

Pour les oligo-éléments, on en a une vérification indirecte par le fait que dans d'autres expériences, les phosphates moulus donnent un effet à peu près semblable à celui des scories pour une même quantité de phosphore alors qu'ils contiennent beaucoup moins d'oligo-éléments. Nous concluons donc que c'est le phosphore qui a principalement agi et que dans ces conditions le choix de la forme de phosphore reste un problème économique.

Le phosphore est donc l'élément principal de la nutrition minérale des jeunes semis de pins maritimes : sans lui, l'azote et la potasse n'ont aucune action.

Le fait particulièrement intéressant en ce qui concerne son action est qu'elle se continue sans ralentir pendant les six premières années que nous avons pu étudier, donnant un gain de croissance en hauteur par rapport au témoin de l'ordre de 55 %. L'action de l'azote ou de la potasse ajoutés au phosphore est très forte puisqu'au bout de la deuxième saison de végétation, ils majorent chacun très fortement le gain apporté par le phosphore et qu'ajoutés ensemble, ils doublent ce gain. L'azote et la potasse ont donc eu au départ une action presque aussi importante que celle du phosphore dans la mesure où ils lui étaient ajoutés. Par la suite d'ailleurs, cette action n'a pas subsisté, contrairement à celle du phosphore.

L'action non rémanente de la potasse peut être expliquée soit par le fait qu'elle aurait eu une action seulement sur des semis à l'état jeune, ce qui est peu plausible, soit au contraire par le fait qu'elle a été lessivée. C'est ce qui semble ressortir des études sur la fertilisation agricole dans les Landes.

Ainsi, la potasse se serait-elle comportée un peu comme l'azote dont il est bien connu qu'il est entraîné par lessivage. La formule pratique de fertilisation serait ainsi d'administrer seulement du phosphore en fumure de fond et de n'apporter la potasse et l'azote qu'en couverture par quantités échelonnées après la levée.

Les autres résultats enseignés par cette expérience ne touchent pas directement le reboiseur praticien mais n'en sont pas moins intéressants: les modifications de la végétation naturelle apportées par la fertilisation principalement phosphatée nous permettent de considérer qu'avec une certaine habitude la présence et l'aspect des ajoncs, et principalement l'ajonc nain, peuvent servir d'indicateurs sur la richesse du sol en phosphore.

Nous avons vu aussi l'influence très forte sur la fructification du pin maritime qui sera mise à profit dans les « vergers à graines ». Sur le plan théorique, l'action de nivellement par le haut due aux engrais est également très intéressante. Enfin, on peut penser qu'en cas de forte sécheresse les jeunes peuplements fertilisés souffriraient moins que les autres.

Les *enseignements futurs* de cet essai devraient être nombreux.

Nous pensons étudier :

— pendant combien de temps l'action du phosphore va se faire sentir ;

— en dehors de la croissance en hauteur, quelle sera l'action sur la croissance en volume ; en particulier, il sera intéressant de noter de combien de temps sera avancée la première éclaircie donnant des produits vendables.

— quelle sera l'action sur la production de gemme.

— quelle sera l'influence sur les qualités technologiques du bois.

— dans quelle mesure la durée de la révolution du pin maritime pourrait être réduite.

Mais il est bien certain que le problème de la fertilisation minérale du pin maritime dans les Landes de Gascogne nécessite de nombreuses autres études entreprises ou à entreprendre et qui devront s'attacher à résoudre les problèmes suivants :

— les doses appliquées à Mimizan étaient volontairement assez fortes : il s'agit de rechercher maintenant quelles seraient les quantités suffisantes pour assurer le meilleur rendement non seulement technique mais économique. Parallèlement, il faudrait étudier l'équilibre des fumures, c'est-à-dire les proportions entre les divers éléments fertilisants.

