



HAL
open science

Premiers résultats d'une expérience de fertilisation sur pin laricio de Corse en forêt de Moulières

Maurice Bonneau

► **To cite this version:**

Maurice Bonneau. Premiers résultats d'une expérience de fertilisation sur pin laricio de Corse en forêt de Moulières. *Annales de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts et de la Station de Recherches et Expériences Forestières*, 1963, 20 (3), pp.315-340. hal-02730800

HAL Id: hal-02730800

<https://hal.inrae.fr/hal-02730800>

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.

Premiers Résultats
d'une Expérience de Fertilisation
sur Pin Laricio de Corse
en Forêt de Moulières

PAR

M. BONNEAU

Ingénieur des Eaux et Forêts
Chef de la 5^e Section de la Station de Recherches Forestières
Nancy

I. — INTRODUCTION

En 1959, peu d'expériences de fertilisation avaient été mises en place. Cependant l'expérience de Mimizan dans les Landes, qui commençait à donner ses premiers résultats, et de nombreux articles parus à l'étranger montraient l'intérêt de l'emploi des engrais, lors d'une plantation de résineux, et faisaient ressortir l'action généralement plus forte d'une fertilisation complète, apportant à la fois azote, phosphore et potassium.

Lorsqu'il fut question de réaliser une nouvelle expérience, il parut donc normal de considérer comme acquise la supériorité d'un apport simultané des trois éléments principaux et de se préoccuper plutôt de leur association possible avec d'autres techniques d'amélioration des reboisements.

La forêt de Moulières qui venait de faire l'objet d'une étude assez détaillée, à la fois pédologique et botanique, en vue de son réaménagement, sembla offrir les possibilités souhaitées. Les difficultés de reboisement, dues aux sols excessivement lourds et malheureusement fréquentes dans de nombreuses régions de France, ajoutaient encore à l'intérêt de cette expérience.

II. — SITUATION GÉNÉRALE CONDITIONS DE SOL

1 — Généralités

La forêt de Moulières occupe, à une vingtaine de kilomètres au nord de Poitiers, une série d'affleurements géologiques variés où dominant des formations datées du sannoisien et caractérisées par une extrême variabilité, tantôt grossièrement sableuses, tantôt argileuses et mélangées de silice.

C'est sur un des placages d'argile qu'a été installée l'expérience. Les sols sont des pseudogley, dont on trouvera, dans les tableaux I et II, une description et une analyse.

L'expérience étant réalisée après coupe à blanc d'une futaie mélangée de Pin sylvestre et de Pin maritime, on ne s'étonnera pas que l'humus soit un humus brut; son C/N n'est cependant pas extrêmement élevé (20 à 25).

La texture limono-sableuse ou limoneuse en surface devient franchement argileuse en profondeur, tandis que la structure, d'abord finement grumeleuse dans les horizons supérieurs riches en matière organique, passe à une structure massive.

La macroporosité, ou capacité pour l'air, est généralement convenable jusqu'à une vingtaine de centimètres de profondeur, mais devient pratiquement nulle dans les horizons Bg, ce que confirment

TABLEAU I
DESCRIPTION ET ANALYSES PHYSIQUES

1 — DESCRIPTION (*Bloc I*)

- 0 à —3 cm A₀: humus fibreux, plus ou moins mélangé à l'horizon sous-jacent par passage d'un pulvérisateur à disques.
- 3 à —17 cm A₁: brun-noir, argilo-sableux, riche en matière organique. Structure en petits grumeaux. Racines très abondantes.
- 17 à —38 cm A₂: beige, limono-sableux, à structure fondue. Gros cailloux assez abondants. Quelques taches de marmorisation. Racines abondantes.
- 38 à —60 cm B: ocre-rouille, argilo-sableux, à structure fondue. Graviers très abondants. Enracinement moyen. Taches grisâtres nombreuses (marmorisation).

Au-dessous de 60 cm Bg: rouille foncé, à traînées blanches verticales. Argileux à structure fondue compacte. Pas de cailloux. Pas de racines.

2 — PROPRIÉTÉS PHYSIQUES (*Blocs I et II*)

	Horizon	Profondeur	Porosité totale %	Porosité capillaire %	Porosité non capillaire %	Eau utile % en volume
<u>Bloc I</u>	A ₁	-2 -10 cm	65,5	27,5	38,0	21,9
	A ₂	-20 -28 cm	54,0	18,4	35,6	15,6
	B	-38 -45 cm	34,5	22,7	11,8	17,3
	B	-50 -58 cm	49,0	37,2	11,8	18,6
<u>Bloc II</u>	A ₁	-2 -10 cm	49,5	24,0	25,5	21,4
	A _{2g}	-15 -23 cm	37,5	22,9	14,6	15,7
	Bg	-36 -44 cm	51,5	50,7	0,8	26,7

bien le diagnostic visuel et l'imperméabilité de fait de sols de Moulières. La capacité en eau utile peut être évaluée à 100 mm environ en moyenne, correspondant à un enracinement dense sur une soixantaine de centimètres seulement.

Les propriétés chimiques sont nettement défavorables. Le pH est compris entre 4,5 et 5, traduisant un taux de saturation faible en A₁ (25 %) et encore plus bas dans les horizons A₂ (10 %). Seules les teneurs en calcium et magnésium peuvent être considérées comme

convenables. La déficience en potassium échangeable et phosphore assimilable est très accusée. Ce dernier a pourtant été dosé par une méthode énergique, employant successivement une extraction à SO_4H_2 N/250 et NaOH N/10.

La végétation après la coupe était surtout à base de Molinie (*Molinia coerulea*) et Fougère aigle (*Pteris aquilina*).

TABLEAU II
ANALYSE CHIMIQUE ET GRANULOMETRIE (Bloc I)

Analyse de la terre fine sèche à l'air:

Horizon	pH	Argile %	Limons fins %	Limons gros. %	Sables fins %	Sables gros. %	Mat. org. %	C %	N %	C/N
A ₀	4,5	12,6	23,2	16,4	6,5	27,5	11,8	6,87	0,34	20,2
A ₁	4,5	9,7	27,8	15,3	9,7	31,4	4,0	2,31	0,09	25,7
A ₂	4,8	26,0	23,0	12,3	6,8	28,1	1,2	0,71		
B	4,5	58,6	7,6	4,5	2,7	22,3	1,1	0,62		
B _g	4,5	65,8	5,0	2,9	2,7	18,9	0,7	0,43		

Horizon	Ca échn. (1)	K échn. (1)	Mg échn. (1)	S (1)	T (1)	S/T	P ₂ O ₅ q/100 Ca (2)	P ₂ O ₅ q/100 Fe (3)	P ₂ O ₅ q/100 Σ (Ca+Fe)	Per libre %
A ₀	4,00	0,43	1,66	6,11	23,0	26,6	0,03	0,10	0,13	
A ₁	0,15	0,06	0,30	0,51	8,2	6,2	0	traces	traces	0,52
A ₂	0,41	0,08	0,55	1,04	10,2	10,2	0	traces	traces	1,16
B	1,87	0,20	2,55	4,60			traces	0,02	0,02	3,48
B _g	3,56	0,21	3,20	7,03			0,01	0,01	0,02	3,34

- (1) en milliéquivalents pour 100 g.
(2) extraction à SO_4H_2 N/250.
(3) extraction à NaOH N/10.

