

**QUELQUES OBSERVATIONS SUR L'EFFET ALLELOPATHIQUE  
DES EUCALYPTUS PLANTES AU CONGO**

**F. BERNHARD - REVERSAT**

**ORSTOM  
POINTE -NOIRE**

## 1. INTRODUCTION

Le phénomène d'allelopathie est connu en foresterie (FISHER, 1980) et de nombreux cas ont été mis en évidence sur les plantes ligneuses. Le rôle de l'allélopathie dans les processus de succession a été étudié en milieu tempéré, en particulier par LODHI (1976, 1978) et RICE (1977), et également en forêt tropicale (McKEY et al. 1978, CHANDLER et al. 1982).

Les mécanismes en jeu ont fait l'objet d'investigations nombreuses, et diverses substances toxiques ont été isolées, particulièrement des produits phénoliques et des tannins, ainsi que des flavones et des terpènes (KELSEY et al. 1978, LODHI 1976 1979, LEATHER et al. 1985). Toutefois de JONG et al. (1985) mettent en cause l'immobilisation des éléments minéraux par la microflore décomposant les litières pour expliquer des processus d'inhibition.

Les plantations d'Eucalyptus faites en dehors de leur aire géographique d'origine se caractérisent souvent par le faible développement de la végétation de sous-bois, en particulier herbacée, dès que la plantation a atteint un certain âge, variable selon la région.

Aux Etats-Unis, Del MORAL et al. (1936 a, b) ont étudié en zone sèche des plantations d'Eucalyptus camaldulensis et d'E. globulus. Ils ont montré que la première espèce contenait des substances toxiques volatiles (terpènes) et hydrosolubles (acides phénoliques), et que des terpènes toxiques étaient fixés sur les colloïdes du sol. Ils ont observé que l'égouttement des condensations de brouillards sur E. globulus suffisait à provoquer un effet allelopathique.

Au Congo, dans la région de Pointe-Noire, deux hybrides sont utilisés en plantations sur des sols de savane. La végétation

herbacée en sous-bois devient très clairsemée après deux ou trois ans. Il était intéressant de vérifier l'existence de substances allélopathiques par des tests biologiques en laboratoire.

## 2. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Matériel végétal

Sur les collines sableuses de la région de Pointe-Noire les Eucalyptus sont plantés dans une savane à Hyparrhenia. Sous les jeunes plantations des desherbages sont pratiqués pendant deux ou trois ans; par la suite ils ne sont plus nécessaires car les herbes ne repoussent pas ou se limitent à quelques graminées et légumineuses clairsemées.

L'hybride PF1 provient d'une hybridation naturelle, probablement E. platyphylla x E. urophylla. L'hybride dénommé ici H2 est un croisement 12ABL x E. saligna. Après comparaison des deux hybrides qui ne se sont pas montrés très différents, les tests ont pour la plupart été faits avec PF1.

La litière pouvant facilement être séparée en différents stades de décomposition, on a récolté sur le terrain le matériel suivant:

- feuilles vertes adultes cueillies sur l'arbre;
- litière fraîche: feuilles récemment tombées, jaunes ou brunes;
- litière ancienne: feuilles entières décolorées, gris clair;
- litière fragmentée: feuilles fragmentées, gris clair;
- matière organique grossière de la surface du sol: l'horizon 0-2cm a été prélevé et tamisé à 2mm; on a ainsi recueilli un mélange intime de litière très fragmentée et de racines.

Ce matériel a été séché à l'air et broyé. De la paille de graminées de savane, séchée et broyée, a été utilisée comme terme de comparaison.

## 2.2. Plantes-test

La nécessité de disposer de graines homogènes ayant un pouvoir de germination élevé a conduit à choisir comme graminée le riz, variété Morobérékan, avec lequel ont été faits la plupart des tests.

On a également utilisé une dicotylédone, le cresson alénois, dont les plantules particulièrement sensibles sont fréquemment utilisées pour détecter les substances toxiques dans le sol.

## 2.3. Protocoles des tests

Le substrat est soit un sable blanc (podzolique) lavé à l'eau, soit, lorsque cela est précisé, le sol des plantations (0-3cm ou 0-10cm).

Les graines sont mises dans des pots contenant 200g de sable ou de sol aux quels sont ajoutés 30 à 40ml d'eau, selon la dose de matière végétale, et 10ml d'engrais horticoles à 140mg d'azote, 100mg de P205, et 120mg de K20 par litre. On met 10 graines par pot et chaque traitement est fait sur deux pots.

La dose de matériel végétal varie de 0,1 à 4g pour 100g de substrat, et un témoin est fait sans apport.

Les germinations sont comptées tous les jours pendant le temps nécessaire. La hauteur des plantules est mesurée tous les deux jours pendant 11 à 12 jours, après quoi elles sont déterrées

sous l'eau et lavées pour l'observation du système racinaire.

Pour l'étude des substances solubles un extrait a été fait à partir de 5g de litière fraîche de PF1 agités une heure dans 50ml d'eau. Le mélange est filtré avec un débit de lavage pour obtenir 50ml d'extrait. Le résidu est lavé dans 200ml d'eau filtré, puis rincé deux fois sur le filtre. les pots sont préparés soit avec du sable additionné de 30ml d'extrait, le reste étant ajouté en deux fois les jours suivants, soit avec du sable additionné du résidu insoluble, soit avec 5g de litière broyée.

Pour étudier l'effet de la nutrition minérale une solution nutritive a été préparée contenant pour un litre 480mg de N, 200mg de P205, et 240mg de K20. Les autres éléments nécessaires ont été ajoutés en reprenant à l'acide 1g de cendres végétales et en utilisant la partie solubilisée pour un litre. Cette solution a été utilisée aux concentrations 1 et 1/10.

### 3. RESULTATS

#### 3.1. Mise en évidence de l'effet allélopathique

##### 3.1.1. Effet sur les plantules de riz

Des doses croissantes de litière fraîche d'Eucalyptus d'une part et de paille d'autre part montrent que la paille n'a aucun effet sur la germination alors que la litière la retarde d'un ou deux jours (fig 1).

La hauteur des plantules de 8 jours (fig. 2) montre, à partir de 0,5% de litière une forte inhibition de la croissance du riz, et un effet plus faible de la paille à partir de 1%. Si

