



HAL
open science

L'essai de fertilisation d'Épicéa commun des Ygrands

Jean-Luc Guitton, Maurice Bonneau, Michel Adrian, Henri Frochot

► **To cite this version:**

Jean-Luc Guitton, Maurice Bonneau, Michel Adrian, Henri Frochot. L'essai de fertilisation d'Épicéa commun des Ygrands. *Revue forestière française*, 1988, 40 (6), pp.447-456. <10.4267/2042/25915>. <hal-03424605>

HAL Id: hal-03424605

<https://hal.science/hal-03424605v1>

Submitted on 10 Nov 2021

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.



HAL Authorization

technique et forêt

L'ESSAI DE FERTILISATION D'ÉPICÉA COMMUN DES YGRANDS

J.-L. GUITTON, M. BONNEAU, M. ADRIAN, H. FROCHOT

DISPOSITIF

Situation

Cet essai a été mis en place en 1967 par la division forestière de la Société de Mise en Valeur du Limousin (SOMIVAL) et la station de Recherches sur les Sols forestiers et la Fertilisation de l'Institut national de la Recherche agronomique (INRA) Champenoux sur une plantation d'Épicéa commun de l'automne 1965 ; cette plantation à la densité 2 m × 2 m est une propriété de la Caisse des Dépôts et Consignations.

À la suite d'un accord avec le CEMAGREF, cet essai est géré depuis 1987 par la division Techniques forestières du Groupement de Clermont-Ferrand.

La plantation se situe à environ 1 200 m d'altitude au sud de Chaudes-Aigues entre les Puys de la Tuile et d'Aubraquet dans le département du Cantal sur lande à callune. Le précédent cultural n'est pas connu, mais il semblerait que la partie à l'ouest de la route ait fait l'objet d'exploitation agricole avant la plantation tandis que la partie à l'est serait depuis longtemps à l'état de landes (l'essai a une forme rectangulaire et est traversé dans sa longueur par une route forestière de direction NS).

Le sol sur arène granitique est brun acide. L'analyse de terre pratiquée en 1967 permet de le caractériser plus finement :

- pH 5 dans l'horizon A₁ — 5,4 dans l'horizon A₂ ;
- texture sableuse 60 % S, 20 % A, 20 % L ;
- rapport C/N élevé ; supérieur à 20 du fait de la callune ;
- niveau bon en calcium ;
- niveau moyen en potassium et faible en phosphore (0,07 ‰ à la méthode de Duchaufour).

L'analyse de terre affirme la différence de richesse du sol entre l'ouest et l'est de la route, du fait d'une granulométrie plus grossière de ce côté.

