

Université Marien Ngouabi
Institut de Développement Rural (I.D.R.)
Brazzaville

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme
d'Ingénieur de Développement Rural

présenté le 12 janvier 1999 par

Richard Norbert NSEMI

Evapotranspiration potentielle et réelle d'une plantation
d'Eucalyptus (*E. alba* x *E. urophylla*) et d'une savane à
Loudetia arundinacea

sous la direction de

Georges NIZINSKI

Institut de Recherche pour le Développement
(I.R.D.-ORSTOM)
Laboratoire d'Ecologie Végétale
Pointe Noire, Congo

Fonds Documentaire IRD

Cote : A * 23828 Ex : unique

2 ATIS

Résumé

Dans une plantation d'*Eucalyptus* P.F.1 de cinq ans (hauteur moyenne de 24 m et densité de 504 arbres/ha) et une savane à *Loudetia arundinacea*, nous avons mesuré toutes les semaines du 3 Mars au 25 Août 1997 les précipitations incidentes, les précipitations au sol (pluviomètres) et la réserve en eau du sol (sonde à neutrons). L'évapotranspiration, l'interception et la transpiration de la plantation et de la savane ont été estimées à partir de l'équation du bilan hydrique.

L'établissement des profils hydriques du sol (humidité volumique en fonction de la profondeur) nous a donné les zones d'absorption préférentielles et la profondeur maximale de sol exploitée par la végétation: 5 mètres pour la plantation d'*Eucalyptus* et 3 m pour la savane. Les précipitations au sol, l'interception nette en saison des pluies s'élèvent respectivement 256,18 mm et 33,99 mm soit 89,61% et 8,39% de P_i pour la plantation d'*Eucalyptus* et 350,88 mm et 26,24 mm pour la savane. La plantation et la savane ont transpiré en moyenne respectivement 4,26 et 2,41 mm j^{-1} en saison des pluies (mars à mai 1997) et 0,77 et 0,92 mm j^{-1} en saison sèche (juin à Août 1997). L'E.T.R moyenne mensuelle cumulée de la plantation est supérieure à celle de la savane, soit respectivement 9,64 et 7,81 mm. j^{-1} en saison des pluies. L'évapotranspiration réelle cumulée de la plantation et la savane est de 194,50 et 148,31 mm. j^{-1} en saison des pluies et de 30,84 et 74,79 mm. j^{-1} en saison sèche.

Table des Matières

I Introduction.....	1
II Présentation du milieu d'étude.....	8
2.1 - Climat.....	8
2.2 - La végétation.....	8
2.3 - Les sols.....	8
2.4 - Les stations d'étude.....	9
2.4.1 - La végétation de la savane d'étude.....	9
2.4.2 - Le peuplement d'Eucalyptus.....	9
2.4.3 - Diamètre et hauteur des arbres.....	9
2.4.4 - Le système racinaire.....	10
III - Matériels et méthodes.....	11
3.1 - Evapotranspiration potentielle.....	11
3.1.1 - Evapotranspiration potentielle - formule de Penman (ETP_{PENMAN}).....	11
3.1.2 - Evapotranspiration potentielle - formule de Turc.....	14
3.2 - Equation du bilan hydrique du sol.....	14
3.3 - Dispositif expérimental de mesure du bilan d'eau in situ.....	15
3.3.1 - Forage des trous pour tubes d'accès et leur mise en place.....	16
3.3.2 - Hauteur aérienne du tube d'accès.....	16
3.3.3 - Rétention en eau du sol.....	16
3.3.4 - Prélèvement et analyse des échantillons de sol.....	17
3.4 - Protocole de mesure.....	17
3.4.1 - Calcul des variations de stocks hydriques.....	17
3.4.2 - Les précipitations incidentes.....	17

3.4.3 - Les précipitations au sol	-19
3.4.4 - Ecoulement le long du tronc.....	-19
IV - Résultats et discussion.....	- 20
4.1 - Composition granulométrique des sols	- 20
4.1.1 - Sous - savane	- 20
4.1.2- Sous - plantation	- 20
4.2 - ETR- Profils hydriques.....	- 20
4.2.1 - Les précipitations incidentes et leur devenir.....	- 20
4.2.2 - Profils hydriques	- 22
4.2.3 Evolution de l'humidité en fonction de la profondeur de sol.....	- 23
4.2.4 Relation entre stations et position relative des courbes.....	- 23
4.2.3 - Evolution de la forme des courbes	- 23
4.2.4 - Incidence de la pluviométrie sur les taux d'humidité des sols.....	- 24
4.3 - Relation entre ETP de Turc et ETP _{PENMAN}	- 25
5 - Discussion.....	- 25
V - Conclusion.....	- 27
VI - Bibliographie.....	- 29
VII - Annexes.....	- 32

Sigles

A.S.E.C.N.A.: Agence pour la Sécurité de la navigation aérienne.