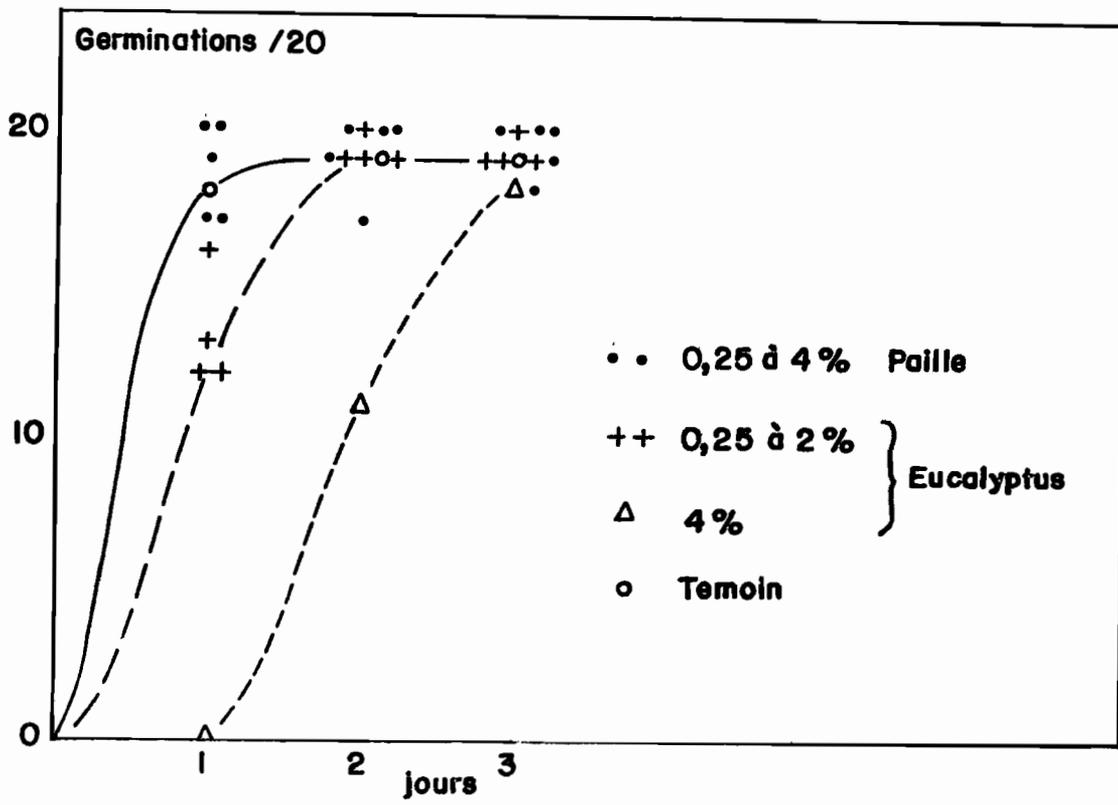
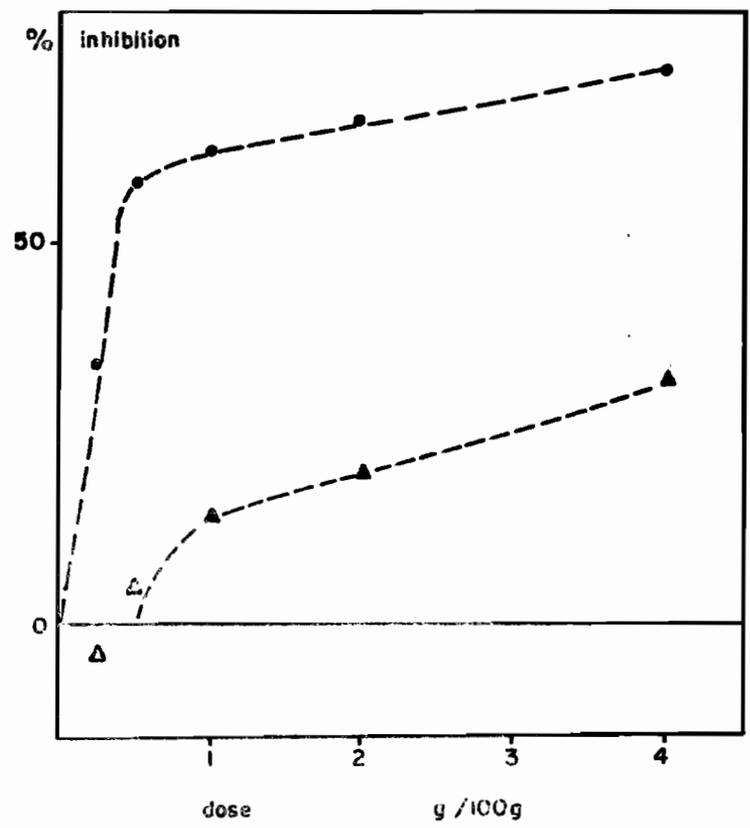


Figure 1. Germination de graines de riz en présence de doses croissantes de litière d'Eucalyptus et de paille.



**Fig. 2**  
 Inhibition de la croissance en hauteur de germination de riz avec différentes doses de litière ou de paille entre 0 et 8 jours.  
 • Litière d'Eucalyptus  
 ΔΔ Paille de savane  
 les signes noirs sont significativement différents du temoin

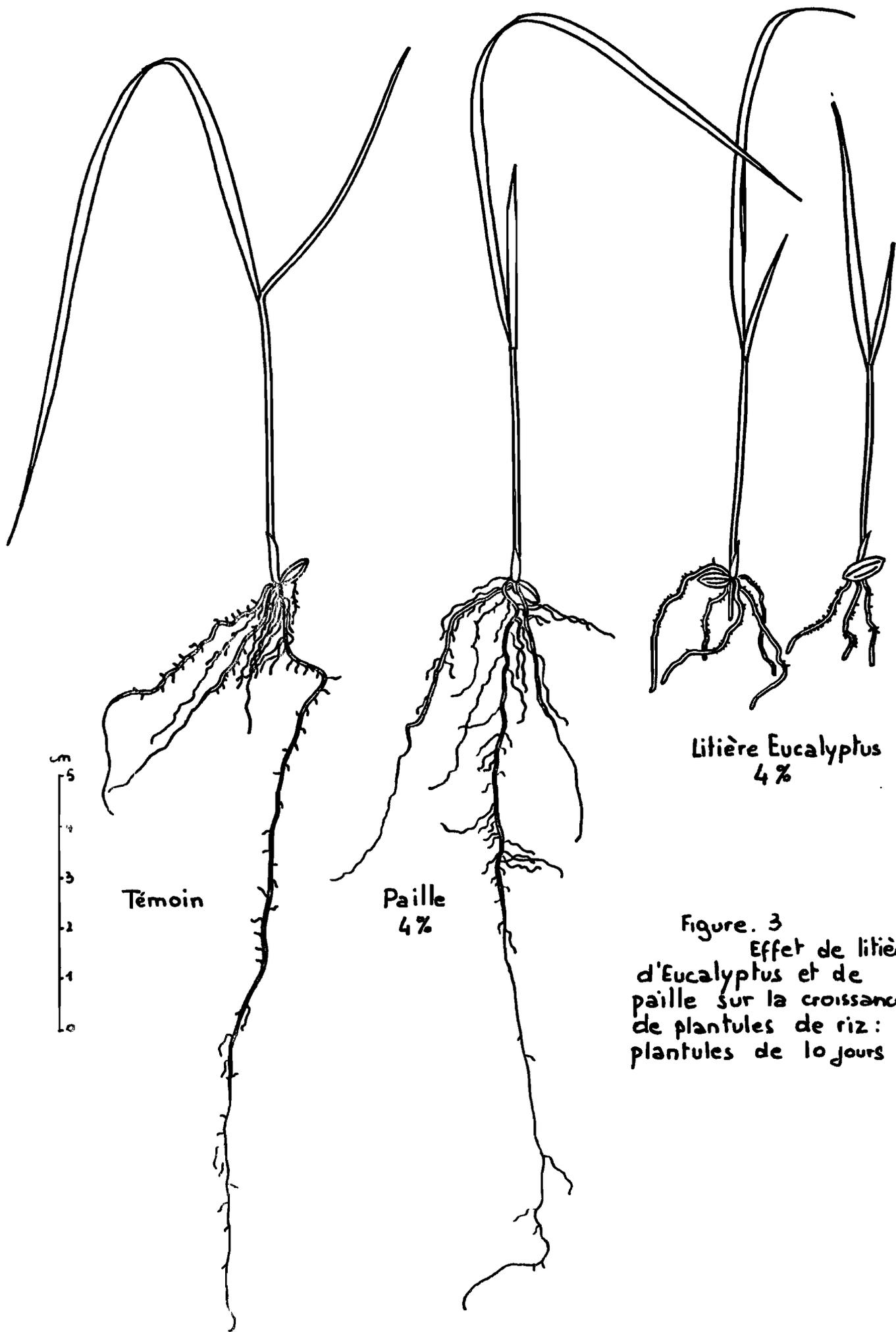
l'effet de l'Eucalyptus était dû à l'immobilisation minérale il devrait être plus faible que celui de la paille qui, plus facilement dégradable, immobilise plus fortement l'azote (BERNHARD-REVERSAT, non publié).