— si un apport très faible au départ (doses « starter ») fournit le même effet de démarrage, à condition qu'il soit suivi d'apports complémentaires, l'immobilisation du capital que représentent les engrais serait moins longue jusqu'à la fin de la révolution. Des expériences ont été déjà entreprises à ce sujet soit dans de jeunes peuplements de 10 à 15 ans, soit dans des peuplements adultes d'une quarantaine d'années.

— enfin, le problème de la fertilisation du pin maritime dans la zone des dunes, où le sable ne contient pas de matière organique, reste entièrement posé.

BIBLIOGRAPHIE

- BOULLARD (B.). — Influence des engrais sur la constitution de mycorhizes par le pin maritime (*Pinus pinaster* Sol.) — *Revue générale de Botanique*. Tome 67, 1960, 12 p.
- CHARLON (J.-C.). — Essais de fertilisation sur arbres forestiers. — *Académie d'agriculture de France*. Trait d'union agricole (suppl.), p. 288-292, n° 2, mai 1961.
- DELMAS (J.). — Landes de Gascogne, Terre de sable — *Revue « Agriculture »* (Extrait). 4 p., n° 164, janvier 1955.
- DUCHAUFOR (Ph.). — Recherches écologiques sur la chênaie atlantique (a) française — *Annales E.N.E.F.* Tome XI, fasc. 1, 1948, 332 p.
- DUCHAUFOR (Ph.). — L'utilisation des engrais en forêt — *Revue forestière française* (Extrait), n° 6, p. 377-392, juin 1958.
- DUCHAUFOR (Ph.) et BONNEAU (M.). — Essais de fertilisation sur plants d'Epicéa en milieu calcaire et en milieu acide — *Notes Techniques Forestières*. Note n° 7, 6 p. Ronéotypé, mars 1961.
- DUCHAUFOR (Ph.) et GUINAUDEAU (J.). — Une expérience de chaulage sur humus brut — *Annales E.N.E.F.* Tome XV, fasc. 2, p. 337-364.
- DUCHAUFOR (Ph.) et TURPIN (P.). — Essais de fertilisation sur humus brut contrôlés par l'analyse foliaire sur pin sylvestre et Epicéa — *Annales E.N.E.F.* Tome XVII, fasc. 2, p. 209-233, 1960.
- ENJALBERT (H.). — Les pays aquitains, le modelé et les sols (T. I.) — Imprimerie Bière, Bordeaux, 1960, 607 p.
- FRICKER (C.). — La Sylviculture intensive et la fertilisation des arbres forestiers. — *La Forêt Privée* (Extrait), nos 15-16-17-18, 1960-1961.
- GALOUX (A.). — La fertilisation minérale en sylviculture — *Bulletin de (a) la Société Royale Forestière de Belgique*, n° 8-9, août-septembre 1955, p. 361-382.
- GALOUX (A.). — La fertilisation minérale en sylviculture — Station de (b) Recherches de Gronendaal. Imprimerie J. de Clercq, 1954, 62 p.
- GUINAUDEAU (J.). — Germination du pin maritime — *Revue Forestière Française*, 1952, p. 306-311.
- GUINAUDEAU (J.). — Une expérience d'emploi d'engrais dans un reboisement par semis de pin maritime à Mimizan (Landes) — *Revue Forestière Française*, 1959, p. 310-316.
- GUINAUDEAU (J.). — Note complémentaire sur l'expérience de fertilisation (c) de Mimizan (Landes) — *Revue Forestière Française*, novembre 1961, p. 711-717.
- GUINAUDEAU (J.). — Une expérience d'emploi d'engrais — *Revue des eaux (d) et forêts*, t. LXXIII, 11^e série, 1945, p. 343-351, 1 fig.
- MAUGÉ (J.-P.). — Essai d'engrais sur semis de pin maritime à Sore (Landes) mis en place en 1952 (Sore I). Résultats fin 1959 — *Le Bois Français de Papeterie*. S. 9, 27, juin 1960, 10 p. ronéo.
- MAUGÉ (J.-P.). — Place d'essai d'engrais de Rétis, évolution et résultats à (b) la fin de l'hiver 1959-1960 — *Le Bois Français de Papeterie*. S. 60-16, juin 1960, 5 p. ronéo.
- RICHARDS (B.-N.). — The effect of phosphate on *Pinus taeda* and *Pinus caribaea* in Queensland (Les effets du phosphate sur *P. taeda* et *P. caribaea*) — Canberra. Conférence A.N.Z.A.A.S., 1954