F.A.O.: Food and Agriculture Organisation.

I.D.R.: Institut de Développement Rural.

O.R.S.T.O.M.: Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en
Coopération (Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer)

U.A.I.C.: Unité d’Aforestation Industrielle du Congo.

U.R.2P.I.: Unité de Recherche sur la productivité des plantations Industrielles.

E.C.O.: Eucalyptus du Congo.

DEDICACES

A mon feu père **LOUZINGOU** Sylvain et ma mère **LEMBE** Madeleine qui m'ont donné la vie et su guider mes premiers pas.

A mes aînés : **MANDOUNOU** Philippe

NGOUALA Emil Elvis

BOUKOULOU Phylomène

BILONGO Marie Germaine

MBEKE Alphonsine

A mes cadets : **MANANGA** Léon

MATOMISSA Jean Demas

NKENGUE Marceline

LOUSSIEMO Sylvie Suzanne

MPOMBO Louzingou Félicité

A mon fils **NSEMI** Nsimba Josué Richard

A la famille **LOUZINGOU** Sylvain

Que ce mémoire soit le témoignage de mon affection et ma reconnaissance.

AVANT - PROPOS

Le travail présenté ici doit énormément à :

Mr Georges **NIZINSKI** (Directeur du Laboratoire d'Ecologie végétale de l'O.R.S.T.O.M de Pointe-Noire), Directeur du mémoire , qui a eu la lourde tâche de diriger ce travail en dépit des multiples occupations. Mr Jean - Pierre **BOUILLET** , Directeur de l'UR2PI et Mme Dominique **MORAND**.

Qu'ils trouvent tous dans ce travail notre profonde gratitude.

Je suis particulièrement et profondément reconnaissant à Mr Jean Baptiste **DIAZENZA**, technicien du laboratoire d'écologie végétale . Ses conseils et son aide régulière pour tous les problèmes que j'ai pu rencontre m'ont été particulièrement précieux.

Ce travail n'aurait pas pris cette forme définitive sans l'aide de Mr Jean Joël **LOUMETO** à qui nous adressons toute notre sympathie.

Je tiens également à remercier très sincèrement mes collègues du laboratoire d'écologie végétale, pour la bonne ambiance et la complicité qui nous ont caractérisé. Je pense à Marie Blaise **AYOMA**, André Ngoma **MABIALA**, Xavier **SANA**, Edith Crepin **FOUNATOUTOU**, Welcome Jocelyn **MOUVONDY**.

Messieurs les membres du jury qui me font un réel honneur en acceptant d'évaluer ce travail. Nous ne saurions oublier le personnel du centre O.R.S.T.O.M de Pointe-Noire pour leur accueil combien bienveillant et leur disponibilité. En fin que tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre ont contribué à l'élaboration de ce document soient affectueusement remerciés.

INTRODUCTION

L'U.A.I.C (unité d'Afforestation Industrielle du Congo) a installé environ 43000 ha de plantations d'Eucalyptus dans un rayon de 70 kilomètres dans les savanes du littoral congolais qui entourent la ville de Pointe noire .Le bois produit est destiné à la papeterie et à une usine d'imprégnation de poteaux électriques .Dans le premier cas il est actuellement exporté .L'excédent de bois (environ 20m³/ ha/an) peut servir à fabriquer du charbon de bois qui est une source d'énergie très utilisée , localement , pour cuire la nourriture (Loubelo , 1990) . L'Eucalyptus occupe ainsi une place très importante dans l'économie Congolaise . Il a suscité , de ce fait , de nombreuses études , notamment de sol (Jamet et Rieffel,1975 ;Bandzouzi; 1993;Trouvé et al ; 1994 ,Barthès, 1995) ,de la litière (Bernhard- Reversat , 1993 ;Bernhard - Reversat et Schwartz, 1997) , de sous bois (Louméto et Bernhard-Reversat,1997;Loumeto,1998),de biomasse et de minéralomasse (Loumeto,1986;Laclau , 1997;Mialoundama,1998) .L'implantation à grande échelle de ces *Eucalyptus* entraîne des modifications climatiques sur l'environnement compte tenu des modifications de l'utilisation des terres .Les modifications du couvert provoquent des changements dans la répartition des radiations entre chaleur sensible et chaleur latente à la surface de la terre qui affectent la dynamique de la circulation générale de l'atmosphère,en particulier les précipitations , qui , à leur tour affectent l'évolution des couverts végétaux (Nizinski, 1995) .