2 — Différences entre les blocs

Trois blocs d'expérience ont été assis sur le terrain; leurs caractéristiques sont les suivantes:

Blocs I et III.

Sol lessivé à pseudogley moyennement profond, avec horizon marmorisé à 40 cm au moins. Teneur faible en calcium, avec un taux de saturation de 20 à 25 % dans l'horizon A₁, 10 % en A₂.

Végétation: Molinie et Fougère aigle, en quantité à peu près égale.

Bloc II.

Pseudogley très superficiel. L'horizon marmorisé, riche en argile, n'est qu'à 20 cm de la surface. La teneur en calcium est plus forte que dans les blocs précédents (3 m. é. en A₂ contre 0,4 dans le bloc I), avec un taux de saturation plus élevé: 30 % en A₁, 15 % en A₂.

Végétation: Molinie largement dominante, avec un peu de Brande (*Erica scoparia*), d'Ajonc nain (*Ulex nanus*) et de Fougère aigle.

III. — TRAITEMENTS EXPÉRIMENTÉS ET EXÉCUTION DE L'EXPÉRIENCE

1 — Schéma des traitements

Nous avons précisé dans l'introduction que nous avons surtout cherché à comparer diverses combinaisons possibles entre un engrais complet et diverses autres techniques. Ces dernières portent soit sur la réduction de la concurrence herbacée (herbicide), soit sur l'amélioration des propriétés physiques du sol (culture préalable d'engrais vert, mélange de feuillus à enracinement profond), soit sur le travail proprement dit du sol (sous-solage). Nous avons craint au début que l'emploi d'engrais ne favorise trop les feuillus par rapport aux résineux, comme cela s'était produit dans quelques expériences allemandes; aussi avons-nous prévu, dans une des modalités, une plantation de feuillus et une fertilisation retardées de quelques années par rapport à la plantation des résineux. Les résultats montrent que cette précaution était bien superflue.

Huit modalités distinctes ont donc été mises en comparaison:

- 1 — Témoin. Plantation de résineux après simple labour en plein.
- 2 — Plantation de résineux, après fertilisation complète NPK et labour (voir le détail ci-dessous).
- 3 — Plantation de résineux mélangés de 1/6 de feuillus, après simple labour en plein.
- 4 — Plantation de résineux mélangés de 1/6 de feuillus après fertilisation complète NPK et labour.
- 5 — Plantation de résineux mélangés de 1/6 de feuillus après application d'herbicides, fertilisation complète NPK et labour.
- 6 — Plantation de résineux après traitement herbicide et labour, mais sans fertilisation, la plantation de feuillus en mélange et l'apport d'engrais devant intervenir lorsque les résineux auront pris déjà un certain développement. Pour les premières années de l'expérience cette modalité ne diffère donc du témoin que par le traitement contre la végétation concurrente.

- 7 — Plantation de résineux et de feuillus mélangés après culture préalable et enfouissement d'engrais vert, fertilisation PK et labour. Ce traitement diffère donc des autres, du point de vue du travail du sol, par le fait qu'il a reçu un double labour, le premier pour établir la culture d'engrais vert, le second pour l'enfouir.
- 8 — Plantation de résineux et de feuillus mélangés après sous-solage, fertilisation complète NPK et labour.

Ces diverses modalités devaient permettre de juger de l'effet :

- de la fertilisation (comparaison 2-1 et 4-3).
- d'une culture d'engrais vert et d'un double labour (comparaison 7-4).
- d'un traitement herbicide (comparaison 5-4 et 6-1).
- d'un sous-solage (comparaison 8-4).
- d'un mélange de feuillus (comparaison 3-1 et 4-2).

Nous verrons plus loin qu'en fait ce schéma prévu au départ a été quelque peu faussé par le jeu des conditions naturelles.

2 — Détails expérimentaux et exécution de l'expérience

Les détails expérimentaux suivants ont été arrêtés, comme le schéma général, avec les conseils de M. le Professeur DUCHAUFOUR, alors chef de la section de pédologie de la Station de Recherches.

21 — Dose et nature des engrais employés.

Engrais phospho-potassiques.

On a épandu, en plein, dans les placeaux fertilisés et par hectare, 800 kg de phosphates naturels potassiques 20-20 (PK 300 des Potasses d'Alsace) et 1 200 kg de Scories Thomas à 19 %, soit 160 kg de K_2O , 388 kg de P_2O_5 et 800 mg de CaO . Ramenées à une couche de sol de 20 cm d'épaisseur, ces quantités représentent : 0,16 ‰ de P_2O_5 , 1,5 m. é. de Ca pour 100 g et 0,16 m. é. de potassium. L'enrichissement ainsi réalisé est donc de l'ordre de 2 fois la quantité existant dans le sol pour le phosphore, et 50 % seulement pour le calcium et le potassium. On peut estimer que la couche labourée contenait au total après fertilisation : 0,20 à 0,25 ‰ d'acide phosphorique assimilable, 4 à 5 m. é. de calcium échangeable et 0,5 m. é. de potassium pour 100 g.

Ces engrais ont été enfouis dès avant la culture de lupin, au printemps 1959, pour les placeaux n° 7, et à l'automne 1959 pour les autres placeaux fertilisés, la plantation des résineux et feuillus d'accompagnement ayant été partout exécutée au printemps 1960.

Engrais azotés.

Les modalités fertilisées, sauf la modalité n° 7, ont reçu 200 kg d'urée par hectare, soit 92 kg d'azote, épandus en plein en février 1960, un mois environ avant la plantation et légèrement enfouis par un passage de pulvérisateur à disques.

Les modalités n° 7, dans lesquelles fut cultivé du lupin en 1959, ne reçurent aucun engrais azoté, excepté une petite dose de 20 unités d'azote par hectare, avant le semis de l'engrais vert, au printemps 1959.

22 — *Travail du sol.*

Après un pulvérisage rapide dès la fin de la coupe du peuplement précédent, un premier labour à la charrue à disques suivi d'un pulvérisage fut exécuté au printemps 1959 dans les placeaux n° 7, pour permettre la culture du lupin.

