

**CENTRE DE NOUMÉA  
AGRONOMIE ET PÉDOLOGIE**

---

**ÉTUDE DE LA FERTILITÉ NATURELLE  
ET DE L'ÉVOLUTION SOUS CULTURE  
DES SOLS DE NOUVELLE-CALÉDONIE**

---

**MISE AU POINT DE TESTS RAPIDES  
D'ÉTUDE DES FACTEURS DE LA FERTILITÉ  
A L'AIDE DE CULTURE EN POTS SOUS SERRE**

---

**DOCUMENT DE TRAVAIL . 1C**

**MISE AU POINT D'UNE TECHNIQUE PERMETTANT  
UNE ALIMENTATION HYDRIQUE SUFFISANTE DES PLANTES TESTS**

- 1- MISE AU POINT DE L'ALIMENTATION PAR  
REMONTÉE CAPILLAIRE SUR SOL PEU  
ÉVOLUÉ D'APPORT**
- 2- APPLICATION DE CETTE TECHNIQUE AUX  
PRINCIPAUX SOLS CALEDONIENS A VOCATION  
AGRO-PASTORALE. RESULTATS**

par

**B. DENIS - V. CANTIE - B. BONZON**

**JUILLET 1982**

**CENTRE ORSTOM -- B.P. A 5 -- NOUMÉA  
NOUVELLE-CALÉDONIE**



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
ET TECHNIQUE OUTRE-MER.

-0-

CENTRE DE NOUMEA.

AGRONOMIE\* ET PEDOLOGIE\*\*

par : B. DENIS\*\*  
V. CANTIE\*  
B. BONZON\*

ETUDE DE LA FERTILITE NATURELLE ET DE  
L'ÉVOLUTION SOUS CULTURE DES SOLS DE  
NOUVELLE-CALÉDONIE.

-0-

MISE AU POINT DE TESTS RAPIDES D'ÉTUDE  
DES FACTEURS DE LA FERTILITÉ À L'AIDE  
DE CULTURES EN POTS SOUS SERRE.

-0-

- DOCUMENT DE TRAVAIL - 1 C -

MISE AU POINT D'UNE TECHNIQUE PERMETTANT UNE  
ALIMENTATION HYDRIQUE SUFFISANTE DES PLANTES TESTS.

1. - Mise au point de l'alimentation par remontée capillaire sur sol peu évolué d'apport.
2. - Application de cette technique aux principaux sols néo-calédoniens à vocation agro-pastorale.  
Résultats.

Juillet 1982.

## S O M M A I R E

AVERTISSEMENT

DOCUMENTS DE REFERENCE ANTERIEURS

RESUME

LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES

- 1) Objectifs de ce rapport
- 2) Motivation. Buts à atteindre
- 3) Les différents points d'étude
- 4) Mise au point d'un pot de culture
- 5) Mise au point d'un système de contrôle pour suivre l'avancement du front d'humectation à l'intérieur d'un pot de culture
- 6) Test préliminaires sur 3 sols différents
- 7) Etude du phénomène de remontée capillaire dans un sol peu évolué d'apport sur alluvions récentes.
  - 7.1. - Influence de la variation de certains paramètres sur la remontée capillaire avec une mèche "toile"
  - 7.2. - Utilisation de l'éponge comme mèche pour tenter de résoudre certains problèmes rencontrés avec la toile
  - ✓ 7.3. - Essais avec une mèche non biodégradable ayant des qualités voisines de celles de l'éponge
  - 7.4. - Conclusions. Système retenu.
- 8) Etude de la remontée capillaire dans quelques sols néo-calédoniens à vocation agro-pastorale
  - 8.1. - Choix des différents sols. Motivations.
  - 8.2. - Expérimentation
  - 8.3. - Résultats acquis
  - 8.4. - Conclusions
- 9) Conclusions générales. Perspectives de travail
- 10) Bibliographie.

## ANNEXES.

- Annexe 1. - Caractéristiques physiques et minéralogiques des trois sols utilisés dans les premiers tests visant à étudier le processus de remontée capillaire.
- Annexe 2. - Caractéristiques physiques et minéralogiques des principaux sols néo-calédoniens testés avec la technique de remontée capillaire.
- Annexe 3. - Planches photographiques.

## AVERTISSEMENT

Ce document de travail est le troisième de la série concernant les études méthodologiques destinées à mettre au point un protocole général de travail en serre ; ce dernier indiquera la marche à suivre pour la réalisation d'essais en pots de culture en fonction du sol étudié.

Cette recherche entre dans le cadre plus générale de l'étude de la fertilité naturelle et de l'évolution sous culture des sols de Nouvelle-Calédonie et dans l'étude plus spécifique concernant la mise au point d'un test d'étude rapide des facteurs de la fertilité à l'aide de culture en pots sous serre.

## DOCUMENTS DE REFERENCE ANTERIEURS

TITRE GENERAL DES DOCUMENTS.

Mise au point d'un test rapide d'étude des facteurs de la fertilité à l'aide de culture en pots sous serre.

SERIE I

- A - B. DENIS, V. CANTIE, B. BONZON - Octobre 1980  
Etude de la température et du degré hygrométrique à l'intérieur de la serre. Comparaison avec les conditions extérieures.  
(Résultats détaillés - Interprétation - Résumé).
- B - B. DENIS, V. CANTIE, B. BONZON - Octobre 1980  
Tests initiaux visant à résoudre certains problèmes posés par l'installation de cultures en pots.  
(Résultats détaillés - Interprétation - Résumé).

## R E S U M E .

Pour réaliser des tests de fertilité naturelle en serre sur les sols néo-calédoniens, il est apparu nécessaire à la fois d'adapter des techniques déjà connues et de mettre au point certains systèmes plus simples, notamment en ce qui concerne l'alimentation hydrique des plantes-tests.

Ces systèmes doivent permettre aux végétaux croissants dans les pots de culture d'avoir à leur disposition toute l'eau dont ils peuvent avoir besoin aux différentes périodes de leur cycle. Deux méthodes pour cela : un apport "*per descensum*" (arrosage) ou un apport "*per ascensum*" (remontée capillaire). C'est ce dernier qui fait l'objet de ce rapport.

Pour mener à bien ce travail, un pot de culture assez particulier a été conçu et construit ; le système le plus satisfaisant permettant d'apporter de l'eau au sol "*per ascensum*" est celui formé par des mèches. Elles évitent le contact nappe d'eau-sol et font transiter l'eau d'une cuvette-réservoir à la terre du pot de culture. Est mis également au point un moyen technique pour contrôler la remontée capillaire de façon à connaître sa vitesse et donc le débit journalier. La granulométrie la mieux adaptée est celle de 5mm et la hauteur maximale des pots ne doit pas dépasser 30cm ; les vitesses de remontée capillaire deviennent alors trop faibles pour des hauteurs supérieures.

Un sol témoin est choisi : sa texture est sablo-argileuse et l'argile minéralogique dominante est l'Illite. De nombreux tests permettent de juger de l'influence de certains paramètres tels que la largeur et l'épaisseur des mèches, la différence de niveau entre la nappe d'eau et le sol, la nature du matériau constituant la mèche.

Ce dernier facteur a été le plus difficile à maîtriser car il était nécessaire que le matériau retenu permette une alimentation suffisante mais aussi soit imputrescible ; il doit en effet être en contact plusieurs mois avec un sol qui est un milieu vivant.

Le pot retenu est en PVC ; il est composé de trois parties : une partie inférieure de 5cm de haut et de 16cm de diamètre intérieur munie d'un grillage de 2mm et d'une couronne avec encoches supportant les mèches ; une partie intermédiaire qui constitue le système d'alimentation hydrique proprement dit et qui repose sur le fond grillagé ; il est formé d'un rond en toile de verre à maille fine sur laquelle s'entrecroisent 8 bandes de 10cm de large et d'au moins 26cm de long ; enfin une partie supérieure formée d'un cylindre de même diamètre et de 28cm de haut avec des encoches à la base permettant le passage des bandes. Ces 3 parties sont maintenues solidaires par un circlips en corde à piano.

Cette technique a été testée sur plusieurs sols néo-calédoniens : il apparaît que les vitesses de remontée capillaire diminuent lorsque les pourcentages d'argile et de limons augmentent et que la Montomorillonite devient dominante. De ce fait dans certains sols, ce système n'est pas suffisant pour assurer une alimentation hydrique satisfaisante ; il est parfois même souhaitable de ne pas l'utiliser dans les sols à argile gonflante ( smectites) car non seulement elle ne donnerait pas aux plantes-tests l'eau suffisante mais elle pourrait même créer une hydromorphie temporaire à la base du pot.

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

		<u>PAGES.</u>
Fig. 1	Schéma d'un pot avec mèche "toile" .....	12
Fig. 2	Schéma d'un pot avec mèche "sable" .....	14
Fig. 3	Choix de la mèche de toile pour le système d'alimentation hydrique par remontée capillaire .....	15
Fig. 4	Variations de la résistivité en fonction des taux d'humidité à l'intérieur d'un sol .....	18
Tab. 5	Résistivité en kilo et mégaohms d'un sol sec puis humidifié .....	19
Fig. 6	Remontée capillaire dans un sol peu évolué d'apport alluvial .....	23
Fig. 7	Remontée capillaire dans un sol ferrallitique ferritique .....	25
Fig. 8	Comparaison de la remontée capillaire avec la mèche "toile-sable" dans les deux sols étudiés ...	27
Fig. 9	Remontée capillaire dans un Vertisol .....	29
Fig. 10	Remontée capillaire dans un Vertisol .....	30
Fig. 11	Remontée capillaire dans un sol peu évolué d'apport. Influence de "l'amorçage" .....	34
Fig. 12	Importance du niveau de la nappe d'eau par rapport au niveau du sol dans la remontée capillaire avec une mèche "toile" .....	36
Fig. 13	Remontée capillaire à l'aide de mèches "toile" de largeurs différentes dans un sol peu évolué d'apport tamisé à 5 mm .....	38
Tab. 14	Vitesses de remontée capillaire avec des largeurs de toile différentes .....	37
Tab. 15	Vitesse de remontée capillaire en fonction de la hauteur considérée et du système d'alimentation hydrique .....	41
Fig. 16	Comparaison des remontées capillaires dans des pots de 60 cm de haut alimentés par des systèmes sable et toile .....	40
Tab. 17	Résultats de l'analyse chimique de l'éponge .....	43

		<u>PAGES</u>
Fig. 18	Remontée capillaire avec une éponge végétale comme mèche .....	45
Tab. 19	Vitesse de remontée capillaire en cm/h dans un sol séché à l'air .....	46
Fig. 20	Influence de la largeur des mèches et du niveau de la nappe d'eau par rapport au niveau du sol sur la remontée capillaire dans un sol peu évolué d'apport sablo-argileux avec une mèche en éponge végétale .....	47
Fig. 21	Comparaison de la remontée capillaire à l'aide de mèches de constitution différente (matériau, trame, épaisseur).....	52
Tab. 22	Vitesses de remontée capillaire avec différentes mèches (toile de verre,éponge) .....	54
Fig. 23	Comparaison des remontées capillaires entre des mèches en toile de verre de différentes épaisseurs et à bords siliconés ou non, et une mèche en éponge .....	56
Tab. 24	Influence des bordures siliconées et du nombre de bandes entrecroisées (trame moyenne) .....	57
Fig. 25	Influence de la largeur des bandes de toile de verre sur le phénomène de remontée capillaire ...	59
Tab. 26	Humidité globale de la terre des pots selon les différentes mèches .....	60
Fig. 27	Remontée capillaire dans différents sols de Nouvelle-Calédonie .....	64

## 1 - OBJECTIFS DU RAPPORT.

Ce rapport a pour but de rendre compte des expérimentations destinées à mettre au point une technique d'alimentation hydrique par remontée capillaire, ainsi que des résultats acquis.

Les méthodes de travail utilisées et les matériaux employés sont présentés. Les premières conclusions en sont déduites ; elles permettent de faire le point à la fin de cette série de tests et de définir l'orientation à donner à ce type d'étude en fonction de nouveaux buts à atteindre.

## 2 - MOTIVATION - BUTS A ATTEINDRE.

A la suite des tests préliminaires dont les résultats ont été explicités dans le précédent rapport (cf. IB), il s'avère nécessaire d'entreprendre une étude concernant l'alimentation hydrique des plantes-tests en serre. En effet si la technique utilisant la remontée capillaire apparaît comme intéressante pour de nombreuses raisons, il faut trouver un système qui évite le contact direct entre le sol et l'eau ; ce contact entraîne en effet généralement la formation d'un milieu réducteur à la base du pot ; l'aération devient pratiquement nulle et les racines risquent de subir des dommages irréversibles.

Il est fait appel au principe des pots "Riviera" qui consiste à amener l'eau, par l'intermédiaire d'une mèche, depuis une réserve d'eau située à la base du pot jusqu'au sol ; celui-ci repose sur un fond aéré et n'est pas en contact avec l'eau. Mais le matériau utilisé pour la croissance des plantes d'ornement n'a pas les mêmes propriétés que celles des sols supportant des cultures ; c'est en effet très souvent un terreau aéré et léger. De plus les conditions de croissance dans une serre, même bien ventilée et humidifiée, apparaissent différentes de celles habituellement réservées aux plantes d'ornement ou aux cultures florales.

Aussi faut-il réaliser un certain nombre de tests indispensables avec les principaux sols sur lesquels doivent s'effectuer les essais en pots de cultures de façon à se rendre compte :

- si la technique basée sur le principe de la remontée capillaire est utilisable telle quelle ou si elle devra être modifiée selon certains critères ;
- si cette technique est applicable à la majorité des sols néo-calédoniens à vocation agropastorale :
- dans le cas où les caractéristiques physiques intrinsèques des sols ne permettraient pas une vitesse de remontée capillaire suffisante pour réaliser une bonne alimentation hydrique, quelles autres techniques d'apport de l'eau devront être envisagées et mises au point en tenant compte des caractéristiques des différents sols.

### 3 - LES DIFFERENTS POINTS D'ETUDE.

Pour atteindre les buts ainsi fixés, il est nécessaire d'étudier un certain nombre de points. La réalisation d'un pot de culture permettant de répondre aux exigences définies à la fin des premiers essais en serre (cf. IB) et au principe de la remontée capillaire avec "mèche" est à entreprendre en premier lieu.

Le deuxième stade consiste à trouver une technique simple et fiable pour suivre l'avancement du front d'humectation au cours du phénomène de la remontée capillaire à l'intérieur du sol.

Au cours du troisième stade, on aborde l'étude proprement dite, d'abord le choix du sol sur lequel seront réalisés l'ensemble des tests, puis la réalisation des tests eux-mêmes.

Enfin, la technique la plus satisfaisante étant retenue, elle est appliquée à quelques sols néo-calédoniens à vocation agro-pastorale.

Les conclusions donneront la possibilité de faire une première synthèse et de prévoir les autres études à réaliser pour rechercher d'autres systèmes d'alimentation hydrique au cas où les caractéristiques physiques de certains sols ne permettraient pas de considérer cette technique comme satisfaisante.

#### 4 - MISE AU POINT D'UN POT DE CULTURE ADAPTE.

A la suite des conclusions tirées du premier essai en serre concernant les modalités d'alimentation hydrique des cultures en serre, et des buts à atteindre exposés ci-dessus, deux systèmes de "mèches" sont retenus : une toile plongeant dans une nappe d'eau et se trouvant au contact direct du sol ; un volume suffisant de sable quartzeux servant à faire transiter l'eau de la réserve jusqu'au sol proprement dit ; enfin la solution mixte utilisant une toile surmontée d'une mince couche de sable quartzeux pour assurer un meilleur contact avec le sol.

Deux types de pots sont donc fabriqués ; ils sont constitués de trois parties ; c'est la partie médiane qui les différencie essentiellement.

##### 4.1. Pot à alimentation par toile (cf. Fig 1)

Il est composé de 3 parties :

- la partie inférieure qui sert de support au pot proprement dit et à la mèche en "toile". C'est un cylindre de 5cm de haut en PVC ; un grillage métallique (en inox de préférence) ayant une maille de 2mm est soudé à chaud. Une collerette est collée sur le pourtour et maintient la partie supérieure ; elle comporte 4 encoches pour laisser passer les mèches. Deux trous sont percés sous la collerette ; ils servent de niveau pour l'eau et de passage pour l'air qui ainsi circule entre eau et sol.
- la partie médiane, ou "mèche", composée d'une partie centrale circulaire du diamètre du pot et de 4 bandes de largeur donnée qui plongent dans l'eau ;
- la partie supérieure est formée d'un cylindre de PVC d'une hauteur de 30cm qui s'emboîte dans la collerette. Ce cylindre comporte également 4 encoches pour laisser passer les 4 bandes de toile.

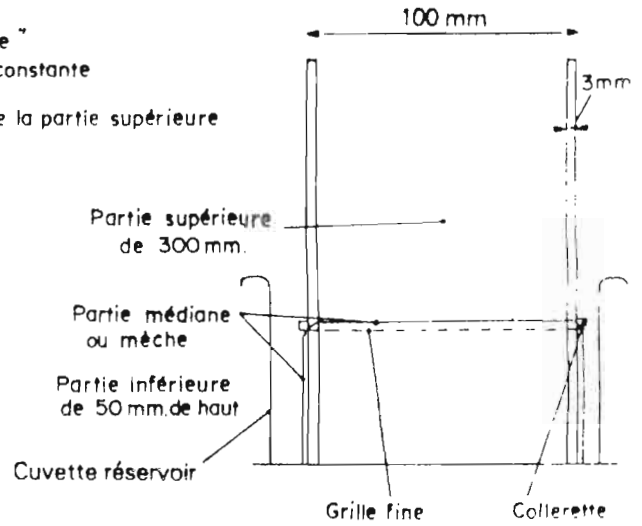
Pour rendre solidaires les 3 parties, une sorte de clips en "corde à piano" passe sous la partie inférieure et s'accroche dans deux encoches faites sur le rebord supérieur du pot.

Fig. 1. Schéma d'un pot avec mèche "toile"

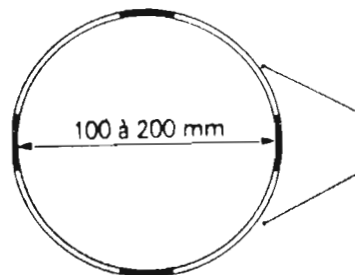
La hauteur de la partie inférieure reste constante et égale à 50 mm.

Son diamètre varie selon le diamètre de la partie supérieure

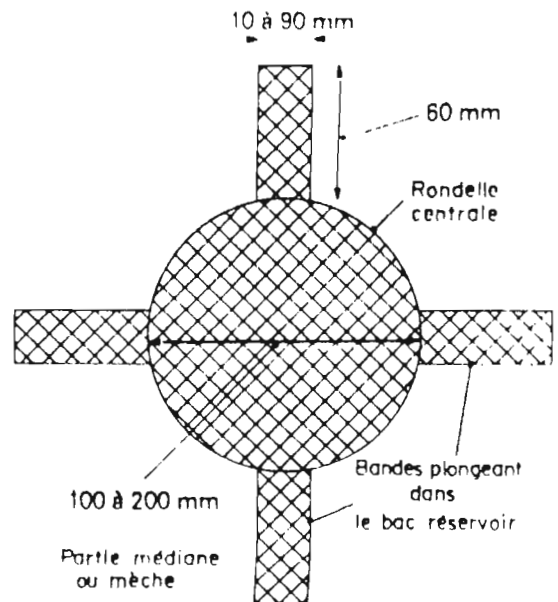
Selon les tests le diamètre peut être de 100, 125, 160, ou 200 mm



Détails



Vue de la partie basale de la partie supérieure



#### 4.2. Pot à alimentation par sable (cf. Fig 2)

Il comprend également 3 parties qui se différencient comme suit de celles du type décrit ci-dessus :

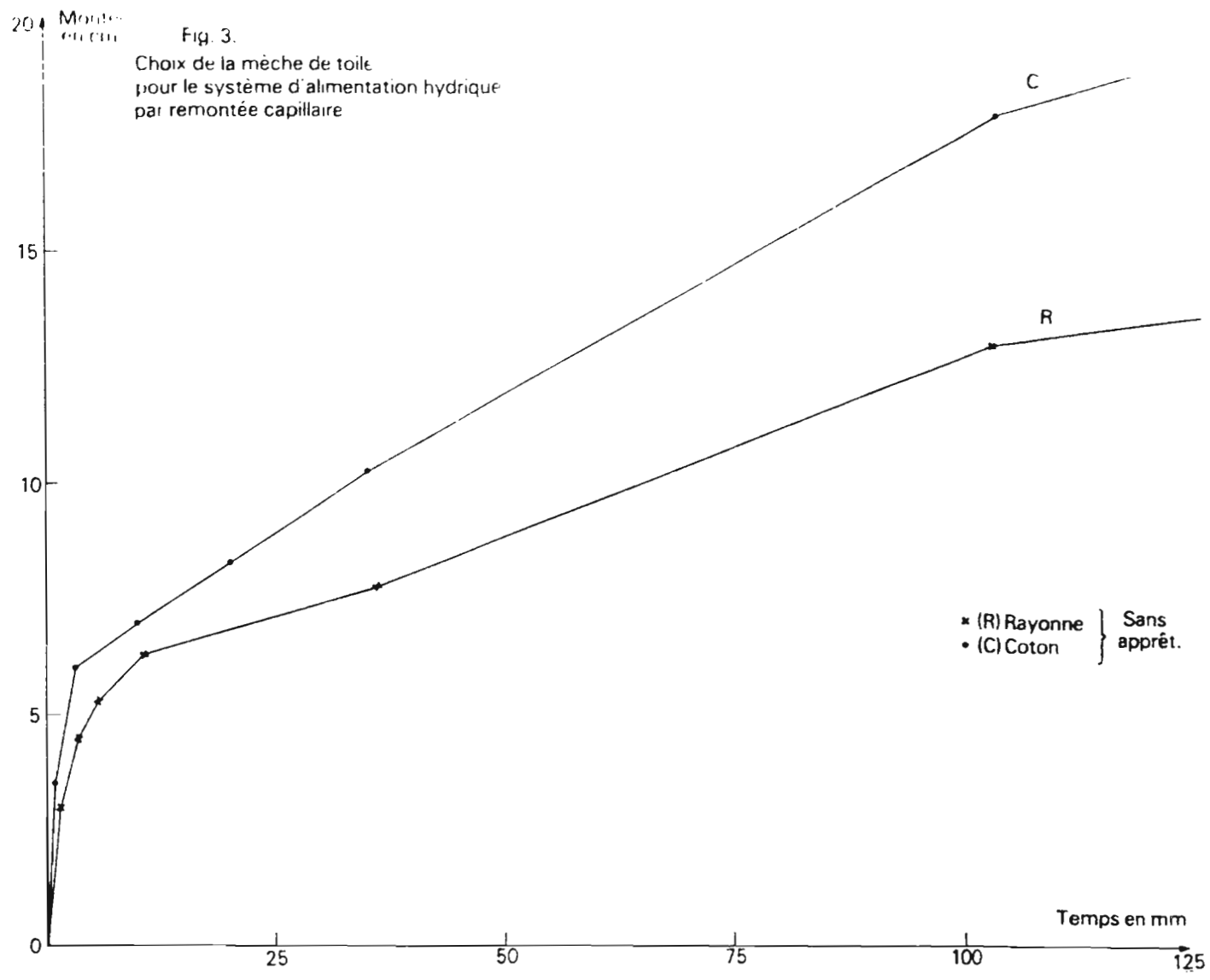
- partie inférieure. Elle est composée d'un manchon en PVC de 112cm de haut ; son diamètre intérieur est égal au diamètre extérieur du support de grille et du pot proprement dit ; il présente un rebord intérieur située à mi hauteur.  
Elle comporte également un cylindre de PVC de 20mm de haut et d'un diamètre égale à celui de la partie supérieure ; sur celui-là, on soude à chaud un grillage métallique identique à celui utilisé pour le pot précédent. Ce cylindre est enfoncé dans la moitié supérieure du manchon et vient se caler contre le rebord intérieur.
- partie médiane. Elle est composée d'une rondelle de toile qui se pose sur le grillage métallique ; sur cette toile on dépose du sable quartzeux sur une certaine hauteur.
- partie supérieure. Elle est identique à celle du pot précédent à l'exception des encoches de la base (destinées à laisser passer la mèche de toile). Un clips rend solidaire les 3 parties.