- RIVES (M.). — Sur la comparaison des moyennes dans les essais variétaux — *Annales de l'amélioration des plantes*. Livraison n° 3, 1959, p. 357-376.
- SEILLAC (P.). — Contribution à l'étude de la nutrition du pin maritime: variations saisonnières de la teneur des pseudophylles en azote, potassium et acide phosphorique — Thèse Faculté des Sciences. Bordeaux, 1960, 60 p.
- SOUBIÉS (L.) et GADET (R.). — Les polymères de l'urée formaldéhyde, engrais azotés insolubles à nitrification ménagée — *Fruits* (Extrait). Vol. 12, n° 3, 1957, p. 84-97.
- VESSEREAU (A.). — Méthodes statistiques en biologie et en agriculture — J. B. BAILLIERE et Fils. Paris, 1960, 538 p.
- WAREING (P.) et LONGMAN (K.). — Studies on the physiology of flowering in forest trees — (Etudes sur la physiologie de la floraison des arbres forestiers) — Extr. de Rep. For. Res. For. Comm., Lond., 1958-1959-1960. Résumé, p. 109-110.
- YOUNG (H.-E.). — The response of loblolly and slash pines to phosphate manures — (Essai de fertilisation phosphatée sur *P. taeda* et *P. caribaea*) — Queensland Department of Agriculture and Stock. Division Plant Industry. Bulletin n° 42, 1946.
-

RÉSUMÉ

Les auteurs décrivent en détail les études préalables à l'implantation de l'essai (climat, sol, plan d'eau, végétation).

Les engrais ont été appliqués, avant le labour et le semis, sur des bandes de 2 mètres représentant la moitié de la surface, dans un sol podzolique et selon un dispositif en blocs à cinq répétitions. Les doses employées à l'hectare sont respectivement: N: 78 kgs, P_2O_5 : 125 kgs, K_2O : 130 kgs, sous forme d'urée formol, de scories de déphosphoration et de chlorure de potassium.

L'action de certains engrais a été très forte sur la croissance dès la deuxième année et se poursuit après la sixième où le phosphore seul procure un gain de 56 %, porté à 76 % pour NPK. L'azote et la potasse n'ont pas agi seuls et ont marqué surtout au début.

L'action des engrais a été favorable pour la régularité des hauteurs ainsi que sur la composition de la couverture vivante, la floraison, la persistance des feuilles, la composition chimique des feuilles, la mycorhization. Ils sont sans effet actuellement sur la présence des parasites et ont une action difficile à interpréter sur la levée des semis.

Cet essai sera poursuivi pendant plusieurs dizaines d'années et devrait fournir de nombreux autres renseignements.

SUMMARY

The authors give a detailed account of their studies previous to the establishment of the experiment (climate, soil, water-table, vegetation).

Fertilizers have been applied before ploughing and sowing, on two-meter-wide strips covering half the area, in a podzolic soil and according to a block design with five replications. Rates per ha were respectively: N 78 kg, P_2O_5 125 kg, K_2O 130 kg in the form of formol urea, basic slag and potassium chloride.

Some fertilizers greatly influenced growth as soon as the second year and lasts after the sixth year when phosphorus alone improved it by 56 % and NPK by 76 %. N and P have not acted alone and influenced mainly at the start.

Fertilizers had a favourable effect in regard to height uniformity as well as to ground cover composition, flowering, leaf persistence, chemical composition of leaves, mycorrhizal development. They are now without effect on pests and it is difficult to analyze their influence on seedling emergence.

