RECHERCHE DE LA FERTILISATION OPTIMALE D'UN SOL DE PÉPINIÈRE

G. LÉVY

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

RÉSUMÉ

Cet article rend compte des premiers résultats d'une expérience dont le but est de tester une méthode à objectif double : induire un équilibre favorable entre éléments dans un sol de pépinière et déterminer les exportations optimales de plants de Douglas repiqués.

Cette méthode consiste à apporter au sol des quantités relatives variées de N, P et K. La combinaison qui produira les meilleurs plants permettra sans doute, au bout de quelques cycles, d'établir le meilleur équilibre « de départ » du sol. On pourra alors considérer que les quantités d'éléments prélevés correspondent aux exportations optimales.

Cette méthode a permis, jusqu'à présent, de mettre en évidence dans le sol de notre pépinière une trop faible richesse en P assimilable, ce qui risque d'affecter, en plus de la croissance en pépinière, le démarrage après plantation sur le terrain.

INTRODUCTION

La fertilisation « idéale » d'une pépinière devrait permettre de combiner au mieux une bonne croissance sur place et une bonne reprise après plantation. Il suffirait donc, semble-t-il, d'apporter au sol de la pépinière, au début de chaque cycle (de semis ou de repiquage), les éléments nutritifs compensant à la fois les exportations des plants répondant à ces conditions, et maintenant le potentiel « chimique » du sol dans un équilibre optimum stable.

Cependant, ces exportations « optimales » ne sont pas exactement connues ; de plus, au départ, le sol d'une pépinière n'a pas forcément le meilleur équilibre possible entre éléments nutritifs principaux.

Ainsi avons-nous entamé une expérience dont le but est de tester une méthode à objectif double : induire un équilibre favorable dans un sol de pépinière et déterminer les exportations optimales des plants. Cette méthode consiste à apporter au sol

des quantités relatives variées de N, P et K. La combinaison qui produira les « meilleurs » plants permettra sans doute au bout de quelques cycles d'établir le meilleur équilibre « de départ » du sol. Lorsqu'il en sera ainsi (c'est-à-dire quand un nouvel apport identique n'aura plus d'effet favorable), on pourra considérer que les quantités d'éléments prélevées correspondent aux exportations optimales : il suffira alors simplement de rajouter au début de chaque cycle des engrais couvrant ces exportations.

Nous avons choisi le critère « croissance en hauteur des plants » pour comparer l'effet des différents traitements. Ce choix peut être critiquable : en effet les plants les plus grands ne sont pas forcément les meilleurs. La croissance après installation sur le terrain pourrait constituer un bon test, mais les résultats dépendent sans doute beaucoup des conditions climatiques de l'année de plantation, des propriétés du sol et de la technique de plantation. Nous avons néanmoins l'intention d'effectuer cette étude, complétée par un examen de la faculté de régénération du système racinaire dès que les traitements seront différenciés très nettement les uns des autres (des critères autres que la croissance en hauteur en pépinière seront alors pris en considération). Il faut cependant préciser que le critère « croissance en hauteur » est certainement valable dans de très nombreux cas pour juger de l'effet d'une fertilisation, à condition toutefois que les autres conditions, telles la densité de repiquage et la matière organique du sol, soient constantes et favorables. Plusieurs chercheurs (cités dans BAULE et FRICKER, 1969) ont en effet constaté que les plants dont la croissance, grâce à une meilleure fumure, avait été plus forte en pépinière, ont continué à montrer un meilleur développement après installation en forêt ; une réserve cependant : une fertilisation trop « poussée » en azote a parfois tendance à favoriser la croissance en hauteur, mais les plants sont grêles et le système racinaire mal développé (cela n'a pas été le cas, nous le verrons, dans cette expérience).

On peut par ailleurs se demander si l'apparition de l'équilibre optimal ne risquera pas d'être masquée par l'influence des conditions climatiques variables d'une année à l'autre. Pour éviter de dépasser ainsi involontairement le bon équilibre, on conseillera aux pépiniéristes faisant un petit essai de cette nature sur une faible surface d'attendre par exemple deux cycles avant d'appliquer à l'ensemble de leur pépinière l'équilibre optimum lorsqu'ils penseront l'avoir atteint, afin d'être sûrs de ne pas l'avoir nettement dépassé. Ils pourront cependant très bien commencer à modifier leur fumure dès qu'un traitement se révélera plus favorable que les autres, avant même que l'équilibre ne soit atteint.

