PREMIERS RÉSULTATS D'UN ESSAI DE FERTILISATION SUR PLANTATION DE CHÊNE ROUVRE (*QUERCUS SESSILIFLORA*)

J. GARBAYE et M. BONNEAU

avec la collaboration technique de G. COURRIER

*Station de Recherches sur les Sols forestiers et la Fertilisation,
Centre national de Recherches forestières, I. N. R. A.,
Champenoux, 54280 Seichamps*

RÉSUMÉ

Un essai de fertilisation a été entrepris en 1971 sur une jeune plantation de chêne rouvre dans le centre de la France (région de Nevers). Il s'agit d'un factoriel 2^4 où les engrais P, K et Ca ont été apportés en plein avant la plantation (200 kg de P_2O_5 , 150 kg de K_2O et 1 250 kg de CaO). L'azote a été épandu en surface en 1^{re} année (5 g de Nitroform par plant) et en 2^e année (10 g de Nitroform). Le sol est une argile à chailles assez pauvre en potassium (0,10 à 0,15 m.e. pour 100 g) et en calcium (0,4 à 0,6 m.e.) mais moyennement pourvue en P_2O_5 (0,10 à 0,13 p. 1 000 extrait par deux extractions successives à H_2SO_4 0,004 N et $OHNa$ 0,10 N) ; la teneur en magnésium est suffisante (0,14 à 0,24 m.e.). L'humus est un mull-modér à C/N moyen (18) et la teneur en matière organique est assez faible (3 p. 100 à 4 p. 100 sur les 10 premiers cm).

Le gain sur la hauteur totale après 3 ans est de 35 p. 100, les meilleurs traitements étant NPKCa, NPK et NKCa. Sur la pousse de 3^e année, seul le traitement NPKCa a un effet significatif. L'interprétation factorielle montre des effets principaux significatifs de N (le plus important), de P, de K, et diverses interactions ($N \times P$, $N \times K$, et $K \times Ca$).

Les analyses foliaires permettent d'avoir une idée approchée de la composition foliaire optimale du jeune plant de chêne rouvre à 7 ans (4 ans de pépinière + 3 ans de plantation) : 2,3 p. 100 de N, 0,20 p. 100 de P, 0,75 p. 100 de K, 0,8 p. 100 de Ca).

Il semble que les conclusions de cet essai puissent être étendues, du point de vue pratique, à beaucoup de chênaies de l'Ouest de la France sur argile à silex ou limon où les sols sont souvent plus pauvres et les humus plus dégradés que ceux de cet essai.

La fertilisation entraîne un plus grand développement de la végétation concurrente les deux premières années, mais la croissance plus rapide des chênes rend les dégagements inutiles plus tôt que dans les placeaux témoins.

I. — INTRODUCTION — BUT DE L'ESSAI

La régénération des chênaies françaises fait à l'heure actuelle appel à la plantation, dans une proportion non négligeable. Cette technique est surtout très employée dans la transformation des taillis sous futaie dégradés.

Parmi les techniques susceptibles de faciliter cette pratique (préparation du sol par labour, entretien mécanique du sol, herbicides, plantation par point d'appui, etc.), la fertilisation, du fait de sa facilité de mise en œuvre et de la pauvreté chimique de la plupart des sols des chênaies atlantiques et ligériennes, mérite des études particulières. Nous savons en effet par ailleurs que des chênes plus âgés réagissent de façon très positive à un apport d'engrais (GARBAYÉ, LEROY et OSWALD, 1974).

Nous nous proposons donc ici de faire le point sur les premiers résultats obtenus dans un essai de fertilisation sur plantation de chêne rouvre installé en 1971.

II. — DESCRIPTION DE L'EXPÉRIENCE

2. 1. — Localisation et type de forêt

L'essai a été installé dans la parcelle 88 de la forêt domaniale des Bertranges (centre de gestion O. N. F. de Nevers (¹)), sur un type de station où la création d'une futaie de chêne, en remplacement d'un taillis sous futaie vieilli, devait obligatoirement s'opérer par régénération artificielle.

2. 2. — Sol

Le sol est du type brun acide à moder développé sur un matériau limoneux contenant des silex (argiles à chailles).