L'observation du système racinaire (fig. 3) met en évidence une forte inhibition de la rhizogénèse par l'Eucalyptus. La paille n'a pas d'effet sur la croissance des racines.

Ces résultats suggèrent que si la paille peut ralentir la croissance des plantules par immobilisation des éléments minéraux, la litière d'Eucalyptus a un effet toxique qui se traduit par l'absence de développement des racines latérales et par un jaunissement des feuilles.

La comparaison des deux hybrides montre un effet un peu plus marqué avec PF1, différence qui est significative en fin d'expérience.

D'après l'essai comparant les substances solubles et insolubles de la litière d'Eucalyptus, seules les premières ont un effet retardant sur la germination (fig 4), qui est à peu près le même que celui de la litière entière. Par contre les substances solubles et insolubles inhibent toutes deux la croissance de la partie aérienne, mais l'effet est significativement plus important dans le cas des substances solubles, et proche de celui de la litière entière (tableau 1 et fig. 5). Le développement des racines est ralenti par le résidu insoluble, et il est complètement inhibé en présence de l' extrait aqueux. Ces résultats mettent en évidence la similitude d'action de l'extrait aqueux et de la litière totale, et laissent penser que les substances solubles pourraient être les principales responsables de l'effet allélopathique. L'effet plus faible du résidu insoluble pourrait être dû à la formation de produits solubles au cours de sa décomposition



Témoin

Paille  
4%

Litière Eucalyptus  
4%

Figure. 3  
Effet de litière  
d'Eucalyptus et de  
paille sur la croissance  
de plantules de riz :  
plantules de 10 jours

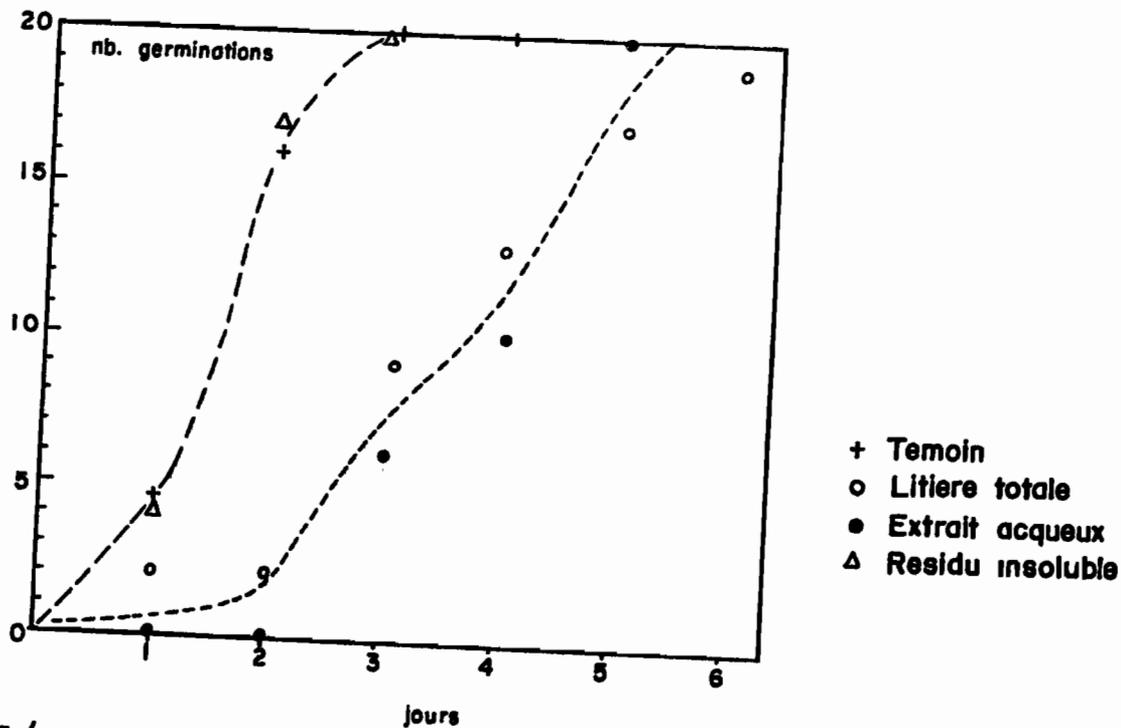


Fig. 4

Effet des composés solubles et insolubles de la litière d'Eucalyptus PF1 sur la germination de 20 graines de riz

