

MISE EN EVIDENCE D'UN EFFET INHIBITEUR DES RACINES
DE *TERMINALIA IVORENSIS* SUR LE DEVELOPPEMENT DE
JEUNES PLANTS DE LA FAMILLE DES COMBRETACEES

DIDIER DE SAINT AMAND J.
LABORATOIRE DE BOTANIQUE
ORSTOM - BP V 51
ABIDJAN - COTE D'IVOIRE

MALLET B.
DIVISION DE PHYTOPATHOLOGIE
CTFT - 08 BP 33
ABIDJAN 08 - COTE D'IVOIRE

R E S U M E

Dans le cadre de l'étude du comportement de *Terminalia ivorensis* en peuplement pur à forte densité, des recherches sur les relations entre la croissance et l'évolution de la litière et des racines en décomposition dans le sol ont été entreprises.

Trois essais ont été réalisés en faisant croître de jeunes plants de *Terminalia ivorensis* et *Terminalia superba* sur sol enrichi en feuilles ou racines de ces deux espèces.

Des mesures de croissance, de biomasse et de composition minérale des plants et du sol ont été effectuées.

Les résultats ont montré un effet très bénéfique sur la croissance de l'apport de feuilles, quelle qu'en soit l'espèce.

Par contre les racines de *Terminalia ivorensis* ont entraîné une inhibition du développement, se traduisant au niveau du sol par un blocage de la minéralisation de l'azote.

S U M M A R Y

Research about the influence of the evolution of litter and decaying roots in the soil on growth of young threes has been initiated in relation with studies on growth of *Terminalia ivorensis* in high density monospecific plantations.

Three trials has been set up by growing seedlings of *Terminalia ivorensis* and *Terminalia superba* on soil mixed with litter or roots of those species.

Measurements of growth, biomass and mineral composition of tree and soil had been carried out.

The results point out a favourable effect of litter on growth ; but on the other hand, roots of *Terminalia ivorensis* mixed with ground reduce heavily the growth of young trees, and induce an inhibition of nitrogen mineralisation in soil.

O. R. S. I. O. M. Fonds Documentaire

N° : 16447, ex 1

191

Cote : B

INTRODUCTION

Le Framiré, *Terminalia ivorensis*, est un arbre indigène de Côte d'Ivoire utilisé comme essence de reboisement sur plus de 5.00 ha.

Des phénomènes d'arrêts de croissance, suivis de dépérissement ont été observés dans certaines parcelles en peuplement pur à très forte densité, âgées de plus de vingt ans.

L'étude pathologique et entomologique de ce problème n'a pas mis en évidence d'agent causal primaire, aussi une approche physiologique a-t-elle été envisagée, parallèlement aux études sylvicoles.

Des travaux antérieurs (Bernhard-Reversat, 1975) avaient fait ressortir une action perturbatrice de la litière de Framiré sur la minéralisation de l'azote dans le sol : la litière, riche en phénols, pourrait entraîner en se combinant avec des éléments argileux du sol, la formation de composés insolubles qui, en immobilisant l'azote dans le sol, induiraient une mauvaise alimentation des arbres, en créant une carence.

Cette hypothèse, émise avec prudence, nous a cependant paru suffisamment intéressante pour servir de point de départ à une expérimentation plus poussée, visant à étudier comment des extraits de litières ou de racines de Framiré pourraient agir sur la croissance et la nutrition minérale de jeunes plants de même espèce.

1ère PARTIE - Différenciation des effets d'une addition au milieu de culture, de litières et racines de *Terminalia ivorensis*, sur le comportement de jeunes plants de cette espèce.

Cette première expérimentation a pour but de vérifier l'hypothèse d'action sur la minéralisation de l'azote d'extraits aqueux et de broyats de litière et racines de Framiré et d'essayer de différencier l'action de leurs fractions hydro et non hydrosolubles, sur la croissance et la composition minérale de jeunes plants et sur la composition organo-minérale du substrat ainsi enrichi.

Dispositif expérimental et traitements

De jeunes plants de Framiré sont cultivés en pots de polyéthylène d'une capacité de 20 kg environ de terre et soumis aux traitements suivants, selon un dispositif randomisé à 10 répétitions :

- T sol local de type sable tertiaire de basse Côte d'Ivoire
- L sol recevant des arrosages d'extraits aqueux de litières
- R sol recevant des arrosages d'extraits aqueux de racines
- RL sol mélangé aux résidus broyés de litières (4 kg/pot)
- RR sol mélangé aux résidus broyés de racines (4 kg/pot)

(Les arrosages représentent au total 4 litres d'extraits aqueux à 500 g/l de matériel végétal frais échelonné sur 8 semaines).