This trial will be carried on for twenty years and more and should give many further results.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Autoren beschreiben im einzelnen die der Versuchsanlage vorausgehenden Untersuchungen (Klima, Boden, Wasserhaushalt, Vegetation).

Die Düngemittel wurden vor der Bodenbearbeitung und der Saat auf zwei Meter breiten Streifen, die die Hälfte der Versuchsfläche darstellen, angewandt. Beim Boden handelt es sich um einen Podsol; der Versuch wurde als Blockanlage mit fünf Wiederholungen angelegt. Die pro ha aufgebrachten Mengen sind: N: 78 kg, P_2O_5 : 125 kg, K_2O : 130 kg. als Harnstoff-Formalin, Thomasmehl und Chlorkalium.

Einige Dünger wirkten sich schon nach dem zweiten Jahr stark auf das Wachstum aus, und auch nach dem sechsten Jahr, woder Phosphor allein eine Zuwachssteigerung von 56 % bewirkte, gegenüber 76 % für NPK. Stickstoff und Kalium wirkten nicht allein und markierten vornehmlich anfangs.

Die Düngung wirkte sich günstig aus auf gleichmässiges Höhenwachstum, Zusammensetzung der Bodenflora, Floreszenz, Persistenz der Blätter, die chemische Blattzusammensetzung und Mykorrhizabildung. Ein Einfluss auf Parasitenvorkommen konnte bislang nicht festgestellt werden. Schwierig zu interpretieren ist der Einfluss auf das Auflaufen der Saat.

Р Е З Ю М Е

ОПЫТЫ УПОТРЕБЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ ДЛЯ ПРИМОРСКИХ СОСЕН В МИМИЗАНЕ (ЛАНДЫ — ФРАНЦИЯ)

Авторы подробно описывают предварительные условия опытов (климат, почва, уровень воды, растительность).

Химические удобрения были употреблены до вспашки и посева, на полосах в два метра, представляющих половину поверхности. В подзолистой почве система блоков в пятикратном повторении.

Дозы удобрений были: N — 78 кг, P₂O₅ — 125 кг, K₂O — 130 кг. В виде: мочевины, фосфатшлака и хлористого калия.

Действие некоторых химических удобрений было очень сильное для роста и было заметно со второго года и продолжается после шестого. Фосфор один дает прибыль в 56 % а NPK: 76 %. Азот и калий дали прибыль только в начале опыта.

Действие удобрения было благоприятно для регулярности высоты а также для состава живого покрова, для цветения, для стойкости листвы, для химического состава листвы, для развития микоризы. Удобрение осталось в настоящее время без влияния на присутствие паразитов и его влияние на всходы трудно объяснить.

Этот опыт будет продолжаться в течение нескольких десятков лет и по всей вероятности даст многие другие сведения.