#### 4.3. Les mèches.

Trois systèmes sont envisagés :

- la mèche de "toile" qui est une toile de coton. En effet des tests réalisés sur 4 tissus différents ont montré que seuls la rayonne et la toile de coton sont hydrophiles; la toile de coton donne les résultats les plus satisfaisants comme le montre la figure 3 et a donc été retenue pour l'ensemble des pots possédant ce type de mèche.
- la mèche de "sable" qui consiste à intercaler entre l'eau et le sol une couche de sable quartzeux tamisé à 2mm et ayant de 4 à 5cm d'épaisseur ; elle repose sur une rondelle de toile de coton ; cette toile évite au sable de passer au travers du grillage inox. La majeure partie de ce sable est immergé ce qui doit permettre le passage en continu de l'eau depuis la





cuvette réservoir jusqu'au sol lui-même. Cette deuxième solution présente deux inconvénients : l'aération du sol par le bas du pot est peu satisfaisante et le volume d'eau disponible pour les plantes peut s'avérer insuffisant en pleine croissance si l'on veut s'affranchir d'apports d'eau durant 2 à 3 jours ; ce dernier désavantage peut être tourné en utilisant une hauteur importante de sable (5 à 8cm) venant cependant en déduction du volume de terre disponible pour les plantes.

- aussi un système mixte "toile-sable" est préférable pour éviter le contact de la nappe avec la terre et aussi améliorer l'aération par le bas.

Ces descriptions peuvent être mieux comprises par l'examen des planches photographiques 1 et 2 (photos 1, 2, 3).

#### 5 - MISE AU POINT D'UN MOYEN DE CONTROLE DESTINE A SUIVRE L'AVANCEMENT DU FRONT D'HUMECTATION A L'INTERIEUR DU POT DE CULTURE.

Pour suivre la remontée capillaire à l'intérieur d'un pot de culture, trois systèmes sont envisageables : les prélèvements à intervalles réguliers de carottes à l'aide de microsondes de 1cm de diamètre intérieur ; le suivi des variations de température consécutives aux variations des taux d'humidité ; enfin les variations de résistivité dues également aux changements de teneur en eau.

Le premier système offre de nombreux inconvénients dont le principal est de créer des "cheminées" artificielles à l'intérieur du sol ce qui entraîne des ruptures de capillarité dans le cas où l'on veut faire de nouveaux prélèvements dans le même pot. Dans le cas où les prélèvements seraient effectués dans plusieurs pots pour éviter de perturber le processus de remontée capillaire, les résultats acquis ne seraient interprétables que pour chacun des pots au moment du prélèvement ; aucune courbe permettant de suivre le phénomène de remontée capillaire ne pourrait être tracée.

Le second système permet des mesures successives sur un même pot car le sol n'est pas perturbé. Par contre les différences entre les deux thermocouples (l'un placé dans la glace fondante, l'autre dans le sol) sont trop faibles pour être mesurées avec un appareil de maniement simple ; de ce fait elles ne peuvent être reliées, avec suffisamment de sécurité, avec les variations effectives de la teneur en eau du sol au moment de la mesure. D'autre part le système est trop "lourd" pour être utilisable en serre.

Le troisième système consiste en la mesure de la résistivité d'un sol ; cette dernière valeur diminue avec l'augmentation de l'humidité du matériau considéré. C'est cette dernière technique qui est retenue pour être testée sur les sols.

Cela tient à 2 raisons principales :

- elle ne perturbe pas le sol ;
- elle utilise un appareil simple (un ohmètre portatif).

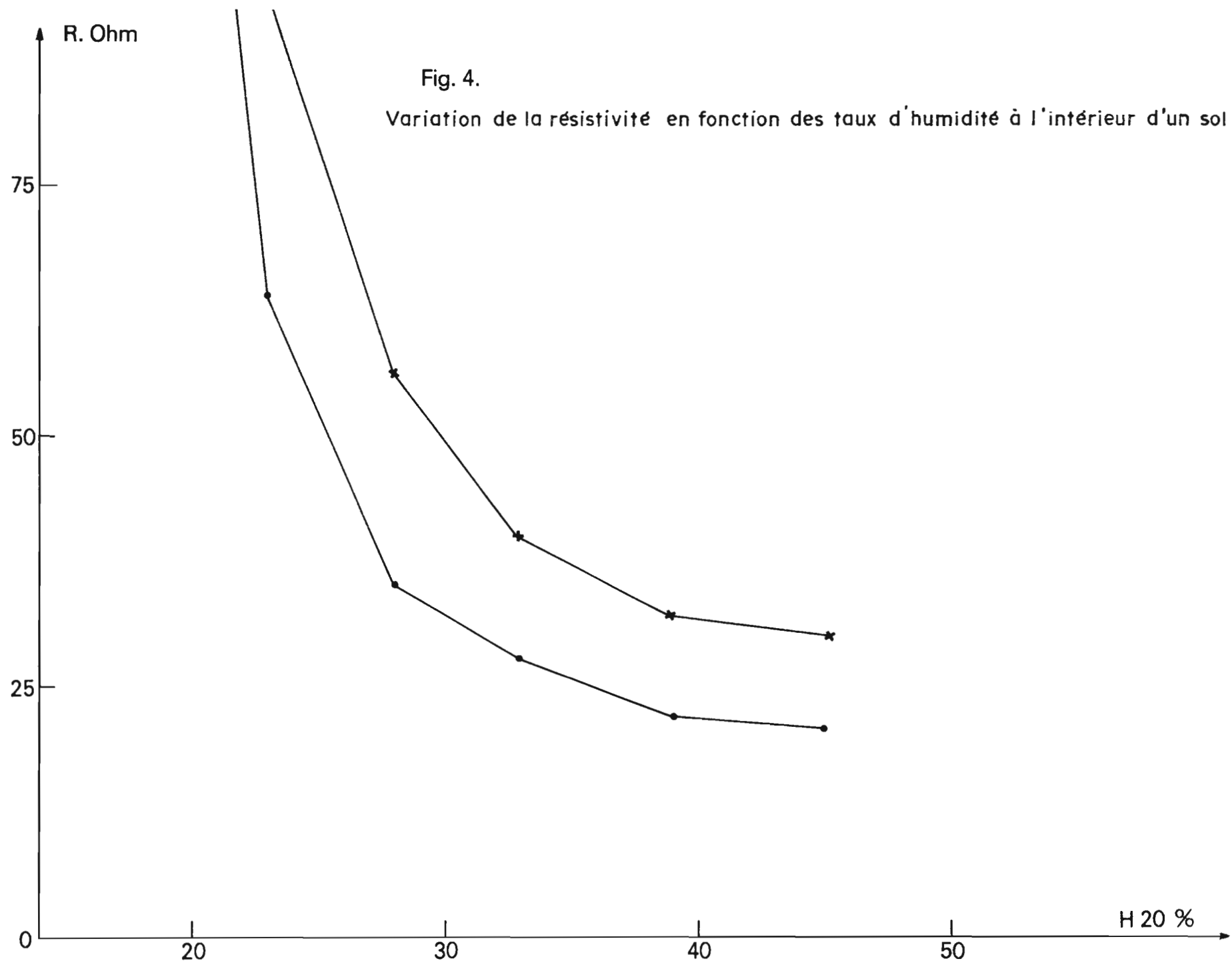
#### 5.1. Mise en évidence des variations de la résistivité en fonction de l'humidité du sol.

Le même poids de sol séché à l'air est placé dans des boîtes à tare. Le volume d'eau apporté dans chaque boîte et mélangé intimement au sol est arithmétiquement croissant (de 5 en 5 cc). On réalise deux séries de 10 boîtes de façon à utiliser la première pour les mesures de résistivité et la seconde pour calculer l'humidité pondérale globale dans chaque boîte.

Les deux électrodes sont placées de telle façon que leur écartement soit identique à chaque mesure. Les différentes valeurs sont reportées sur un graphique avec la valeur de la résistivité en ordonnée et la valeur de l'humidité pondérale en abscisse ; les différents points ainsi obtenus peuvent être reliés par une courbe ayant la forme d'une branche d'hyperbole (cf. Fig. 4). Ceci montre qu'effectivement il existe une relation entre ces deux paramètres physiques à l'intérieur d'un sol.

Les mesures permettent d'obtenir des valeurs absolues de résistivité ; mais il est préférable de considérer, pour une humidité donnée dans un sol donné, une fourchette à l'intérieur de laquelle se trouveront les différentes valeurs de résistivité mesurées. Ces dernières peuvent en effet varier par rapport à une moyenne selon que le sol est plus ou moins tassé ou que le contact entre l'électrode et le sol plus ou moins intime.

Enfin, dans le but de suivre l'avancement du front d'humectation durant la remontée capillaire, l'utilisation de cette technique consiste non pas à avoir des valeurs absolues plus ou moins précises mais seulement à suivre les variations de la résistivité du temps  $t_0$  au temps  $t_1$  qui nous renseignent sur les variations de l'humidité.



5.2. Premières mesures destinées à montrer la possibilité de suivre l'avancement de front d'humectation dans un pot de culture.

Le pot de culture en PVC choisi a 30cm de haut et 20cm de diamètre ; il est rempli d'une terre tamisée à 2mm provenant d'un sol peu évolué d'apport alluvial sablo-argileux. Des électrodes en cuivre sont placées tous les 3cm sur la totalité de la hauteur du pot ; les premières électrodes utilisées étaient de simples fils de cuivre de 4mm de section ; mais la difficulté de les enfoncer dans le sol et de les y maintenir, de sorte que les distances entre les 2 électrodes d'un même niveau soient identiques, a fait préférer des boulons en laiton fixés dans la paroi à l'aide de 2 écrous ; ce dernier système a été utilisé au cours de toute l'expérimentation qui a suivi.

L'eau est apportée par le haut ; une lame d'eau de 2 à 3cm y est maintenue pendant 3 jours.

Les résultats donnés dans le tableau 5 suivant montrent que les résultats sont positifs et que cette technique s'avère donc utilisable.

Tableau 5. Résistivité en kilo<sup>\*\*</sup> et Megaohms<sup>\*</sup> d'un sol sec puis humidifié.

Profondeur en cm	N° électrode	Sol sec	Sol humidifié.
3	1 (Sup.)	14,1 <sup>*</sup>	50 <sup>**</sup>
6	2	13,5	47
9	3	15,6	43
12	4	14,7	50
15	5	18,8	41
16	6	14,0 <sup>*</sup>	9,4 <sup>*</sup>
29	7	13,7	14,0
24	8	12,7	13,0
27	9 (Inf.)	10,9	11,0

(----) Situation du front d'humectation avant arrêt des mesures.

Bien que la vitesse de filtration soit faible (ce phénomène sera explicité en cours d'études), il apparaît qu'à l'intérieur d'un sol dans un pot de culture cette technique de mesure est fiable et donne des indications précieuses de faits non observables visuellement. C'est là la conclusion essentielle à déduire de ces tests préliminaires.

## 6 - TESTS PRELIMINAIRES SUR TROIS PRINCIPAUX TYPES DE SOLS NEO-CALEDONIENS.

L'étude portera successivement sur la nature des sols choisis, les conditions d'expérimentation et enfin, les résultats obtenus pour chacun des sols retenus. Les premières conclusions permettront d'orienter les autres séries de tests qui seront alors menées sur un unique sol ; les répétitions pourront être plus nombreuses et on pourra augmenter les cas de figures possibles.

### 6.1. Choix des sols - Leurs principales caractéristiques (cf annexe 1).

Parmi les sols dont la fertilité naturelle pourrait être étudiée en vases de végétation, c'est-à-dire les sols à vocations agro-pastorale, trois sont retenus comme représentatifs, du fait de leurs caractéristiques morphologiques et physico-chimiques. Ce sont :

- un sol peu évolué d'apport sur terrasses alluviales récentes. La texture est sablo-argileuse ; l'argile minéralogique est essentiellement de l'illite.
- un vertisol équilibré ( $Mg/Ca \neq 1$ ) sur colluvions de basalte situé sur des terrasses anciennes. La texture est argileux lourd et l'argile minéralogique est essentiellement de la Montmorillonite.
- un sol ferrallitique ferritique sur roches ultrabasiques de bas de pente de collines. La texture est équilibrée ; l'argile minéralogique est pratiquement inexistante, les composants étant essentiellement des oxydes et hydroxydes de fer et d'alumine ; la capacité d'échange est liée uniquement à la matière organique.

### 6.2. Les conditions d'expérimentation.

Elles sont au nombre de quatre et peuvent être définies comme suit :

- la granulométrie de la terre.

Une fois le sol prélevé, séché et broyé, plusieurs granulométries sont retenues de façon à tester l'importance de ce paramètre. Rappelons que généralement les essais en vases de végétation se sont effectués jusqu'alors en utilisant de la terre tamisée à 2mm sur tamis à mailles carrées.

Dans les expériences suivantes, trois dimensions de mailles carrées (tamis) sont choisies : 2, 5 et 8mm ce qui correspond approximativement à 5, 8 et 11mm à mailles rondes (passoires).

- le diamètre et la hauteur des pots de culture.

Les diamètres possibles sont de 10, 12, 16 et 20cm mais seuls les deux extrêmes sont utilisés dans un premier temps pour les expérimentations. Nous ne ferons intervenir les autres dimensions que si ce paramètre a une influence notable sur la remontée capillaire.

Par contre la hauteur est fixée à 30cm de façon à mettre à la disposition du système racinaire non seulement un volume suffisant à la fois de terre et d'eau utile mais aussi pour permettre un développement sur une hauteur au moins égale à celle offerte au maïs par un labour moyen.

Les mèches utilisées sont celles exposées plus haut à savoir le sable quartzueux, la toile de coton et le couple "toile-sable". En ce qui concerne le premier type, l'épaisseur sera de 3cm ; quant à la largeur de chacune des bandes de toile elle sera de 6cm, ce qui représente une longueur totale de 12cm (pot de 10cm de diamètre) et de 24cm (pots de 20cm de diamètre) c'est-à-dire plus de la moitié de la circonférence de chacun des 2 types de pots.

- maintien du niveau d'eau.

De façon à éviter l'influence éventuelle de ce paramètre sur le phénomène de remontée capillaire, il est décidé de maintenir le niveau d'eau entre 0,5 et 1,5cm en dessous de la base du pot. Ceci permet aussi d'éviter le contact eau-sol.

Pour ce faire, après chacune des mesures de résistivité, le niveau d'eau est ramené à son maximum ; d'où la nécessité, au moins au début de chaque nouvelle série de mesures, d'effectuer des apports d'eau rapprochés.

### 6.3. Résultats obtenus.

Afin de faciliter à la fois la présentation et la compréhension, les résultats sont présentés séparément pour chacun des trois sols et les premières conclusions en sont tirées.

#### 6.3.1. Remontée capillaire dans un sol peu évolué alluvial sablo-argileux (cf. Fig. 6).

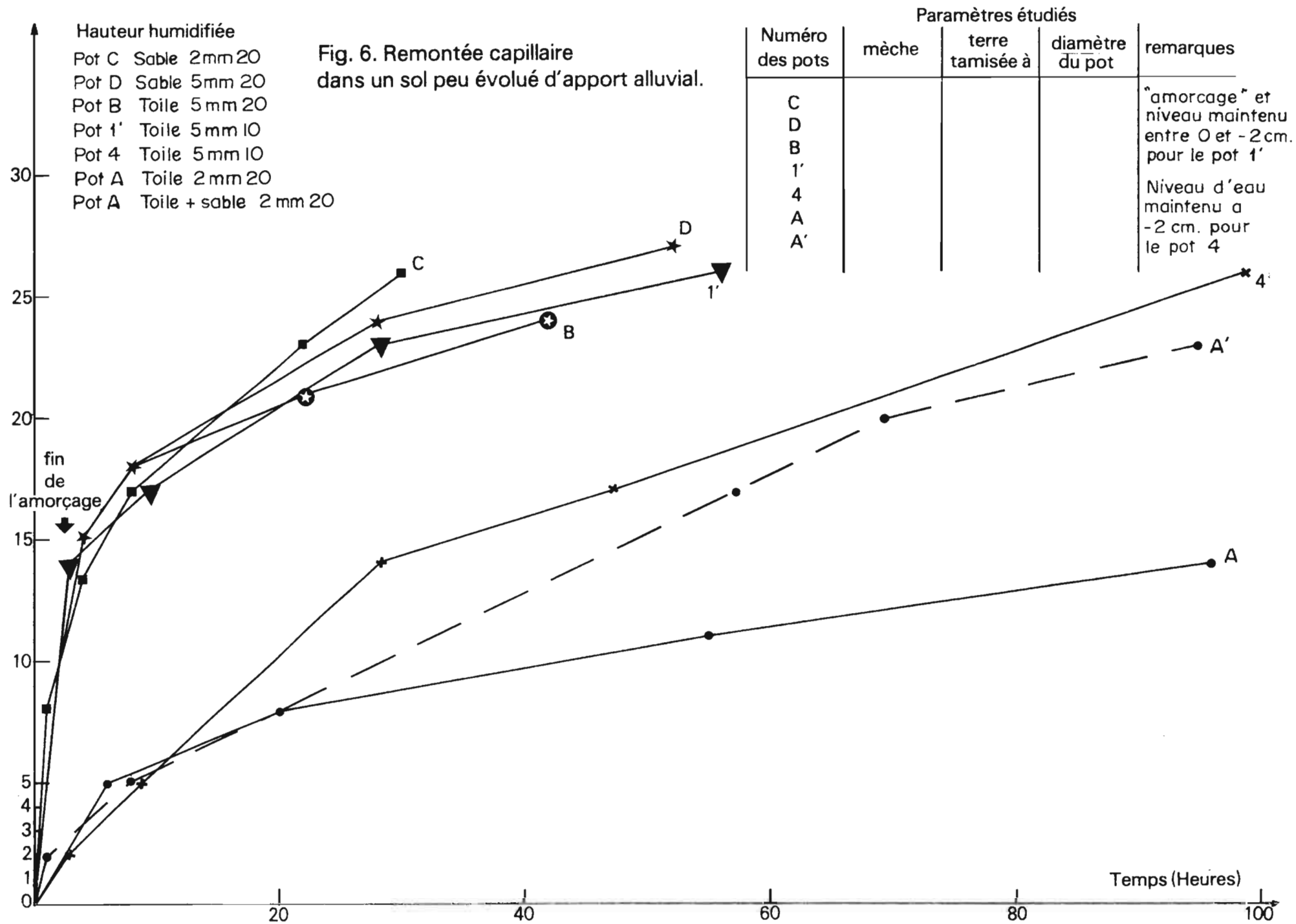
L'alimentation à travers une couche de sable quartzeux à la base du sol donne les meilleurs résultats quant à la vitesse de remontée d'eau dans le sol (pots C et D). Avec ce système la granulométrie (2 ou 5mm) n'intervient pas de façon très significative du moins dans les 20 premiers centimètres.