	Ouest	Est
C/N	21	43
% sable grossier	44	57
% limons fins	17	11
% argiles	22	18

Fertilisation

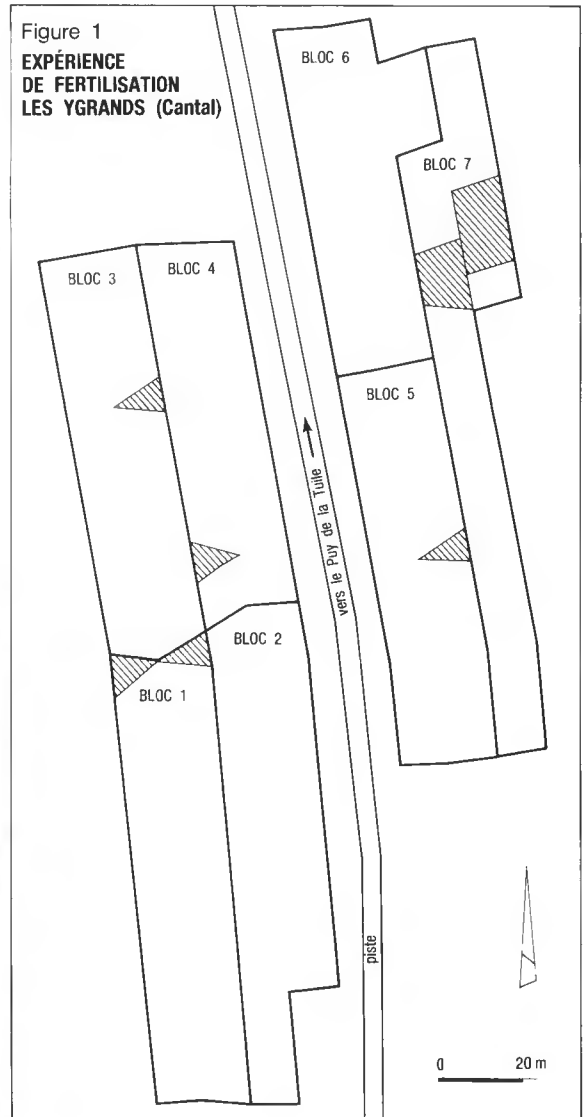
L'essai a été conçu comme un factoriel N-P-K-Ca comprenant donc 16 traitements T, N, P, K, Ca, NP, NK, PK, NCa, PCa, KCa, NPK, NPCa, NKCa, PKCa, NPKCa répétés sept fois. Les blocs 1 à 4 se trouvent à l'ouest et les blocs 5, 6 et 7 à l'est de la route (cf. figure 1, ci-contre).

Chaque plateau unitaire comprend 64 plants dont 36 (6 × 6) mesurables.

Les traitements élémentaires par plant sont définis comme suit, chaque engrais étant apporté en surface autour des plants, sans binage, en mai-juin.

Traitement NPKCa à gauche, témoin à droite (1983)

Photo M. ADRIAN



Technique et forêt

	N	P	K	Ca
Année 1967	10 g ammonitrate à 34,5 % N	40 g superphosphate triple à 45 % P ₂ O ₅	20 g sulfate de potasse à 50 % K ₂ O	60 g chaux éteinte à 50 % CaO
1968	10 g ammonitrate			
1969	10 g ammonitrate			
1970	10 g ammonitrate			
1971	15 g ammonitrate			
1975		100 g superphosphate triple		300 g de calcaire broyé à 45 % CaO
1976	50 g ammonitrate		60 g sulfate de potasse	
total	105 g ammonitrate soit 36 g de N	140 g superphosphate triple soit 63 g P ₂ O ₅	80 g sulfate de potasse soit 40 g K ₂ O	360 g de calcaire soit 165 g CaO

Traitements phytocides

En 1975, devant la prolifération de la callune connue pour son effet inhibant de la croissance des épicéas, un traitement phytocide a été tenté sur une partie du dispositif. Le produit utilisé fut une bouillie de 2-4 D sous forme de L.P. Weedar épandu en pulvérisation à la dose de 4 kg d'équivalent d'acide dilué dans 10 l d'eau à l'ha. Du fait d'une concentration insuffisante et d'une mauvaise période dans le développement de la callune, ce traitement fut inefficace.

Le traitement phytocide fut renouvelé du 4 au 8 août 1977 au moment de la floraison de la callune avec des doses supérieures de 50 % à celles de 1975 soit 125 cm³ de produit (L.P. Weedar) augmenté de 2 cm³ d'un agent mouillant (Etalidine) dilué dans 10 l d'eau à l'ha.

Effectué sur les blocs 1, 2, 3 et 5, il s'est révélé pleinement efficace et, hormis quelques brûlures aux branches basses, sans action sur l'Épicéa.

RÉSULTATS

Des mesures en hauteur ont été réalisées en 1979 ; elles ont été renouvelées fin juin 1987 et se rapportent donc à la saison de végétation 1986, les arbres commençant juste à débousser à cette époque.