Dès le mois d'août 1959, on sous-sola les placeaux 8. Puis, à l'automne 1959, après épandage des engrais, eut lieu, sur l'ensemble des blocs, un labour à la charrue à disques; il enfouissait donc soit la végétation naturelle, soit le lupin. Il fut complété à la fin de l'hiver 1959-60, quelques semaines avant la plantation, par un passage de pulvérisateur à disques.

23 — *Traitement herbicide.*

Sur les conseils de M. l'Ingénieur ARBONNIER, on a choisi le « Dalapon » (dont le produit actif est le sel de soude de l'acide dichloropropionique) efficace à la fois contre la Molinie et contre la Fougère aigle, à une dose de 19 kg/ha, employée en pulvérisation simple, dans un volume d'eau de 1 200 l/ha en moyenne.

Ce traitement fut effectué en juillet 1959, avant floraison de la Molinie. A la fin de l'été, lorsqu'on procéda au labour, Molinie et Fougère donnaient des signes nets de dépérissement (flétrissement de la Molinie, brunissement des feuilles de Fougère). Il est cependant vraisemblable que la destruction des parties souterraines n'était pas totale au moment de l'enfouissement. Ce dernier ne pouvait cependant pas être retardé davantage, sous peine de voir arriver une période humide qui aurait compromis l'exécution des travaux.

24 — *Culture d'engrais vert.*

On a choisi une légumineuse bien adaptée aux sols acides, le lupin blanc amer. Après fertilisation phospho-potassique aux doses indiquées ci-dessus, légère fertilisation azotée, labour et pulvérisage, le semis a eu lieu au début de mai 1959, à raison de 150 kg de graines/ha. Malheureusement, ces semences n'avaient pu être inoculées par la bactérie symbiote spécifique du lupin, qui n'est pas commercialisée.

La levée a été très satisfaisante, mais la croissance légèrement compromise par la sécheresse accusée de l'été 1959. Au moment de l'enfouissement, la plante atteignait 20 à 30 cm de hauteur suivant les blocs.

25 — *Plantation.*

La plantation a eu lieu au printemps 1960. Les essences choisies étaient, pour le résineux, le Pin laricio de Corse, assez bien adapté aux sols hydromorphes et utilisable dans une aire climatique plus étendue que le Pin maritime largement employé à Moulières, et pour le feuillu, le Chêne rouge d'Amérique. Le choix de ce dernier a peut-être été une erreur; le Bouleau, l'Aune glutineux, le Tremble auraient peut-être été plus intéressants à essayer.

La densité de plantation est de 4 500/ha, avec une proportion de feuillu de 1/6, soit un plant sur trois dans une ligne sur deux. Tout résineux se trouve ainsi immédiatement voisin, dans la ligne ou en diagonale, d'un feuillu au moins, parfois de deux.

Tous ces travaux ont été exécutés, conformément aux directives de la Station de Recherches, par les services locaux de l'Administration des Eaux et Forêts. Nous tenons à remercier M. le Conservateur BOUILLON, M. l'Ingénieur en Chef ROUYER, M. l'Ingénieur BOUDY, MM. NIGORGE, BÉTRÉMIEUX, ROUSSEAU et les agents techniques du district de Moulières, dont le concours toujours actif et dévoué a été le principal élément de succès de cette expérience.

IV. — LES RÉSULTATS

1 — **Reprise**

La reprise des plants a été très satisfaisante dans l'ensemble puisque, à l'automne 1960, 82 % des pins et 91 % des feuillus étaient vivants. En réalité, la reprise était excellente dans les blocs I et III avec 89 % pour les résineux, tandis qu'elle n'était que de 68 % dans le bloc II à pseudogley de surface, où les propriétés physiques du sol étaient nettement les plus mauvaises.

L'interprétation statistique des pourcentages de survie, due à P. ARBONNIER, montrait qu'il n'y avait pas de différences significatives entre les traitements.

Pour éviter tout risque de confusion entre plants d'âge différent au cours des mensurations ultérieures, les regarnis ont été effectués en Epicéa et Bouleau.

2 — **Evolution de la végétation et des sols**

Les traitements ont agi de deux manières sur la végétation herbacée, en ralentissant la réinstallation de la Molinie dans les pla-

ceaux traités par l'herbicide, notamment dans les placeaux n° 6, et en favorisant considérablement l'installation d'espèces rares jusque là dans les placeaux fertilisés.

Dans les placeaux non traités (1 et 3), la Molinie s'est réinstallée avec vigueur dès 1961 et recouvrait dès l'automne de cette année 80 à 90 % de la surface, associée à un peu de Fougère aigle et de ronces.

Dans les placeaux n° 6 traités au Dalapon, la Molinie s'est réinstallée beaucoup plus lentement, mais reste de loin l'espèce la plus abondante.

Dans les placeaux fertilisés (2, 4, 5, 7, 8), la végétation herbacée s'est développée dès 1960 avec beaucoup de vigueur, couvrant 100 % de la surface; mais la Molinie, tout en restant parfois l'espèce la plus abondante, n'est plus dominante et ce sont les ronces qui manifestent nettement le plus de vigueur, ainsi que la Fougère aigle. Cet effet est particulièrement net dans les placeaux n° 5, qui ont reçu à la fois des engrais et un traitement herbicide. Voici, à titre d'exemple, deux relevés rapides effectués dans le bloc III, avec chiffres d'abondance-dominance :

Placeau 5 fertilisé + Dalapon.

Surface couverte ..	85 %	
<i>Molinia coerulea</i>	5	très vigoureuse.
<i>Pteris aquilina</i>	1	très vigoureuse.
<i>Rubus</i>	+	peu vigoureuse.
<i>Teucrium scorodonia</i> .		
<i>Sarothamnus scoparius</i> .		

Placeau 5: fertilisé + Dalapon.

Surface couverte .	100 %	
<i>Molinia coerulea</i>	2	vigoureuse
<i>Pteris aquilina</i>	3	vigoureuse.
<i>Rubus</i>	3	très vigoureuse.
<i>Brachypodium sylvaticum</i> .	+	
<i>Teucrium scorodonia</i> .		
<i>Ulex nanus</i> .		