Des deux courbes suivantes (pots l' et B) il est possible de tirer des informations supplémentaires :

- le diamètre des pots influe, semble-t-il, assez peu sur la remontée de l'eau
- le système d'alimentation par toile, avec une granulométrie de 5mm, est satisfaisante et se rapproche de très près du système d'alimentation avec du sable.

Si l'on examine avec attention l'expérience menée avec le pot n° 4 (maintient du niveau de l'eau à 2cm au-dessous du niveau du sol contrairement au pot l' dans lequel, au début de l'expérience, l'eau était en contact avec le sol) on se rend compte que lors de fortes demandes d'eau (en début d'humectation par exemple) la toile ne peut fournir cet apport que si le niveau d'eau est proche de celui du sol (pots l' et B). Il est donc très probable que le niveau de l'eau dans la cuvette-réservoir par rapport au sol a une influence non négligeable sur la vitesse de remontée capillaire à l'intérieur du pot.

La courbe qui illustre la remontée dans le pot (A) met en évidence un blocage relatif avec le système d'alimentation par toile lorsque le sol est ramisé à 2mm. On peut penser que le tassement et l'écrasement, plus important sur la toile que sur le sable, interviennent ici.



Enfin la courbe (A') reflète l'alimentation du sol à l'aide d'un système mixte : toile avec au dessus un centimètre de sable. On peut en conclure que le sable intervient pour annuler le blocage et présenter à la toile une demande uniforme, la toile fournissant en fonction de ses possibilités.

#### CONCLUSION.

Une granulométrie de 5mm s'impose si l'on veut utiliser un système d'alimentation par toile. L'influence du niveau d'eau n'est pas à négliger. Par contre le diamètre du pot importe peu. Enfin il semble inutile d'utiliser des pots de hauteur supérieure à 25-30cm, le volume d'eau supplémentaire offert étant fortement réduit au delà de cette hauteur.

#### 6.3.2. Remontée capillaire dans un sol ferrallitique ferritique (Fig. 7).

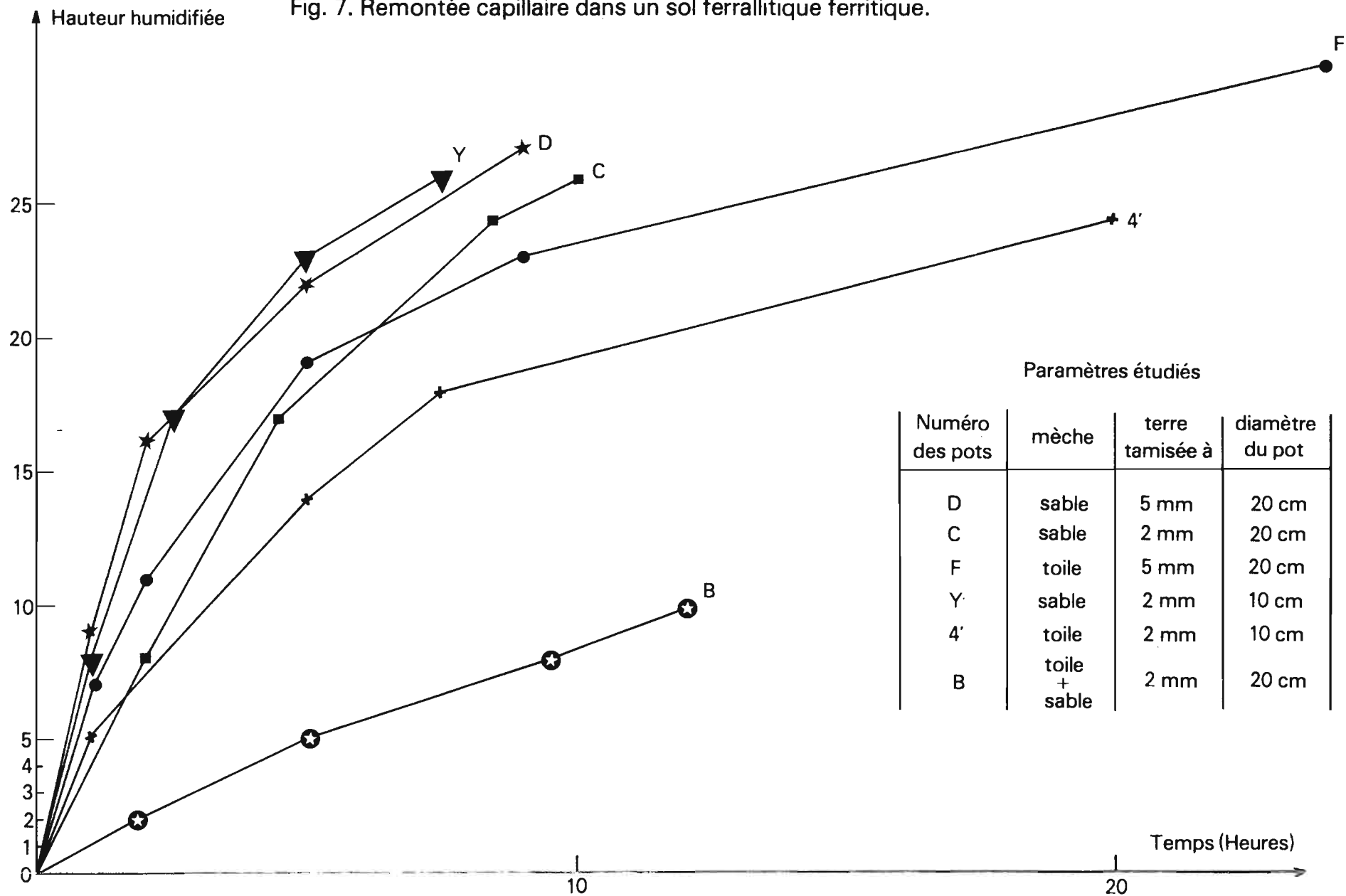
D'une manière générale la remontée capillaire dans un sol ferrallitique ferritique ne pose aucun problème ; la majorité des "combinaisons" utilisées parviennent à humidifier très rapidement les pots et offrent donc un débit capable d'alimenter n'importe quelle plante-test.

Considérons tout d'abord les courbes Y, D et C. Elles sont tirées d'expériences dans lesquelles on a utilisé du sable à la base du sol. Il semble difficile, après comparaison des courbes Y et C, de conclure à une différence induite par le diamètre du pot. Il pourrait s'agir plutôt d'un tassement différent ou d'une erreur sur l'appréciation du niveau d'eau. (Les écarts observés sont mis en relief par l'échelle des temps).

Il est également difficile de se prononcer sur des différences éventuelles induites par les deux granulométries (5mm et 2mm des pots D et C).

Les courbes F et 4' témoignent d'une moins grande efficacité (mais néanmoins apparemment suffisante) du système d'alimentation par l'intermédiaire d'une toile et ceci d'autant plus que la différence de niveau entre la base du sol et la surface de l'eau libre est importante ; elle a en effet été maintenue à au moins 2cm dans le cas du pot 4' alors qu'elle était plus faible au départ avec le pot F.

Fig. 7. Remontée capillaire dans un sol ferrallitique ferritique.



On remarquera d'autre part le fléchissement des courbes F et 4' lorsque le niveau du sol humide atteint 20cm environ. La toile assure une moins bonne disponibilité (une plus grande "rétention") surtout sensible lorsque la "suction" par le sol devient plus faible.

#### CONCLUSION.

Les phénomènes observés avec un sol ferrallitique ferritique sont similaires à ceux observés avec un sol peu évolué d'apport. Ce sol offre une grande facilité pour l'alimentation en eau de différentes plantes-test, en utilisant la technique de remontée capillaire.

#### 6.3.3. Comparaison de deux courbes figurant l'absorption d'eau d'un sol peu évolué d'apport et d'un sol ferrallitique ferritique avec un système d'alimentation mixte "toile + sable" (cf. Fig 8).

La fonction "hauteur de sol humidifiée par unité de temps" s'apparente à une constante. Le système mixte se présente comme une source à débit limité et constant, vraisemblablement parce que la suction du sable sur la toile est plus faible que s'il s'agissait du sol lui-même. Cette suction est constante puisque le sable n'arrive pas à accumuler une quelconque humidité, les systèmes se situant au-dessus de lui étant plus "avides" d'eau.

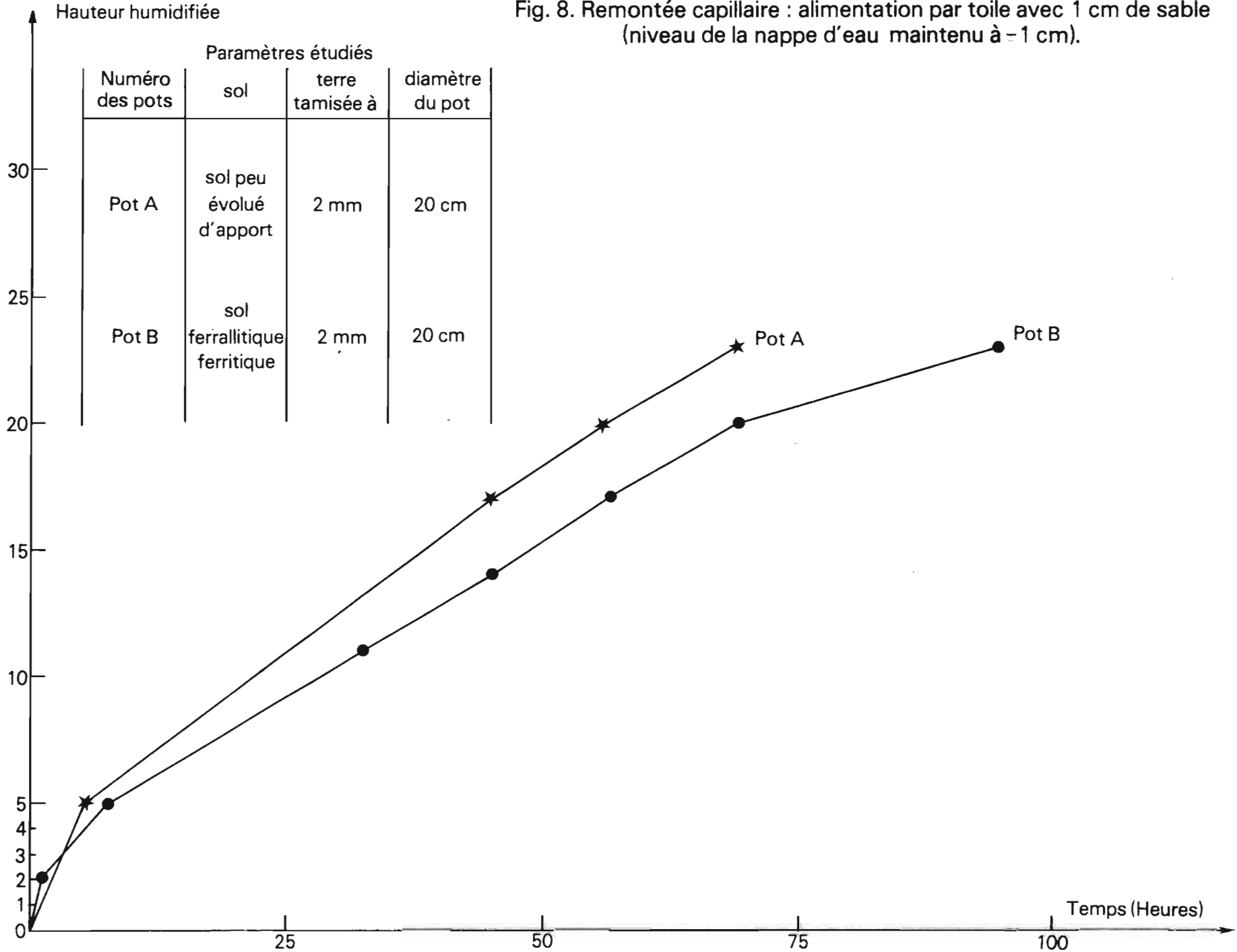
Une expérimentation précise, orientée sur ces remarques, pourrait peut-être nous dire si le système est capable de fournir un débit indépendant de la nature du sol ; mais là n'est pas le propos de l'ensemble de ces expérimentations.

#### 6.3.4. Remontée capillaire dans un vertisol.

##### a) sol tamisé à 8mm.

L'écart observé entre les courbes tracées pour les pots Y (sable, Ø 10cm) et C (sable, Ø 20cm) d'une part et les pots 4' (toile, Ø 10cm) et A (toile, Ø 10cm) d'autre part provient du type d'alimentation utilisé. Chacune des courbes présente deux phases : la première traduit une remontée d'eau rapide, la deuxième une remontée beaucoup plus lente. On note que la différence s'établit au cours de la première phase lorsque le système "sable" permet un apport d'eau plus important. La "cassure" observée au

Fig. 8. Remontée capillaire : alimentation par toile avec 1 cm de sable (niveau de la nappe d'eau maintenu à -1 cm).



terme de cette première phase est probablement provoquée par une diminution brutale de la remontée de l'eau entraînée par le gonflement de l'argile.

Un meilleur rapport "largeur des bandes d'alimentation/surface du pot" semble avoir favorisé le pot de 10cm de diamètre (pot 4').

b) sol tamisé à 2 et 5mm.

Avec une mèche "sable", un sol tamisé à 2mm et dans des pots de diamètres, 10 et 20cm, on observe que la "cassure" se produit à un niveau un peu moins élevé dans le pot de petit diamètre que dans celui de grand diamètre (cf Fig.9). Ceci amène à penser que le paramètre joue un rôle non négligeable dans le processus de remontée capillaire dans un vertisol.

Lorsque le sol utilisé a été tamisé à 5mm, ce blocage intervient de la même façon, mais l'influence du diamètre du pot apparaît seulement lorsque l'eau a atteint un niveau plus élevé. On peut donc penser que l'effet "diamètre du pot" sur le blocage de la remontée capillaire est d'autant plus important que la granulométrie est plus fine. C'est à dire lorsque les espaces interagrégats sont plus faibles, ce qui paraît logique. Ce blocage apparaît nettement avec du sol tamisé à 2mm et pas du tout avec du sol tamisé à 8mm (cf. Fig. 10).

Le système d'alimentation utilisant le couple "sable-toile" se révèle moins efficace que le système utilisant la mèche "sable"; le blocage intervient alors que le niveau atteint par l'eau à l'intérieur du pot est inférieur à celui généralement observé avec les autres mèches.

Enfin avec une mèche toile, les conclusions sont très proches de celles déduites des observations effectuées avec une mèche mixte.

#### CONCLUSIONS.

L'humidification des vertisols par remontée capillaire, du fait de leur teneur en argile gonflante, est un phénomène bien spécifique. Des expériences précédentes, on peut déduire que :

- la granulométrie de 2mm favorise une meilleure remontée surtout du fait d'un meilleur démarrage; mais ceci ne résout aucun problème puisque l'on a rapidement affaire à des migrations d'eau qui ne sont plus régies par les lois de la capillarité.

(2 granulomètres 2 et 5 mm, 2 mèches, 2 diamètres de pot)

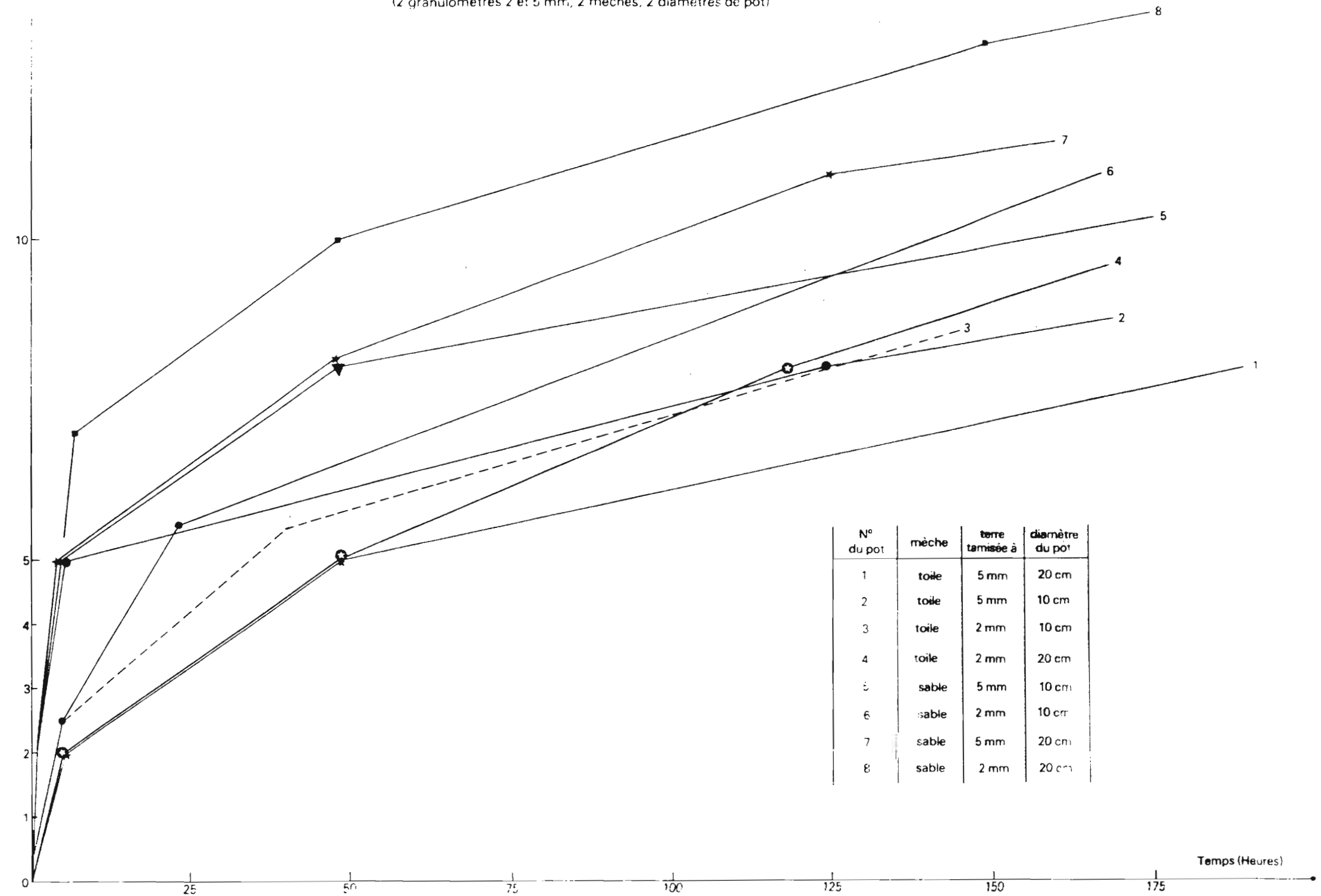
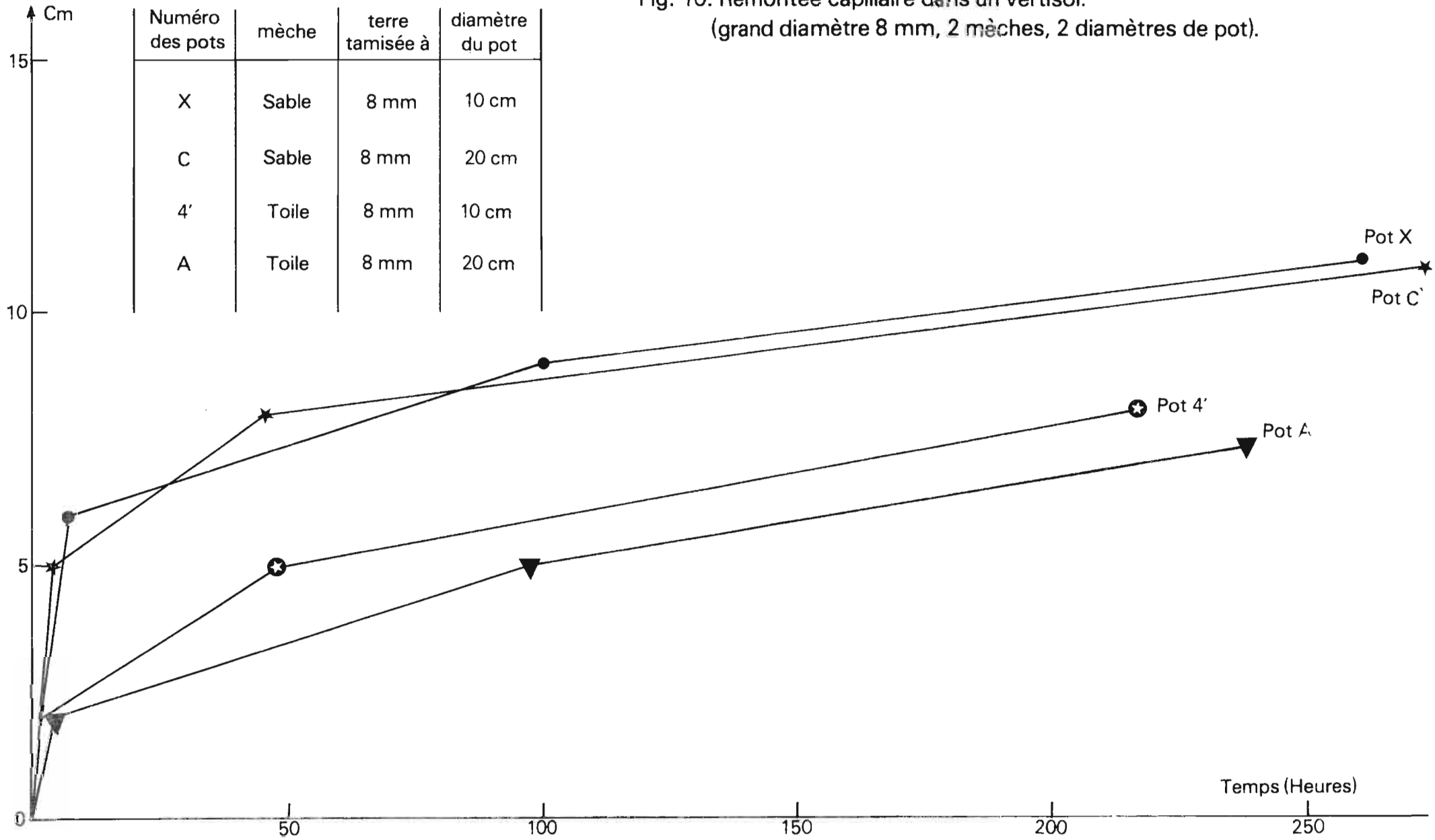


Fig. 10. Remontée capillaire dans un vertisol.  
 (grand diamètre 8 mm, 2 mèches, 2 diamètres de pot).