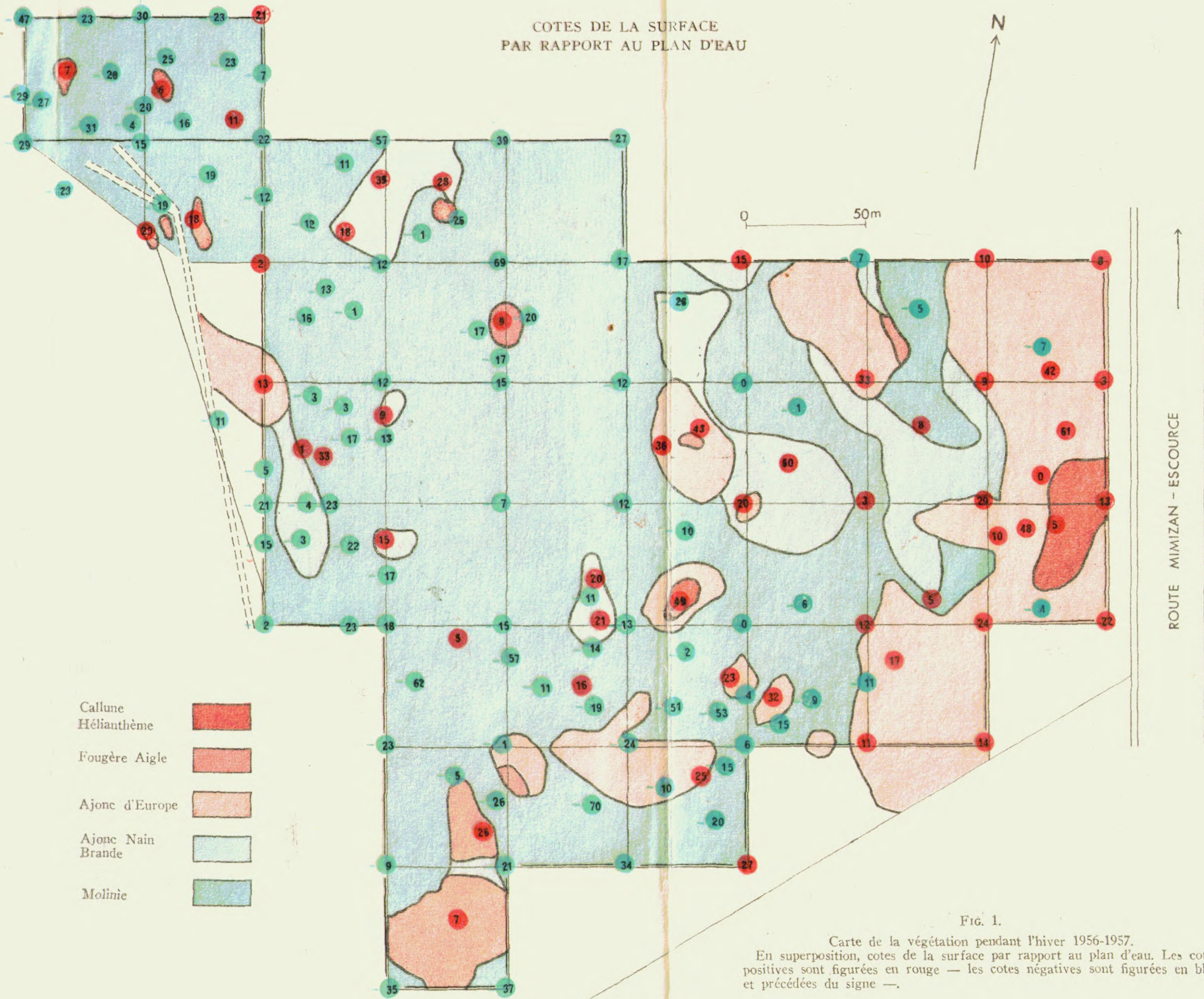