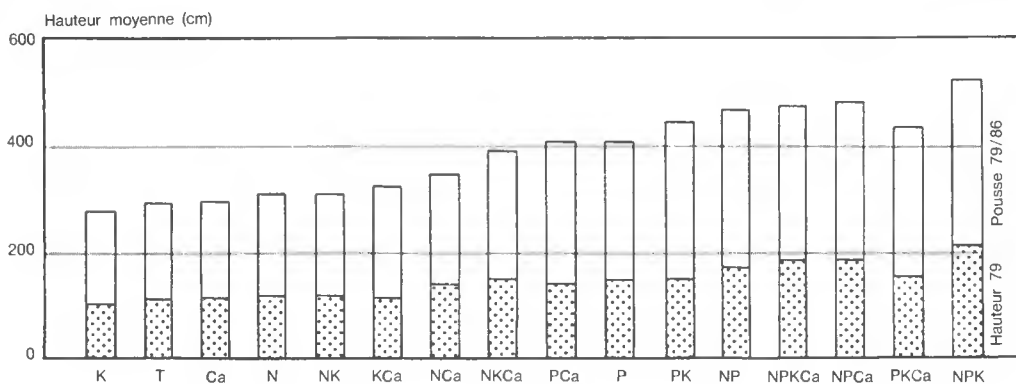
Les résultats de mensuration 1979 et 1986 sont consignés dans le tableau I (page 450-451) et apparaissent sur l'histogramme hauteurs moyennes/modalités (figure 2, page 450).

La croissance moyenne au cours de ces sept dernières années est encore faible : 34 cm/an alors que les arbres ont maintenant 22 ans ; elle est révélatrice des conditions climatiques rigoureuses et de la pauvreté minérale du sol.

Tableau I
Résultats de mensurations

Modalité	T	N	P	K	Ca	NP
H 1979	111	119	145	107	114	169
H 1986	296	312	408	278	299	464
Placettes entières						
H 1986	282	298	414	290	301	457
Centre des placettes						
Pousse 1979/1986 ..	185	193	263	171	186	295

Figure 2
HAUTEURS MOYENNES/
MODALITÉS



Calculs avec ou sans les arbres de périphérie

Lors des mesures tant en 1979 qu'en 1986, il était apparu que, dans les placeaux peu fertilisés au voisinage de placeaux très fertilisés, les arbres sur les deux rangs de bordure étaient supérieurs aux arbres du centre de la placette.

Aussi dans le dépouillement des mesures a-t-il été calculé deux moyennes pour les 36 arbres ou les 16 centraux : le tableau fait bien apparaître quelques différences, les placeaux les moins beaux ayant dans le deuxième calcul des hauteurs moindres, mais le traitement statistique dénie toute différence significative (rapport des variances : 1,02 ; test de comparaison de moyenne $t = 0,17$).

On travaillera donc par la suite avec les moyennes des placettes entières, l'échantillon étant plus grand.

Effet bloc

Il est significatif au seuil de 1 % dans les deux tableaux. On peut établir le diagramme de liaison au seuil de 5 % des différents blocs d'après la hauteur 1986 (différence significative 42 cm) et déterminer ainsi trois niveaux de fertilité :

Niveau de fertilité	Blocs	Hauteur moyenne	Pousse 1979-1986
faible	7-6	312 cm	184 cm
moyen	5-4-1	393 cm	245 cm
bon	(2)-3	460 cm	293 cm

Technique et forêt

NK	NCa	PK	PCa	KCa	NPK	NPCa	NKCa	PKCa	NPKCa	Moyenne
120	139	150	140	117	211	184	150	154	183	144
313	343	440	407	324	516	477	389	483	473	389
305	329	428	407	337	522	487	389	428	475	384
193	207	290	266	208	306	293	239	278	289	241

À noter que, dans le tableau des hauteurs 1986 hors arbres de périphérie, seul le bloc 3 se situe dans le niveau de bonne fertilité.

Cette différence entre blocs est à rattacher :

- à la fertilité du sol supérieure à l'ouest de la route (blocs 1, 2, 3, 4) ;
- au traitement phytocide (blocs 1, 2, 3, 5).