Le tableau 1 donne l'analyse moyenne du profil.

Du point de vue de la fertilité chimique, le tableau 1 montre que ce sol est assez pauvre en potassium et calcium, mais relativement bien pourvu en phosphore.

D'autre part, le C/N est assez élevé à 10 cm de profondeur (18) et le taux de saturation faible (14 à 18 p. 100). *A priori* on pouvait donc envisager une amélioration de la fertilité par des apports d'azote, de calcium et de potassium.

TABLÉAU I

Analyse du sol

(Résultats exprimés par rapport au poids de terre sèche)

Soil analysis

(Results expressed according with dry weight)

Profondeur	Granulométrie (%)					Matière organique (%)	C/N	Complexe absorbant					Phosphore assimilable Duchaufour (‰)
	A	LF	LG	SF	SG			Ca m.e./ 100 g	K m.e./ 100 g	Mg m.e./ 100 g	T m.e./ 100 g	Taux de saturation (%)	
— 10	21	36	27	5	6	2,83	18	0,66	0,15	0,24	5,8	18	0,11
— 30	22	36	26	5	5	1,25	15	0,38	0,11	0,14	4,6	14	0,10
— 50	26	35	26	5	5	0,82	12	0,50	0,10	0,21	5,0	14	0,13

(¹) Cette expérience n'a été possible que grâce à l'aide et à la compréhension de l'O. N. F. et en particulier de M. LACROIX, chef du centre de l'O. N. F. de Nevers.

2. 3. — *Technique de plantation*

Après coupe à blanc du taillis-sous-futaie, la parcelle a subi un labour suivi de deux passages croisés de cover-crop (en mars 1971). Les engrais P, K et Ca ont été épandus avant le passage du cover-crop, et ont donc été légèrement enfouis. L'engrais azoté n'a été apporté qu'après la plantation, au moment du débourrement.

Les plants de chêne rouvre ⁽¹⁾, d'une hauteur moyenne de 50 cm, ont été plantés en mars 1971 à la densité de 15 620 plants/ha (80 cm × 80 cm). Cette forte densité ne permet pas la mécanisation des dégagements mais elle a été délibérément choisie afin de diminuer la surface de l'essai, donc la variabilité du terrain, et d'assurer rapidement la fermeture du fourré et l'acquisition d'une bonne forme des plants.

2. 4. — *Plan expérimental*

Compte tenu des résultats de l'analyse de sol et du caractère exploratoire de cet essai, nous avons choisi un dispositif factoriel N-P-K-Ca, chaque élément faisant l'objet soit de l'apport indiqué ci-dessous, soit d'un apport nul. Du point de vue statistique, le plan expérimental est du type en blocs complets (5 blocs constitués en tenant compte de la charge en silex et de la végétation). On a donc 16 traitements × 5 blocs = 80 placeaux.

Chaque placeau unitaire est un carré de 10,4 m de côté comportant 144 plants (100 mesurables, et 1 rang d'isolement).

2. 5. — *Détail des traitements*

N (par plant, en surface) :

1^{re} année : 5 g de « Nitroform » (engrais azoté lentement soluble à 38 p. 100 de N, à base d'urée-formol) ;

2^e année : 10 g de « Nitroform ».

P (en plein) : 200 kg de P₂O₅/ha, sous forme de supertriple.

K (en plein) : 150 kg de K₂O/ha, sous forme de Patentkali, qui apporte en même temps 43 kg de MgO/ha.

Ca (en plein) : 1 250 kg de CaO/ha, sous forme de chaux éteinte.

III. — *RÉSULTATS ET DISCUSSION*3. I. — *Croissance en hauteur*3. II. *Interprétation simple.*

Comparaison des 16 traitements par analyse de la variance à deux facteurs contrôlés (traitements et blocs).

Les figures 1, 2 et 3 donnent respectivement le total des pousses ⁽²⁾ de 1^{re} et de 2^e années (la pousse de 1^{re} année ayant été très faible), la pousse de 3^e année et la hauteur totale en fin de 3^e année. La hauteur moyenne à la plantation était de 50 cm.