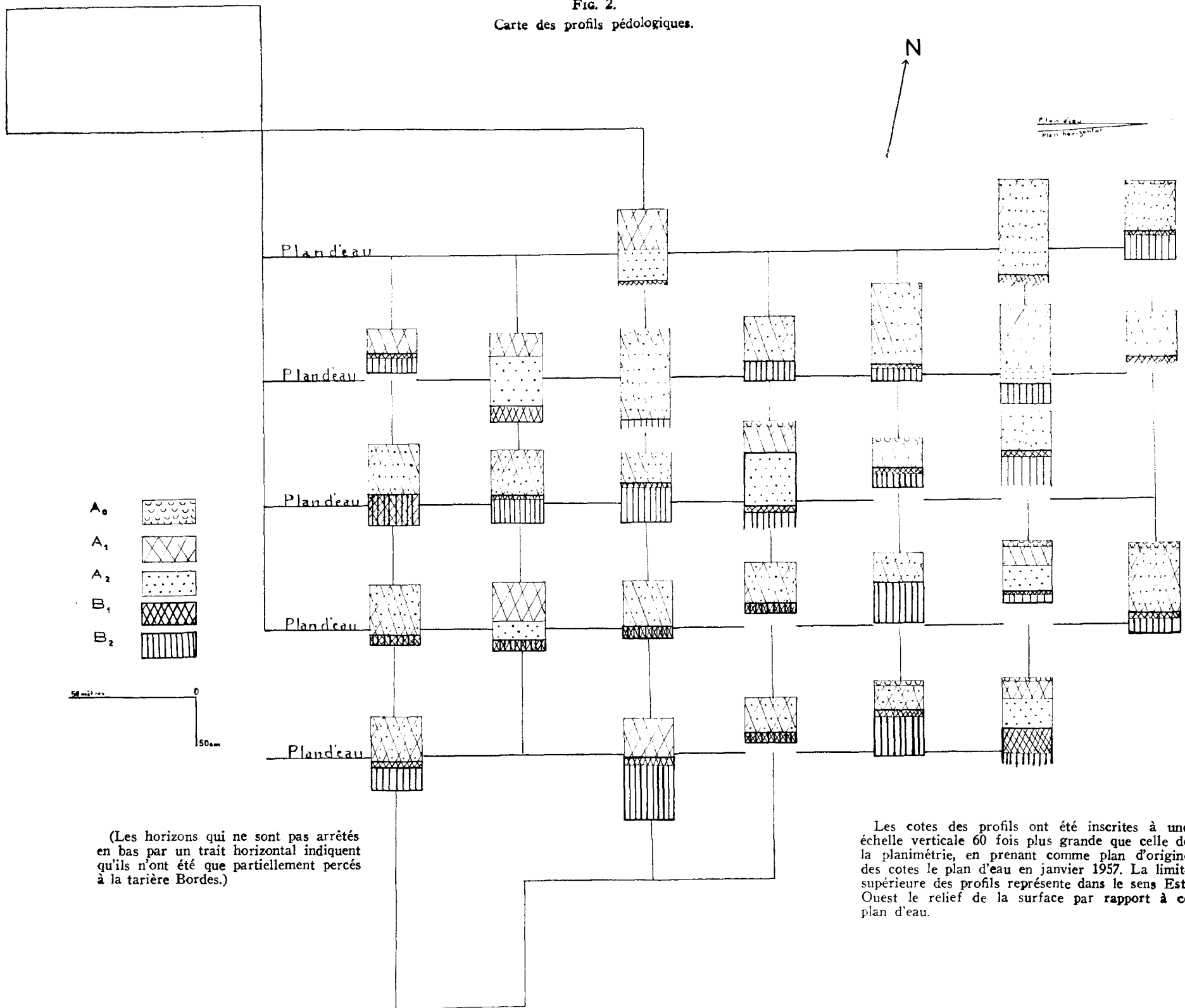