- l'accroissement du diamètre du pot, spécialement avec un sol tamisé à 2mm, agit comme un facteur favorable. Cela est sans doute dû à la pression moindre qu'exercent les parois sur les particules lors du gonflement (rapport surface/circonférence =  $\frac{R}{2}$  plus favorable).
- la nature de la mèche influence également le phénomène. Ainsi le sable, du fait du volume plus important d'eau fourni durant les premières heures, est plus efficace que la toile et le système mixte "sable + toile" qui n'est pas plus efficient que la toile seule .

Il apparaît donc que l'alimentation des plantes dans ce type de sol ne peut être envisagée avec les systèmes testés.

#### 6.3.5. Premières conclusions.

Il est déjà possible de tirer un certain nombre de conclusions de ces premiers essais concernant la remontée capillaire. Elles se rapportent aux différentes conditions d'expérimentation et peuvent être énoncées comme suit :

- a) le diamètre du pot n'a aucune influence, que ce soit avec le sol peu évolué d'apport ou le sol ferrallitique ferritique. En ce qui concerne le vertisol, la remontée dans le pot de 20cm apparaît meilleure que dans celui de 10 cm sans pour autant permettre d'humecter le sol sur toute la hauteur.
- b) la granulométrie. L'utilisation de terre passée au tamis de 5mm s'impose, pour une alimentation avec mèche de toile en ce qui concerne le sol peu évolué d'apport et le sol ferrallitique ferritique. Par contre avec le vertisol, la granulométrie de 2mm favorise une meilleure remontée ; ce résultat est dû essentiellement au meilleur départ qu'elle conditionne. Avec les autres granulométries, il apparaît que les migrations de l'eau ne sont plus régies par les lois de la capillarité, mais par les lois des transferts d'eau entre une surface humide et une surface sèche.
- c) la nature de la mèche. L'apport de l'eau au sol par l'intermédiaire d'une couche de sable quartzes est généralement l'un des meilleurs sinon le meilleur moyen quelle que soit la granulométrie, le diamètre du pot et le type de sol. Mais il a l'inconvénient, comme cela a déjà été souligné, de ne pas permettre une aération suffisante du sol du fait de l'obligation de maintenir le niveau d'eau en contact avec la plus grande partie du sable ; il ne faut pas oublier non plus l'obligation d'avoir une épaisseur de 5cm de sable pour que la réserve d'eau soit aussi importante qu'avec le système toile.

Ce dernier système (avec une largeur par bande de 6cm) semble donner satisfaction pour les sols peu évolués d'apport et ferrallitique ferritique, avec une granulométrie de 5mm, à condition que la hauteur de toile à imbiber avant d'atteindre la terre soit faible (cf. fig. 7, pot 1' et pot 4). Cette constatation a pour effet de poser la question de l'influence de "l'amorçage" au début de l'expérience (cet "amorçage" sera défini plus loin) et du niveau de départ de la nappe d'eau dans la cuvette réservoir sur le phénomène de la remontée capillaire.

d) la hauteur du pot. Il apparaît déjà qu'il semble inutile d'utiliser des pots d'une hauteur supérieure à 25-30cm ; en effet le volume d'eau supplémentaire offert est, au-delà de cette hauteur, fortement réduit.

#### 7 - ETUDE DU PHENOMENE DE REMONTEE CAPILLAIRE DANS UN SOL PEU EVOLUE D'APPORT SUR ALLUVIONS RECENTES.

Du fait de la diversité des questions à aborder, il est jugé préférable de n'utiliser qu'un sol ; ceci permet alors de diversifier les situations et d'augmenter le nombre de répétitions. Les sols peu évolués d'apport ayant une vocation culturale affirmée et étant donc les plus susceptibles d'être étudiés en serre, ils ont été préférés aux sols ferrallitiques ferritiques. Le système toile est celui qui a été conservé ; le système avec le sable quartzueux ne permet pas une aération suffisante du sol ; quant au système mixte, il n'a pas une action plus efficace que la toile de coton.

L'étude portera alors sur l'influence des variations de certains paramètres sur la vitesse du phénomène de remontée capillaire et donc, par voie de conséquence, sur le débit sur toute la hauteur du pot. Ensuite seront testées d'autres mèches dont les performances seront mises en parallèle avec celles de la toile. Enfin le système retenu à titre définitif sera choisi en fonction de l'ensemble des observations.

##### 7.1. Influence des variations de certains paramètres sur la remontée capillaire avec une mèche "toile".

Les différentes constatations exposées ci-dessus ont pour effet de poser plusieurs questions. Parmi celles-ci, quatre se dégagent de l'ensemble et demandent des réponses aussi précises que possible. On peut les formuler ainsi :

- quelle est l'influence de l'"amorçage" sur la vitesse de la remontée capillaire ?
  - quelle importance a le niveau de départ de la nappe d'eau sur le phénomène et notamment sur sa vitesse ?
  - la largeur des bandes de toile a-t-elle une importance ?  
(jusqu'alors la seule largeur utilisée était de 6cm).
  - l'augmentation de la hauteur de terre à humecter puis à alimenter a-t-elle une réelle importance sur l'allure du phénomène de capillarité ?
- Si oui, d'autres phénomènes entrent-ils en jeu ?

#### 7.1.1. Influence de l'"amorçage" sur la vitesse de la remontée capillaire.

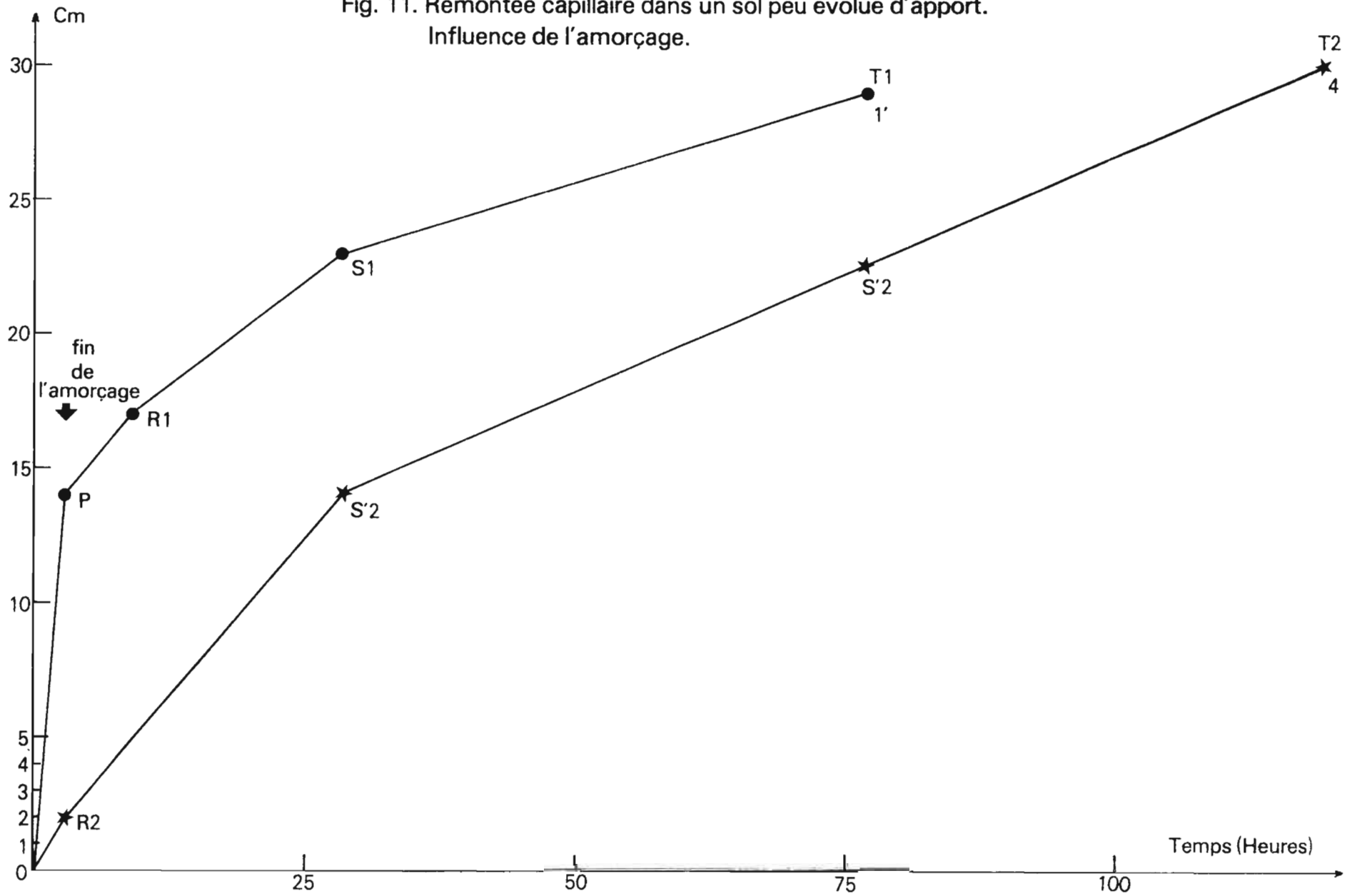
"L'amorçage" consiste à mettre en contact au début de l'expérimentation le sol lui-même avec la nappe d'eau de façon à ce que la toile soit totalement imbibée ainsi que la surface de contact toile-sol. Pour cela, la cuvette réservoir est remplie de façon à ce que 1/2cm de la terre soit immergée. Une fois que le niveau d'eau est descendu en-dessous du niveau du sol, on se retrouve dans les conditions de remontée capillaire définies plus haut.

La figure 11 nous montre que l'humectation de la moitié inférieure du pot est rapide dans le cas du pot 1' (avec amorçage) par comparaison avec le pot 4, ce qui a pour conséquence d'amener l'eau en surface en un temps plus court. Ceci permet de constater que la "pompe d'alimentation" qui est la toile n'arrive pas à fournir autant d'eau que le sol pourrait en absorber, au moins en ce qui concerne les 15 premiers centimètres.

La deuxième constatation est qu'à partir du point O, qui marque la fin de "l'amorçage", les pentes de chacune des courbes sont comparables pour chacun des 3 segments ( $PR_1/OR_2$  ;  $R_1S_1/R_2S_2$  ;  $S_1T_1/S_2T_2$ ) avec une vitesse de remontée capillaire un peu supérieure pour le pot 4 que pour le pot 1 qui "rattrape" en fait une partie de son retard accumulé au début ( $PR_2 = 12\text{cm}$  alors que  $S'T_1 = 6\text{cm}$ ).

Ceci nous amène à considérer l'amorçage comme une technique intéressante lors de l'humectation de la terre avant la mise en place des plantes-test mais elle n'est pas à conseiller au cours de l'expérience car elle provoquerait un apport d'eau trop important dans un laps de temps relativement court (6 heures) ce qui pourrait créer des conditions réductrices temporaires.

Fig. 11. Remontée capillaire dans un sol peu évolué d'apport.  
Influence de l'amorçage.



### 7.1.2. Influence du niveau de départ de la nappe d'eau sur le phénomène de remontée capillaire et la vitesse d'alimentation en eau.

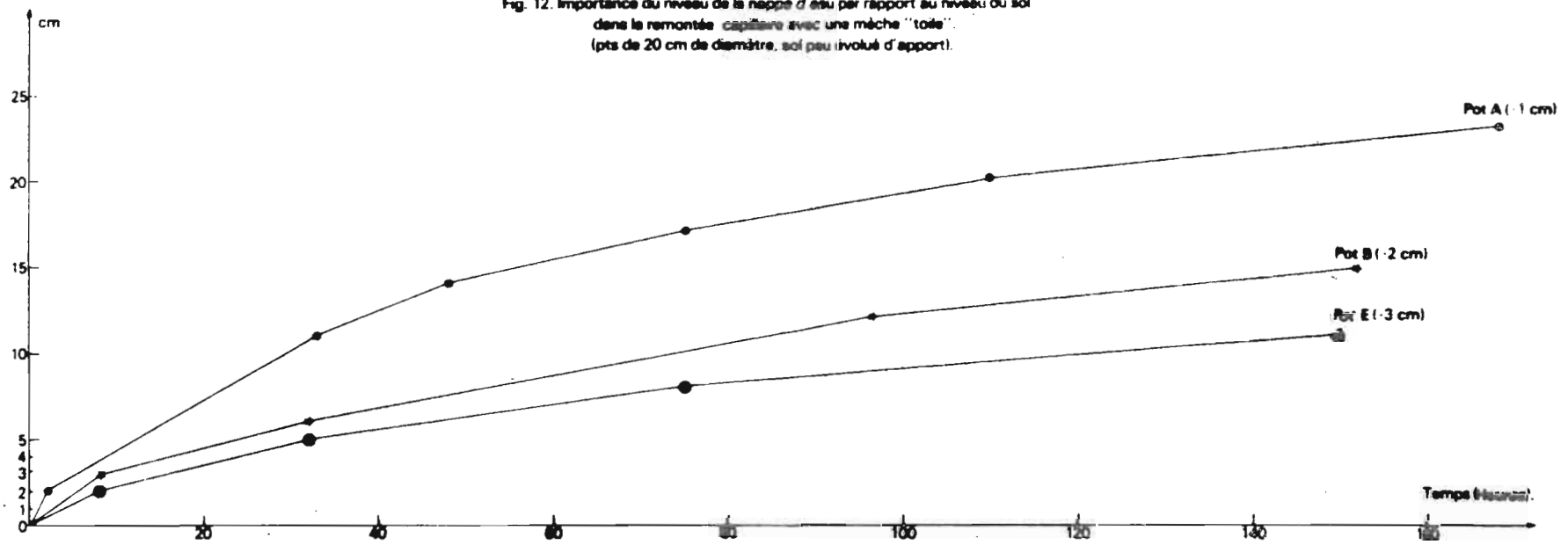
Les conditions d'expérimentation sont les suivantes : des pots de 30cm de haut et 20cm de diamètre alimentés en eau par un système toile ; trois niveaux d'eau (-1, -2, -3cm) pour tester l'importance des variations de ce paramètre.

L'examen de la fig. 12 permet de constater une légère supériorité du niveau (-1cm) qui va s'accroître au cours des 2 premiers jours ; ensuite la différence va rester pratiquement constante lors de la suite de l'expérimentation en faisant appel à la notion d'énergie libre de l'eau qui traduit la facilité pour celle-ci de migrer, et qui fait intervenir toutes les forces de rétention et de succion qui s'y appliquent ; sa vitesse d'ascension dans le sol sera fonction de la résultante de ces forces. Lorsque le niveau de la nappe d'eau diminue, l'eau de la toile est mieux retenue, son énergie libre est plus faible et le débit (résultante des forces de succion et de rétention) diminue.

Il apparaît donc que le système "toile" n'est pas très satisfaisant et présente, hormis certains avantages indéniables, des inconvénients relativement gênants. Le problème de la granulométrie étant pratiquement résolu par l'utilisation d'un sol tamisé à 5mm, il reste néanmoins que le maintien du niveau d'eau à moins de 2cm est pratiquement impératif ce qui diminue considérablement l'autonomie de chaque pot à une durée plus faible (36h. environ) que celle souhaitée (3 jours au moins) lorsqu'on considère la demande d'un maïs en pleine croissance (800mm jour d'ETR).

Il est donc souhaitable de rechercher un autre système d'alimentation qui ait à la fois les avantages de la toile (aération) mais aussi celle du sable, qui arrive à fournir de grandes quantités d'eau ; les contraintes énoncées ci-dessus sont alors minimisées ce qui autorise à considérer cette "mèche" comme assez proche d'une source non limitante du moins pour les hauteurs envisagées. Précisons encore qu'il faut que cet autre système supprime l'inconvénient majeur de la "mèche" sable, qui est son épaisseur (5 à 6cm sont en effet indispensables pour assurer la fourniture d'un volume suffisant d'eau à la plante test pour une durée de 3 jours environ).

Fig. 12. Importance du niveau de la nappe d'eau par rapport au niveau du sol dans la remontée capillaire avec une mèche "toile".  
(pts de 20 cm de diamètre, sol peu involué d'apport).



### 7.1.3. Influence de la largeur des toiles sur le phénomène de remontée capillaire et notamment sa vitesse.

Les conditions d'expérimentation sont les suivantes : des pots de 25cm de haut et de 20cm de diamètre, dont le sol est alimenté en eau par un système toile ; la largeur des 4 bandes, qui plongent dans la nappe d'eau maintenue à niveau pratiquement constant, a trois valeurs à savoir 6, 4 et 2cm.

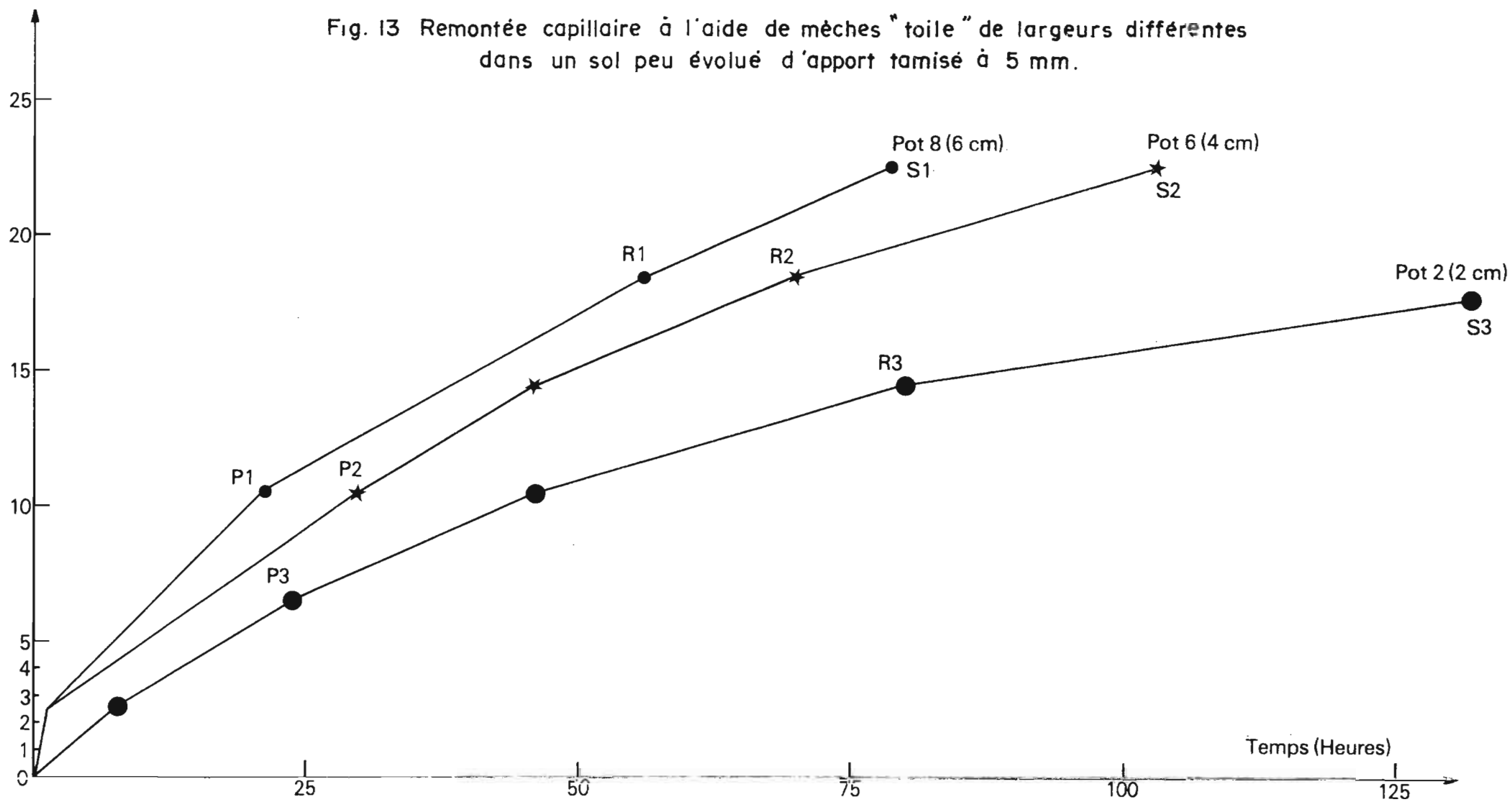
La figure 13 nous permet de constater :

- que le démarrage du phénomène de remontée capillaire est plus rapide dans les pots ayant des bandes de plus grande largeur (6 et 4) mais qu'ensuite le pot n° 8 (6cm) bénéficie d'un apport d'eau plus important que le pot n° 6 (4 cm) ; les différences dans les vitesses de remontée deviennent plus nettes au fur et à mesure des déroulements du phénomène.
- que la courbe illustrant le phénomène dans le pot 2 (2cm) s'amortit de plus en plus ; la vitesse moyenne de remontée capillaire devient très faible (cf. Tableau 14). L'explication physique pourrait être identique à celle donnée à propos des variations de remontée capillaire observées avec des niveaux d'eau différents de la nappe.