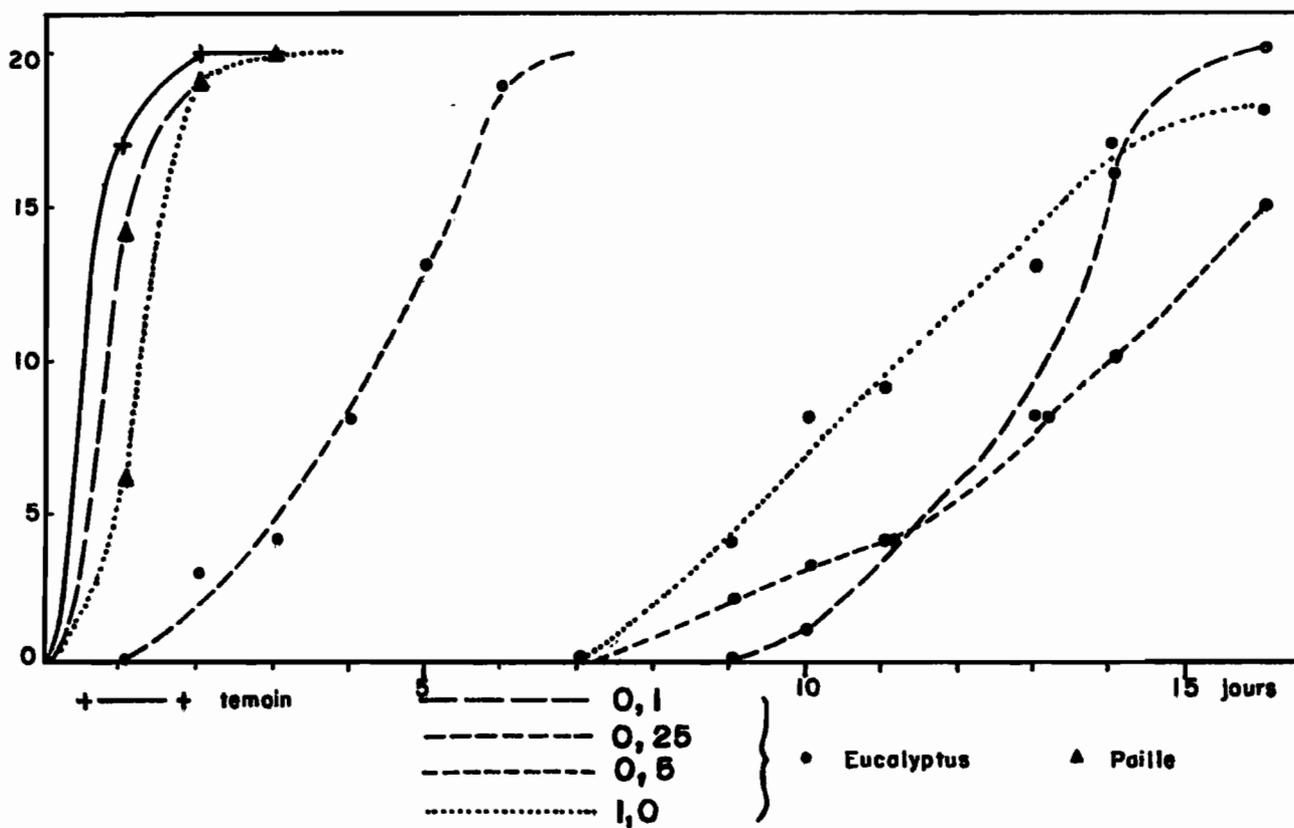


Fig. 6 germination de graines de cresson avec différentes doses de litière d'Eucalyptus ou de paille de savane.

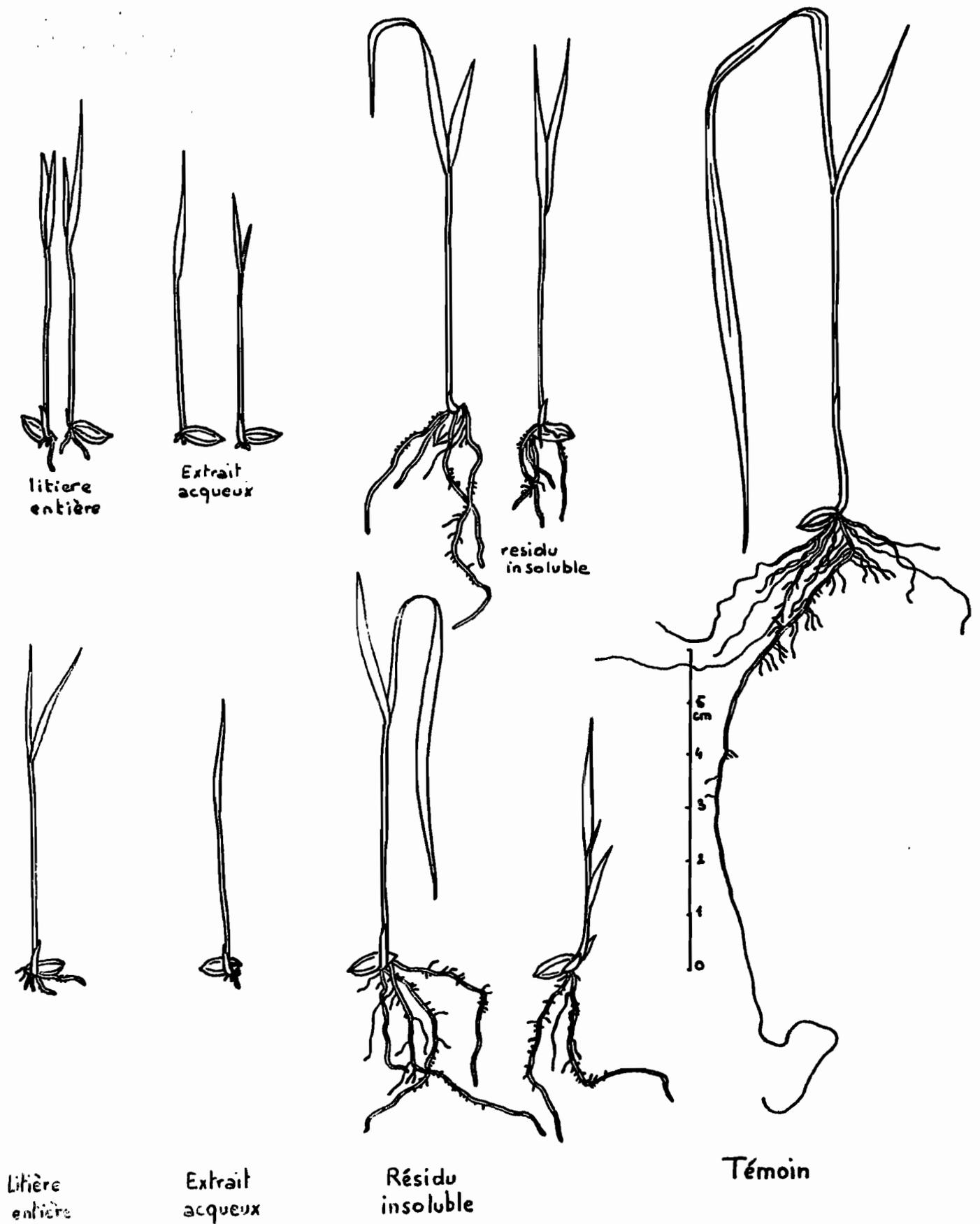


Figure 5 Effet des composés solubles et insolubles de la litière PF1 sur le développement racinaire de germinations de riz de 11 jours.

En effet on a observé sur la litière d'Eucalyptus camaldulensis (BERNHARD-REVERSAT 1986) que la quantité de carbone hydrosoluble que l'on pouvait extraire de la litière augmentait pendant les premiers jours de la décomposition.

Tableau 1. Hauteur en mm de germinations de riz de 11 jours en présence des produits solubles et insolubles de la litière d'Eucalyptus. Toutes les différences sont significatives.

|                             | litière<br>totale | extrait<br>aqueux | résidu<br>insoluble | témoin |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|---------------------|--------|
| moyenne                     | 51.7              | 46.8              | 101.3               | 220.2  |
| ecart-type de<br>la moyenne | 1.5               | 1.4               | 6.9                 | 4.8    |

### 3.1.2. Effet sur le cresson alénois

Un premier essai conduit avec 4% de litière n'a donné aucune germination. L'expérience a été reprise avec des doses de 0,1% à 1%. Le retard de la germination est plus prononcé qu'avec le riz, puisqu'elle est de 3 à 4 jours à la dose de 0,1%, et plus de 7 jours aux doses supérieures (fig. 6). A la dose de 0,1% la croissance de la plantule n'est pas différente du témoin, bien que les racines latérales soient un peu moins développées (fig. 7). Aux doses supérieures les plantules meurent au fur et à mesure de leur germination par nécrose de la racine.