Echantillonnage et Analyses

Après 7 mois de culture les plants sont récoltés, leur biomasse respective est évaluée en différenciant feuilles, tiges et racines. Un échantillon de chaque élément est effectué en vue de son analyse minérale. Le sol des pots est également prélevé pour être analysé.

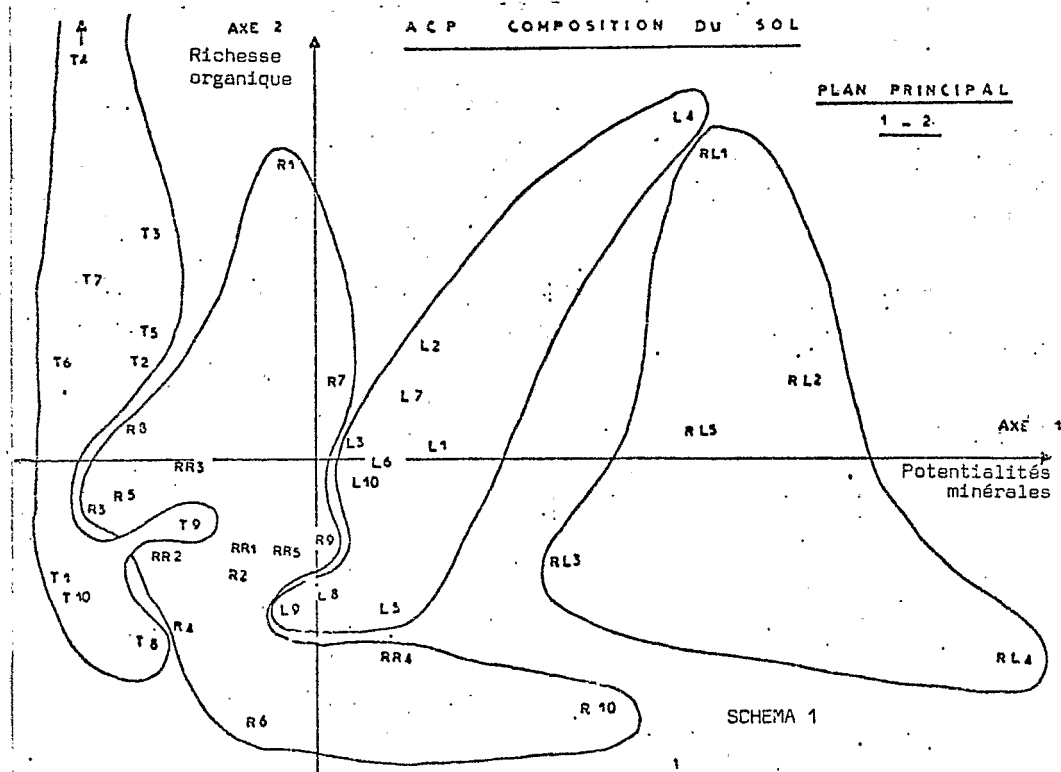
Le grand nombre de mesures ainsi obtenu (40 variables par individu) a nécessité le recours aux traitements des données par analyse en composantes principales et analyse discriminante.

Résultats essentiels

L'analyse de variance des données pondérales indique un effet significatif de l'augmentation de la biomasse dans le cas des traitements par extraits aqueux sans distinction de leur nature. Cependant, l'ensemble des données traitées par analyses en composantes principales (ACP) et par analyses discriminantes progressives ont permis la mise en évidence d'une différenciation marquée entre les effets induits d'une part par les éléments racinaires (extraits aqueux ou résidus) et d'autre part par les éléments foliaires (extraits aqueux ou résidus) incorporés au substrat de culture. Cette partition est plus ou moins apparente selon la nature des diverses fractions soumises aux analyses c'est-à-dire : feuilles, racines, sol.