Dans les trois cas, l'analyse de la variance montre un effet significatif global des traitements. La plus petite différence significative au seuil de 5 p. 100, dont la valeur est représentée par un segment vertical sur les graphiques, permet de comparer les traitements deux à deux.

⁽¹⁾ Plants 1-3 de provenance allemande.

⁽²⁾ La longueur de la pousse est obtenue par différence entre les hauteurs des années n et $n - 1$.

FIG. 1. — Total des pousses de première et deuxième années
Total of first and second years' shoots

FIG. 2. — Pousse de troisième année
Third year's shoot

FIG. 3. — Hauteur totale en fin de troisième année

Total height at the end of third year

Pour les pousses de 1^{re} et 2^e années (fig. 1), 8 traitements apportent un gain significatif par rapport au témoin : NP, N, NCa, NPCa, NPKCa, NK, NPK et NKCa. Ce sont tous les traitements comportant de l'azote. Parmi eux, NPK et NKCa sont significativement plus efficaces que N seul.

Pour la pousse de 3^e année (fig. 2), un seul traitement a un effet positif significatif par rapport au témoin : NPKCa. Le potassium apporté seul, par contre, a un effet dépressif significatif, et l'importance prédominante de l'azote n'est plus évidente.

Enfin, sur la hauteur totale en fin de 3^e année (fig. 3), 6 traitements apportent une augmentation de hauteur significative par rapport au témoin : NP, NPCa, NK, NPKCa, NPK et NKCa, et ils ne diffèrent pas significativement entre eux par leur efficacité. Ce gain en hauteur totale est alors de 30 p. 100 environ.

En pratique, il apparaît donc que les traitements les plus intéressants font intervenir l'azote, associé au phosphore et/ou au potassium (NP, NK, NPK). Le calcium semble avoir un effet non négligeable, bien que plus tardif, puisque NPKCa est le seul traitement significatif par rapport au témoin sur la pousse de 3^e année.

3. 12. *Interprétation factorielle.*

Sur les deux premières pousses, l'azote a l'effet principal le plus net (+ 13 cm), suivi par le potassium (+ 4 cm). De plus, on note une interaction positive entre ces deux éléments (+ 3 cm).

Sur la pousse de troisième année, l'azote a encore le plus fort effet principal, bien que beaucoup plus faible (+ 5 cm), suivi cette fois par le phosphore (+ 4 cm), et non plus par le potassium. Trois interactions positives du premier ordre sont significatives : $N \times P$ (+ 2 cm), $N \times K$ (+ 3 cm) et $K \times Ca$ (+ 2 cm).

Enfin, sur la hauteur totale en fin de 3^e année, on retrouve naturellement une résultante des pousses précédentes : l'effet le plus important est celui de l'azote (+ 18 cm) suivi du phosphore (+ 6 cm) et du potassium (+ 3 cm). Il existe également une interaction $N \times K$ (+ 7 cm).

L'interprétation factorielle permet donc d'aller plus loin dans nos conclusions que la simple comparaison entre traitements. En ce qui concerne la hauteur totale à 3 ans, nous avons vu que les traitements NP, NK ou NPK étaient à retenir, sans présenter de différence significative d'efficacité. En suivant l'évolution du rôle de ces trois éléments N, P, K, au cours du temps, nous constatons plusieurs faits :

- une baisse de l'efficacité de l'azote. Rappelons à ce sujet que les apports d'azote n'ont été faits que pendant deux ans. Malgré un apport sous forme lentement soluble (Nitroform), l'effet de la fertilisation azotée diminue donc rapidement lorsque les applications cessent.

- parallèlement à cette baisse de l'efficacité de l'azote, le deuxième facteur limitant devient le phosphore, et non plus le potassium.

- l'interaction positive $N \times K$ est constante dans le temps.

- l'effet du calcium apparaît en 3^e année sous forme d'une interaction $K \times Ca$.

Dans l'hypothèse d'une fertilisation pratiquée dans les conditions de l'expérience et non renouvelée ultérieurement, il faut donc, pour obtenir un effet le plus prolongé possible, apporter essentiellement de l'azote, du phosphore (dont l'efficacité augmente dans le temps) mais aussi du potassium et du calcium si on veut obtenir l'effet maximal.