FIG. 1.

Carte de la végétation pendant l'hiver 1956-1957.
En superposition, cotes de la surface par rapport au plan d'eau. Les cotes positives sont figurées en rouge — les cotes négatives sont figurées en bleu et précédées du signe —.

FIG. 2.
Carte des profils pédologiques.



(Les horizons qui ne sont pas arrêtés en bas par un trait horizontal indiquent qu'ils n'ont été que partiellement percés à la tarière Bordes.)

Les cotes des profils ont été inscrites à une échelle verticale 60 fois plus grande que celle de la planimétrie, en prenant comme plan d'origine des cotes le plan d'eau en janvier 1957. La limite supérieure des profils représente dans le sens Est-Ouest le relief de la surface par rapport à ce plan d'eau.

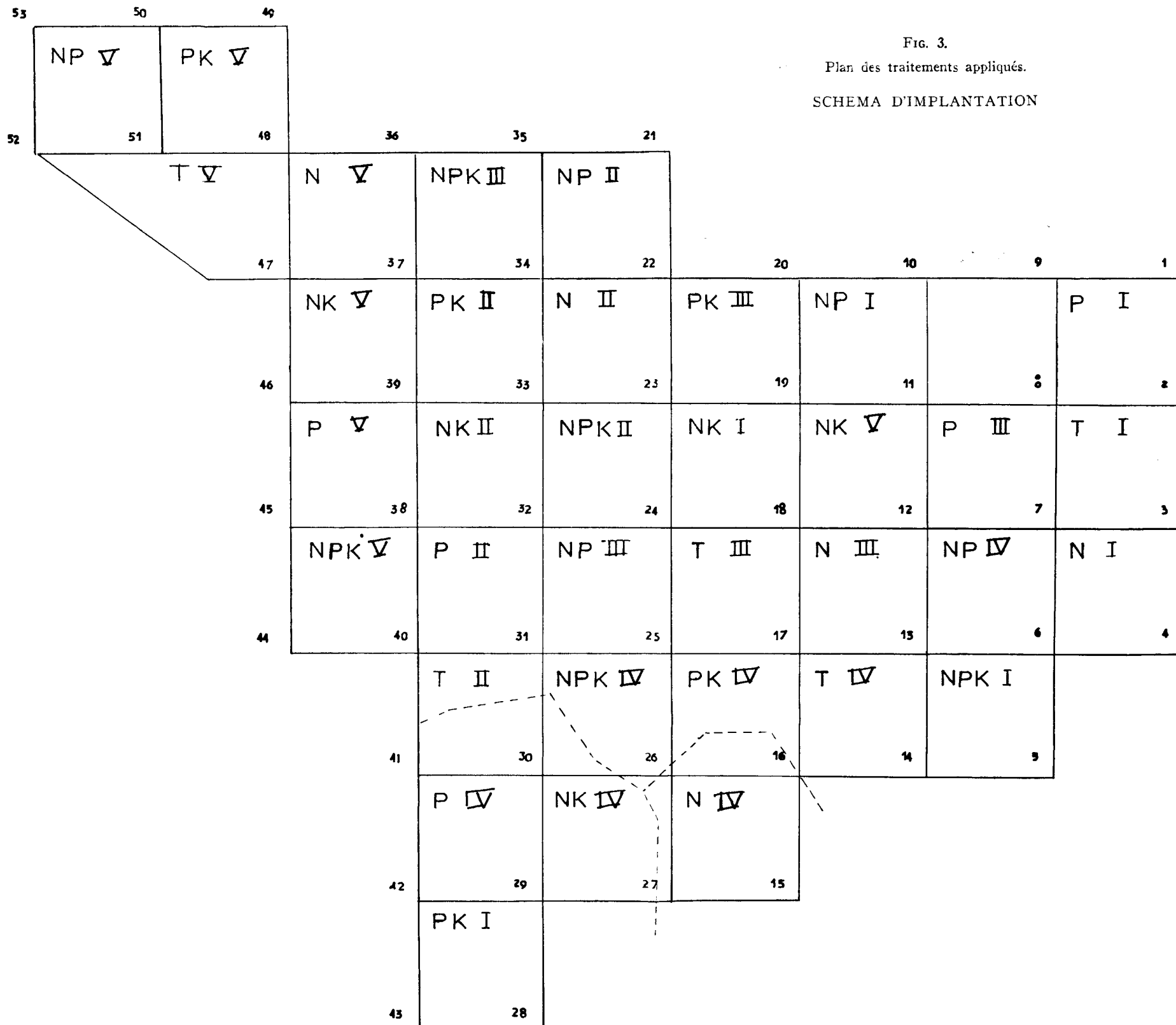


FIG. 3.

Plan des traitements appliqués.