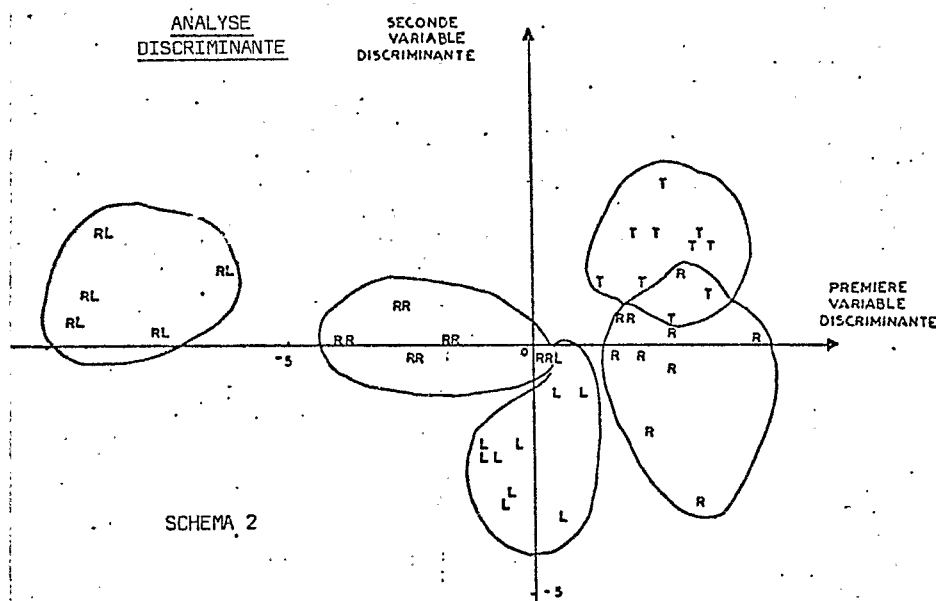
Sur les feuilles les résultats font apparaître une forte variabilité intratraitement, ce qui ne permet pas de caractériser valablement un effet-traitement.

Sur les racines, l'ACP fait ressortir une réduction de la biomasse racinaire pour les traitements par résidus, et une réduction de la concentration des tissus en cations et azote total pour les traitements par résidus racinaires.



Elle fait apparaître une ségrégation des traitements en particulier en ce qui concerne les potentialités minérales du milieu, comme le représente le schéma 1. Il apparaît, au niveau du sol, une séquence "effet Racines" et une séquence "effet Litières" qui discriminent, d'une part des sols dont les qualités nutritionnelles organo-minérales sont relativement faibles et s'apparentent aux caractéristiques du sol témoin, et d'autre part des sols dont les potentialités organo-minérales sont fortement améliorées par l'addition des substances hydro ou non hydrosolubles des litières, par rapport au sol témoin.

Enfin, une analyse discriminante progressive a été effectuée sur 29 variables caractéristiques choisies d'après leur pouvoir discriminant.



Elle confirme que les variables les plus sensibles aux traitements correspondent à la composition organique et minérale du substrat, à la biomasse racinaire des plants liée à leur teneur en azote, et surtout au taux de minéralisation de l'azote dans le sol.

L'évaluation de l'exportation minérale globale des plantes a montré que celle-ci est plus importante chez les Framirés ayant poussé sur les milieux "Litières" que chez ceux cultivés sur les milieux "Racines".

Enfin, les déterminations d'Azote minéralisable, ont montré que les traitements par extraits aqueux favorisent la minéralisation nitrique et ammoniacale tandis que les traitements par résidus racinaires entraînent une minéralisation à 99% sous forme ammoniacale. Ce blocage du cycle de la minéralisation apparaît comme caractéristique du substrat sol-racines.

2ème PARTIE - Addition au sol de broyats racinaires de Framirés de provenances diverses et de broyats de litières de Framiré et de Dabema (*Piptadeniastrum africanum*)
Etude de l'influence de ces traitements sur le comportement de jeunes Framirés.

La deuxième partie de cette étude a pour objet de vérifier et d'évaluer de façon plus étendue dans le temps, les effets respectifs d'une addition au sol de broyats foliaires et racinaires, sans en discriminer les produits hydro et non hydrosolubles puisque la première expérience a mis l'accent sur l'importance prédominante de la "nature" des tissus. Une espèce autre que le Framiré, le Dabema (*Piptadeniastrum africanum*) a

fourni un nouveau broyat de litières ce qui permettra de comparer son effet à celui de *Terminalia ivorensis*. Les broyats racinaires apportés ici sont originaires de forêt naturelle ou de plantations diverses d'état sanitaire plus ou moins satisfaisant. Dans ce deuxième volet de l'étude, l'accent est mis plus particulièrement sur la croissance des plants ; le développement de leur biomasse, et les modalités de la minéralisation de l'azote en fonction des traitements.

Dispositif expérimental et traitements

Les plants de Framirés sont disposés dans des sacs de polyéthylène de 100 kg environ de capacité, selon un dispositif randomisé comportant 7 traitements et 12 répétitions. Les traitements sont les suivants :

- A. Témoin - sol local de type sable tertiaire de basse Côte d'Ivoire,
- B. Mélange sol-broyats de feuilles de Framirés provenant de forêt naturelle,
- C. Mélange sol-broyats de feuilles de Framirés provenant de plantation,
- D. Mélange sol-broyats de feuilles de Dabema provenant de forêt naturelle,
- E. Mélange sol-broyats racinaires de Framirés provenant de forêt naturelle,
- F. Mélange sol-broyats racinaires de Framirés provenant d'une plantation saine,
- G. Mélange sol-broyats racinaires de Framirés provenant d'une plantation en mauvais état sanitaire.