3. 2. — *Nutrition minérale*

Le tableau 2 donne la composition minérale des feuilles prélevées en août 1973 ; les traitements sont classés par ordre d'efficacité croissante sur la pousse 1973, comme sur le graphique de la figure 2, et les valeurs supérieures d'au moins 10 p. 100 à celle du témoin sont indiquées en caractère gras.

On peut faire les remarques suivantes :

- Les teneurs en magnésium varient peu, et sans relation apparente avec les traitements contenant du patentkali. Le magnésium apporté dans le patentkali ne semble donc pas modifier la nutrition des plants, et il paraît raisonnable d'attribuer au seul élément potassium l'effet positif du traitement K sur les deux premières pousses et sur la hauteur totale à 3 ans.

- On observe une très bonne coïncidence entre la longueur de la pousse 1973, un haut niveau de nutrition en azote et phosphore, et la présence de ces deux éléments

dans les traitements. La causalité des interprétations du paragraphe 3. 12 est donc vérifiée : les facteurs N et P améliorent la croissance en agissant sur la nutrition en azote et phosphore.

TABLEAU 2

Analyses foliaires 1973

(Traitements par ordre d'efficacité croissante sur la pousse 1973)
Résultats exprimés en p. 100 de matière sèche

1973 Foliar analysis

(treatments by rank of increasing efficiency on 1973 shoot)
results expressed in p. 100 of dry weight

	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
K	2,00	0,15	0.95	0,79	0,16
PKCa	2,04	0.20	0.96	1.00	0,19
NCa	2.27	0,13	0,68	0,80	0,17
N	2,30	0,11	0,75	0,56	0,14
KCa	1,92	0,14	0.87	0,82	0,17
P	2,11	0.19	0,84	0,82	0,17
Ca	1,91	0,14	0,86	0.91	0,17
NK	2.25	0,13	0,74	0,63	0,16
Témoin	1,92	0,14	0,79	0,82	0,18
PK	1,95	0.22	0.90	0,86	0,16
PCa	1,86	0.18	0,80	0,89	0,18
NPCa	2.13	0.18	0,68	0,86	0,18
NPK	2.19	0.17	0,84	0,72	0,16
NKCa	2.35	0.15	0,74	0,67	0,17
NP	2.50	0.18	0,77	0,82	0,17
NPKCa	2.26	0.19	0,76	0,83	0,18

Sur ces bases, on peut fixer comme suit, à titre provisoire, la composition optimale des feuilles des jeunes plants de chêne rouvre de 3 ans (7 ans si l'on inclut le temps de pépinière) à 2,3 p. 100 de N, 0,19 p. 100 à 0,20 p. 100 de P, 0,75 p. 100 de K et 0,8 p. 100 de Ca.

3. 3. — *Végétation concurrente*

Les traitements assurant la meilleure croissance des chênes entraînent également un plus grand développement de la végétation concurrente : végétation herbacée au début (épilobes), puis semis et rejets de ligneux dès la deuxième année (saule Marsault, bouleau), ainsi que la ronce.

L'essai n'était pas conçu pour étudier l'interaction fertilisation-dégagement. C'est pourquoi l'ensemble de la plantation a été dégagée normalement, manuellement, en 1972 et 1973.

Il est cependant à noter que dès la quatrième année les placeaux les plus vigoureux dominent la végétation concurrente et ne nécessitent plus de dégagement.

IV. — CONCLUSIONS PRATIQUES ET POURSUITE DE L'ESSAI

Au terme de ces trois années d'observation, nous sommes donc en mesure, pour le type de station concerné, de tirer les conclusions pratiques suivantes :

— avec les doses utilisées, la combinaison NPKCa s'avère la plus efficace (gain de 35 p. 100 par rapport au témoin, sur la hauteur à 3 ans), et la plus susceptible d'effets prolongés.

— l'azote, même apporté sous forme de « Nitroform » n'a qu'un effet fugace. Il semble nécessaire de renouveler les apports d'azote au moins une fois, comme nous l'avons fait ici, peut-être davantage.

— ce type de fertilisation à la plantation rend les dégagements manuels plus difficiles et coûteux pendant les trois premières années, mais inutiles par la suite, alors que les témoins continuent à être gênés par la végétation concurrente.