SCHEMA D'IMPLANTATION

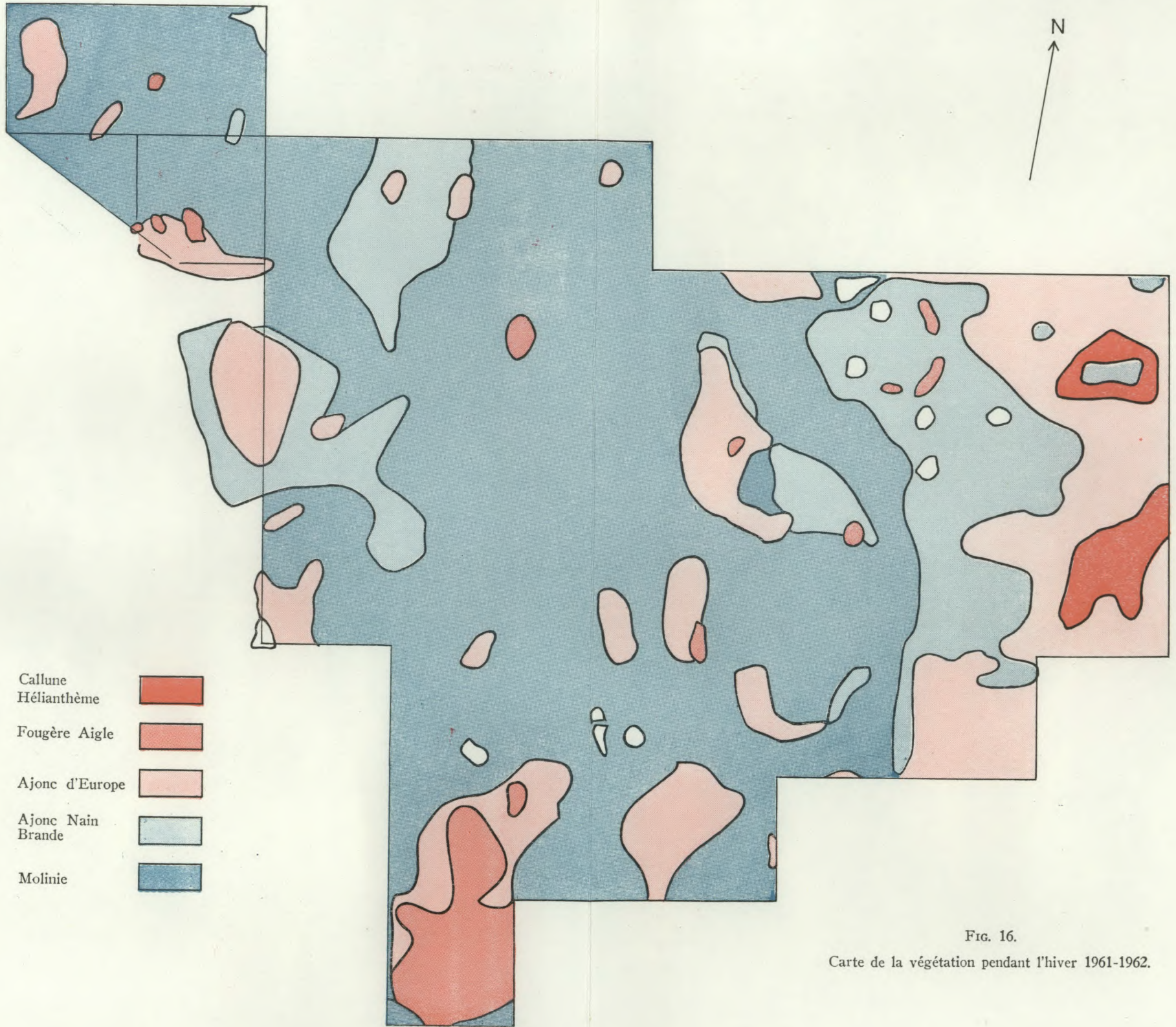


FIG. 16.
Carte de la végétation pendant l'hiver 1961-1962.