Ce développement très actif de la végétation concurrente a eu pour conséquence un accroissement considérable du coût des dégagements. Voici, par exemple, le nombre d'heures passées à ce tra-

vail, en juin 1962, pour l'ensemble des trois placeaux correspondant à un même traitement :

Traitement 1	(non fertilisé)	: 23 heures
Traitement 2	(fertilisé)	: 43 h
Traitement 3	(non fertilisé)	: 28 h
Traitement 4	(fertilisé)	: 35 h
Traitement 5	(fertilisé + herbicide)	: 48 h
Traitement 6	(non fertilisé + herbicide)	: 27 h
Traitement 7	(fertilisé)	: 45 h
Traitement 8	(fertilisé)	: 32 h

En ce qui concerne l'évolution des sols, nous avons déjà précisé le niveau de fertilité chimique auquel les engrais les avaient portés. Il est intéressant de se demander si les analyses ultérieures rendent bien compte de cet enrichissement, notamment pour le phosphore qui, comme nous le verrons ci-dessous, semble avoir été l'élément le plus actif. Le tableau III résume l'évolution des sols de 1959 à 1962, les chiffres fournis étant les moyennes des deux prélève-

TABLEAU III
EVOLUTION DES TENEURS EN P_2O_5 ET DU RAPPORT C/N

Date des prélèvements	Bloc I				Bloc II				Bloc III			
	Témoïn		Pl. fertilisé		Témoïn		Pl. fertilisé		Témoïn		Pl. fertilisé	
	C/N	P_2O_5 o/oo	C/N	P_2O_5 o/oo	C/N	P_2O_5 o/oo	C/N	P_2O_5 o/oo	C/N	P_2O_5 o/oo	C/N	P_2O_5 o/oo
Mars 1959	23	0,04			19	0,08			19	0,03		
Avril 1960			24	0,20	21	0,02	22	0,15				
Automne 1960	24	0,07	25	0,65								
Automne 1961	30	0,04	31	0,06					29	0,09	24,5	0,07
Automne 1962									21,6	0,03	17,3	0,11

ments supérieurs de chaque profil (après labour il est difficile de parler d'horizon) et, en ce qui concerne les analyses postérieures à 1959, les moyennes de 3 profils au moins. Malheureusement, on n'a qu'un aperçu global assez imparfait de l'ensemble de l'expérience, puisqu'on n'a pas systématiquement analysé les mêmes placeaux. Il semble cependant qu'on puisse déduire de ce tableau deux évolutions intéressantes :

— Le rapport C/N des horizons supérieurs a subi une nette augmentation, jusqu'en 1961, ce qui correspondait vraisemblablement à une minéralisation progressive de la matière organique,

portant essentiellement sur les composés les plus riches en azote (WITTICH). En 1962, le rapport C/N semble baisser de nouveau, ce qui pourrait s'expliquer par un début de retour au sol de litière fraîche provenant de la végétation de Graminées, Ronces, Fougères, qui s'est abondamment développée à partir de 1961. L'abaissement plus marqué du rapport C/N dans le plateau fertilisé, où la végétation s'est le plus abondamment développée, vient à l'appui de cette hypothèse.

- L'enrichissement en phosphore est net en 1960, mais devient pratiquement indécélable par analyse à partir de 1961. Il ne peut s'agir d'un lessivage, car on sait que le phosphore est peu mobile dans les sols riches en colloïdes. De plus, les résultats suivants d'analyses faites dans le bloc I, à l'automne 1960, montrent bien que le phosphore était resté dans la couche supérieure labourée :

Profondeur	P_2O_5 en ‰ (moyenne de 3 stations)	
—	Placeau 2 (fertilisé)	Placeau 3 (non fertilisé)
— 10 cm	0,52	0,08
— 20 cm	0,78	0,06
— 30 cm	0,03	0,01
— 40 cm	0,02	0,01

Deux hypothèses peuvent rendre compte de cette « disparition » du phosphore :

- Consommation par la végétation herbacée : ce phénomène existe certainement, en partie au moins. Il semble cependant difficile d'admettre que tout le phosphore ait ainsi été prélevé, puisque les plants des plateaux fertilisés, comme nous le verrons plus loin, continuent à croître davantage que ceux des plateaux témoins et à former des aiguilles plus riches en phosphore.
- Rétrogradation sous une forme qui serait encore assimilable par les plantes, mais ne serait plus extractible par la méthode d'analyse employée. Cette hypothèse semble appuyée par le fait que le dosage du phosphore total (1) du sol fait apparaître à 20 cm de profondeur une différence de teneur entre plateaux fertilisés et témoins de 0,15 ‰ environ, donc du même ordre de grandeur que l'enrichissement réalisé par l'apport d'engrais. Toutefois, ceci demande encore vérification. Signalons que dans l'expérience de Mimizan une « disparition » à peu près totale du phosphore avait été aussi constatée.

(1) par NO_3H , SO_4H_2 et H_2O_2 .

TABLEAU IV

Pousse 1961 (en cm)

Blocs Traitements	I	II	III	Moyenne absolue	Moyenne relative
1	18,5	13,6	16,0	16,0	100
2	26,9	15,9	28,4	23,7	148
3	25,5	11,9	18,6	18,7	117
4	26,3	21,7	26,3	24,8	155
5	30,8	27,6	30,8	29,7	186
6	21,0	12,4	14,8	16,1	100
7	26,5	23,0	28,6	26,7	167
8	28,9	23,0	27,5	26,5	166
Moy. absolue	25,8	18,6	23,9	22,6	

Pousse 1962 (en cm)

Blocs Traitements	I	II	III	Moyenne absolue	Moyenne relative
1	13,6	11,6	14,6	13,3	100
2	26,1	14,7	25,1	22,0	166
3	22,5	10,2	19,7	17,4	132
4	21,4	18,7	24,0	21,3	161
5	27,2	21,3	29,2	25,9	195
6	21,4	13,8	18,8	18,0	136
7	23,0	20,6	29,0	24,2	183
8	24,7	16,2	27,0	22,6	171
Moy. absolue	22,5	15,9	23,4	20,6	

Hauteur totale fin 1962 (en cm)

Blocs Traitements	I	II	III	Moyenne absolue	Moyenne relative
1	44,7	39,0	47,3	43,7	100
2	74,4	48,6	69,7	64,2	147
3	64,4	40,6	55,4	53,5	122
4	62,2	55,4	65,8	61,1	140
5	73,6	62,9	80,2	72,2	166
6	55,8	45,0	50,7	50,5	116
7	64,1	60,1	75,4	66,5	150
8	70,9	49,9	74,1	65,0	149
Moy. absolue	63,8	50,1	64,8	59,6	

3 — Croissance en hauteur des plants

La croissance des chênes rouges d'Amérique a été très irrégulière et mauvaise dans l'ensemble, notamment dans le bloc II où les propriétés physiques du sol sont très défectueuses. Aussi n'ont-ils pas fait l'objet de mesures.

Par contre, les pins laricios de Corse ont été régulièrement mesurés. On a établi à l'automne 1961 la moyenne des pousses de l'année, à l'automne 1962 la pousse de 1962 et la hauteur totale. Les moyennes par plateau, données dans le tableau IV, ont été obtenues par mesure d'un échantillon de 45 plants en 1961 et 80 plants en 1962.

Les interprétations statistiques, dues à P. ARBONNIER pour 1961 et R. TOMASSONE pour 1962, sont résumées ci-dessous, avec les moyennes des pousses et des hauteurs pour les trois blocs. Les traitements reliés par un trait continu ne diffèrent pas significativement entre eux au seuil de probabilité indiqué.