Il sera, par ailleurs bon, une fois l'équilibre atteint, de le contrôler de temps en temps par analyses de sol ou d'aiguilles, afin de pouvoir compenser certains légers changements inévitables.

Il s'agit évidemment d'une expérience à long terme. Nous rendons compte ici des résultats des deux premiers cycles de repiquage (de deux ans chacun).

I. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'expérience se déroule à la pépinière du C. N. R. F. en forêt domaniale d'Amance (54) dans deux baches de 30 m² chacune. Le substrat est formé de terre rapportée constituée par un horizon A1 de sol brun acide sableux fin ; il contenait au départ 5,1 p. 100 de matière organique, 0,11 p. 100 de P₂O₅ assimilable et 0,10 m.e. de K⁺ pour 100 g de sol ; le rapport C/N était de 17,3.

Chaque compartiment reçoit au début de chaque cycle de repiquage (de deux ans chacun) un apport de terre de bruyère à 50 p. 100 de matière organique, provenant de Sologne, à raison de 160 kg de matière sèche par are. Cette dose est destinée à compenser la minéralisation de l'humus du substrat que l'on suppose voisine de 2 p. 100 par an.

Les apports de matière organique seront modulés, à terme, sur le taux de minéralisation qui sera effectivement observé. La teneur en matière organique influence certainement la croissance et la reprise ; une valeur de 5 p. 100, retenue dans cette expérience, est jugée satisfaisante.

Les engrais minéraux employés pour les apports de N, P et K sont des ammonitrates à 33,5 p. 100 de N (deux doses annuelles, dont le tiers la 1^{re} année), du superphosphate triple et du sulfate de potassium (un seul apport, un certain temps avant le repiquage). Ces adjonctions sont effectuées sur la base des exportations moyennes d'éléments réalisées lors de l'arrachage des plants repiqués de Douglas (N : 2,4 kg/are, P₂O₅ : 0,70 kg/are, K₂O : 1,04 kg/are).

Sept traitements sont testés. Chacun est représenté par un groupe de 3 nombres dont le 1^{er} se rapporte à N, le second à P, le 3^e à K et qui signifient : 1 = apport égal aux exportations moyennes, 0,5 = apport moitié du précédent, 2 = apport double du premier. Les sept traitements sont les suivants : 1-1-1, 0,5-1-1, 1-0,5-1, 1-1-0,5, 2-1-1, 1-2-1, 1-1-2.

En outre, carbonate de calcium et magnésie calcinée sont apportés (en doses égales) dans tous les compartiments, de façon à éviter l'appauvrissement progressif du sol en Ca et Mg. Des apports différenciés en Ca et Mg auraient pu être également envisagés, mais les conditions matérielles de l'essai ne l'ont pas permis.

Le meilleur des sept traitements testés ne conduira pas forcément vers l'équilibre de « départ » optimal du sol, mais devrait logiquement permettre de s'en rapprocher beaucoup.

L'expérience a débuté au printemps 1969. Nous sommes donc actuellement en possession des résultats des deux premiers cycles de repiquage. Il s'agit uniquement des mesures de croissance en hauteur et des analyses foliaires, les différences entre traitements n'étant pas encore suffisamment marquées pour que l'on décide d'entreprendre des études plus poussées (par exemple une comparaison des facultés de régénération du système racinaire après arrachage).

La provenance des semis 1-0 de Douglas repiqués dans les bâches d'expérience était, pour les deux cycles, respectivement Louella et Darrington.

II. — RÉSULTATS

2. 1. — La croissance en hauteur

Les résultats reproduits au tableau 1 concernent les hauteurs moyennes des plants. Les hauteurs des semis au moment du repiquage étant presque semblables et faibles par rapport aux hauteurs finales, celles-ci représentent valablement la croissance pendant les 2 années ayant suivi le repiquage.

TABLEAU I

Hauteur totale des plants deux ans après le repiquage (cm)

Total height of the plants two years after transplantation (cm)

	1 1-1-1	2 0,5-1-1	3 1-0,5-1	4 1-1-0,5	5 2-1-1	6 1-2-1	7 1-1-2	F	
								Théorique à 1 % et 5 %	Calculé
1 ^{er} cycle	62,2	55,3	53,9	58,4	55,2	58,6	59,5	4,01-2,66	2,12
2 ^e cycle	81,7	78,7	80,3	77,3	76,4	84,8	79,3	4,01-2,66	2,88*

Pour le 2^e cycle, les différences significatives sont les suivantes :

- à 1 p. 100 : 1-2-1 > 2-1-1 et 1-1-0,5
- à 5 p. 100 : 1-2-1 > 0,5-1-1 et 1-1-2
- 1-1-1 > 2-1-1

2. 2. — *La nutrition*

Les résultats des analyses foliaires sont reproduits au tableau 2.