Les broyats interviennent à raison de 18 kg en poids frais par pot.

Mesures et échantillonnages

L'expérimentation s'est poursuivie pendant 21 mois, au cours desquels des mesures de hauteur des plants et de circonférences des troncs ont été régulièrement relevées, parallèlement aux contrôles d'état sanitaire. Des prélèvements de sols ont été effectués à diverses étapes afin de suivre la minéralisation de l'azote. Enfin, à la récolte, la biomasse des plants a été estimée et un échantillon de racines a été prélevé en vue d'analyses minérales.

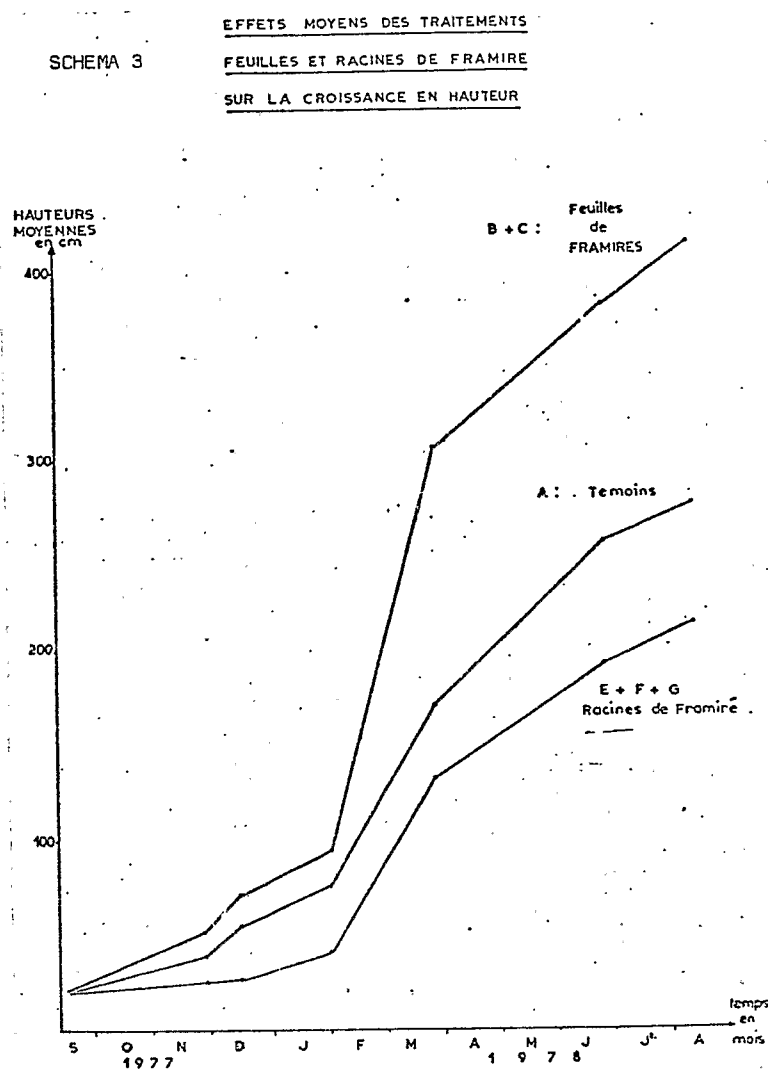
Résultats essentiels

- Croissance en hauteur

Au cours des trois premiers mois la comparaison des moyennes des mesures fait apparaître des différences très significatives: les plants traités par les broyats de litières dans leur ensemble présentent une hauteur supérieure de 30% par rapport à celle des témoins tandis que les plants traités par les broyats racinaires de quelque origine que ce soit, ont une hauteur inférieure de 32% par rapport à celle des témoins.

Au cours des mois suivants, les différences continuent à être hautement significatives et la détermination, non plus de la hauteur, mais de l'accroissement courant des plants, fait apparaître un blocage quasi-total de ceux poussant sur les mélanges sol-racines.

Afin d'éliminer l'éventuelle erreur que pourrait entraîner la hauteur initiale des plants, une analyse de covariance a été effectuée en ramenant les mesures à une hauteur théorique initiale égale des plants.



Les résultats de cette analyse confirment l'effet significatif des traitements jusqu'au dixième mois de la croissance. A partir de cette époque, l'effet tend à se dissiper. Sur les traitements par broyats de feuilles, il n'apparaît aucune différence entre Dabema et Framiré. De même, l'origine des racines de Framiré qu'elles viennent de plantations saines ou dépérissantes n'est pas discriminante pour les effets dus à ce traitement.

Les mesures de la circonférence des troncs confirment le classement des traitements observé pour la hauteur, ces deux caractéristiques de croissance étant physiologiquement liées.