TABLEAU 14 - Vitesse de remontée capillaire avec des largeurs de toile différentes.

N° pot	8 (6cms)	6 (4cms)	2(2cms)
Tronçon de courbe	P1R1 (10 à 17cm)	P2R2 (10 à 17cm)	P3R3 (6 à 14cm)
Vitesse de remontée capillaire	0,20 cm/h	0,18 cm/h	0,16 cm/h
Tronçon de courbe	R1S1 (18 à 23cm)	R2S2 (18 à 23cm)	R3S3 (15 à 17cm)
Vitesse de remontée capillaire	0,21 cm/h	0,15 cm/h	0,04 cm/h

Fig. 13 Remontée capillaire à l'aide de mèches "toile" de largeurs différentes dans un sol peu évolué d'apport tamisé à 5 mm.



La conséquence pratique pour l'utilisation du système toile sera de tenir compte de ce phénomène de ralentissement très net pour les petites largeurs. Il semble qu'une largeur de 6cm soit satisfaisante.

#### 7.1.4. Influence de la hauteur de terre à humecter puis à alimenter sur l'allure du phénomène de remontée capillaire.

Les conditions de l'expérimentation sont les suivantes : deux pots de 60cm de haut et de 20cm de diamètre avec une alimentation hydrique par sable et par toile ; le niveau d'eau est maintenue à 1cm sous le niveau du sol, la terre a été tamisée à 2mm. Notons qu'une autre expérience est menée parallèlement avec un pot de 10cm de diamètre et une alimentation par sable dans le but de voir si le diamètre intervient au-delà de 30 centimètres de hauteur . Les mesures sont rapprochées au début puis de plus en plus espacées au fur et à mesure du déroulement de l'expérimentation.

La figure 16 confirme la nette différence de remontée avec une terre tamisée à 2mm entre les systèmes sable et toile dans la première partie de la courbe. Ensuite l'on note un ralentissement dans les 2 cas mais il est moins marqué pour le système sable. Enfin les 2 courbes sont sensiblement parallèles au-delà de 30cm de hauteur.

Sur cette figure seules les mesures réalisées pendant une partie de l'expérimentation ont été reproduites ; mais cette dernière a été conduite pendant 2 mois et demi et les courbes obtenues permettent de calculer des vitesses de remontée capillaire pratiquement constantes et identiques à celle qui est calculée pour le dernier tronçon de la figure (cf. Tableau 15).

L'examen de ces courbes fait apparaître aussi que le diamètre n'intervient pas, non seulement de 0 à 30cm comme cela a déjà été montré (cf. 1.2. 3.2.1.), mais aussi au-delà. Le léger décallage observé n'est pas constant et la courbe du pot D peut également passer sous celle du pot C; cela provient certainement de la discontinuité des mesures due à l'espacement des électrodes.

Fig. 16. Comparaison des remontées capillaires dans des pots de 60 cm de haut alimentés par des systèmes de sable et toile

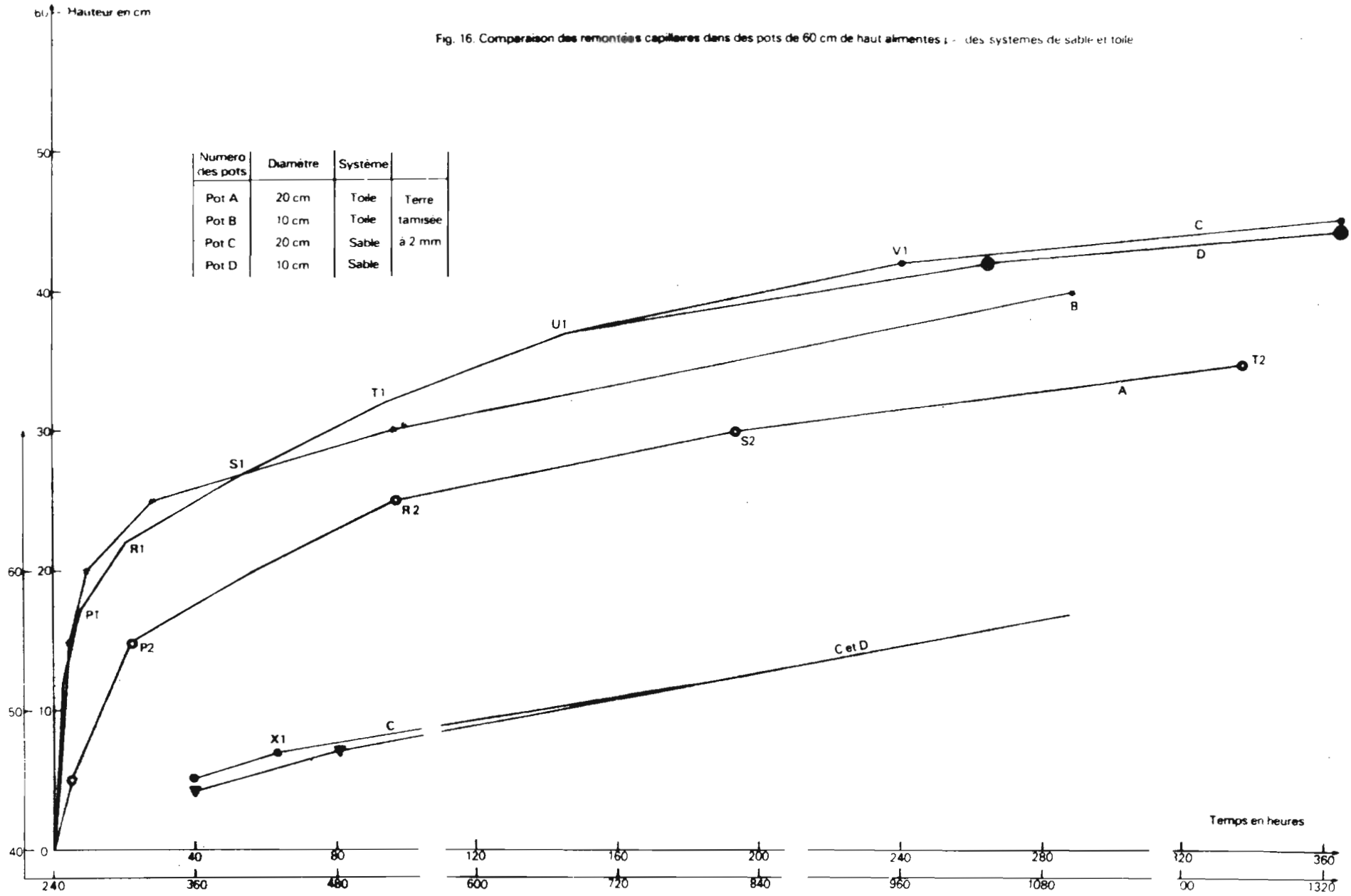


TABLEAU 15 - Vitesse de remontée capillaire en fonction de la hauteur considérée et du système d'alimentation hydrique.

Tronçon de courbe	OP1	P1R1	R1S1	S1T1	T1U1	U1V1	V1X1	X1V1	Y1Z1
Hauteur considérée en cm.	0-17	17-22	22-27	27-32	32-37	37-42	42-47	47-52	52-57
N° pot.									
C	2,43 cm/h	0,38 cm/h	0,15 cm/h	0,13 cm/h	0,10 cm/h	0,052 cm/h	0,026 cm/h	0,014 cm/h	0,016 cm/h
Tronçon de courbe	OP2		P2R2		R2S2	S2T2		T2U2	
Hauteur considérée en cm.	0-15		15-25		25-30	30-35		35-40	
A	0,71 cm/h		0,15 cm/h		0,048 cm/h	0,035 cm/h		0,013 cm/h	

Comme conséquence pratique, nous observons que la vitesse de remontée capillaire diminue de moitié de 32 à 52cm chaque fois que l'on augmente l'épaisseur du sol de 5cm pour atteindre des valeurs très faibles. Ce qui laisse supposer un débit également très faible ; on retrouve donc sur ces courbes les deux phases déjà observées sur les courbes de remontée capillaire dans des vertisols. Elles peuvent être explicitées par les deux lois qui régissent les mouvements de l'eau. Il y a d'abord une première phase de remontée relativement rapide sous l'influence des lois de la capillarité. Puis une deuxième phase, observable à partir de 30cm (pot A) et de 40cm (pot C et D), qui est lente et représentée graphiquement par un segment pratiquement linéaire ; les mouvements de l'eau apparaissent régis par la loi de Darcy

$$q = - K \frac{d h}{d z}$$

avec  $q = \text{flux en cm}^3/\text{cm}^2$

$K = \text{conductibilité hydraulique à l'humidité considérée.}$

$\frac{d h}{d z} = \text{gradient de potentiel hydrique.}$

L'alimentation hydrique est alors insuffisante pour les plantes-test. Aussi la hauteur de terre à humecter et à alimenter dans les pots de culture sera limitée volontairement à 25 centimètres pour éviter de se situer dans la partie très amortie de la courbe ; en effet il faudrait recourir systématiquement à un apport complémentaire d'eau par arrosage, ce qui enlèverait beaucoup d'intérêt à l'alimentation par remontée capillaire.

#### CONCLUSIONS.

Un contact nappe-sol au début de l'expérimentation peut jouer un rôle intéressant au moment de l'humectation lorsque le sol est placé dans le pot avec les éléments fertilisants juste avant le semis ; la remontée d'eau par capillarité est plus rapide. Mais lorsque l'on reconstitue la réserve d'eau du bac d'alimentation il est préférable d'éviter le contact entre le sol et la nappe ; on pourrait créer des conditions réductrices néfastes bien que temporaires et éliminer la couche d'air que l'on souhaite maintenir entre le sol et l'eau.

Le niveau d'eau avec le système toile doit cependant être maintenue relativement près du sol et la réserve d'eau doit être renouvelée fréquemment dans le cas de forte évapotranspiration des plantes cultivées. En effet la vitesse de remontée capillaire décroît rapidement quand la différence de niveaux entre la nappe et le sol passe de 1 à 2 puis 3 centimètres.

La remontée capillaire est également fonction de la largeur des bandes de toile, ce qui ne pose pas de problèmes puisqu'il suffit d'en tenir compte dans la réalisation de ces mèches.

Par contre la toile est "décomposée" assez rapidement au contact du sol et au bout de trois semaines environ on ne retire qu'une dentelle collée au sol, son rôle de mèche apparaît alors très réduit.

Enfin la hauteur du sol dans le pot ne doit pas dépasser 30 centimètres pour éviter d'entrer dans la phase, non plus de remontée capillaire mais d'échange d'eau par contact entre une surface humide et une surface sèche. Ceci aurait pour effet de réduire considérablement la quantité d'eau utile pouvant atteindre les premiers centimètres supérieurs du pot.

Nous retiendrons essentiellement les points 2 (différence de niveau faible à maintenir entre le sol et le niveau d'eau) et 4 ("décomposition" de la toile, ce qui réduit son efficacité) pour souligner la nécessité de

réaliser des expériences complémentaires ; elles auront pour but de trouver une mèche autre que la toile qui permette de conserver la technique d'alimentation par capillarité, avec les deux avantages importants que sont le maintien d'un débit suffisant pour toutes les périodes végétatives et le maintien d'une couche d'air entre la nappe et le sol. Mais nous tiendrons compte également de la hauteur maximale de 30cm pour la fabrication des pots puisque cela apparaît comme indépendant du type de mèche mais plutôt de lois physiques régissant les échanges hydriques dans le sol lui-même.

### 7.2. Réalisation de mèches à partir d'autres matériaux pour tenter de résoudre certains problèmes rencontrés avec la toile.

Les motivations de cette nouvelle série de tests en utilisant comme mèche un autre matériau au lieu et place de la toile de coton peuvent se résumer ainsi : trouver une mèche qui aurait les avantages du sable c'est-à-dire qui permette une alimentation non limitée hormis par le sol lui-même et qui résisterait relativement bien à la "corrosion" due au contact du sol ; et de la toile c'est-à-dire maintenir une aération entre l'eau et le sol pour éviter la formation de gley et son maintien sur une hauteur importante.

De plus cette mèche devra supprimer l'action négative du niveau de départ et de la diminution du niveau d'eau dans la cuvette-réservoir au fur et à mesure que la remontée capillaire se déroule.

#### 7.2.1. Expérimentation avec de l'éponge végétale.

Cette éponge végétale se présente en plaque alvéolée de dimension variable (40 x 50cm par exemple) et d'épaisseur voisine de 3mm ; les petites alvéoles sont alignées ; les lignes sont distantes de 5mm et les alvéoles sont alternées d'une ligne à l'autre.

L'analyse de ce matériau montre qu'aucun élément ne peut être apporté au sol même au cours d'un cycle de 3 à 4 mois par l'intermédiaire de l'eau transitant à travers l'éponge.

TABLEAU 17 - Résultats de l'analyse chimique de l'éponge végétale.

Eléments totaux	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N
Teneur en %	0.010	0.009	0.001	0.003	0.001	0.000

L'épaisseur de l'éponge permet d'avoir un volume transporté par unité de temps beaucoup plus important qu'avec la toile qui a seulement quelques dixièmes de millimètres d'épaisseur. Les premières expériences montrent la disparition du "blocage" rencontré avec la toile en utilisant de la terre fine tamisée à 2mm, et cela en opérant dans les mêmes conditions expérimentales (même niveau de la nappe ; même largeur des bandes plongeant dans l'eau). Ceci amène alors à aborder les deux points importants qui pénalisaient la toile de coton.

#### 7.2.1.1. Influence du niveau d'eau.

Il s'agit d'alimenter le même sol d'alluvionnaire sablo-argileux en maintenant la nappe entre les niveaux - 1 et - 1,5cm dans le premier cas et - 2 et - 2,5cm dans le second. Ceci doit permettre de tester l'influence du niveau de la nappe dans la cuvette par rapport à la base du sol.

La figure 18 montre que, si une différence apparaît après 5 centimètres de remontée à l'intérieur du pot, les deux surfaces situées à 23,5cm sont humectées en même temps.

La vitesse de remontée capillaire est presque identique dans les deux cas et au moins égale à celle maintenue par le sable.

#### 7.2.1.2. Influence des largeurs des bandes plongeant dans l'eau avec deux niveaux d'eau.

Grâce aux lignes d'alvéoles de la plaque d'éponge, il est possible de découper des bandes de largeur arithmétiquement croissante de 0,5 cm à 3,0cm. Les niveaux d'eau dans la cuvette réservoir sont maintenus entre - 2 et - 2,5 d'une part et - 4 et - 4,5cm d'autre part.

Les conclusions suivantes sont déduites de la figure 20 et du tableau 19.

- a) l'influence du niveau de l'eau par rapport au niveau du sol est visible. Le niveau (- 2cm) permet certes une meilleure alimentation que le niveau (- 4cm) ; mais le calcul des vitesses de remontée capillaire fait apparaître qu'en fait la pompe "éponge" a un débit suffisant quel que soit le niveau de la nappe entre 0 et 4cm. Ceci laisse une grande liberté d'action puisque d'une part l'ETR d'un plant de maïs pendant la période de plus grande consommation au printemps ou à l'automne est voisine de 800 cc/jour et que d'autre part le volume d'eau disponible sur 4cm correspond à environ 2.400 cc.

Hauteur de sol humectée

Fig. 18. Remontée capillaire avec une éponge végétale comme mèche.

Conditions expérimentales { Sol peu évolué d'apport 2 mm  
Pot 15 niveau de la nappe d'eau maintenu entre -1 et -1,5 cm  
Pot 11 niveau de la nappe d'eau maintenu entre -2 et -2,5 cm

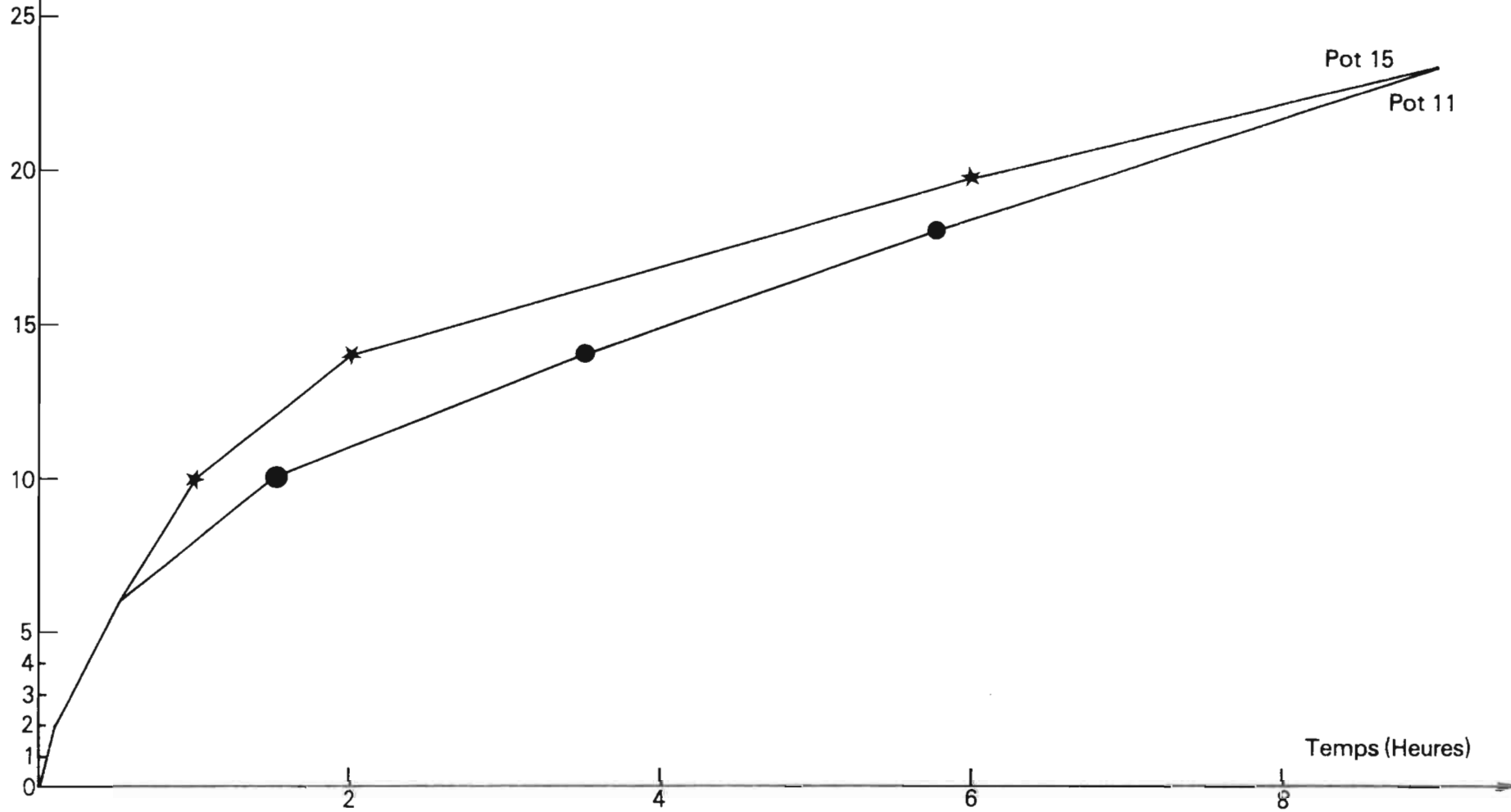


TABLEAU 19 - Vitesse de remontée capillaire en cm/heure dans un sol séché à l'air.