TABLEAU 2

Analyses foliaires à la fin des deux cycles
Foliar analysis at the end of the two cycles

	1 ^{er} cycle				2 ^e cycle			
	N (%)	P (%)	K (%)	N/P	N (%)	P (%)	K (%)	N/P
1 1-1-1	2,13	0,19	0,84	11	1,69	0,13	0,58	13
2 0,5-1-1	1,90	0,23	0,83	8	1,62	0,13	0,59	12
3 1-0,5-1	2,09	0,21	0,80	10	1,69	0,12	0,58	14
4 1-1-0,5	2,25	0,20	0,76	11	1,67	0,13	0,58	13
5 2-1-1	2,76	0,17	0,68	16	1,90	0,12	0,54	16
6 1-2-1	2,28	0,23	0,80	10	1,83	0,13	0,56	14
7 1-1-2	2,25	0,21	0,80	11	1,65	0,13	0,67	13

III. — DISCUSSIONS ET COMMENTAIRES

Les différences de croissance entre traitements ne sont pas très marquées. Cela s'explique aisément : les teneurs des sols en éléments nutritifs au départ (avant les apports) sont identiques (1^{er} cycle) ou encore assez voisines (2^e cycle). Pour cette même raison, les résultats du second cycle sont les plus intéressants, compte tenu des objectifs de l'expérience.

La valeur de F pour le 1^{er} cycle est inférieure au seuil de signification à 5 p. 100, mais n'en est pas très éloignée ; aussi n'est-il pas sans intérêt de prendre en considération les résultats de ce 1^{er} cycle, mais avec prudence (le calcul des différences significatives donne : 1-1-1 > 1-0,5-1, 2-1-1 et 0,5-1-1).

Les résultats des mesures de croissance des 2 cycles sont assez concordants. Il apparaît que :

- 1-1-1, relativement favorable dans les 2 cycles, semble cependant dépassé par 1-2-1 lors du 2^e cycle ; mais cette tendance sera-t-elle confirmée lors des cycles suivants ?
- la croissance n'est jamais parmi les meilleures, elle est même souvent relativement faible, lorsque l'apport est inférieur aux exportations pour l'un des trois éléments : au départ, le sol de la pépinière n'est certainement pas trop riche, au contraire.
- un apport élevé de N (double des exportations) par rapport aux autres éléments (2-1-1) est néfaste.
- par contre un apport élevé de K n'est pas défavorable, alors qu'une dose de P double de la quantité exportée a peut-être un effet positif sur la croissance.

L'examen des compositions foliaires permet-il d'expliquer ces résultats ? Il s'en dégage les points suivants :

— les concentrations foliaires en N , P , K varient beaucoup d'un cycle à l'autre. La différence de provenances des graines de Douglas, ainsi que les variations climatiques, en constituent sans doute l'explication, au moins partielle.

— les différences d'apport de N entre traitements se répercutent nettement sur la concentration foliaire en cet élément. Cela semble être nettement moins le cas pour les deux autres éléments étudiés ; peut-être les apports effectués jusqu'à présent (un apport au début de chaque cycle) n'ont-ils encore guère fait évoluer le stock du sol en P et K assimilable.

— pour le 1^{er} cycle, c'est au traitement 2-1-1 que correspond la plus faible concentration foliaire en P , sensiblement plus faible notamment que pour 1-0,5-1. Cela suggère l'existence d'un antagonisme exercé par N à l'encontre de P au niveau de l'absorption ; cette hypothèse semble confirmée par la forte concentration foliaire en P du traitement 0,5-1-1. Les teneurs foliaires en P pour les traitements du 2^e cycle sont par contre très semblables.

— une conséquence de ces phénomènes est la valeur importante du rapport N/P pour le traitement 2-1-1 : il est égal à 16, dans les 2 cycles, et il est nettement le plus élevé parmi l'ensemble des traitements.

— par contre, il semble que la fertilisation en P favorise l'absorption de N .

L'examen de la composition foliaire n'éclaire donc que partiellement les résultats des mesures de la croissance aérienne des plants. Il laisse supposer qu'un apport d'azote minéral correspondant à la moitié des exportations en cet élément est insuffisant, malgré une incorporation de matière organique destinée à compenser plus ou moins la minéralisation de l'humus du sol de pépinière ; c'est probablement uniquement la quantité d'azote minéral qui se trouve concernée. Par ailleurs un apport

trop important d'azote nuit également à la croissance en hauteur des Douglas, mais il s'agit probablement là d'un phénomène faisant intervenir également le phosphore : soit antagonisme en défaveur de P au niveau de l'absorption, soit mauvais équilibre interne entre les deux éléments ; les deux processus coexistent peut-être. En définitive, il semblerait que le stock de départ du sol en P assimilable soit trop faible.