Traitement	1	6	3	2	4	8	7	5
Pousse 1961 en cm	16,0	16,1	18,7	23,7	24,8	26,5	26,7	29,7
1 %	_____			_____		_____		
Traitement	1	6	3	4	2	8	7	5
Pousse 1962 en cm	13,3	17,4	18,0	21,3	22,0	22,6	24,2	25,9
5 %	_____			_____			_____	
1 %	_____			_____		_____		
Traitement	1	6	3	4	2	8	7	5
Hauteur 1962 en cm	43,7	50,5	53,5	61,2	64,2	65,0	66,5	72,3
5 %	_____			_____		_____		
1 %	_____			_____		_____		

On constate immédiatement que tous les traitements comportant un apport d'engrais diffèrent nettement, et ont toujours différé, de ceux qui n'en comportent pas.

Mais rappelons que d'autres questions que celle de l'effet de la fertilisation étaient posées au départ. Nous allons voir comment les résultats obtenus jusqu'à maintenant permettent d'y répondre.

31 — Effet du mélange de feuillus.

En comparant le traitement 1 avec le traitement 3 et 2 avec 4, on constate que *le mélange de feuillus, d'abord sans effet en 1961, est*

devenu nettement efficace à partir de 1962, mais en l'absence d'engrais seulement (3 diffère significativement de 1, mais non 4 de 2). Or, étant donné la très mauvaise réussite des feuillus, il est difficilement admissible que leur enracinement, en principe plus important que celui des pins, ait pu déjà améliorer le sol. Il est plus raisonnable de voir dans le résultat positif du mélange, justement à cause de la mauvaise réussite du Chêne rouge, un effet de la diminution de la densité de plantation, qui a mis à la disposition de chaque plant résineux un volume de terre plus important. Ceci semble confirmé par le fait que l'effet du mélange est positif dans les blocs I et III, où les propriétés physiques des horizons supérieurs, encore convenables, ont permis aux racines des pins de se développer davantage, et nul dans le bloc II, où elles étaient beaucoup plus mauvaises. La non efficacité du mélange de feuillus dans les placeaux fertilisés indiquerait également que l'accroissement supposé du volume radiculaire ne présenterait plus d'intérêt dans un sol plus riche.

Le tableau ci-dessous donne, en valeurs relatives, les résultats des comparaisons 1-3 et 2-4, pour chaque bloc et en ce qui concerne la hauteur des pousses de 1962 :

	Bloc I	Bloc II	Bloc III	Moyenne
	—	—	—	—
1	100	100	100	100
3	165	92	135	132
2	100	100	100	100
4	82	127	93	97

Il faut reconnaître cependant que la différence positive constatée entre les traitements 4 et 2 dans le bloc II est difficilement explicable. Signalons aussi que la supériorité du traitement 3 sur le traitement 1 dans le bloc I est nettement exagérée par une petite hétérogénéité du bloc, les placeaux 3 et 2 se trouvant sur un sol plus profond.

En résumé, il semble difficile d'expliquer de manière certaine l'effet constaté du mélange feuillu.

32 — Effet des engrais seuls.

Il nous est donné par les deux comparaisons du traitement 2 avec 1 et de 4 avec 3. Comme le montrent les interprétations statistiques, toutes les deux sont, de manière certaine, en faveur des traitements fertilisés.

Le tableau ci-dessous donne, en valeur relative, pour chaque bloc, les pousses 1961 et 1962 :

	Bloc I	Bloc II	Bloc III	Moyenne
	—	—	—	—
Pousse 1961				
—				
1	100	100	100	100
2	146	117	177	148
3	100	100	100	100
4	103	183	142	135
1 + 3	100	100	100	100
2 + 4	121	148	158	140
Pousse 1962				
—				
1	100	100	100	100
2	193	127	172	166
3	100	100	100	100
4	95	184	122	122
1 + 3	100	100	100	100
2 + 4	132	153	143	142

Il en ressort les faits suivants :

- Le gain paraît en moyenne un peu plus important dans les placeaux non mélangés de feuillus (placeaux 2) que dans les autres (placeaux 4). Cette différence d'effet des engrais est renforcée dans les blocs à bonnes propriétés physiques (I et III) (même un peu exagérée dans le bloc I, par la position privilégiée des placeaux 2 et 3). Dans le bloc II par contre, c'est au contraire dans les placeaux où furent introduits les chênes rouges que l'effet de la fertilisation paraît le plus fort et il est difficile de l'expliquer.
- L'effet des engrais semble en moyenne augmenter avec le temps lorsqu'aucun feuillu n'est planté en mélange (48 à 66 %), diminuer au contraire lorsqu'il y a eu introduction de Chêne rouge (35 à 22 %), ce qui traduirait dans le premier cas la diminution des possibilités d'alimentation des plants témoins lorsque la densité est trop forte, dans le second cas au contraire l'augmentation de l'extension du système racinaire qui profite aux plants témoins, mais non aux plants fertilisés.

— Si l'on compare l'ensemble des modalités (1 + 3) à l'ensemble (2 + 4) de manière à avoir un effet global de la fertilisation et à réduire l'influence de l'hétérogénéité du bloc I, *on constate un gain moyen à peu près constant de l'ordre de 40 %* (soit 13 cm sur la hauteur totale en 3 ans).

33 — *Effet de l'herbicide.*

Deux comparaisons permettent de le juger : 1-6 et 4-5. En l'absence de fertilisation (comparaison 1-6), l'effet du traitement herbicide, nul en 1961, n'a commencé à se marquer qu'en 1962, avec un gain de 36 % sur la pousse annuelle (5 cm en moyenne environ), un peu plus faible dans le bloc II, ce qui tend à montrer que l'herbicide a joué surtout en favorisant l'enracinement.

Dans les placeaux fertilisés (comparaison 5-4), l'effet de l'herbicide s'est fait sentir dès 1961 et s'est poursuivi en 1962 mais s'est révélé, pour cette 2^e année de mesure, moins fort que dans les placeaux non fertilisés, le gain s'établissant pour l'ensemble des trois blocs à 22 % seulement. L'engrais a donc favorisé l'action des herbicides, mais la première et la deuxième années seulement. Il en résulte que, sur la hauteur totale à la fin de 1962, l'effet de l'herbicide est à peu près le même qu'on ait appliqué ou non un engrais (18 % et 16 %).

		Moyenne des 3 blocs (valeur relative)
		—
<i>Pousse 1961</i>	1	100
	6	100
	4	100
	5	120
<i>Pousse 1962</i>	1	100
	6	136
	4	100
	5	122
<i>Hauteur 1962</i>	1	100
	6	116
	4	100
	5	118

Effet de la combinaison herbicide + fertilisation.

Il nous est donné par la comparaison 5-3 que les tests statistiques ont révélée significative dès 1961.