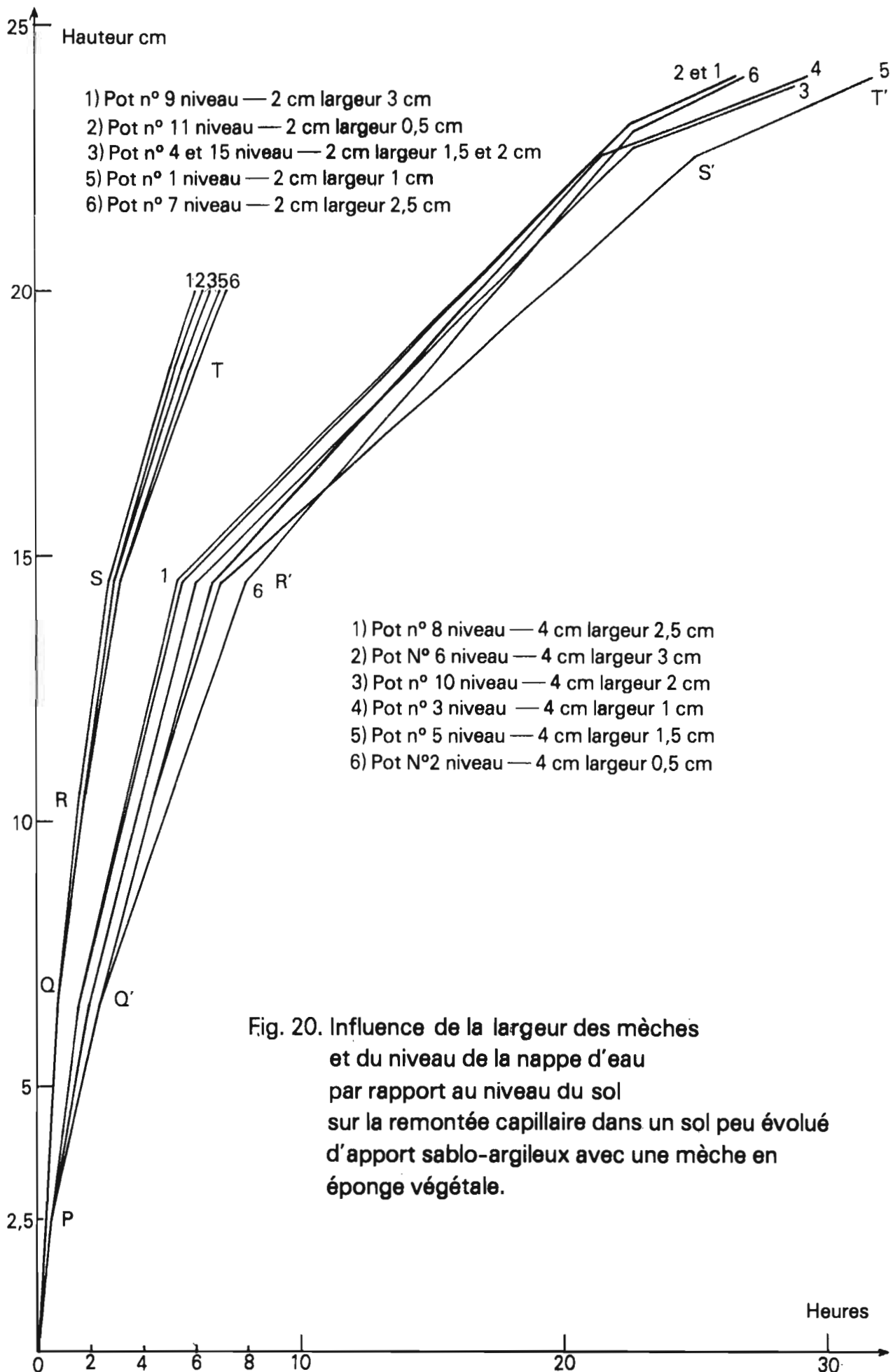
Niveaux dans le pot Niveaux de culture en d'eau dans la cuvette.		OP 0-2,5	PQ 2,5-6,5	QR 6,5-10,5	RS 10,5-14,5	ST 14,5-20	20-25
- 2cm		8,1cm/h	8,1cm/h	4,0cm/h	4,0cm/h	2,0cm/h	1,3cm/h
Niveaux dans le pot Niveaux de culture en d'eau dans la cuvette		OP' 0-2,5	P'-Q' 2,5-6,5	Q'-R' 6,5-1,5	R'-S' 14,5-23	S'-T' 23 - 25	
- 4cm	largeur des bandes 3 cm	5,0	4,0	2,10	0,51	0,23	
	1,5 cm	5,0	2,22	1,90	0,48	0,21	

b) L'influence de la largeur de l'éponge, qui pourrait entraîner des variations du débit de la "pompe" apportant l'eau au sol, est insignifiant quand le niveau d'eau dans la cuvette est maintenue autour de - 2cm, un peu plus visible mais très faible lorsque le niveau d'eau est ramenée à - 4cm.

Pour éviter tout ennui, on pourra retenir une largeur de bandes d'alimentation de 3 à 4cm ; en effet lorsque les plantes-test devront être alimentées, les demandes seront nettement accrues en regard d'une simple compensation de l'évaporation d'un sol nu.

Ceci conduit à admettre que le système d'alimentation hydrique par éponge présente trois avantages très importants :

- une meilleure résistance à la corrosion par le sol. Il faudra vérifier si cela est vrai lorsque ce matériau sera en contact avec le sol et les racines durant plusieurs semaines,
- une diminution très importante de l'influence du niveau d'eau et de la largeur des bandes d'alimentation,



- un débit suffisant entre le quart inférieur et la hauteur du sol (à 25cm de la base) pour garder l'humidité d'un sol à un stock d'eau maximum supérieur à 60 % de la réserve utile c'est-à-dire permettre le maintien de l'ETR voisine de son maximum avec 1 (voire 2) plants de maïs en période de consommation maximale (floraison, épiaison). Ceci est confirmé par le tableau ci-dessous :

TABLEAU - Résumé des principales données hydriques concernant la remontée capillaire dans un sol peu évolué d'apport avec une éponge comme mèche.

- eau utile fourni par cm d'épaisseur 18,2cc (30 % de la réserve utile)
- vitesse moyenne de remontée de 6,5 à 14,5cm = 3cm/heure
- vitesse moyenne de remontée de 14,5 à 25cm = 1,1cm/heure
- Débit de 6,5 à 14,5 =  $18,2 \times 3 = 54,6\text{cm}^3/\text{heure}$
- Débit de 14,5 à 25cm =  $18,2 \times 1,1 = 20\text{cm}^3/\text{heure}$
- Quantité fourni en 24h. entre 14,5 et 25 =  $20 \times 24 = 480\text{cm}^3$
- Quantité globale mise à la disposition des racines entre 6,5 et 25cm =  $1.320\text{cm}^3$ .
- ETRM de 2 plants de maïs ( $500 \times 2$ ) + 300 =  $1.300\text{cm}^3$ .

REMARQUE : Si on considère que l'on peut utiliser 40 % de réserve utile, ce système d'alimentation peut fournir 1.750cc pour la même tranche explorée par les racines.

EN RESUME : On peut faire cinq remarques sur l'utilisation, comme mèche, de l'éponge végétale :

- 1 - Disparition du "blocage" rencontré avec la toile,
- 2 - Elimination presque complète, du moins dans les limites testées (0 à - 4cm), d'un facteur de variation important qu'est le niveau d'eau?
- 3 - Vitesse de remontée capillaire au moins aussi bonne qu'avec du sable.
- 4 - Indépendance de cette vitesse au regard de la largeur des bandes,
- 5 - Volume d'eau apporté par 24h. considéré comme suffisant pour assurer l'alimentation hydrique de 2 plants de maïs quand leur ETR est maximale tout en conservant le sol à une humidité relativement élevé (60 à 70 % de la capacité maximale de rétention). Ceci restera à vérifier en comparant les volumes réellement évapotranspirés au cours de la croissance de 1, 2 et même 3 plants de maïs dans des pots de cultures en serre.

### 7.2.2. Expérimentation avec de la toile de verre.

L'objet de cette nouvelle série d'essai avec une nouvelle mèche s'explique par le fait que l'éponge, bien qu'étant une mèche à très bon débit, a l'inconvénient d'être biodégradable lorsqu'elle reste plus d'un mois au contact du sol. Cette constatation s'est produite au cours de l'observation des mèches en éponge de deux pots de culture ayant servi à un test de longue durée, concernant la possibilité du maintien de l'humidité par remontée capillaire.

Il est donc nécessaire de tester d'autres mèches non biodégradables pour en trouver une qui ait des propriétés aussi voisines que possible de celles de l'éponge végétale. Le seul matériau retenu est la toile de verre dont l'avantage était de véhiculer l'eau le long des différentes fibres qui la composent (cf. photo 1).

Cette toile de verre se présente avec des trames de différentes grosseurs, les fibres qui la forment pouvant avoir 3 largeurs. Utilisons les termes de petites, moyennes et grosses trames pour plus de commodités.

Plusieurs remarques peuvent être formulées rapidement à la suite de tests préliminaires :

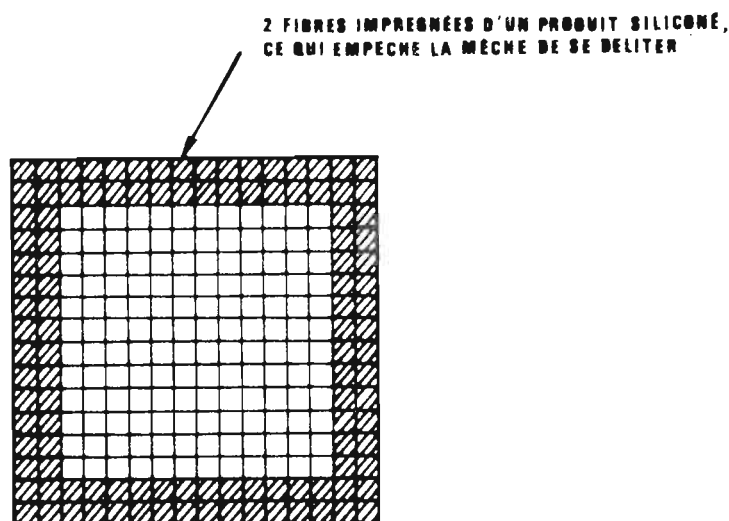
- la découpe de la toile de verre pour réaliser un rond central et les 4 bandes plongeant dans l'eau est délicate pour deux raisons : la toile de verre "glisse" sous les ciseaux quand on effectue des découpes non rectilignes ; les fibres se "délitent" quand on manipule sans grande attention les parties découpées et non "bordées".
- la largeur de la toile devra être beaucoup plus importante que celle de l'éponge ; elle a une influence sur le débit.
- l'épaisseur de l'ensemble de la mèche a aussi une importance.
- la largeur de la fibre semble réduire le flux lorsque l'on teste les différentes trames et que l'on passe de la grosse à la petite.

#### 7.2.2.1. Découpe de la toile de verre.

La première difficulté à résoudre est la découpe de la toile de verre.

La forme - Pour éviter les découpes trop compliquées, la mèche sera composée de deux parties : une rondelle en fibres à petite maille qui reposera sur le fond grillagé des pots et qui aura pour action d'empêcher le passage des grains de terre ; des bandes croisées qui seront suffisamment longues pour toucher le fond de la cuvette-réservoir. Le nombre de bandes, leur largeur totale et la nature de la maille seront à déterminer par une série de tests.

La découpe et le maintien de la mèche - Pour faciliter la découpe et éviter que la mèche ne se délite, une solution simple a été trouvée. Une fois le dessin des ronds et des bandes réalisé aux largeurs voulues, il suffit d'appliquer un mince filet d'un produit siliconé (destiné à assurer normalement l'étanchéité des joints) et de l'aplatir de façon à ce qu'il couvre 2 fibres tout en les imprégnant.



Lorsque le produit siliconé n'est plus "collant", on peut facilement découper les différentes bandes aux longueurs et largeurs désirées. Ce produit reste suffisamment souple pour garder cette même qualité aux fibres de la trame.

La présence de ce produit qui "colle" les fibres peut éventuellement gêner le passage de l'eau et donc réduire la puissance de la "pompe". Ce paramètre sera également testé au même titre que les autres cités plus haut.

7.2.2.2. Influence de la maille de la trame, du nombre d'épaisseur, de la présence de mèche verticale.

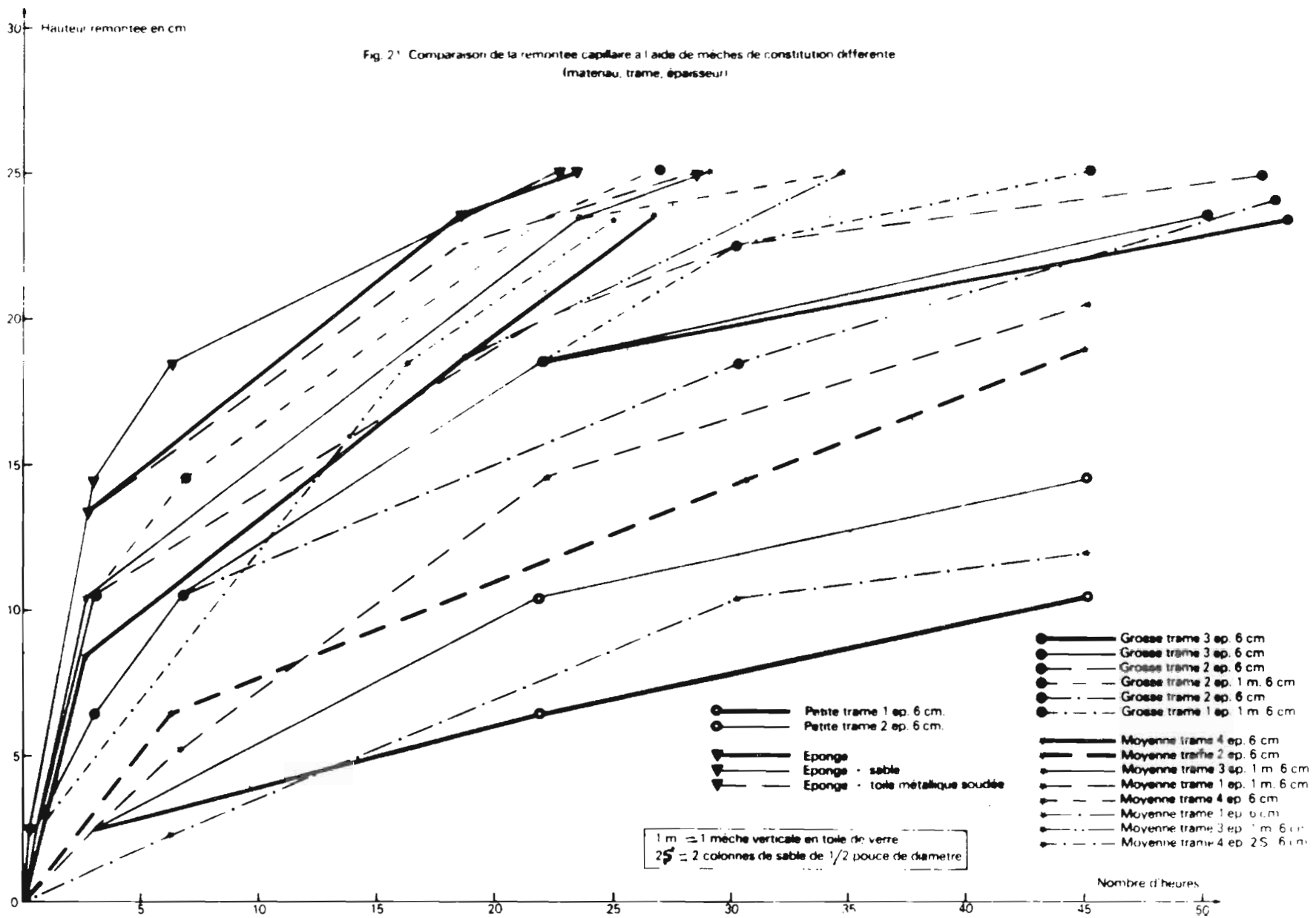
- Comparaison avec des mèches en éponge végétale.

Ces premiers tests sont réalisés avec la largeur la plus grande utilisée avec l'éponge à savoir 6cm. L'influence éventuelle de ce paramètre sera examinée par la suite. Il est en effet indispensable de choisir la maille de la trame la mieux adaptée (c'est une question technique mais aussi économique) de se faire une première idée sur l'influence du nombre de bandes à entre-croiser (problème technique de fabrication des pots en ce qui concerne les encoches, cf. photo 2), enfin d'essayer d'améliorer l'action de la mèche horizontale en la complétant par des mèches verticales allant jusqu'à la surface des pots (2 mèches en fibres de verre ou 2 colonnes de sable de 1 pouce de diamètre réalisée avec du sable quartzeux tamisé entre 1 et 2mm).

La Figure 21 et le Tableau 22 sont intéressants à consulter pour mieux suivre les explications ci-après. Les courbes illustrant les phénomènes de remontée capillaire montrent que certaines des mèches sont à éliminer parce que les vitesses calculées ne sont pas suffisantes pour humecter le sol des pots de cultures ; elles le seront d'autant moins pour alimenter des plants de maïs qui demandent un volume important au maximum de leur vitesse de croissance (cf. IB). C'est le cas pour toutes les petites trames et pour les moyennes et grosses trames à deux épaisseurs, qu'il y ait ou non des mèches verticales.

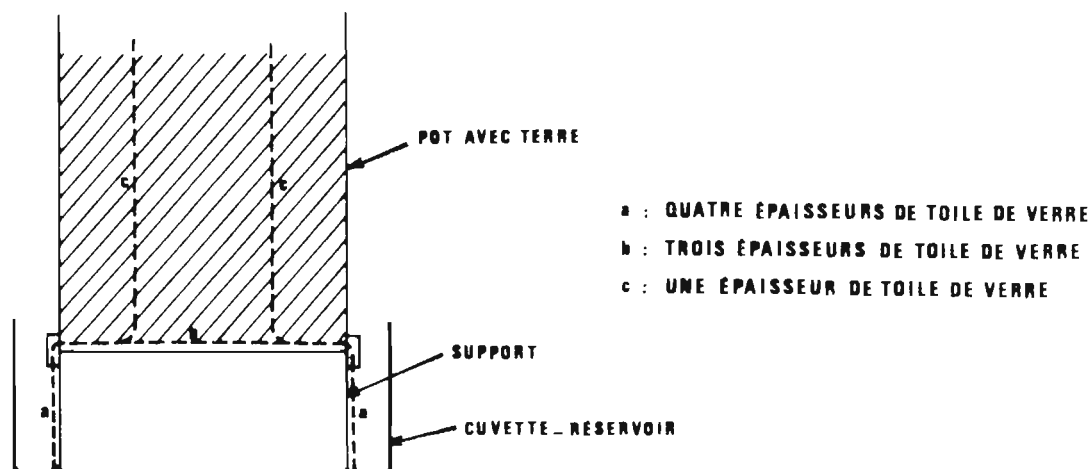
Restent alors les trames moyennes et grosses à 3 et 4 épaisseurs, avec ou sans mèches verticales, dont les débits se rapprochent de ceux offerts par les mèches en éponge. Sur ces dernières, deux tests comparatifs ont été réalisés dans le cas où les mèches en toile de verre n'auraient pas été satisfaisantes. Il s'agissait de comparer :

- éponge seule et éponge avec couche de 3cm de sable pour éviter le contact entre ce matériau et le sol. Il aurait alors fallu tester l'action des racines traversant l'éponge (dégradation possible),



- éponge seule et éponge intercalée entre la grille du support et une grille "soudée" à chaud sur le fond du cylindre formant le pot. Cette 2ème grille était couverte par un fond en toile de verre pour supporter une couche de sable de 3cm (dépotage peut être plus facile que dans le cas de la figure précédente).

En ce qui concerne les éponges, de faibles différences sont apparues entre les différentes combinaisons ; la 2ème toile métallique semblait ralentir légèrement la remontée capillaire, mais cette diminution des débits n'aurait eu aucune action sur l'alimentation hydrique du maïs.



Pour les toiles de verre, la trame moyenne à 4 épaisseurs croisées (soit 8 bandes) apparaît être la meilleure mèche avec la même trame avec 3 épaisseurs et 1 mèche verticale en toile de verre. Mais la première est préférée car la mise en place de mèches verticales n'est pas aisée ; elle gêne le remplissage des pots et entraîne une ségrégation supplémentaire à l'intérieur de ces derniers. D'autre part ces mèches "colonisées" par les racines, seront très difficiles à nettoyer au moment du dépotage. La comparaison des vitesses de remontée capillaire de la trame en toile de verre retenue et de la mèche en éponge montre que l'on a satisfait aux deux exigences suivantes : avoir un débit voisin de celui de l'éponge et utiliser une mèche imputrescible.

Tous les autres tests sont réalisés avec des bandes taillées dans de la trame moyenne reposant sur une rondelle de toile fine ; celle-ci n'a d'autres buts que d'assurer un bon contact à la base du pot et d'éviter le passage de la terre à travers la grille métallique du fond.

Tableau 22 - Vitesse de remontée capillaire avec différentes mèches (toile de verre - éponge)

Nature des "pompes"	T R O N Ç O N S						
	0-2,5	2,5-6,5	6,5-10,5	10,5-14,5	14,5-18,5	18,5-22,5	22,5-25,0
Toile fine 1 ép. 6 cm	0,83cm/h	0,21cm/h	0,17cm/h	-	-	-	-
Toile fine 2 ép. 6 cm	0,83cm/h	< --- 0,56cm/h --- >		0,17cm/h	-	-	-
Toile 1/2 1 ép. 6 cm	< --- 0,35cm/h --- >			0,11cm/h	-	-	-
Toile 1/2 1 ép. + lm 6 cm	0,83cm/h	< --- 0,64cm/h --- >			< 0,26cm/h --- >		-
Toile 1/2 2 ép. 6 cm	< --- 1,08cm/h --- >		< --- 0,33cm/h --- >			-	-
Toile 1/2 4 ép. 6 cm	< 3,35cm/h >	< 2,18cm/h >	< --- 0,64cm/h --- >				0;125cm/h
Toile 1/2 4 ép. 6 cm	< --- 3,5cm/h --- >			< --- 0,63cm/h --- >			-
Toile 1/2 3 ép. + lm 6 cm	< --- 3,5cm/h --- >			< --- 0,63cm/h --- >			0,27cm/h
Toile 1/2 3 ép. + lm 6 cm	< 3,35cm/h >	< 2,18cm/h >	< --- 0,64cm/h --- >			< 0,38cm/h --- >	
Grosse toile 1 ép. + lm 6cm	5cm/h	1,33cm/h	1,23cm/h	< --- 0,53cm/h --- >		< 0,44cm/h >	< 0,16cm/h >
Grosse toile 2 ép. 6cm	5cm/h	1,33cm/h	1,23cm/h	< --- 0,33cm/h --- >		< 0,23cm/h --- >	
Grosse toile 2 ép. + lm 6cm	5cm/h	< --- 3,20cm/h --- >		< --- 0,55cm/h --- >		< 0,27cm/h >	< 0,13cm/h >
Grosse toile 3 ép. 6cm	5cm/h	1,33cm/h	1,23cm/h	< --- 0,53cm/h --- >		< 0,17cm/h --- >	
Eponge 4cm	7,6cm/h	< --- 2,5cm/h --- >			< 1,33cm/h >	< 0,41cm/h --- >	
Eponge + Sable 4cm	< 7,6cm/h >	< --- 2,5cm/h --- >			< 1,33cm/h >	< 0,41cm/h --- >	
Eponge 4cm	7,6cm/h	< --- 2,5cm/h --- >			< 0,98cm/h --- >		< 0,29cm/h >

### 7.2.2.3. Influence des bordures en silicone et du nombre de bandes avec la trame moyenne.

Ce nouveau test consiste à juger de l'influence éventuelle des bordures siliconées et par la même occasion de confirmer ou non l'action du nombre de bandes entrecroisées. L'éponge est gardée comme référence. Les bandes ont 10cm de large et on utilise 1 à 4 épaisseurs, à bords siliconés ou non.