### 3.2. Disparition de l'effet allélopathique

L'influence de l'état de dégradation de la litière sur l'effet allélopathique a été étudié avec le riz.

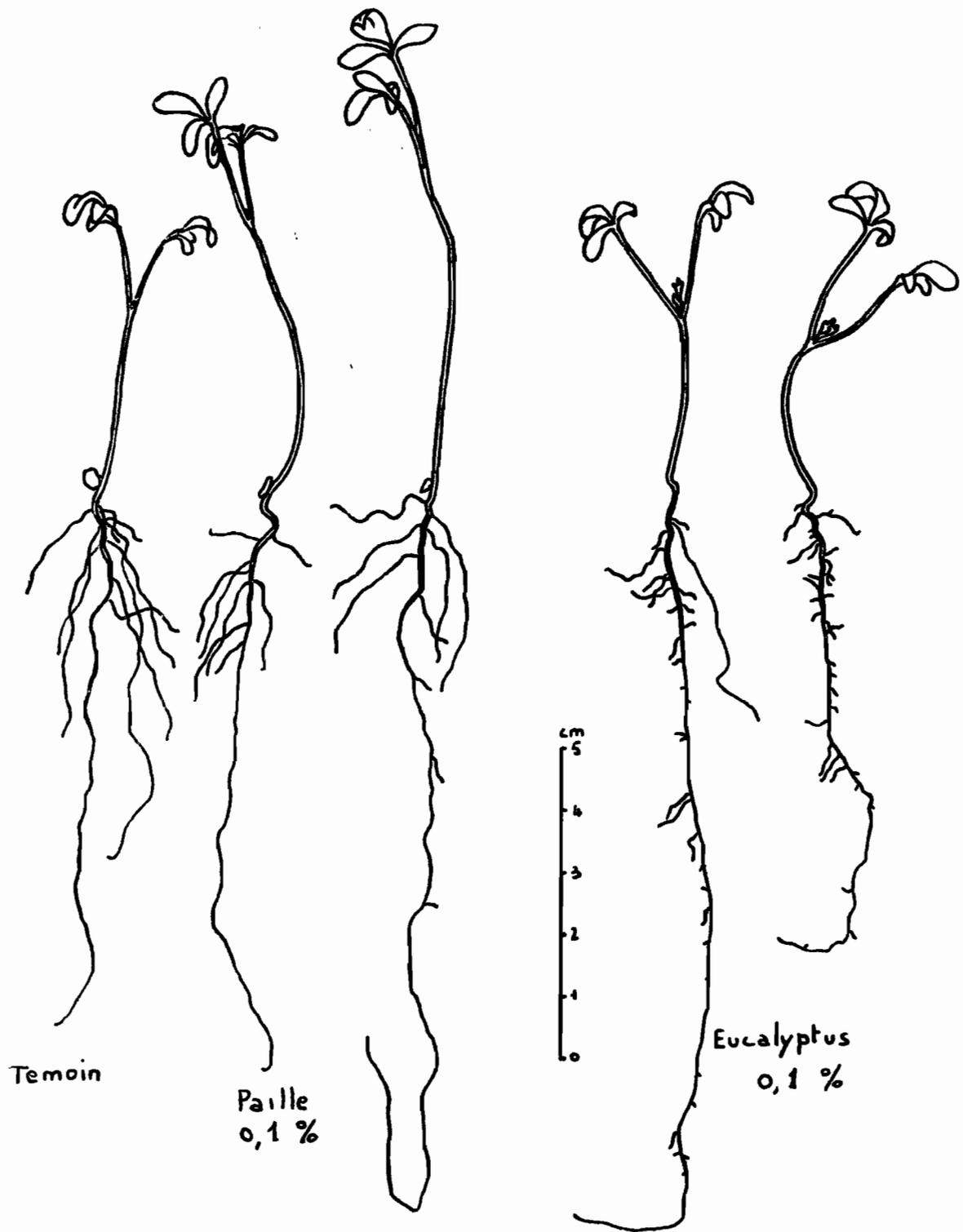


Figure 7 Effet de la litière d'Eucalyptus  
et de la paille sur la croissance  
de plantules de cresson alénois

Les différents stades de décomposition ont été utilisés au taux de 2,5%. Seules les feuilles vertes et la litière fraîche retardent la germination (fig. 8 a). La croissance globale, par contre, est inhibée par la litière plus ancienne, mais de moins en moins au fur et à mesure que celle-ci se décompose (fig. 8 b), et la matière organique superficielle n'a plus qu'un effet faible ou nul.

Les tests faits avec des litières mises à décomposer in situ montrent que la disparition des substances toxiques est relativement lente, de même que la perte de poids de la litière. Cependant la litière de 11 semaines a un effet nettement moins marqué sur la rhizogénèse que la litière fraîche (fig. 9).

Pour confirmer la disparition de la toxicité dans le sol, on a utilisé le cresson alénois, plante particulièrement sensible. Les graines ont été mises à germer soit sur du sol de plantation (0-10cm) soit sur du sable. Les taux de germination <sup>à un jour</sup> ont été de 15/20 et 19/20 sur le sol et de 18/20 et 19/20 sur le sable. On n'observe donc aucun effet du sol sur la germination du cresson alors qu'elle est retardée par 0,1% de litière.

### 3.3. Influence du sol et de la nutrition minérale

Les essais sur sable pur, s'ils ont mis en évidence la présence de produits inhibiteurs, ne représentent pas les conditions de terrain. Les essais ont été répétés avec des graines de riz sur le sol ferrallitique et le sol podzolique prélevés en plantation d'Eucalyptus (0-3cm).