Ce traitement destructif de la callune apparaît d'autant plus déterminant que le sol est pauvre puisque le bloc 5 est significativement différent des blocs 6 et 7. Là où le sol est plus profond, la différence n'est significative qu'avec le bloc 3 le plus fertile.



*Photos ADRIAN-INRA
Champenois*



**Tapis de Callune avant destruction
au début de l'expérience (1967)
(ci-contre, en haut) et après
destruction (1977) (ci-contre, en bas)**

Effet modalité

Le test de Fisher fait apparaître un effet modalité significatif au seuil de 1 ‰ dans les deux tableaux : F (90,15) au seuil de 1 ‰ vaut 3,0.

Le classement des différentes modalités peut se faire au moyen de la plus petite différence significative au seuil de 5 % qui permet de distinguer sur les deux tableaux H 86 et pousse 79-86 deux niveaux nets de croissance :

- faible : le témoin, les traitements simples et binaires à base de K, Ca et N,
- élevée : PKCa et les traitements à base NP,

et un niveau intermédiaire flou comprenant les autres traitements : P, PCa et NKCa qui ne se détache pas nettement des deux autres groupes.

Un traitement des données en analyse en composantes principales et en classification ascendante hiérarchique distingue lui, très nettement, comme on peut le voir sur la figure 3 ci-contre pour la pousse 79-86, deux groupes :

- les traitements qui sont au niveau du témoin : K, Ca, N, NK, KCa, NCa ;
- les traitements supérieurs NKCa et ceux à base de P.

L'importance de l'apport de phosphore ressort également de l'analyse de la variance des tests factoriels où l'effet P est significatif à 1 ‰ :

	Hauteur 1986	Pousse 1979/1986
Effet significatif à 5 %	K	N
Effet significatif à 1 %		
Effet significatif à 1 ‰	N, P	P

Les analyses foliaires

Les analyses foliaires ont été pratiquées à l'automne 1975 soit après le premier traitement phytocide vain et après le renouvellement de la fertilisation azotée, phosphatée et calcaire, pour les témoins et modalités NPKCa des blocs 4, 6 et 7. Les valeurs moyennes sont rassemblées ci-après :

	N %	P %	K %	Ca %	Mg %
témoin	0,9	0,09	0,60	0,45	0,06
NPKCa	1,03	0,11	0,67	0,41	0,06
seuils critiques	1,3	0,15	0,45	0,2	0,07
teneurs optimales	1,6	0,20	0,6	0,3	0,09

On constate que, malgré une légère remontée pour les modalités fertilisées, les compositions foliaires sont (sauf pour Ca et K) inférieures aux seuils critiques.

De nouvelles analyses ont été faites à l'automne 1987 (tableau II). On peut constater que, d'une manière générale, la nutrition azotée et phosphatée s'est améliorée, bien que restant encore nettement insuffisante dans le témoin non traité à l'herbicide.

Dans les traitements fertilisés, ainsi que dans le témoin où la callune a été détruite par application de 2-4 D, la nutrition phosphatée est revenue à un niveau meilleur, bien qu'encore légèrement inférieur à l'optimum, et l'effet de la fertilisation, sauf pour le potassium, n'est plus sensible.