CONCLUSION

Les deux premiers cycles ont fourni des résultats encourageants. Il semble en effet que la méthode utilisée, consistant à tester des fertilisations déséquilibrées, ait permis de mettre en évidence dans le sol de notre pépinière une trop faible richesse initiale en phosphore assimilable. Ce résultat nous autorise à penser que le critère choisi de comparaison entre traitements (la croissance en hauteur) était valable : en effet, en plus de la croissance en pépinière, cette déficience en phosphore risque d'affecter la reprise après plantation en forêt, en particulier en période de sécheresse relative, ce qui s'est vraisemblablement produit dans un essai antérieur (LEROY, LÉVY et STRULLU, 1973) ; de plus la fumure « poussée » en azote s'est avérée pratiquement la plus mauvaise de toutes, ce qui supprime le danger que représenterait le choix d'un équilibre risquant de défavoriser la reprise.

L'avenir montrera si les effets constatés se confirment et aussi à quel point la sur-fertilisation en phosphore sera favorable à la croissance en pépinière et à la reprise après plantation, et à partir de quelle teneur du sol elle devient défavorable. Il sera alors possible de chiffrer les exportations optimales, ce qui permettra d'ouvrir des perspectives pour d'autres types de sol.

Reçu pour publication en mai 1975.

SUMMARY

DETERMINATION OF THE BEST FERTILISATION OF A NURSERY SOIL

This paper gives the first results of an experiment designed to determine the optimal balance of nutrients in a nursery soil and the optimal exportation of Douglas-fir plants.

This method consists of bringing to the soil various relative quantities of N, P and K. The combination producing the best plants will probably permit, after several transplanting cycles, to know the best balance of nutrients in the soil. We shall then consider that the amounts of N, P and K absorbed by the plants are optimal.

Till now, this experiment showed that phosphorus content in our nursery soil is too low, which could be had not only for the growth of plants in nursery, but for their growth after planting in forest too.

ZUSAMMENFASSUNG

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DAS DÜNGEROPTIMUM IN PFLANZGÄRTEN

Die vorliegende Arbeit berichtet über die ersten Ergebnisse einer Versuchs zur Ausarbeitung einer Düngemethode für Douglasienpflanzgärten, wobei einerseits ein günstiges Gleichgewicht an Mineralnährstoffen im Boden erreicht werden soll und andererseits soll die optimale Nährstoffexportation von verschulten Douglasien bestimmt werden.

Bei dieser Methode werden verschiedene Kombinationen von N, P u. K in den Boden eingebracht. Es wird sodann angenommen, dass die Düngerkombination welche die besten Pflanzen erbringt, zweifelsohne nach einigen Zyklen auch das beste « Ausgangsgleichgewicht » darstellt. Man kann sodann annehmen, dass die « exportierten » Nährstoffmengen ein Optimum darstellen.

Als erstes Ergebnis dieser Methode konnte gezeigt werden, dass der untersuchte Pflanzgartenboden einen zu geringen Gehalt an aufnehmbaren Phosphor aufweist. Dieser P-Mangel dürfte nicht nur das Wachstum im Pflanzgarten beeinflussen, sondern könnte auch den Anwuchserfolg beeinträchtigen.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAULE H., FRICKER C., 1969. La fertilisation des arbres forestiers. *Verlagsgesellschaft mbH, München*, 256 p.
- BENZIAN B., 1965. Experiments on nutrition problems in forest nurseries. 2 vol. *Bull. Forestry Comm. London*, **37**, 251-265 p.
- BENZIAN B., 1966. Manuring young conifers : experiments in some english nurseries. *Fertilizer Society Proceedings*, **94**, 3-37.
- LEROY Ph., LEVY G., STRULU D G., 1973. Action de la matière organique et des engrais minéraux en pépinière sur la croissance et les caractères foliaires du Douglas. *Ann. Sci. forest.*, **30** (4), 393-412.
- VAN DEN DRIESSCHE R., 1967. A comparison of responses of Douglas-fir and Sitka spruce to different nitrogen, phosphorus and potassium levels in sand culture. *Canad. J. Bot.*, **46**, 531-537.
-