les résultats (tableau 2) confirment que le sol lui-

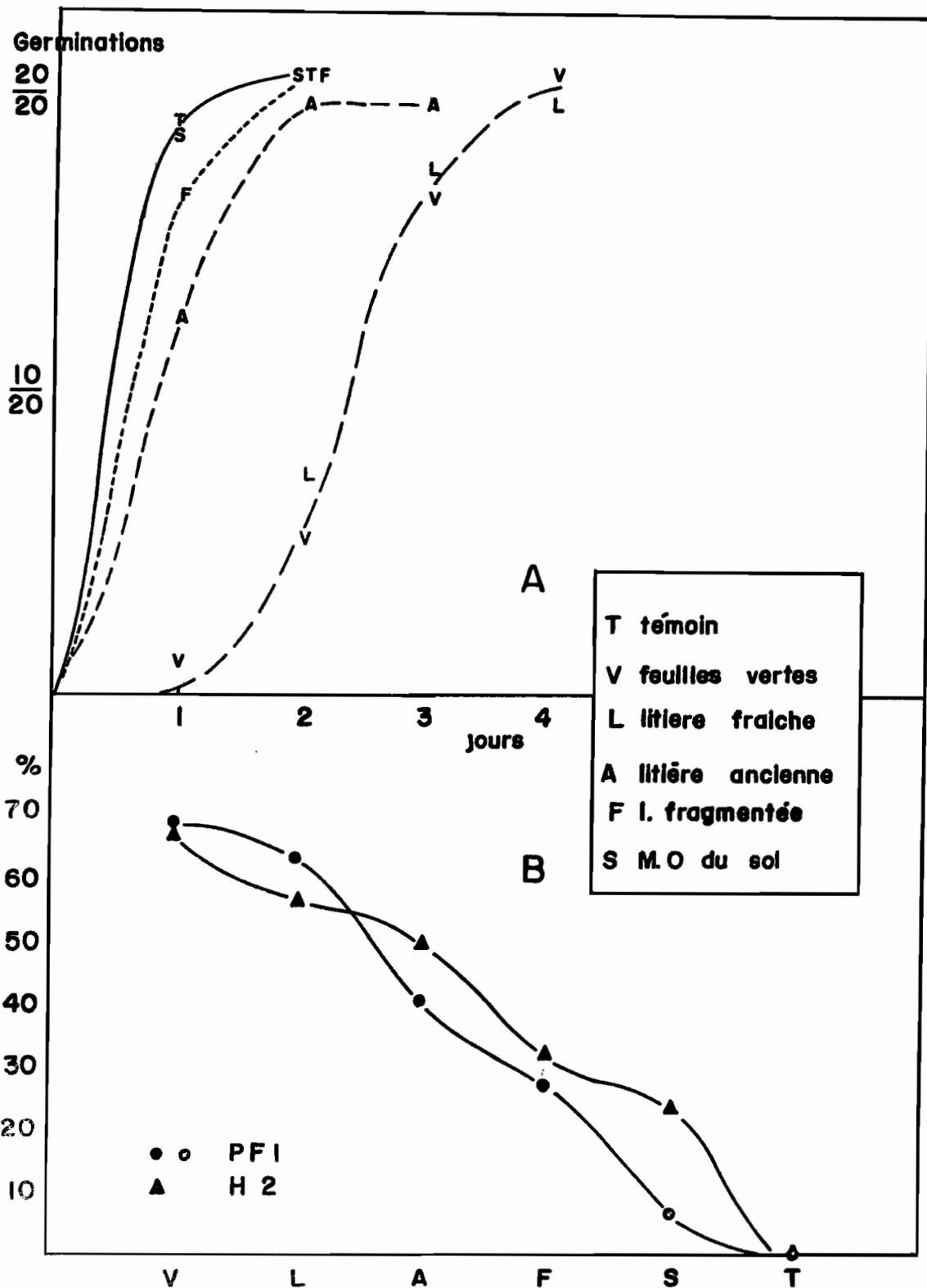


Figure 8 A. germination de graines de riz en presence de litière PFI à différents stade  
 B. Inhibition globale de la croissance de germinations de riz de 11 jours par la litière à différents stades

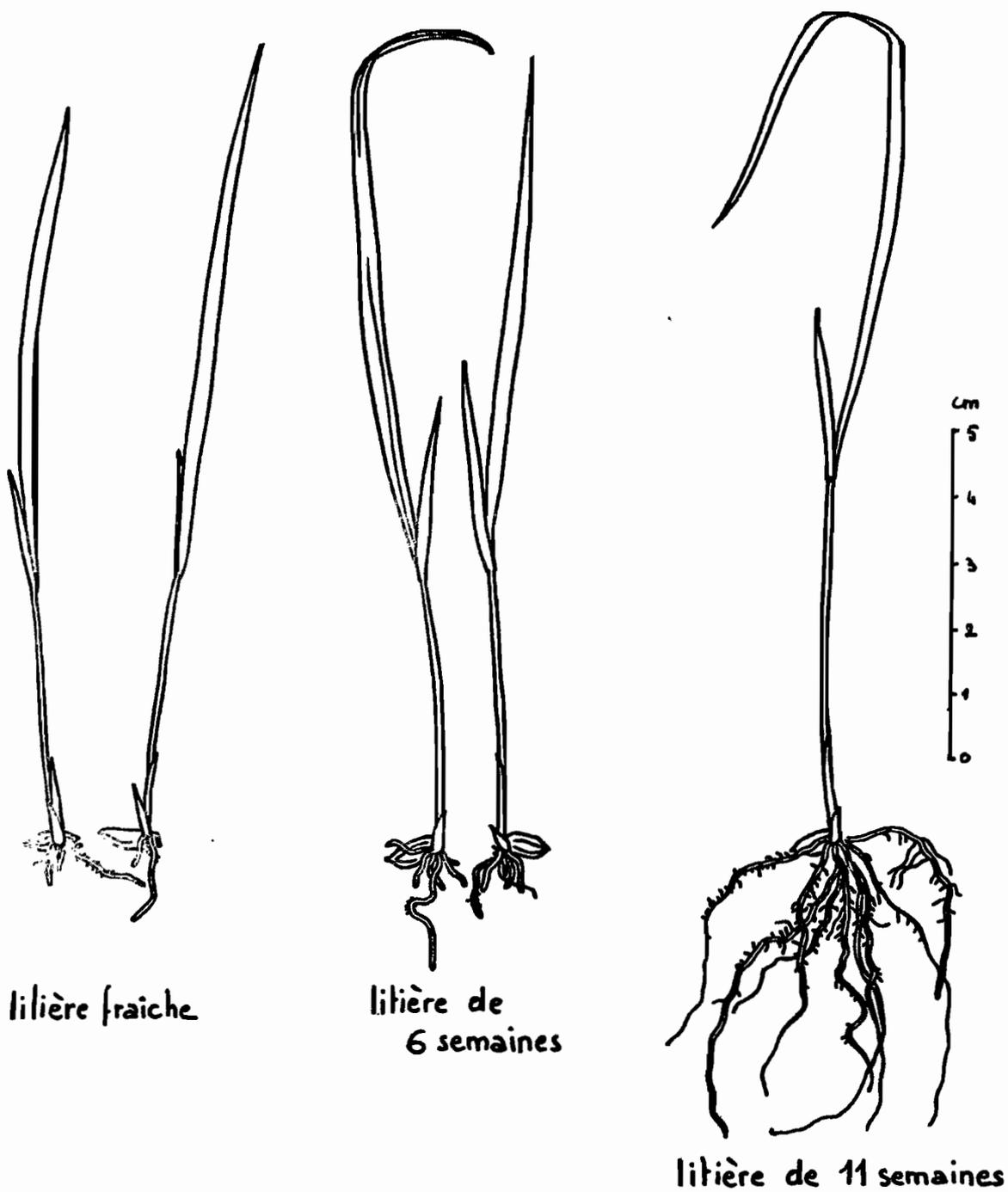


Figure 9

Effet de la litière d'Eucalyptus à différents stades de décomposition sur la croissance de plantules de riz : plantules de 10 jours. (témoin, voir fig. 3)

même n'inhibe pas la croissance des plantules .Par ailleurs le sol diminue de plus de la moitié l'effet inhibiteur de la litière. Ceci peut être dû soit à une meilleure nutrition minérale, soit à l'inactivation des substances actives par biodégradation ou par adsorption sur les colloïdes du sol. Les deux sols se comportent de façon identique.

Tableau 2. Hauteur de plantules de riz de 11 jours sur sable ou sur sol contenant 1% de litière d'Eucalyptus. (moyenne et écart-type de la moyenne en mm).

|                        | sable<br>pur    | sol<br>ferrallitique | sol<br>podzolique |
|------------------------|-----------------|----------------------|-------------------|
| témoin<br>sans litière | 202<br>(7)<br>a | 220<br>(6)<br>b      | 229<br>(3)<br>b   |
| litière                | 63<br>(4)<br>c  | 155<br>(4)<br>d      | 154<br>(3)<br>d   |
| inhibition %           | 69              | 30                   | 33                |

les résultats ayant une lettre commune ne sont pas significativement différents.