Figure 3 REPRÉSENTATION DE LA CLASSIFICATION HIÉRARCHIQUE

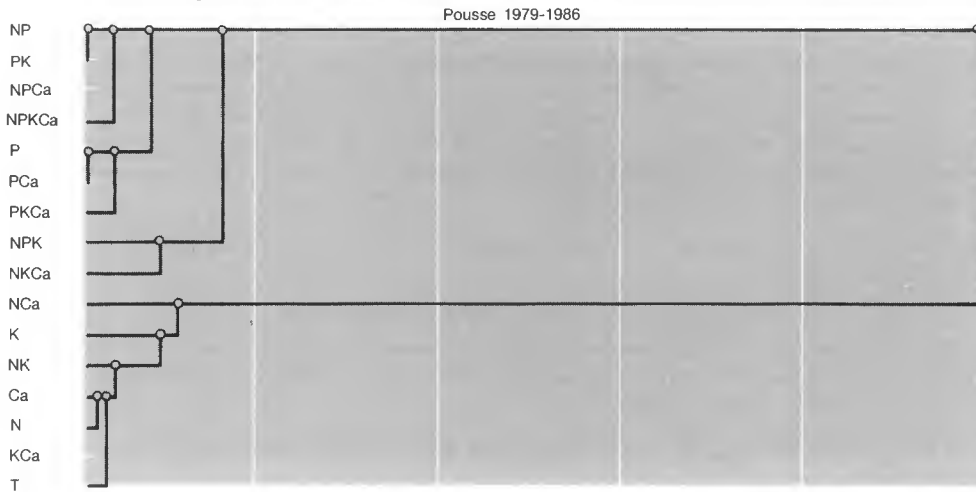


Tableau II Composition des aiguilles de l'année en 1987 (en % de la matière sèche)

	N	P	K	Ca	Mg
Partie non traitée au 2-4 D					
Témoin	1,28	0,11	0,60	0,44	0,07
NPKCa	1,72	0,15	0,80	0,40	0,08
Partie traitée au 2-4 D					
Témoin	1,54	0,14	0,60	0,34	0,07
NPKCa	1,47	0,13	0,72	0,42	0,09

CONCLUSIONS

Fertilisation

Des résultats précédents, on peut retenir qu'une fertilisation à la plantation doit toujours apporter du phosphore, éventuellement de l'azote et du potassium, les gains en hauteur et en pousse 79-86 s'établissant dans cet ordre :

	T	P	NPKCa	NP	NPK
hauteur 1986	100	138	160	157	174
pousse 1979/1986	100	142	157	159	165

Tandis que la différence T – P est significative au seuil de 1 %, la différence entre PK ou NP et P n'est pas significative et la différence NPK – P n'est significative qu'au seuil de 5 % pour la hauteur 1986, au seuil de 10 % pour la pousse 79-86.

Cependant les résultats obtenus dans l'essai d'Arzenc-de-Randon (Bonneau, 1972) installé dans des conditions très voisines, à altitude un peu plus élevée, sur le Plateau de Charpal en

Margeride lozérienne, ne concordent pas totalement avec ceux de l'essai des Ygrands : le phosphore n'y joue qu'un rôle second ; les éléments actifs sont surtout le calcium et l'azote.

Dans les conditions d'altitude élevée des montagnes granitiques du Massif Central, les besoins en fertilisation ne sont donc pas uniformes et, faute de savoir donner une interprétation exacte des analyses de sol, il serait utile d'apporter au moment de la plantation au minimum les deux éléments phosphore et calcium et, si possible, de l'azote en complément, ainsi qu'éventuellement du potassium et du magnésium puisque le potassium a un effet positif aux Ygrands et que la nutrition magnésienne est suboptimale.

Malheureusement la réalisation d'une telle fertilisation pose des problèmes techniques. Deux cas doivent être distingués :

1^{er} cas : on réalise un travail complet du sol avec labour. On peut alors enfouir 120 kg d'acide phosphorique par ha, sous forme de phosphate naturel à 30 % (400 kg/ha) ou de « récalcit phosphaté » à 12 % (1 000 kg/ha) qui apporte alors de la chaux en complément. Le labour favorise également l'enracinement.

Deux à trois ans après la plantation, cet apport peut être complété par épandage autour de chaque plant :

- 15 g d'ammonitrate à 34,5 % (3,4 g d'azote),
- 60 g de Patentkali à 30 % de K_2O et 10 % de MgO .