- Mesure de la biomasse

La biomasse a été évaluée à l'issue de l'expérience et elle confirme largement les résultats de l'étude des variables de croissance. Ainsi pour une biomasse totale moyenne des témoins de 8,5 kg de matière fraîche on obtient un poids moyen de 17 kg pour les plants traités par broyats de litières, soit le double de la biomasse-témoin, et un poids moyen de 4,5 kg pour les plants traités par broyats racinaires soit la moitié environ de la biomasse-témoin. C'est au niveau des tiges et des racines plus qu'à celui de la masse foliaire que les différences de poids interviennent. Le système racinaire apparaît fortement modifié, avec des pivots plus faibles et un chevelu moins dense, pour les Framirés cultivés sur mélange sol-broyats racinaires.

- Effet des traitements sur la composition du sol

L'apport végétal au sol a fortement modifié les potentialités du milieu de culture. Il est évident que les litières sont plus abondamment pourvues en matières minérales que les racines et, en outre, compte tenu de la nature et des différences de structure des tissus, la minéralisation de ces éléments se réalise plus rapidement pour les litières que pour les racines. Mais la déficience de croissance des Framirés poussant sur mélange sol-racines est tout à fait indépendante de ces considérations car les analyses des éléments échangeables du complexe absorbant font apparaître des teneurs finales excédentaires par rapport aux témoins. La somme des bases échangeables est loin d'être un facteur limitant pour la nutrition minérale dans le cas de ces traitements.

La minéralisation de l'azote dans le sol se traduit par un indice de minéralisation d'après la formule

$$I_m = \frac{NO_3 \text{ Final} - NO_3 \text{ initial} + NH_4^+ \text{ Final} - NH_4^+ \text{ initial} \times 100}{N \text{ total}}$$

Les formes d'azote minéralisables sont dosées avant et après incubation de 1 mois du sol, dans les conditions optima. On observe ici que les mesures sont toutes positives - pour les deux formes nitrique et ammoniacale - dans les pots traités par les broyats foliaires, alors que la minéralisation apparaît pratiquement nulle dans les pots traités par broyats racinaires. Cette inhibition est donc caractéristique de ce milieu. Par contre, on ne note aucun effet apparent des traitements sur les teneurs en phosphore assimilable.

En ce qui concerne la matière organique et notamment l'estimation du rapport C/N on note une dominante d'Azote dans les milieux sol-litières, et une dominante de Carbone dans les milieux sol-racines, ce qui peut caractériser le niveau d'évolution dans ces substrats.

Les teneurs en éléments minéraux de la matière végétale sèche n'ont montré des différences dues aux traitements que pour K et Ca. Il est ainsi apparu intéressant de dresser le bilan des exportations minérales globales par plante et par pot. On observe ainsi que des Framirés traités par broyats de litières exportent, par rapport aux témoins 35% de plus de Potassium, 75% de Calcium et 87% de Magnésium. Au contraire les plants cultivés sur substrat sol-broyats racinaires ont des exportations inférieures à celles des témoins, de 59% pour l'Azote, 59% également pour le Phosphore, 56% pour le Potassium, 50% pour le Calcium et 45% pour le Magnésium. Il apparaît ainsi une très nette sous utilisation du potentiel minéral par les Framirés poussant sur mélange sol-racines.

Un "coefficient d'utilisation" des éléments minéraux a été calculé pour chaque pot : on voit alors que sur les milieux sol-racines l'azote par exemple, n'est utilisé que pour 10% des potentialités totales du milieu, contre 25% sur les milieux sol-litières. Pour le Calcium l'utilisation est de 10% également, dans les premiers milieux cités contre 40% dans les seconds. Ces observations emmènent dans leur ensemble à la conclusion d'une perturbation alimentaire des plants entraînant leur croissance défectueuse sur milieux sols-racines,

avec une mention particulière pour la mauvaise minéralisation de l'Azote, tandis que les broyats foliaires, agissant en "engrais verts" favorisent nettement le développement des plants.

3ème PARTIE - Mise en évidence de la spécificité de la toxicité racinaire des *Terminalia ivorensis*.

Les résultats précédents imposaient de vérifier si cet effet toxique était spécifique ou non des racines de Framirés, et s'il pourrait agir sur la croissance d'autres essences que le Framiré. C'est dans cet esprit qu'a été réalisé le troisième volet de cette étude. Le Framiré et le Fraké (*Terminalia superba*) espèces voisines de la famille des Combretacées ont été choisis pour contrôler leur comportement sur des milieux faisant intervenir des broyats racinaires de Framirés, de Frakés et d'un mélange composé de racines d'une vingtaine d'espèces forestières diverses. Cette expérience confirmera avec netteté que la toxicité observée est bien spécifique des racines de Framirés.