La figure 23 et le Tableau 24 permettent de visualiser les résultats obtenus au cours de ce test. Les déductions sont les suivantes :

- l'influence du nombre est surtout nette lorsque l'on compare 1 seule épaisseur avec les 3 autres quel que soit le niveau considéré à l'intérieur du pot. Par contre le système à 4 épaisseurs ne montre sa supériorité sur les autres qu'à partir de la moitié supérieure du pot. Lorsque les bandes ont les côtés siliconés, les résultats sont identiques avec 3 et 4 épaisseurs tout au long de l'expérience.
- l'influence de la présence de silicone sur les côtés diminue apparemment les débits mais ils sont cependant suffisamment importants, même dans ce cas là, pour assurer un flux d'eau satisfaisant les besoins en eau des plantes.
- les débits avec 4 épaisseurs et bordures siliconées sont la moitié de ceux mesurés avec la mèche en éponge végétale ; ceci s'observe quel que soit le tronçon considéré.

### 7.2.2.4. Influence de la largeur de la bande.

Les conditions dans lesquelles s'est réalisé ce dernier test avec la toile de verre comme mèche sont les suivantes :

- Trame moyenne ( Conclusion de la première série)
  - Bords siliconés
  - 4 épaisseurs
- } (Conclusion de la deuxième série)
- Bandes de 6 et 10cm de largeur (paramètre étudié).

Les comparaisons avec des mèches faites en éponge végétale sont poursuivies.

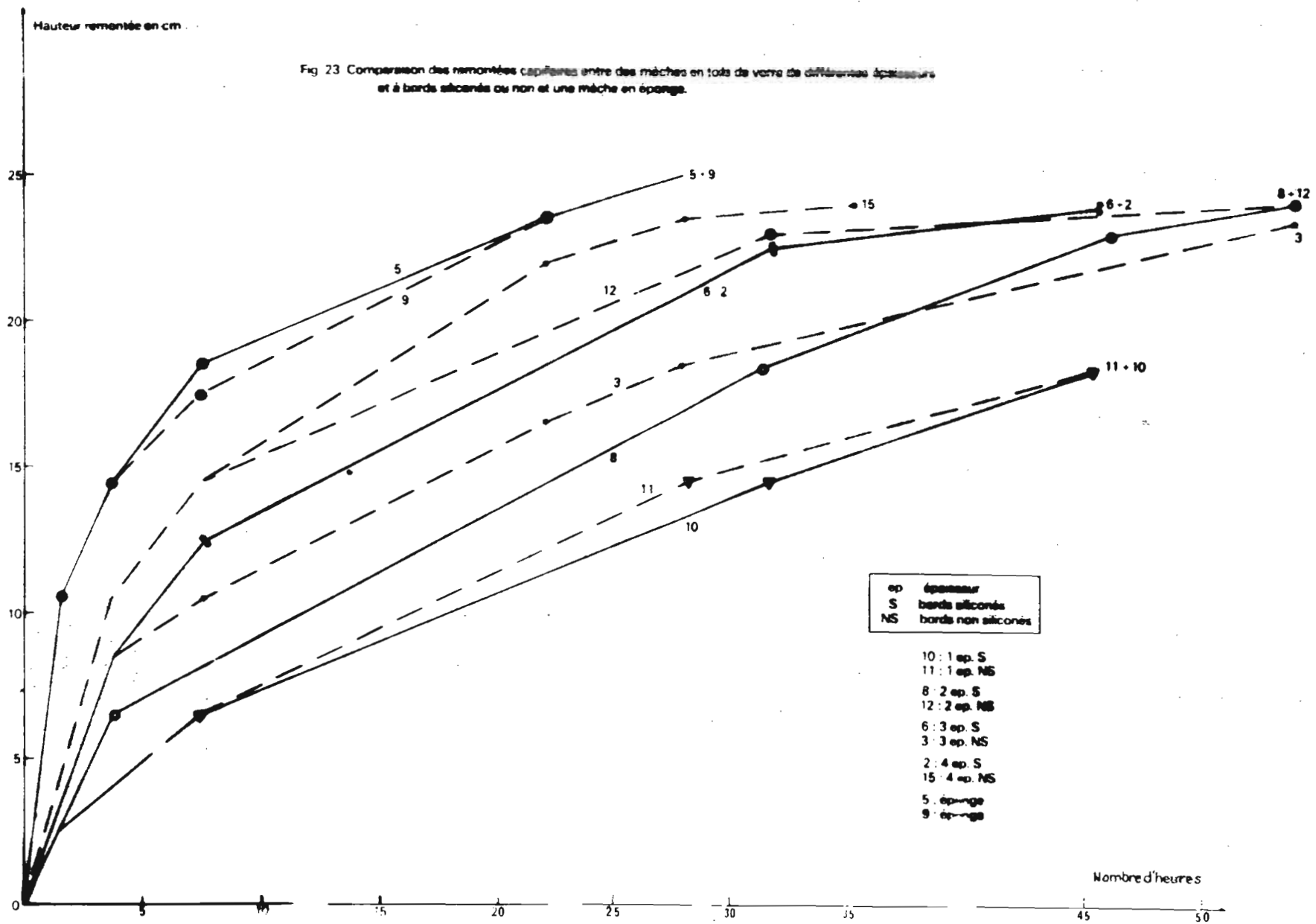


Tableau 24 - Influence des bordures siliconées et du nombre de bandes entrecroisées (trame moyenne)

Nature des "pompes"	T R O N Ç O N S						
	0-2,5	2,5-6,5	6,5-10,5	10,5-14,5	14,5-18,5	18,5-22,5	22,5-24
1 ép. - 10 cm NS	1,5cm/h	0,66cm/h	< 0,4cm/h	> 0,22cm/h	-	-	-
1 ép. - 10 cm S	1,5cm/h	0,66cm/h	< 0,33cm/h	> 0,28cm/h	-	-	-
2 ép. - 10 cm S	< 1,77cm/h	>	< 0,50cm/h	>	0,35cm/h	0,19cm/h	
2 ép. - 10 cm NS	< 2,87cm/h	>	1,09cm/h	< 0,33cm/h	>	0,07cm/h	
3 ép. - 10 cm S	< 2,32cm/h	>	< 1,09cm/h	>	< 0,42cm/h	>	0,10cm/h
3 ép. - 10 cm NS	< 2,32cm/h	>	< 0,42cm/h	>	< 0,29cm/h	>	
4 ép. - 10 cm * S	< 2,32cm/h	>	< 1,09cm/h	>	< 0,42cm/h	>	0,10cm/h
4 ép. - 10 cm NS	< 2,87cm/h	>	1,09cm/h	< 0,51cm/h	>	0,17cm/h	
Eponge (1) **	< 6,32cm/h	>	2,25cm/h	1,09cm/h	0,34cm/h	0,26cm/h	
Eponge (2) **	< 6,32cm/h	>	2,25cm/h	0,82cm/h	0,41cm/h	0,26cm/h	

L'examen de la figure 25 permet de constater que :

- l'éponge végétale a un débit important mais peu supérieur à celui des mèches en fibre de verre ayant 10cm de largeur. La différence s'accroît dans la moitié supérieure des pots.
- la "largeur 10cm" offre un débit supérieur mais surtout plus constant (essais réalisés avec 4 répétitions dans chaque série) que la "largeur 6cm".

C'est donc la première largeur qui est retenue.

#### 7.2.2.5. Comparaison des humidités globales du sol dans les pots après humectation à l'aide des différents systèmes de mèches.

Le tableau 26 montre que la mèche éponge amène le sol à l'humidité moyenne la plus élevée, quelles que soient les variantes utilisées. Les mèches de toile de verre de trame moyenne à 4 épaisseurs permettent des humidités voisines mais légèrement inférieures à celles de la mèche en éponge.

La largeur de 10cm a été retenue également parce que, tout en étant supérieure à celle du pF a la capacité au champ calculé (27,5 %), l'humidité moyenne obtenue à l'aide de cette mèche est la plus proche de celles obtenues avec les autres systèmes.

Il est à noter aussi que le découpage des sols en tranches de 4cm de part et d'autre de chacune des électrodes (cf. photo n° 4) et l'évaluation de leurs humidités pondérales respectives montre que les humidités de la moitié supérieure (surface du pot à - 12cm) est moindre que celle de la capacité au champ calculée et celles de la moitié inférieure (- 12 à - 25cm) sont plus fortes. Ceci s'expliquerait par le fait que les vitesses de remontée capillaire sont plus élevées. La présence éventuelle d'hydromorphie à la vase du pot s'interpréterait également par cette différence de teneur en eau entre les deux moitiés du pot.

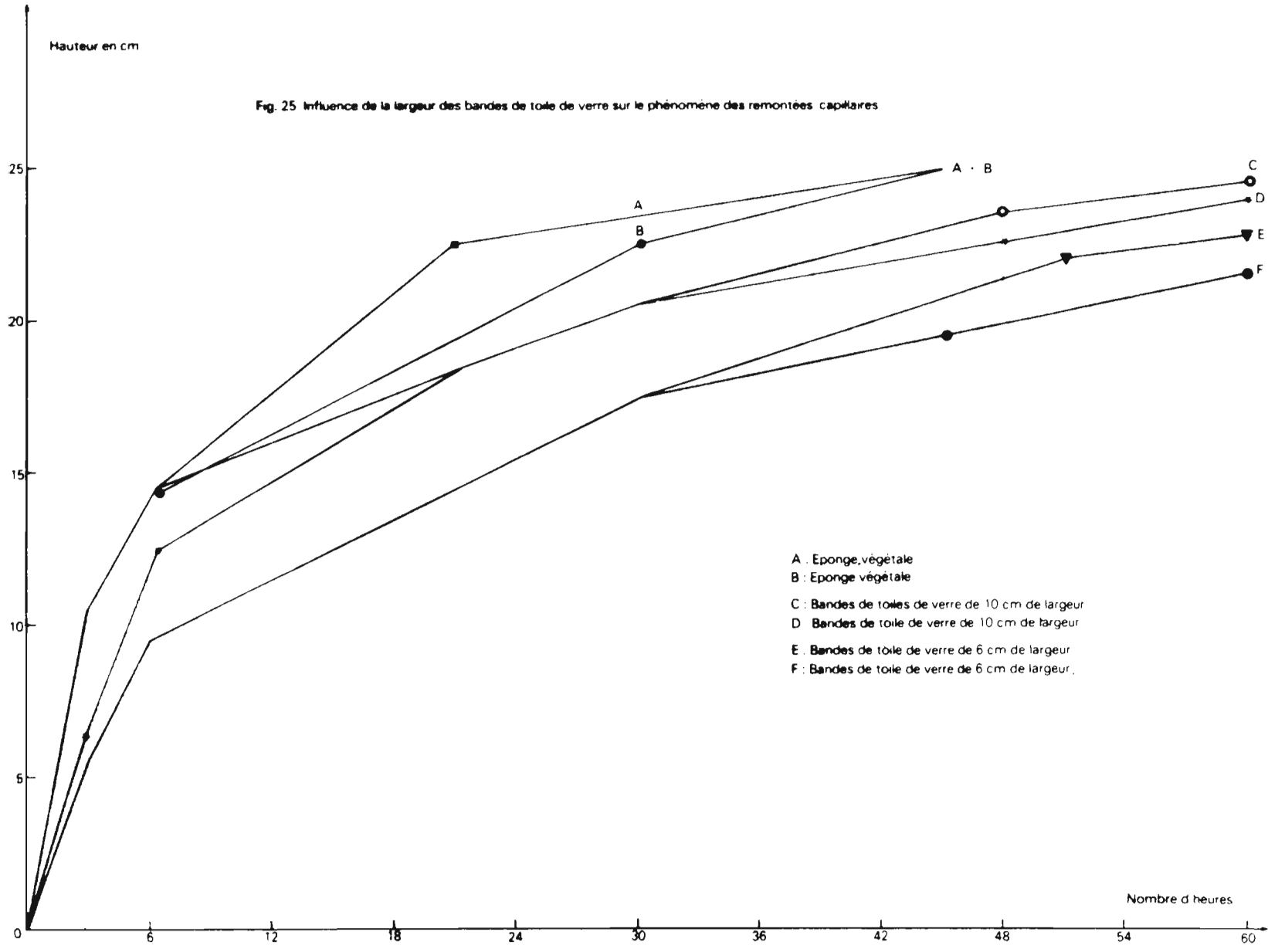


Tableau 26 - Humidité globale de la terre des pots selon les ≠ mèches.

Type maille	x Grosse trame 6cm 3ep.	x Grosse trame 6cm 3ep.	x Grosse trame 6cm 2ep. +1m	x Grosse trame 6cm 2ep. +1m	x Grosse trame 6cm 2ep.	x Grosse trame 6cm 1ep. +1m	o Eponge classique	o Eponge + grillage soudée	+ Moyenne trame 6cm 4ep.	+ Moyenne trame 6cm 4ep.
H <sub>2</sub> O %	28,2	27,7	28,4	24,5	28	28,3	34,3	33,7	33,2	33,7
Type maille	+ Moy.trame 6cm 3ep. +1m	+ Moy.trame 6cm 3ep. +1m	+ Moy.trame 6cm 4ep. + 2 sable 1/2 p	+Moy.trame 10cm 4 ep.	+ Moy.trame 10cm 4 ep.	+ Moy.trame 10cm 3 ep.	+ Moy.trame 10cm 3 ep.	+ Moy.trame 10cm 2 ep.	+ Moy.trame 10cm 2 ep.	+ Moy.trame 10cm 1 ep.
H <sub>2</sub> O %	31,6	31,0	31 %	31,5 %	32,6 %	26,2 %	32,8 %	32,42 %	23 %	-
Type maille	+ Moy.trame 10cm 1 ep.	o Eponge 4cm	o Eponge 4cm							
H <sub>2</sub> O %	-	35,0 %	33,6 %							

### 7.3. Conclusions - Système retenu.

Au vu des résultats obtenus, la mèche permettant le débit le plus important en remontée capillaire est l'éponge végétale... mais le contact prolongé avec le sol provoque sa dégradation, et elle perd peu à peu son efficacité car les fibres conductrices de l'eau se rompent en de nombreux endroits.

Il faut donc retenir la mèche dont les qualités se rapprochent le plus possible de celle de l'éponge végétale et qui n'est pas biodégradable comme elle ; c'est la toile de verre.

Le système complet sera donc composé de la façon suivante :

- un rond de 16cm de diamètre posé sur le fond grillagé du support du pot.
- 8 bandes superposées de trame moyenne, de 10cm de largeur, à bords siliconés, croisées alternativement à angle droit. Leur longueur doit être suffisante pour reposer sur le fond de la cuvette et ainsi permettre la remontée de la totalité de la réserve hydrique.

## 8 - ETUDE DU PROCESSUS DE REMONTEE CAPILLAIRE DANS QUELQUES SOLS NEO-CALEDONIENS A VOCATION AGRO-PASTORALE.

Il apparait nécessaire d'utiliser une technique simple et adaptée pour alimenter en eau les plantes-test cultivées en serre ; il semble donc opportun de tester la technique par remontée capillaire, qui vient d'être mise au point et qui peut être considérée comme la plus satisfaisante, sur un certain nombre de sols différents dont la fertilité naturelle sera étudiée en pots de culture.

### 8.1. Choix des différents sols - Motivations.

Deux raisons ont aidé au choix de ces sols ; ils doivent pouvoir être mis en valeur d'une manière intensive (facilité de travail mécanisé pour les grandes cultures, entre autres) et être représentatifs (surface couverte notamment).

Dans un premier temps, le choix a porté essentiellement sur les sols de zones très largement vallonnées ou planes sur lesquelles il était possible également de réaliser des apports complémentaires d'eau, grâce à l'irrigation. Pour ces raisons ce sont les sols des vallées alluviales anciennes et récentes ainsi que les zones de piedmonts (massifs de roches ultrabasiqes, basalte) qui ont été retenus.

Seront successivement testés les sols suivants :

- sols peu évolué d'apport alluvial récent à texture sablo-argileuse ; il servira de témoin car il s'agit du sol ayant servi à l'étude de base précédente (site 2),
- sol peu évolué d'apport alluvial récent à texture argilo-limoneuse (site 8),
- sol intergrade entre les sols peu évolués d'apport alluvial et les vertisols (site 3),
- vertisol, à drainage externe possible, à structure anguleuse, modal sur basalte (Pt. Laguerre, PL),
- vertisol, à drainage externe faible à nul, à structure anguleuse, magnésien et sodique sur alluvions anciennes (site 4),
- sol ferrallitique ferritique, sur piedmont de roches ultrabasiqes (site 1),
- sol sodique, à structure dégradée, solonetz solodisé, sur alluvions anciennes (site 5).

## 8.2. Expérimentation.

Parmi les sols retenus pour cette étude comparative et complémentaire, certains d'entre eux apparaissent déjà comme étant des sols "à problème" pour la remontée capillaire. Cette première remarque est motivée à la fois par les essais préliminaires rapportés au début de ce rapport et par les déductions faites lors de l'examen des résultats des analyses mécaniques et diffractomatiques.

Aussi pour ces sols, les tests sont réalisés avec deux fractions granulométriques, 0-6mm et 0-12mm. Pour les autres sols d'alluvions récentes, intergrades et ferrallitiques, seule la fraction inférieure à 6mm a été conservée.

De façon à éviter autant que possible l'intervention d'hétérogénéité trop importante due au remplissage des pots, une technique simple a été utilisée. Elle consiste à remplir les pots de culture à l'aide d'un tamis à maille légèrement supérieure à celle de la fraction étudiée ; ce tamis a un diamètre intérieur légèrement inférieur à celui du pot de culture et est muni d'une "jupe" et d'un couvercle transparent destinés à éviter le départ des particules les plus fines vers l'extérieur. Il suffit de le remplir et de lui faire subir un mouvement de rotation alternatif, pour que les pots soient remplis aussi peu différemment que possible les uns par rapport aux autres.

### 8.3. Résultats acquis.

L'examen de la figure 27 montre que le processus de remontée capillaire est très différent d'un sol à un autre ; ceci avait déjà été remarqué lors des tests ayant présidé au choix du sol à retenir pour l'étude de ce système d'alimentation hydrique.

Un classement basé sur les vitesses de remontée capillaire et donc sur les débits journaliers donne les résultats suivants :

- sol peu évolué d'apport sablo-argileux (11-12)
- sol ferrallitique
- sol peu évolué d'apport argilo-limoneux (9)
- solonets solodisé (horizon B) (10)
- sol intergrade entre sol peu évolué d'apport 8/A et vertisol (3)
- solonetz solodisé (horizon A1-A2) (5)
- vertisols (1-4).

Ceci permet de constater que :

- a) plus la texture est fine, moins la remontée capillaire est satisfaisante,
- b) plus les argiles minéralogiques sont à base d'argile gonflantes, moins la remontée capillaire est réalisable ; à la limite elle s'arrête même presque totalement.

La comparaison des courbes 5 et 7 d'une part, 10 et 13 d'autre part indique nettement que la taille des agrégats ne doit pas être trop grande ;

Hauteur en cm

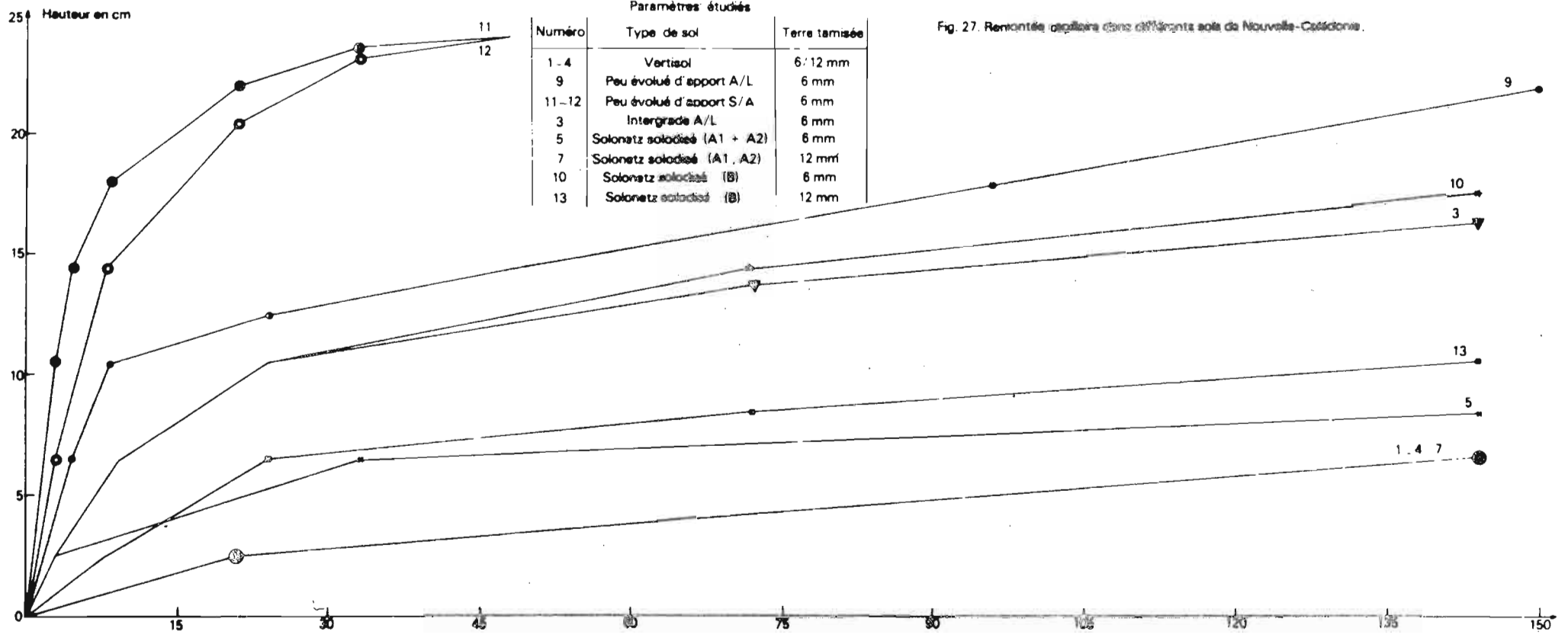


Fig. 27. Remontée capillaire dans différents sols de Nouvelle-Calédonie.

cela permet l'établissement de contacts suffisants entre les particules pour assurer une bonne diffusion de l'eau le long de la colonne de terre. Mais elle ne doit pas être trop petite pour assurer l'existence d'un volume d'air suffisant pour une bonne aération de l'ensemble du pot.