2^e cas : on ne réalise pas de travail sur toute la surface et on plante seulement « au trou ». Deux possibilités peuvent être envisagées :

2a) Enfouir avant plantation 100 à 120 g de phosphate naturel (30 g de P_2O_5) dans chaque trou de plantation. Aucun engrais soluble ne peut être employé de cette façon car il détériorerait le système racinaire.

Cet apport devrait être complété comme ci-dessus par de l'ammonitrate et du Patentkali.

Éventuellement on peut compléter cette première fertilisation par un apport en surface de 200 kg/ha de phosphate naturel ou de « récalcit phosphaté », soit immédiatement, soit dans un délai de quelques années.

2b) Apporter le phosphate naturel en surface après plantation, mais son effet est plus lent ; on n'obtiendra une amélioration de la nutrition et de la croissance qu'un ou deux ans après l'épandage.

2c) Apporter après plantation en surface un engrais soluble fournissant simultanément plusieurs éléments. Malheureusement les engrais complets du commerce ont une teneur en azote du même ordre de grandeur que leur teneur en acide phosphorique, ce qui conduirait, pour apporter la dose suffisante de P_2O_5 , à appliquer à un jeune plant un excès d'azote. Par exemple, avec un engrais dosant 15-20-10 (15 % de N, 20 % de P_2O_5 , 10 % de K_2O), on devrait adopter, pour fournir 25 g de P_2O_5 , une dose de 125 g d'engrais, ce qui est en principe trop (on ne devrait pas dépasser 100 g d'engrais soluble sous peine de provoquer des brûlures de racines) ; l'apport d'azote serait de 19 g par plant ce qui est vraisemblablement excessif pour un jeune plant au système racinaire encore peu développé.

Le phosphate d'ammoniaque, avec un dosage de l'ordre de 15 % d'azote et 45 % de P_2O_5 est vraisemblablement une meilleure solution. On peut envisager une dose de 60 g (27 g de P_2O_5 et 9 g d'azote). On peut compléter cet apport deux ou trois ans après, par 40 g de Patentkali et 100 à 150 g de phosphate naturel.

2d) Une autre formule consisterait à apporter en surface, après plantation, 80 g de superphosphate triple par plant (36 g de P_2O_5) et 100 g de calcaire magnésien. Deux ou trois ans après, on réinterviendrait en apportant 15 g d'ammonitrate et 40 g de sulfate de potassium à 50 %.

Technique et forêt

Il est certain que le coût de telles fertilisations est assez élevé, du fait que plusieurs interventions successives sont nécessaires. Les prix de revient par ha peuvent approximativement être estimés comme suit :

Formule 1 : Apport de phosphate naturel	produit : 320 F
	traitement : 268 F
	total : 588 F
Apport d'ammonitrate	produit : 45 F
	traitement : 760 F
	total : 805 F
Apport de Patentkali	produit : 200 F
	traitement : 760 F
	total : 960 F
Total général _____	2 353 F
Formule 2a : Apport de phosphate naturel	produit : 192 F
	traitement : 1 064 F
	total : 1 256 F
Apport d'ammonitrate	total : 805 F
Apport de Patentkali	total : 960 F
Total général _____	3 021 F
Formule 2d : Apport de superphosphate triple	produit : 224 F
	traitement : 760 F
	total : 984 F
Apport de calcaire magnésien	produit : 100 F
	traitement : 760 F
	total : 860 F
Apport d'ammonitrate	total : 805 F
Apport de sulfate de potassium	produit : 100 F
	traitement : 760 F
	total : 860 F
Total général _____	3 509 F

En résumé, suivant la formule choisie, il faut envisager un coût de 2 500 à 3 500 F/ha, ce qui évidemment est élevé pour des boisements dont la production, à cause des conditions climatiques, restera toujours assez faible.