Dans un but purement expérimental, nous avons renouvelé la fertilisation de cet essai au printemps 1974 (4^e année de végétation), afin de juger des potentialités de croissance de jeunes chênes en présence de fortes doses d'engrais et d'accélérer les phénomènes (formation du fourré, évolution de la compétition avec la végétation).

A notre avis les résultats de cet essai peuvent être étendus à tout le domaine de la chênaie atlantique sur argile à silex et limon : les sols y sont souvent beaucoup plus pauvres en bases et en phosphore, les humus plus dégradés que ceux de la forêt des Bertranges. Rappelons d'ailleurs qu'au stade du perchis des essais antérieurs ont montré un effet très positif de l'azote et parfois du calcium (GARBAYE, LEROY et OSWALD, 1974).

Reçu pour publication en juillet 1975.

SUMMARY

FIRST RESULTS OF A FERTILIZATION EXPERIMENT
ON AN OAK PLANTATION (*QUERCUS SESSILIFLORA*)

A fertilization experiment has been done in 1971 on an oak plantation (*Quercus sessiliflora*) in the centre of France (Nevers region). It is a factorial 2^4 experiment where P, K and Ca have been sprayed before planting (200 kg P_2O_5 /ha, 150 kg K_2O /ha and 1 250 kg CaO/ha). Nitrogen has been applied on 1st year (5 g Nitroform/plant) and on 2d year (10 g Nitroform/plant).

The soil is a loam with flintstone, quite poor in K (0.10 to 0.15 m.e./100 g) and in Ca (0.4 to 0.6 m.e./100 g), but relatively well supplied with P_2O_5 (0.10 to 0.13 p. 100 by a double extraction with H_2SO_4 0.004 N, then with Na OH 0.10 N). Mg amount is enough : 0.14 to 0.24 m.e./100 g). The humus-type is a mull-modor with C/N = 18, and the organic matter content is low (3 to 4 p. 100 in the upper horizon).

Total height after 3 years is 35 p. 100 higher in fertilized plots than in control plots, and the best treatments are NPKCa, NPK and NKCa. On the 3d year shoot, only NPKCa has a significative effect. Factorial interpretation shows significative principal effects of N (the most important one), P and K, and some interactions ($N \times P$, $N \times K$ and $K \times Ca$).

Foliar analyses gives us approximative figures for the optimal composition of 7 years old oak plants (4 years in nursery + 3 years in plantation) : 2,3 p. 100 N, 0,20 p. 100 P, 0,75 p. 100 K and 0,8 p. 100 Ca).

Fertilization increases weed development during the two first years, but the best growth of oaks makes cleaning unusefull sooner than in control plots.

We think that the conclusions of this experiment may be pratically extended to most of oak plantations in the center and west of France on loamy or silty soils, which are often poorer, and with a more degraded humus-type, than this one.

ZUSAMMENFASSUNG

ERSTE RESULTATEN EINES DÜNGUNGSVERSUCHES AUF DINE TRAUBENEICHENPFLANZUNG

Ein Düngungsversuch wurde in 1971 einer Eichenpflanzung angelegt, Er ist ein 2¹ Versuch wo die P, K, Ca Dünger vor dem Bodenpflügen eingegeben wurden. (1 250 kg/ha CaO, 200 kg P₂O₅, 150 kg K₂O). Stickstoff wurde auf die Bodenfläche um jeden Planz den ersten und den zweiten Frühling als « Nitroform » ausgestreut.

Der Boden ist eine saure, auf Feuersteinlehme entwickelte Braunerde.

Der Humusform ist Moder (C/N = 18)

Die besten Behandlungen, am Ende des drittes Jahres sind NPKCa, NPK und NKCa. Die factorielle Auswertung zeigt ein Wirkung von N, P und K.

Blattanalsen erlauben die folgende optimale Elementgehalte der jungen Eichen festuzustellen : 2,3 p. 100 N, 0,2 p. 100 P, 0,75 p. 100 K, 0,8 p. 100 Ca.

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

GARBAYE J., LEROY P., OSWALD H., 1974. *Revue Forestière Française*, XXVI-1, 51-58.