		Moyenne des 3 blocs (valeur relative)
<i>Pousse 1961</i>	3	100
	5	160
<i>Pousse 1962</i>	3	100
	5	149
<i>Hauteur 1962</i>	3	100
	5	133

On peut remarquer que l'effet combiné de l'herbicide et de la fertilisation est très supérieur à celui de chacun des traitements seul et représente même à peu près exactement la somme des deux :

		Pousse 1961	Pousse 1962	Hauteur 1962
Différence relative 4-3	%	35	22	14
Différence relative 5-4	%	20	22	18
Différence relative 5-3	%	60	49	33

34 — *Effet du sous-solage.*

Il se révèle à peu près nul, puisque le traitement 8 ne diffère du traitement 4 qu'au seuil de 5 % sur la hauteur totale 1962 seulement, avec un gain absolu de 4 cm. Cela n'a rien d'extraordinaire, le sous-solage étant reconnu comme peu durable dans les sols argileux.

35 — *Effet de la culture d'engrais vert.*

La comparaison des traitements 7 et 4 montre que l'effet de la culture d'engrais vert, non significatif en 1961, le devient à la fois sur la pousse et la hauteur en 1962, avec toutefois un gain assez faible :

	Pousse 1961 (valeurs relatives)	Pousse 1962 (valeurs relatives)
4	100	100
7	108	113

36 — *Effet des conditions physiques du sol sur la croissance.*

Nous avons dit et rappelé à plusieurs reprises que les propriétés physiques du sol étaient bien plus défectueuses dans le bloc II que dans les blocs I et III. Bien que l'expérience n'ait pas été établie dans ce but, il est intéressant de voir comment ces conditions réagissent sur le comportement des pins laricio. Le tableau ci-dessous montre que la croissance est ralentie de 25 à 30 % par l'effet d'une macroporosité insuffisante et d'un engorgement temporaire par l'eau, et ceci par rapport à des sols qui sont très loin d'avoir des qualités physiques excellentes.

	Moy. des blocs I et III		Bloc II	
	Val. abs. (cm)	Val. rel. (%)	Val. abs. (cm)	Val. rel. (%)
<i>Pousse 1961</i> (moyenne des traitements)	24,8	100	18,6	75
<i>Pousse 1962</i> (moyenne des traitements)	22,9	100	15,9	70

4 — **Analyses foliaires**

Des analyses foliaires ont été effectuées en même temps que chaque mesure, dans certains placeaux au moins. Les aiguilles ont été prélevées à l'automne, sur des pousses latérales de l'année, dans le verticille le plus élevé. Le tableau V en donne les résultats qui ont été obtenus par l'analyse des aiguilles de trois plants dans chaque placeau. Seule la moyenne de ces trois analyses est donnée dans le tableau afin de lui conserver un volume acceptable, mais dans tous les cas les trois chiffres se rapportant à un même placeau sont très voisins en ce qui concerne le phosphore, mais un peu plus dispersés pour les autres éléments.

On note immédiatement une très nette différence dans la teneur en acide phosphorique entre placeaux fertilisés et non fertilisés; dans ces derniers même, le seuil de carence qu'on peut situer à 0,25 % environ est atteint. Ceci indique que la fertilisation phosphatée a joué un rôle essentiel dans les gains de croissance constatés.

En ce qui concerne le potassium, l'alimentation est excellente partout et les teneurs très supérieures au seuil de carence, qui est de l'ordre de 0,35-0,40 %. La fertilisation potassique a donc servi, au plus, à maintenir une teneur en potassium aussi élevée que dans

les témoins et il semble, sans toutefois qu'il soit possible de l'affirmer, qu'on aurait pu se dispenser d'un apport de potassium: l'effet de dilution aurait certainement amené dans les plants fertilisés en phosphore et produisant plus de matière sèche une baisse de concentration, mais elle n'aurait probablement pas été suffisante pour freiner la croissance de manière appréciable.

TABLEAU V
ANALYSES FOLIAIRES
(en % de la matière sèche à 105°)

		N	P ₂ O ₅	Ca	K	Mg
Automne 1961	<u>Bloc II</u>					
	Placeau 2 (fertilisé)	1,19	0,35	0,27	0,82	0,16
	Placeau 3 (non fertilisé)	0,89	0,17	0,23	0,86	0,10
	Placeau 7 (fertilisé)	1,03	0,29	0,30	0,71	0,10
	<u>Bloc III</u>					
	Placeau 2 (fertilisé)	1,10	0,30	0,29	0,69	0,09
	Placeau 3 (non fertilisé)	1,08	0,21	0,21	0,67	0,08
	Placeau 7 (fertilisé)	0,99	0,29	0,26	0,70	0,10
	Automne 1962	<u>Bloc III</u>				
Placeau 1 (non fertilisé)		1,45	0,15	0,10	0,58	0,16
Placeau 5 (fertilisé)		1,18	0,30	0,14	0,57	0,25
Placeau 8 (fertilisé)		1,09	0,31	0,11	0,64	0,21

Le calcium et le magnésium sont présents en quantité faible mais suffisante, sans qu'on puisse voir de différence nette entre plants fertilisés et plants témoins.

Les teneurs en azote sont partout très faibles et tous les plants, fertilisés ou non, sont également carencés. Ceci est bien en accord avec l'augmentation du rapport C/N montrée par les analyses de sol. La valeur de 1,45 %, trouvée dans le placeau témoin du bloc III en 1962, qui se rapproche davantage de la normale et résulte de la moyenne de trois chiffres très concordants (1,36 - 1,42 - 1,58), peut s'expliquer par la baisse du rapport C/N constatée à partir de cette année: elle a permis une meilleure alimentation azotée des plants à faible croissance, tandis que cette amélioration de la nutrition s'est trouvée masquée par l'effet de dilution dans les plants des placeaux fertilisés qui, sous l'influence de l'apport de phosphore, ont produit davantage de matière sèche.

On peut en conclure que, dans cette expérience, la fertilisation phosphatée a été l'élément déterminant, tandis que l'apport d'azote, pourtant important, effectué très peu de temps avant la plantation, n'a pas suffi à compenser la déficience de la nutrition azotée. Il se peut malgré tout qu'il ait joué un rôle la première année, où aucun contrôle de nutrition n'a été effectué, à cause de la trop petite taille des plants qui rendait difficiles les prélèvements d'aiguilles.