Avec enrichissement minéral du sable (tableau 3) on diminue l'effet inhibiteur de 22% seulement et le système racinaire montre l'absence de racines latérales caractéristique de l'effet toxique (fig.10a). Dans le sol la réduction de l'inhibition par l'apport minéral est plus marquée que dans le sable (30%), sans doute parce que le développement racinaire y est moins inhibé (fig.10b).

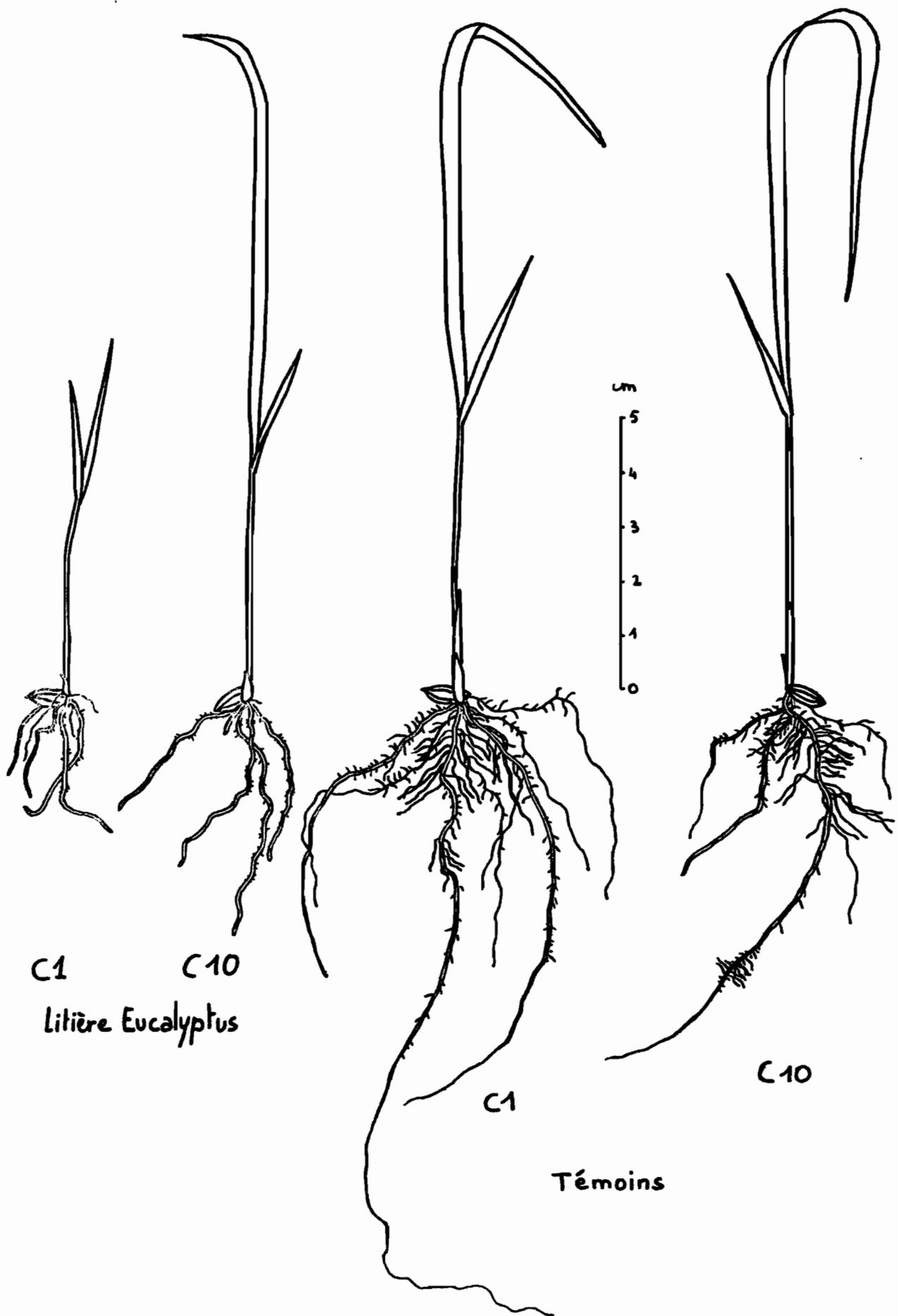


Figure 10a. Effet de la litière d'Eucalyptus sur la croissance de germinations de riz de 12 jours à deux niveaux de nutrition minérale sur sable pur.