Dispositif expérimental et traitements

Les deux espèces étudiées sont soumises à 4 traitements

- T Sol témoin de type sable tertiaire de basse Côte d'Ivoire,
- FK Mélange sol + broyats racinaires de Frakés,
- FM Mélange sol + broyats racinaires de Framirés,
- FO Mélange sol + broyats racinaires forestiers divers.

Il s'agit d'un plan randomisé à 3 répétitions.

Chaque pot porte 4 plantules.

Le mélange représente 8 kg environ de broyats sur les 40 premiers centimètres de sol. Les pots contiennent 100 kg de sol environ en tout.

Mesures - Echantillonnages

Tout au long de l'essai poursuivi sur 10 mois, des observations hebdomadaires ont été faites pour la hauteur des plants, leur nombre total de feuilles, les dimensions des quatre plus grandes feuilles, soit un total de près de 9.000 mesures. En cours d'expérience, deux dosages d'Azote minéralisable ont été réalisés. A la fin de l'essai, la biomasse des plants a été estimée et un échantillon de racines a été relevé en vue d'analyses minérales.

Résultats essentiels

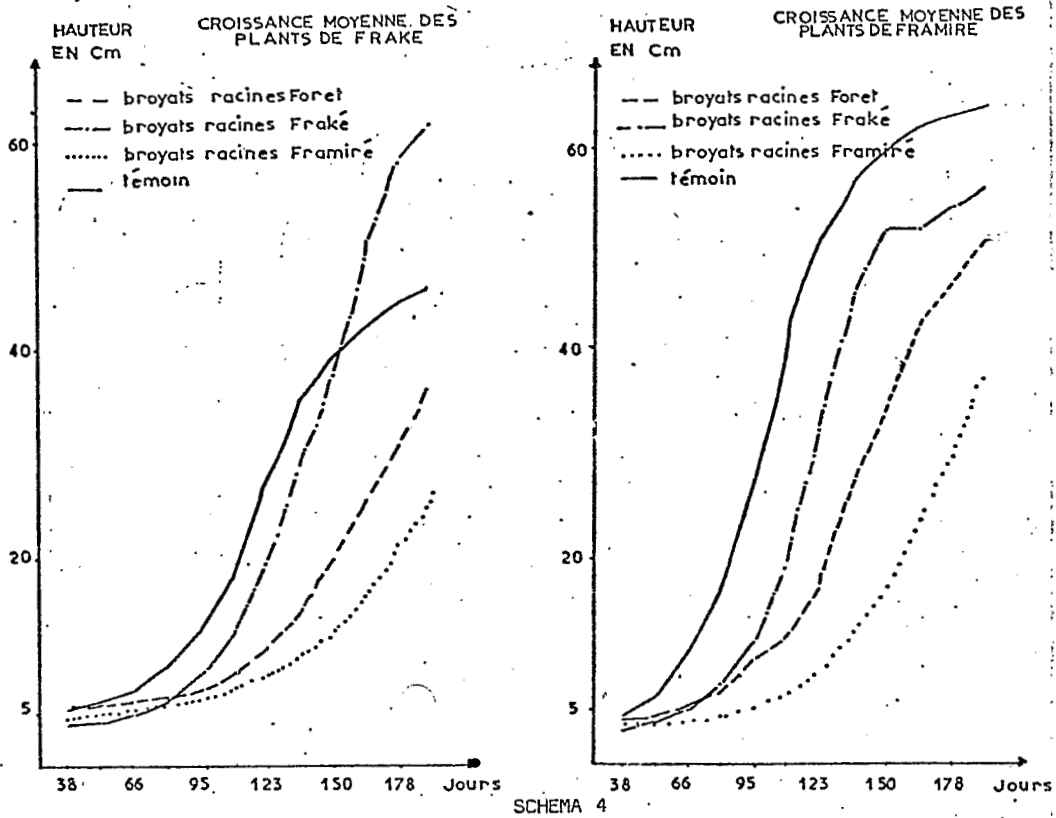
- Croissance en hauteur des plants

Qu'il s'agisse des Framirés ou des Frakés, on constate nettement l'effet dépressif des traitements par broyats racinaires de Framirés sur la croissance des jeunes plants. Le "démarrage" des plantules s'opère avec beaucoup de retard, par rapport à celui des trois autres traitements. L'accroissement courant moyen des plants calculé en cm/jour confirme cette absence de croissance sur près de 3 mois.