V. — CONCLUSIONS

Cette expérience montre qu'il existe des moyens techniques certains d'améliorer, de manière notable, la croissance des jeunes reboisements. Nous basant sur la croissance de 1962, qui reflète au mieux les conditions de vie actuelles des peuplements, nous pouvons dire (tableau ci-dessous) que, par rapport à un reboisement classique, et sans prendre en considération l'amélioration apportée par un mélange feuillu qui paraît difficile à interpréter, *une fertilisation complète NPK augmente la croissance de 40 % environ, un traitement herbicide de 20 %, et la combinaison des deux de presque 70 %.*

	Moyenne des 3 blocs .	
	Pousse 1962	
	en cm	en %
Traitements 1 + 3	15,3	100
Traitements 2 + 4	21,6	142
Traitement 6	18,0	118
Traitement 5	25,9	169

La question vient immédiatement à l'esprit de savoir à quel prix peuvent être atteints ces résultats. Il nous faut bien dire hélas que les traitements, tels qu'ils ont été pratiqués, et même en ramenant le prix à des parcelles d'une taille assez grande, sont fort coûteux et peuvent être évalués approximativement comme suit, par hectare :

Fertilisation phospho-potassique	400 F
Fertilisation azotée	150 F
	550
Traitement herbicide (ramené à 10 kg de produit/ha), dose qui paraît suffisante pour éliminer la Molinie ..	350
Suppléments de dégagements pour 2 années	240
	1 140 F

Il est impossible de dire si cette dépense est rentable, puisque nous sommes dans l'ignorance absolue, pour le moment, de la durée pendant laquelle le gain de croissance va se maintenir. Il semble cependant, a priori, qu'on ne puisse pas envisager un tel supplément de dépense et ceci justifie pleinement des recherches ultérieures, qui seraient menées dans les directions suivantes et dont certaines sont déjà entreprises :

- Recherche de la dose minima d'efficacité des engrais phosphopotassiques.
- Essais de labour et fertilisation en bandes qui, tout en procurant peut-être un gain de croissance comparable, réduiraient de moitié les doses d'engrais nécessaires, et rendraient peut-être moins onéreux les dégagements.
- Essai de localisation profonde de l'engrais à la sous-soleuse qui, tout en accélérant la croissance des plants, favoriserait sans doute moins la végétation concurrente.
- Recherche de l'effet précis des engrais azotés et potassiques, qu'on pourrait peut-être supprimer sans grande perte de croissance ou administrer, après plantation, à des doses plus faibles.

Il semble bien, en particulier, que des doses de l'ordre de 200 kg d'acide phosphorique à l'hectare pourraient conduire à des résultats équivalents et que l'application de quantités d'azote plus faibles, mais administrées précisément dans la période de 2 ou 3 années de dépression de la nutrition azotée qui a été mise en évidence, pourrait se révéler plus utile qu'une dose relativement importante concentrée au début de la plantation.

Pour imparfaite et coûteuse qu'elle soit, l'expérience entreprise à Moulières se révèle donc déjà riche en enseignements. Il va sans dire qu'elle continuera à être suivie encore de nombreuses années avec pour objectif principal d'établir quelle sera la durée d'action des traitements appliqués. En outre, la taille des placeaux était suffisante pour qu'on ait pu envisager de les diviser chacun en deux sous-placeaux, dont l'un recevra à partir de 1963 une fertilisation azotée d'appoint, dans le but de vérifier l'influence qu'aurait sur la croissance la correction de la carence en azote qui a été mise en évidence.

Concluons en attirant l'attention sur le nombre de questions qu'amène à poser une seule expérience, sur les centres d'intérêt très variés qu'elle peut susciter pour peu que l'évolution du milieu, les divers aspects de la vie des plants soumis à l'expérimentation soient suivis avec attention, ce qui ne peut être fait que si l'expérience de terrain s'appuie en permanence sur des installations de recherche suffisamment étoffées, comprenant laboratoires d'analyses et équipes de calculs statistiques, et aussi sur un personnel d'exécution de confiance résidant à proximité immédiate.

BIBLIOGRAPHIE

- BAULE (H.). — Die Forstdüngung. *Der Forst- und Holzwirt.* (1), janv. 1960, p. 2-6.
- BONNEAU (M.). — Acquisitions actuelles et problèmes à résoudre dans le domaine de la fertilisation forestière. *Rev. for. franç.*, (3), mars 1962, p. 243-253.
- DUCHAUFOUR (Ph.). — L'utilisation des engrais en forêt. *Rev. for. franç.*, (6), juin 1958, p. 377-392.
- DUCHAUFOUR (Ph.) et BONNEAU (M.). — Note sur la physiologie de la nutrition des Résineux. Application à la pratique des reboisements. *Rev. for. franç.*, (4), avril 1960, p. 250-256.
- EDWARDS (M.-V.). — Effects of different forms and amounts of basic Slag and mineral phosphate on the growth of Japanese larch planted on blanket bog. *Forestry Comm. Report on Forest Research for the year ended march 1959. Her Majesty's Stationery Office, London, 1960, p. 116-125.*
- FRICKER (Cl.). — La fumure en sylviculture. *Extr. Circ. d'Inform. et Docum., à l'usage des Serv. Soc. Commer. Potasses d'Alsace*, janv. 1959, 71 p.
- GALOUX (A.). — La fertilisation minérale en sylviculture. *Bull. Soc. Royale Forest. Belgique*, (8-9), août-sept. 1955, p. 361-382.
- GUINAUDEAU (J.), ILLY (G.), MAUGÉ (J.-P.), DUMAS (F.). — Essai de fertilisation minérale sur Pin maritime à Mimizan (Landes). (Résultats après la 6^e année). *Ann. Ecole Nat. Eaux et Forêts*, **20** (1), 1963 (sous presse).
- KRAUSS (H.). — Die Methodik der Meliorationsmassnahmen im norddeutschen Diluvialgebiet. *Waldbodenmelioration*, II, Berlin, 1958, p. 1-10.
- LAATSCH (W.). — Die wissenschaftlichen Grundlagen der Waldbodenmelioration. *Mitt. Bayer Staatsforstverw.*, **29** (50), 1957, 12 p.
- WITTICH (W.). — Auswertung eines forstlichen Düngungsversuches auf einem Standort mit für weite Gebiete Deutschlands typischem Nährstoffhaushalt (sans indication d'édit.), 1958, 48 p.
-

RÉSUMÉ

Une expérience de fertilisation a été entreprise en 1960 sur un sol à pseudogley très pauvre en phosphore de l'Ouest de la France (environs de Poitiers), dans une plantation de *Pinus laricio corsicana*. On a comparé 8 modalités dont 3 sans engrais et 5 avec engrais. Les doses d'engrais ont été partout les mêmes (92 kg d'azote, 388 kg de P_2O_5 , 160 kg de K_2O) et enfouies par labour avant plantation, les 5 traitements fertilisés différant entre eux par divers facteurs de préparation du sol. Ces 8 modalités ont été les suivantes :

- 1 — Résineux seul sans engrais.
- 2 — Résineux seul avec engrais.
- 3 — Résineux + 1/6 de feuillu sans engrais.
- 4 — Résineux + 1/6 de feuillu avec engrais.
- 5 — Résineux + 1/6 de feuillu, avec engrais. Traitement par un herbicide l'année précédant la plantation.
- 6 — Résineux seul, sans engrais. Traitement herbicide.
- 7 — Résineux + 1/6 de feuillu, avec engrais. Culture de lupin l'année précédant la plantation (dans cette modalité, on n'a apporté qu'un engrais phospho-potassique sans azote).
- 8 — Résineux + 1/6 de feuillu, avec engrais. Sous-solage avant plantation.