#### 8.4. CONCLUSIONS.

Il apparaît donc que la technique de remontée capillaire n'est pas toujours applicable dans les sols du Territoire ; il serait même souhaitable de ne pas l'utiliser avec certains sols car non seulement elle ne permettrait pas une alimentation suffisante pour la plante mais encore elle créerait à la base du pot une hydromorphie permanente avec formation d'un gley asphyxiant.

Il serait alors souhaitable qu'avant une étude en serre avec un sol dans lequel le processus de remontée capillaire n'est pas connu, un test soit réalisé au laboratoire. L'établissement de la courbe hauteur/temps permettra de se rendre compte si cette technique est satisfaisante ou non pour une alimentation hydrique d'une plante-test.

#### 9 - CONCLUSIONS GENERALES - PERSPECTIVES DE TRAVAIL.

Le maintien de la réserve d'eau utile (RU) d'un sol et donc l'alimentation hydrique des plantes-test par la technique de remontée capillaire avec maintien d'une certaine aération apparaît comme étant au point. L'utilisation du matériau non biodégradable a permis de résoudre le problème du contact permanent d'un sol avec les toiles qui jouent le rôle de "pompe" pour permettre le passage de l'eau entre la cuvette-réservoir et la terre.

La réalisation d'un pot de culture permettant à la fois l'aération du sol et une alimentation par remontée capillaire, mais aussi par arrosage avec récupération des eaux percolées, a été menée à bien.

Les nombreux tests menés sur un sol peu évolué d'apport à texture sablo-argileuse ont permis de choisir le tissu de verre ; ce matériau a comme avantage :

- de ne pas être biodégradable à la suite d'un contact prolongé avec la terre comme le sont la toile de coton et l'éponge végétale.
- d'assurer une bonne alimentation hydrique avec des vitesses de remontée capillaire nettement plus importantes que celles de la toile de coton bien que moindres que celles de l'éponge végétale.
- de pouvoir être nettoyé après usage dans des solvants qu'il n'aurait certainement pas été possible d'utiliser concentrés et de nombreuses fois avec les deux autres "mèches". Il faut en effet éviter de polluer une autre terre avec des éléments retenus par les mèches, d'une expérience à l'autre.

Par contre il faut bien se rendre à l'évidence et constater que ce n'est pas une technique valable pour tous les sols et qu'elle présente certains inconvénients mineurs à être utilisée seule durant la totalité du cycle. (cf. Note à paraître).

Il apparaît donc nécessaire de mettre au point d'autres techniques ; elles permettraient d'amener l'eau au sol par le haut. Elles seraient utilisées seules (sol peu perméable, avec des remontées capillaires très faibles à nulles) ou en alternance avec une alimentation par remontée capillaire. Ces techniques devront avoir plusieurs qualités :

- apport à la demande de la plante-test utilisée ;
- apport selon la perméabilité du sol pour éviter les engorgements tant à la surface (nappe temporaire) que dans le pot (percolation très lente).

Ces prochains tests porteront donc sur la mise au point de techniques visant à apporter le volume nécessaire à la plante et à la reconstitution du stock du sol durant une période donnée. Il sera en effet nécessaire de prévoir des périodes de dessiccation partielle (utilisation de la réserve utile à 40 ou 60 % ; cf. étude de l'INRA) pour permettre une aération des racines en faisant décroître l'humidité du sol de la saturation ou de capacité maximum de rétention à une humidité assez nettement inférieure.

Ceci peut être réalisé par un système de goutte à goutte sous pression déjà utilisé par les agriculteurs et certains arboriculteurs dans certains pays. Il faut alors bien connaître les besoins de la plante (transpiration) et l'évaporation du sol pour les différentes périodes de croissance de chaque plante-test, et aux différents moments de l'année. Il faudra éviter en

effet le drainage car il serait alors difficile de recycler cette eau ; or ce recyclage ne semble pas pouvoir être évité dans les essais en serre servant à tester la fertilité naturelle, des sols c'est-à-dire lorsque seront alimentés simultanément des plantes-tests sans et avec fertilisants à demande hydrique très différente.

On peut aussi prévoir alors des réservoirs individuels pour chacun des pots ; dans ce cas là, un volume connu peut être mis dans le bac en tenant compte des mêmes facteurs que ci-dessus mais le drainage n'est pas à contrôler d'une façon aussi rigoureuse ; en effet on peut recycler les eaux percolées en les remontant dans le bac-réservoir par pompage. Il suffit de trouver un système qui amène l'eau à la surface du sol (goutte à goutte à débits aisément modulables par exemple).

10 - Bibliographie

CHAMINADE (R.), 1964 - Diagnostic des carences minérales du sol par l'expérimentation en petits vases de végétation. Science du sol, deuxième semestre.

FERGUS (I.F.) and STIRK (G.B.), 1961 - The control of soil physical conditions in pot trials.

FOURCASSIE (F.), Observation sur la technique de cultures en vase de végétation ONIA, Toulouse.

HEWITT (E.S.), 1966 - Sans and water culture methods used in the study of plant nutrition - CAB - 547 p.

LEMAIRE (F.), 1977 - Nouvelles observations sur l'appréciation de la fertilité des sols cultivés au moyen de l'expérimentation en petits vases de végétation. Annales Agronomiques 28(4) pp. 425-444.

WEBB (R.A.) - Nouvelle méthode d'étude de la fertilité des sols tropicaux. Ferme expérimentale de Yundum. Gambie pp. 378-390.

ANNEXES

ANNEXE 1

Caractéristiques physiques et minéralogiques  
des trois sols utilisés dans les premiers  
tests visant à étudier le processus de  
remontée capillaire.

Type de sol	Profondeur en cm	ARG %	LF %	LG %	SF %	SG %	(ARG+LF) %	LF/ARG	SF + SG ARG+ LF	Argiles minéralogiques
Sol peu évolué d'apport sablo-argileux sur alluvions récentes	↑ 0 / 30 cm ↓	16,6	12,4	5,4	37,8	25,0	29,0	0,75	2,15	<u>Illite</u> ; un peu de kaolinite; traces de minéral interstratifié illite-chlorite; un peu de quartz.
Sol ferrallitique ferritique sur colluvions de roches ultrabasiqes		9,4	19,7	16,4	25,2	28,7	29,1	2,10	1,85	Talc probablement produits amorphes; <u>goethite</u> importante
Vertisol à drainage externe possible, non grumosolique, modal sur basalte.		72,2	12,4	8,6	2,5	0,9	84,6	0,17	0,04	<u>Montmorillonite</u> très bien cristallisée.

ANNEXE 2

Caractéristiques physiques et minéralogiques  
des principaux sols néo-calédoniens testés  
avec la technique de remontée capillaire.

Type de sol	Profondeur en cm	ARG %	LF %	LG %	SF %	SG %	(ARG+LF) %	LF/ARG	SF + SG ARG+ LF	Argiles minéralogiques
Sol peu évolué d'apport à texture argilo-limoneuse sur alluvions récentes	↑ 0 / 30 cm ↓	37,0	41,0	14,0	2,8	1,3	78	1,10	0,05	Illite ; Montmorillonite ; un peu de minéral kaolinique ; un peu de quartz.
Sol intergrade entre un sol peu évolué d'apport sur alluvions récentes et un vertisol modal.		36,7	33,0	19,0	5,0	0,4	69,7	0,90	0,005	
Vertisol, à drainage externe faible à nul, non grumosolique, hypermagnésien et sodique.		63,0	21,0	7,7	2,8	1,1	84,0	0,33	0,05	Montmorillonite ; interstratifié illite-chlorite; talc
Sol sodique, à structure dégradée, à horizon A2 blanchi, solonetz solodisé.		55,0	23,5	8,0	4,6	4,7	78,5	0,43	0,12	Interstratifiés à base de montmorillonite et d'un peu de chlorite ; traces de minéral kaolinique; quartz ± important.

ANNEXE 3

Planches photographiques



Photo 1 - Différentes parties des deux types de pots de culture envisagés.

A gauche : la mèche est une couche de sable (0,2 à 2 mm) quartzeux.

A droite : la mèche est formée de bandes de largeurs données découpées dans des matériaux hydrophiles. (ici, de la toile de verre).

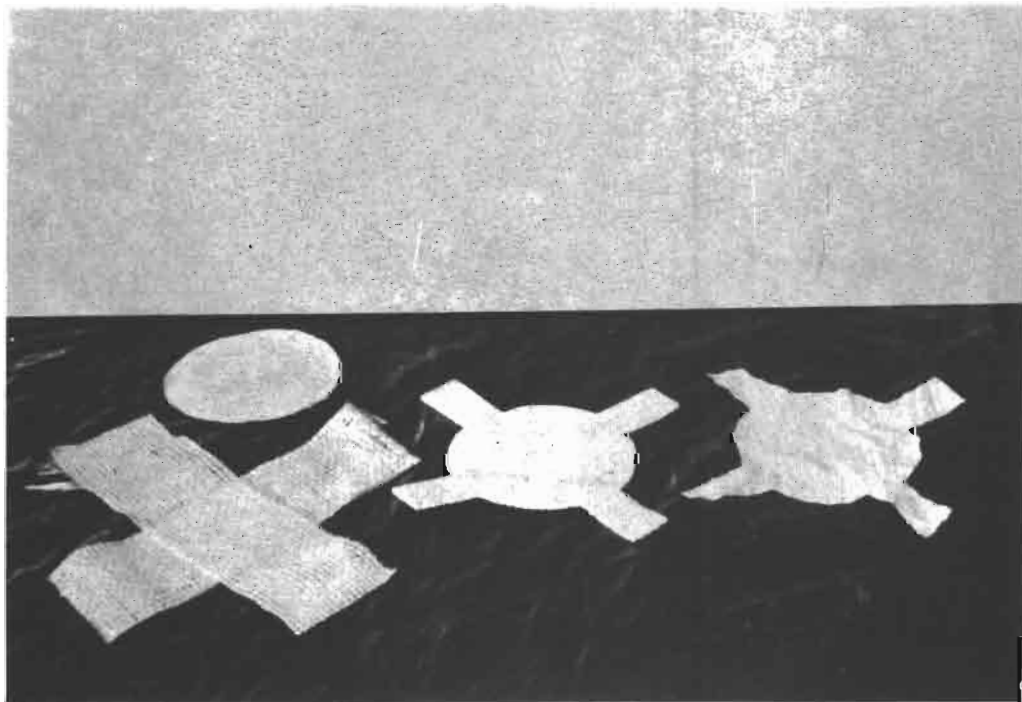


Photo 2 - Les 3 types de mèches testées.

A gauche : toile de verre  
Au centre : éponge végétale  
A droite : toile de coton.

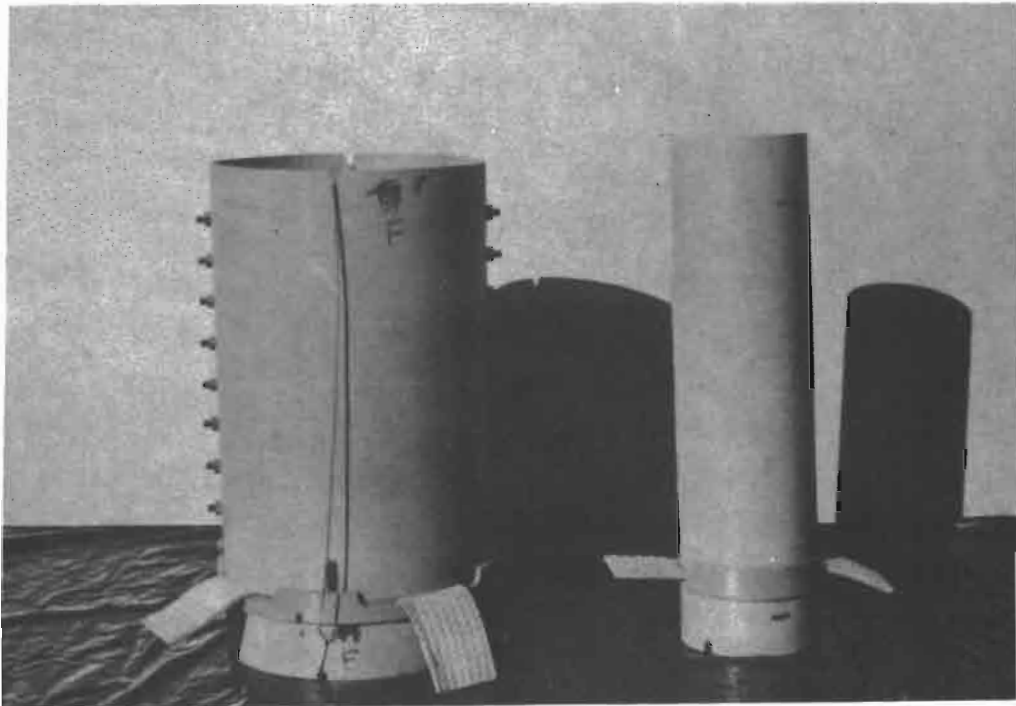


Photo 3 - Pots destinés à tester l'influence du diamètre sur le processus de remontée capillaire. (20 et 10 cm).

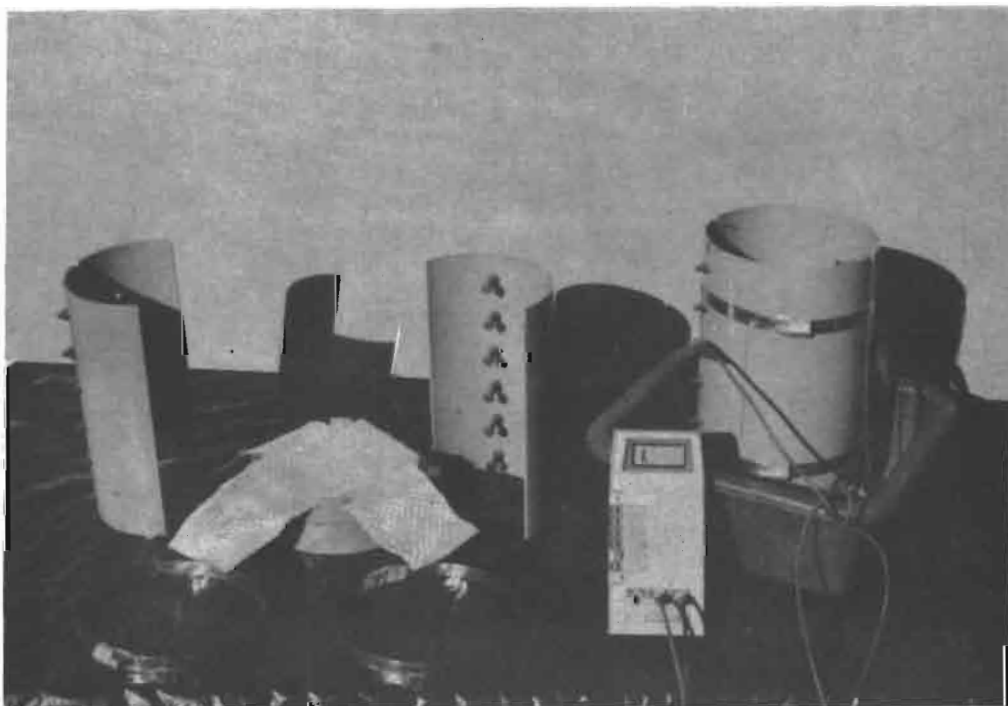


Photo 4 - A gauche : Ecorché d'un pot avec électrodes en laiton.

A droite : Pot de 16 cm de diamètre et 25 cm de haut avec l'ohmètre à affichage digital pour mesurer la résistivité en fonction de l'humidité de la terre.

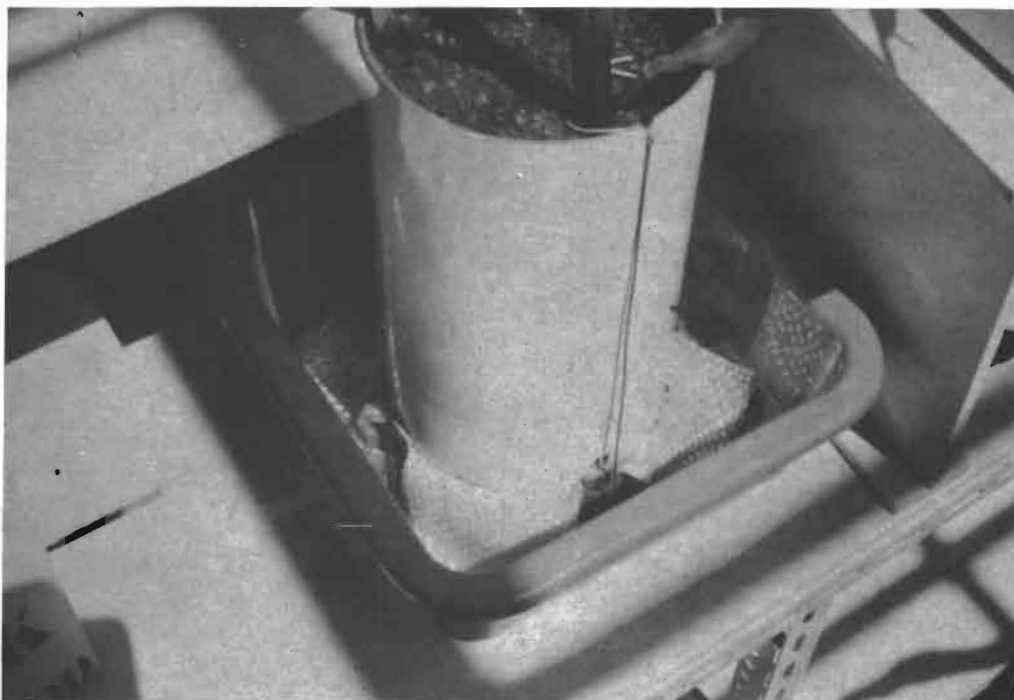


Photo 5 - Pot dans sa cuvette-réservoir en serre avec le système de remontée capillaire (bandes de toile de verre entrecroisées).

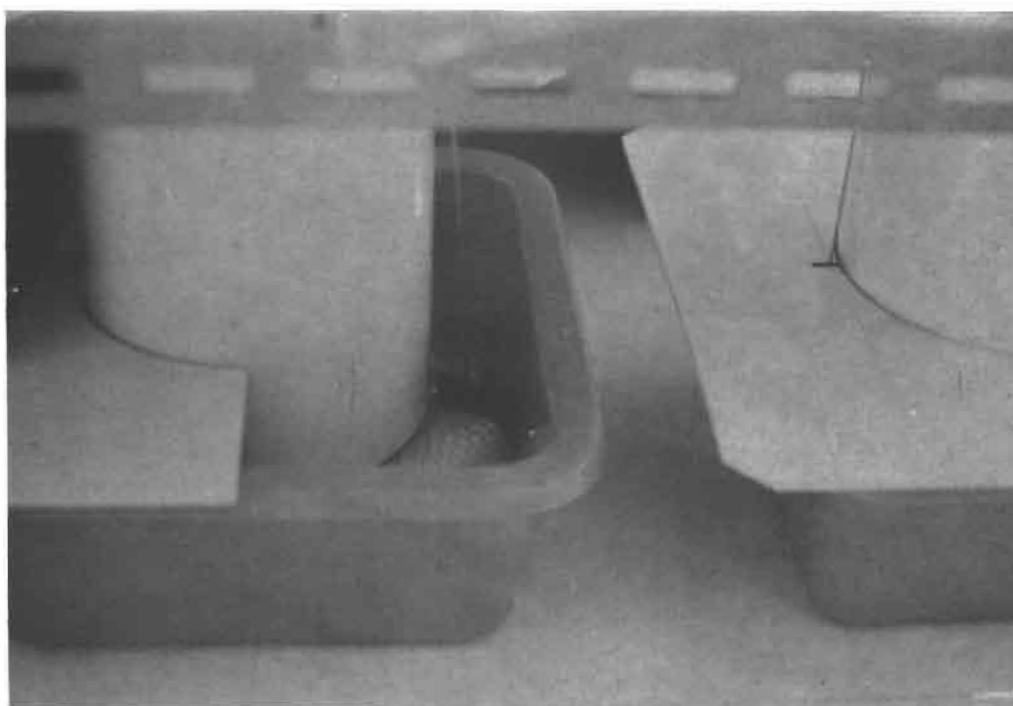


Photo 6 - Pot en serre dans sa cuvette-réservoir ; elle est fermée par un couvercle amovible en deux parties. Le couvercle limite l'évaporation de la nappe d'eau et la formation d'algues.



Photo 7 - Culture de maïs en vases de végétation de 16 cm de diamètre et 28 cm de haut. L'alimentation hydrique s'effectue par remontée capillaire.