- Développement foliaire

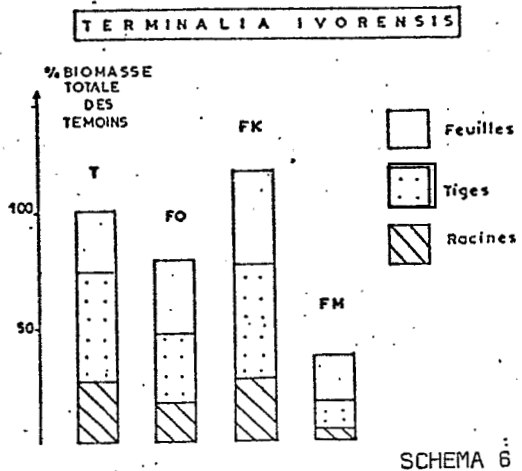
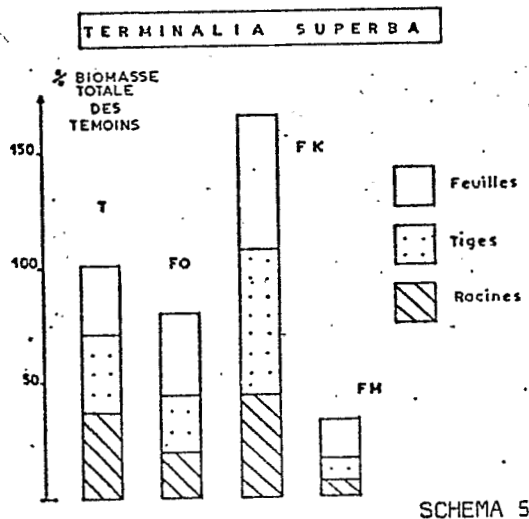
La foliaison des plants est en relation avec leur déve-

l'oppolement, ainsi observe-t-on des résultats analogues à ceux de la croissance, avec un très fort retard pour les plants (Frakés comme Framirés) poussant sur le mélange sol-racines de Framirés : après 5 mois de croissance, ils n'ont que le quart des feuilles des témoins, et leur hauteur est significativement réduite (-30%).



- Biomasse

A l'issus de l'expérience, sur chacun des milieux, des différences très nettes sont observées : La biomasse totale des Frakés comme celle des Framirés ayant poussé sur sol enrichi en racines de Framirés repré-

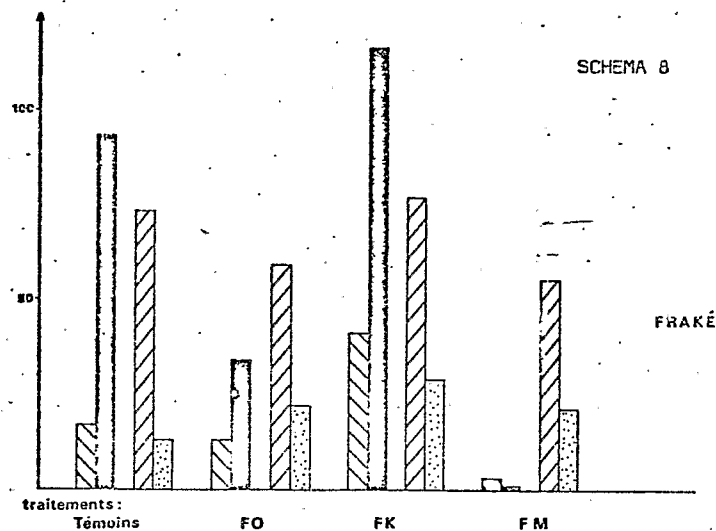
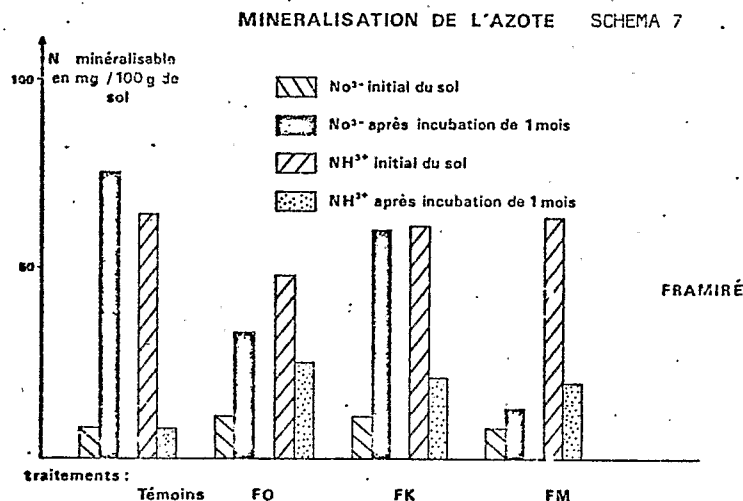


sente le tiers de celle des témoins correspondants, et leur biomasse ligneuse (Racines + Tiges) le quart seulement, différences statistiquement très significatives.

. Les plants ayant poussé sur un sol enrichi du mélange de racines de forêt ont une biomasse égale à 78% de celle des témoins, non statistiquement différente.