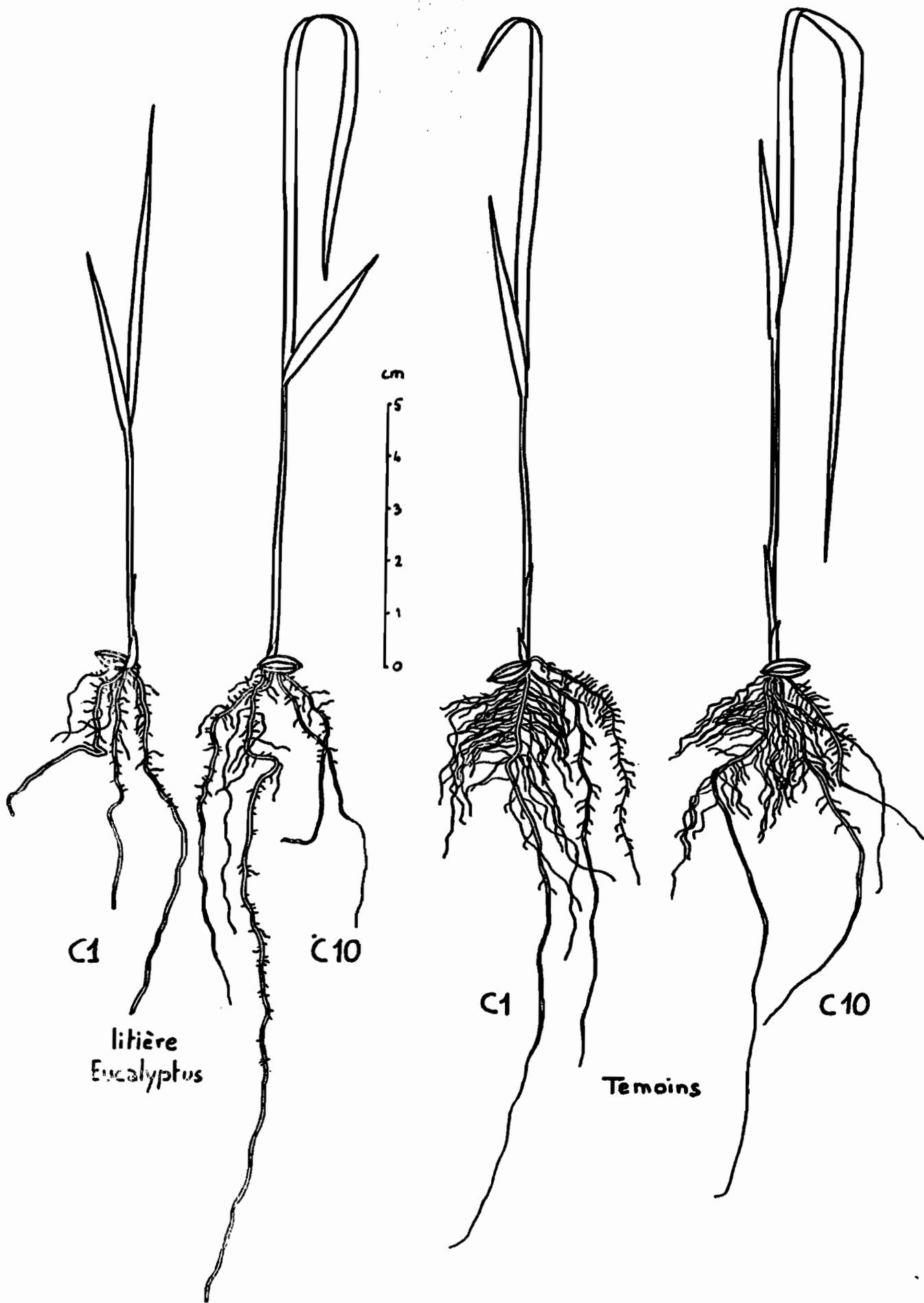


Figure 10b. Effet de la litière d'Eucalyptus sur la croissance de germination de riz de 12 jours à deux niveaux de nutrition minérale sur sol.

Tableau 3. Effet de la litière d'Eucalyptus et de la nutrition minérale sur la hauteur de plantules de riz de 12 jours (moyenne et écart-type de la moyenne en mm)

| substrat               | sable           |                 | sol             |                 |
|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| niveau minéral         | 1               | 10              | 1               | 10              |
| témoin<br>sans litière | 143<br>(4)<br>a | 191<br>(4)<br>b | 156<br>(4)<br>c | 213<br>(5)<br>d |
| litière                | 52<br>(2)<br>e  | 95<br>(6)<br>f  | 78<br>(3)<br>g  | 138<br>(4)<br>a |
| inhibition %           | 64              | 50              | 50              | 35              |

les résultats ayant une lettre commune ne sont pas significativement différents.

#### 4. DISCUSSION ET CONCLUSION

L'effet allélopathique des feuilles et de la litière des Eucalyptus étudiés a été mis en évidence. Contrairement à ce que de JONG et al. (1985) ont observé avec l'arbuste Cirsium vulgare, cet effet n'a pas pour cause principale l'immobilisation des éléments minéraux, mais il est surtout lié à la présence de toxines agissant en particulier sur la rhizogénèse. On n'a pas tenté ici de les isoler mais rappelons que plusieurs substances toxiques ont été isolées des feuilles d'Eucalyptus camaldulensis (del MORAL et al. 1969).

LODHI (1978) observe sur la litière de divers arbres de zone tempérée que les substances allélopathiques sont très persistantes. Ce n'est pas le cas pour les litières étudiées ici, où l'effet toxique disparaît au cours de la décomposition. De même LODHI (1976) met en évidence un

effet inhibiteur du sol significatif, et plusieurs auteurs ont isolés du sol sous diverse espèces des produits phénoliques et flavoniques (LODHI, 1976, KELSEY et al., 1978). Del MORAL et al. (1969) ont montré la présence de terpènes dans le sol prélevé sous Eucalyptus camaldulensis. Peut-être des dosages faits dans les sols étudiés ici auraient ils montré la présence de tels produits mais en tout état de cause ils n'y sont pas assez concentrés pour être actifs. La pauvreté du sol en argile susceptible de les retenir peut expliquer l'absence de toxicité de l'horizon supérieur, et Del MORAL et al. (1969), n'observant pas d'inhibition de la croissance herbacée sur sol sableux, estiment qu'il faut un sol à forte teneur en colloïde.

Cependant la pauvreté du sol, si elle ne favorise pas la rétention des substances allélopathiques, peut être à l'origine de leur concentration élevée dans les feuilles. En effet, COULSON et al. (1960) ont montré l'influence de la pauvreté minérale du sol sur la teneur des feuilles d'arbres en composés phénoliques et McKEY et al. (1978) ont confirmé cette observation dans les forêts tropicales. A cet égard une comparaison des Eucalyptus étudiés avec ceux qui sont plantés sur sol argileux serait intéressante.

En conclusion on peut supposer que dans les plantations étudiées un important lessivage des feuilles et de la litière maintient, dès que le développement de la couronne est suffisant, un milieu défavorable à la croissance herbacée. Par contre après déboisement, si la plantation n'est pas renouvelée, cette inhibition ne devrait durer que le temps nécessaire à la dégradation de la litière, de l'ordre de l'année.

## BIBLIOGRAPHIE

- BERNHARD-REVERSAT F. 1986. Litter incorporation to soil organic matter in natural and planted tree stands in Senegal. (en cours de publication)
- CHANDLER G. et GOOSEM S. 1982. Aspects of rain forest regeneration. III. The interaction of phenols, light, and nutrients. *New Phytol.* 92 369-380
- COULSON C.B. DAVIS R.I. et LEWIS D.A. 1960. Polyphenols in plants, humus and soil. I. Polyphenols of leaves, litter and superficial humus from mull and mor sites. *J. Soil Sci.* 11 20-29
- FISHER R.F. 1980. Allelopathy: a potential cause of regeneration failure. *J. Forestry* June 1980 346-350
- JONG T.J. de et KLINKHAMER G.L. 1985. The negative effect of litter of parent plants of Cirsium vulgare on their offspring: autotoxicity or immobilisation? *Oecologia* 65 153-160
- KELSEY R.G. STEVENSON T.T. SCHOLL J.F. WATSON J.T. Jr. et SHAFIZADEH F. 1978. The chemical composition of the litter and soil in a community of Artemisia tridentata ssp vaseyana. *Biochem. Syst. Ecol.* 6 193-200
- LEATHER G.R. et EINHELLIG F.A. 1985. Mechanisms of allelopathic action in bioassay. in: *The chemistry of allelopathy. Biochemical interaction among plants.* A.C. THOMPSON ed., Amer. Chem. Soc.
- LODHI M.A.K. 1976. Role of allelopathy as expressed by dominating trees in a lowland forest in controlling the productivity and pattern of herbaceous growth. *Amer. J. Bot.* 63 1-8

- LODHI M.A.K. 1978. Allelopathic effect of decaying litter of dominant trees and their associated soil in a lowland forest community. Amer. J. Bot. 65 340-344
- McCKEY D. WATERMAN P.G. MBI C.N. GARTLAN J.S. et STRUHSAKER T.T. 1978. Phenolic content of vegetation in two african rain forests: Ecological implications. Science 202 61-64
- MORAL R. del et MULLER C.H. 1969. The allelopathic effect of of Eucalyptus camaldulensis. Amer. Midl. Natur. 83 254-282
- MORAL R. del et MULLER C.H. 1969. Fog drip: a mechanism of toxin transport from Eucalyptus globulus. Bull. Torrey Bot. Club 96 467-475
- RICE E.L. 1977. Some roles of allelopathic compounds in plant communities. Biochem. Syst. Ecol. 5 201-206