En fait, dans le cas de tels reboisements, il n'apparaît pas raisonnable de vouloir quantifier une rentabilité économique et la lier à une fertilisation puisque dès le départ, vu les conditions climatiques et pédologiques, la production à escompter de tels boisements sera très faible de l'ordre de quelques m³/ha/an. Ces boisements ont donc davantage la fonction de protection des sols, de création d'une ambiance forestière et il est indispensable de faire ces apports d'engrais pour en hâter la constitution.

L'incorporation de tels coûts (qui peuvent être abaissés au minimum à 600 F/ha pour l'apport de phosphate naturel au labour) doit être incluse dans les frais de reboisement.

Lutte contre la callune

Le dispositif ne s'avère pas bien adapté pour quantifier l'impact du traitement phytocide car la répartition des placettes traitées n'est pas la même de chaque côté de la route où la fertilité est différente.

Les comparaisons de moyennes de hauteurs 1986, sur des échantillons de taille variable sont les suivantes :

	Moyenne générale	T	P	NP	NPK
Ouest traité	444	360	471	495	602 (3 blocs)
Est traité	381	264	437	471	572 (1 bloc)
Ouest non traité	385	215	322	558	370 (1 bloc)
Est non traité	312	256	342	369	434 (2 blocs)
moyenne	381	274	393	473	494

Les données ne sont pas toujours homogènes mais au seuil de 5 % se différencient les modalités traitées ou pas, la partie fertile non traitée se situant au niveau de la partie non fertile traitée.

À la question — Est-il préférable de fertiliser ou de traiter contre la callune ? — toujours avec les réserves précédemment formulées, il apparaît meilleur de fertiliser, ne serait-ce qu'avec du phosphore seul : les gains T non traité - P non traité sont supérieurs aux gains T non traité - T traité.

On rejoint ainsi l'opinion générale selon laquelle la meilleure solution pour éliminer la callune est l'apport de 120 unités d'acide phosphorique à l'ha avant labour (Y. Du Boullay).

Au cas où la callune redeviendrait gênante, le traitement chimique peut cependant être très positif, il est réalisé avec du 2-4 D en pulvérisation dirigée en période de floraison de la callune, par temps calme, à la dose de 4 à 5 000 g/ha d'équivalent acide (Note technique du CEMAGREF n° 53). Le coût d'un tel traitement provient de la main-d'œuvre puisque le produit est très bon marché, il est estimé au total à 1 250 F/ha.

J.-L. GUITTON
 Chef de la Division Techniques forestières
 CEMAGREF - Groupement de Clermont-Ferrand
 Domaine de Laluas
 63200 RIOM

M. BONNEAU, M. ADRIAN, H. FROCHOT
 Laboratoire Sols et Nutrition des Arbres forestiers
 CENTRE DE RECHERCHES FORESTIÈRES (INRA)
 BP 35
 CHAMPENOUX 54280 SEICHAMPS

BIBLIOGRAPHIE

BONNEAU (M.). — Contribution à l'étude de la nutrition et de la fertilisation des plantations d'Épicéas communs dans le Massif Central. — *Annales des Sciences forestières*, vol. 29, n° 1, 1972, pp. 3-34.

BONNEAU (M.). — Fertilisation à la plantation. — *Revue forestière française*, vol. XXXVIII, n° 3 spécial « Production des plants forestiers et plantations », 1986, pp. 293-300.

BONNEAU (M.). — Méthodes d'application des engrais phosphatés pour la fertilisation des plantations. — *La Forêt privée*, mai-juin 1977, n° 115, pp. 59-72.

CEMAGREF, INRA. — Application des traitements par produits chimiques phytocides pour la sylviculture. — 2 fascicules. — Nogent-sur-Vernisson : CEMAGREF, 1987. — 120 p. + 39 fiches (Note technique n° 53).

CHAMPS (Y. de). — Conseils aux reboiseurs du Plateau de Millevaches. — *Informations Forêts*, n° 1, 1980, pp. 31-46.

DU BOULLAY (Y.). — Guide pratique du désherbage et du débroussaillage chimiques. — Paris : Institut pour le Développement forestier, 1987.