. Enfin, les plants ayant poussé sur un sol enrichi en racines de Frakés ont une biomasse supérieure à celle de témoins, de 16% pour les Framirés (différence non significative), et de 63% pour les Frakés (différence très significative).

- Azote minéralisable



La minéralisation de l'Azote a été évaluée en cours et en fin d'expérience. A la première analyse, il apparaît que la formation des nitrates, après incubation de un mois du sol en conditions optima, est nulle sur les échantillons de sol-broyats racinaires de Framirés alors qu'elle est positive pour les trois autres traitements. L'indice de minéralisation est de 0,29 pour le traitement FK, 0,25 pour les témoins, 0,20 pour FO et 0 pour FM. On a donc dans ce dernier milieu une perturbation caractéristique de l'alimentation azotée des plantes. A la deuxième analyse, en fin d'expérience, les résultats tendent vers une homogénéisation des valeurs par suite

du lessivage des milieux opéré par les multiples arrosages, et par l'atténuation de l'effet toxique qui en résulte. Ce phénomène a pu être contrôlé en replantant après la récolte, une nouvelle série de plantules. On constate alors que les milieux comportant les broyats racinaires de Framirés ne sont plus toxiques, par suite de leur lessivage et on assiste en quelque sorte à une "inversion" de la croissance des plants.

Sur ces milieux, les aptitudes minérales du sol non exploitées pendant la première partie de l'expérience, permettent un meilleur développement de cette deuxième génération

de plantes, alors que les autres milieux, dont l'épuisement minéral a été à peu près total, entraînent un développement plus réduit.

CONCLUSIONS

Ces observations ont permis de mettre en évidence l'existence et la spécificité d'une toxicité des racines de Framirés en décomposition dans le sol.

Dans un premier temps, l'utilisation de l'analyse mathématique multivariante a fait ressortir une différenciation des effets de l'apport au sol d'extraits hydrosolubles ou non, de racines et de feuilles de Framirés, sur les aptitudes organominérales du substrat auxquels ils étaient ajoutés et sur la composition des plants élevés sur ces substrats.

Dans un deuxième temps, l'effet toxique de l'apport au sol de racines de Framirés, qu'elle qu'en soit l'origine, a été nettement confirmé. Il entraîne un blocage, puis un ralentissement de la croissance des plants conduisant après 20 mois à une biomasse inférieure de moitié à celle des témoins.

Au niveau du sol, cet effet se traduit par un blocage de la minéralisation de l'azote.

Par contre, l'apport de broyats foliaires de Framirés, comme de Dabema, agit comme un "engrais vert" en dynamisant la croissance des plants qui produisent une biomasse double de celle des témoins.

Enfin dans un troisième temps, l'étude des effets comparés des broyats de racines de Framirés, de Frakés et d'un mélange de racines d'espèces forestières diverses a permis de démontrer que cet effet dépressif sur la croissance des plants comme sur la minéralisation de l'azote était spécifique des racines du Framiré (*Terminalia ivorensis*).

BIBLIOGRAPHIE

- BERNHARD-REVERSAT, F., 1975 - Recherches sur les cycles biogéochimiques des éléments minéraux majeurs en milieu forestier subéquatorial. Thèse Doct. ORSTOM. Paris 1.
- BRUNCK, F., MALAGNOUX, M., 1976 - Note sur le dépérissement du Framiré (*Terminalia ivorensis*) en Côte d'Ivoire. Ses relations avec la nutrition minérale des plants. Multigr., CTFT, Nogent sur Marne.
- CAILLET-PAGES, 1976 - Introduction à l'analyse des données. SMASH.
- DIDIER DE SAINT AMAND, J., MALLET, B., 1979 - Etude par analyses en composantes principales de l'action d'extraits aqueux et de résidus de litières et racines de Framirés sur la croissance et la composition minérale de jeunes plants de cette espèce. Multigr. ORSTOM Adiopodoumé - CTFT Côte d'Ivoire.
- DIDIER DE SAINT AMAND, J., MALLET, B., 1980 - Etude comparative des effets d'une addition au sol de broyats de litières et de racines sur le comportement de jeunes Framirés. Multigr. ORSTOM Adiopodoumé - CTFT Côte d'Ivoire.

DIDIER DE SAINT AMAND, J., MALLET, B., 1981 - Mise en évidence de la spécificité de l'effet inhibiteur des racines de Framirés sur la croissance de jeunes plants de Frakés et Framirés. Multigr. ORSTOM Adiopodoumé - CTFT Côte d'Ivoire.

RHAM (P. de), 1971 - Recherches sur la minéralisation de l'azote dans les sols de Lamto (Côte d'Ivoire). Rev. Eco. Bio. Sols, 10, 169-196.