Chaque modalité a été répétée 3 fois.

L'engrais phospho-potassique et azoté a apporté partout un supplément de croissance très appréciable, de l'ordre de 40 %. Les analyses foliaires montrent que cet effet est dû essentiellement au phosphore; l'azote apporté a été très rapidement lessivé et la plantation souffre d'une nette carence en azote, qu'on tentera de corriger à partir de 1964 par un apport en couverture.

Les *Quercus rubra* introduits en mélange ayant très mal repris, l'effet de l'introduction d'un feuillu est dû vraisemblablement à une

diminution de la densité des résineux et se traduit par une augmentation de la croissance et une diminution de l'effet des engrais par rapport aux placeaux avec résineux seuls.

Le sous-solage a légèrement renforcé l'action des engrais, la culture préalable d'un engrais vert l'a améliorée plus nettement. L'herbicide, employé sans engrais, a eu un effet positif assez faible sur la croissance, mais à partir de la 3^e année seulement. Mais la combinaison engrais + herbicide s'est révélée très active, entraînant un supplément de croissance de l'ordre de 70 %. Dans tous les traitements comportant des engrais, le développement de la végétation concurrente a été fortement augmenté.

SUMMARY

In 1960, a fertilization experiment has been started on a pseudo-gleyed soil very poor in phosphorus in a Corsican Pine plantation of the western part of France (near Poitiers). Eight methods have been compared, three without fertilizing and five with fertilizing. Fertilizers have been applied everywhere at the same rates (92 kg of nitrogen, 388 kg of P_2O_5 , 160 kg of K_2O) and buried in the ground by tilling before planting, the five treatments with fertilizing differing from one another in various factors of soil preparation. These eight methods were as follows:

- 1) Pure softwood without fertilizing
- 2) Pure softwood with fertilizing
- 3) Softwood + 1/6 hardwood without fertilizing
- 4) Softwood + 1/6 hardwood with fertilizing
- 5) Softwood + 1/6 hardwood with fertilizing + herbicide treatment one year before planting.
- 6) Pure softwood without fertilizing. Herbicide treatment.
- 7) Softwood + 1/6 hardwood with fertilizing + cultivation of lupine one year before planting (in this method only a phospho-potassic fertilizer without nitrogen has been used).
- 8) Softwood + 1/6 hardwood with fertilizing. Scarification before planting. Each method has been repeated thrice.

The phospho-potassic nitrogen fertilizer induced everywhere an appreciable extra growth of about 40 %. The needle analyses show that this effect is due essentially to phosphorus; nitrogen added has been leached away very quickly and now the plantation suffers from a nitrogen deficiency which we will try to correct from 1964 onwards by surface application.

The Red Oak trees introduced in mixture had a very poor survival; the effect of this hardwood introduction is probably due to a decrease in softwood density which induces an increase in growth, and a decrease in the effect of fertilizing as compared with the sample plots with pure softwood.

The scarification slightly reinforced the action of fertilizers, the previous cultivation of a green fertilizer brought about a more noticeable improvement. The herbicide used without fertilizing improved growth but slightly, but only from the third year onwards. But the combination fertilizing + herbicide was very effective and brought about an extra growth of about 70 %. In all treatments with fertilizers, the development of the competitive vegetation has been strongly increased.

ZUSAMMENFASSUNG

Ein Düngungsversuch wurde 1960 auf einem Pseudogley-Boden, sehr arm an Phosphor, aus Westfrankreich (bei Poitiers), in einer Pflanzung von *Pinus laricio corsicana* unternommen. Zum Vergleich standen 8 Modalitäten, davon 3 ohne und 5 mit Dünger. Die Düngemengen waren überall gleich (92 kg Stickstoff, 388 kg P₂O₅, 160 kg K₂O) und wurden vor der Pflanzung durch Vollumbruch zugeführt. Die gedüngten Parzellen unterscheiden sich durch verschiedene Faktoren der Bodenbereitung. Es wurden die folgenden 8 Modalitäten angewandt:

- 1 — Nadelhölzer ohne Dünger.
- 2 — Nadelhölzer mit Dünger.
- 3 — Nadelhölzer + 1/6 Laubhölzer ohne Dünger.
- 4 — Nadelhölzer + 1/6 Laubhölzer mit Dünger.
- 5 — Nadelhölzer + 1/6 Laubhölzer mit Dünger. Chemische Grasbekämpfung 1 Jahr vor der Pflanzung.
- 6 — Nadelhölzer ohne Dünger. Chemische Grasbekämpfung.
- 7 — Nadelhölzer + 1/6 Laubhölzer mit Dünger. Lupinenkultur 1 Jahr vor der Pflanzung (In dieser Modalität wurde nur ein Phosphorsäure-Kalidünger ohne Stickstoff zugeführt).
- 8 — Nadelhölzer + 1/6 Laubhölzer mit Dünger. Untergrundlockerung vor der Pflanzung.

Jede Modalität wurde 3 mal wiederholt.

Die Phosphorsäure-Kali-Stickstoffdüngung ergab bei allen Versuchen eine nennenswerte Wachstumssteigerung von 40 %. Die Blätteranalysen zeigen, dass dieses Ergebnis hauptsächlich durch den Phosphor bewirkt wurde; der zugeführte Stickstoff wurde sehr schnell herausgewaschen und die Pflanzung litt deshalb unter deutlichem Stickstoffmangel, der ab 1964 durch eine Oberflächendüngung behoben werden soll.

Da die zur Mischung gepflanzten *Quercus rubra* sehr schlecht bekamen, entsteht die Wirkung der Mischhölzer wahrscheinlich durch

eine Verringerung der Nadelhölzerdichte und äussert sich in einer Wachstumssteigerung und einer Abnahme der Düngewirkung im Vergleich zu reinen Nadelholzpflanzungen.

Die Untergrundlockerung hat die Wirkung der Dünger leicht verstärkt, eine vorherige Gründüngung verbessert sie noch deutlicher. Die chemische Grasbekämpfung, ohne Dünger angewandt, hat einen ziemlich schwachen Einfluss auf das Wachstum, aber erst nach dem 3. Jahr. Dagegen hat sich die Verbindung Dünger + chemische Grasbekämpfung als sehr aktiv bewiesen und hat eine Wachstumssteigerung von 70 % zur Folge. In allen gedüngten Parzellen hat sich die konkurrierende Bodenvegetation stark entwickelt.