Pour savoir s'il ya des modifications climatiques dues à ces changements de couvert végétal, le laboratoire d'écologie végétale de l'O.R.S.T.O.M de Pointe noire s'est proposé de faire l'évaluation de << l'évapotranspiration potentielle et réelle d'une plantation d'Eucalyptus (*E. alba* x *E.urophylla*) et d'une savane à *Loudetia arudinacea* >> et d'apprécier la durabilité de l'écosystème artificiel correspondant à la plantation d'*Eucalyptus* .

Ces études sur la répartition et l'économie de l'eau ont débuté en mars 1997. La comparaison du bilan hydrique dans ces deux écosystèmes soumis aux mêmes conditions climatiques permet de montrer le rôle différentiel du couvert végétal dans le cycle de l'eau (Cornet , 1977) . Le but de cette étude est de déterminer certains éléments du bilan hydrique et de comparer ces éléments en fonction du couvert végétal en établissant dans chaque cas le bilan hydrique de l'écosystème .

II/ PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE

2.1 Climat

Le site expérimentale se situe à 40 km environ de la ville de Pointe Noire à proximité du lieu dit Kondi (latitude 4°34 S, longitude 11°54 E, altitude 125 m). La zone d'étude est soumise à un climat tropical humide avec des précipitations moyennes annuelles de 1177,1 mm an⁻¹ (de 1950 à 1997, station de référence, données de l'ASECNA de Pointe-Noire). La saison des pluies s'étale sur environ 180 jours (Octobre à Avril), la température moyenne de l'air est de 28,7 °C (tmax=30 °C, tmin=20 °C), l'évapotranspiration potentielle est de 1500 mm.an⁻¹ (DAGBA,1989).

2.2 La végétation

La végétation de la région côtière a été étudiée par Koechlin,1961; Makani,1963 et Descoings,1975. Elle comprend naturellement la forêt humide et la savane.

De la zone des collines vers l'océan atlantique, cette forêt est d'abord continue, puis se transforme en une mosaïque forêt-savane, pour finir en un ensemble d'îlots forestiers. La savane est la formation dominante de la région; elle couvre largement la zone de plateaux. Mais, elle est toujours de taille réduite (environ 50 à 150 cm de haut) et ne recouvre pas totalement le sol (entre 80 et 100 % de la surface totale). Le peuplement arbustif inclus, demeure pauvre et est constitué généralement par l'*Annona senegalensis* (syn.*A.arenaria*).

Le tapis herbacé n'est jamais très riche et se compose de quelques graminées telles que *Hyparrhenia familiaris*, *Rhynchelytrum nerviglume*, *Eriosema lauretii*, *Elyonurus brazzae*, *Ctenium newtonii*. Ces savanes laissent la place sur des grandes surfaces, aux plantations d'Eucalyptus qui forment ainsi, dans la région, un massif forestier artificiel très homogène transformant fortement le milieu (Loumeto et Reversat, 1997; Bandzouzi, 1993).

2.3 Les sols

Les sols de la région de Pointe noire sont des sols ferralitiques fortement désaturés sur matériau sableux à sablo-argileux à la série des cirques. Ils sont développés sur un matériau détritique pratiquement dépourvu de minéraux altérables.

Dans le périmètre de reboisement, les sols sont de texture légère (sable), ne renferment que très peu d'argile, ils sont plus appauvris en surface, sans structure définie (Jamet,1975). En se

basant sur la granulométrie , ces sols sont essentiellement sableux (85 à 95%). Le tableau 1 et 2, résume la composition des sols de la savane et de la plantation étudiés.

2.4 Les stations d'étude

2.4.1 La végétation de la savane d'étude

Elle est constituée par des peuplements herbacés de taille réduite (50 à 200 cm) et discontinue, à l'allure de steppes graminéennes (Louméto ,1986). Le sol est mal protégé par le tapis clair fourni par la strate herbacée. *Loudetia arudinacea* est l'espèce dominante (Yoka, 1997) , avec en association *Bulbostylis laniceps*, *Ctenium newtonii*, *Eliomurus brazzae* et *Eriosema erici*. Les *Anona arenaria*, qui représentent la strate arbustive sont rares (Jamet 1967 et 1975).

2.4.2 Le peuplement d'Eucalyptus

Les Eucalyptus sont des arbres à croissance rapide appartenant à la famille des myrtacées. Ce sont essentiellement des arbres australo-malaisiens (F.A.O., 1982) dont l'aire s'étend entre 7° N et 43°3'S.

Un hybride naturel fait l'objet de notre travail : *Eucalyptus alba* x *Eucalyptus urophylla* appelé couramment dans la zone de reboisement E. PF1. En effet *E. alba* x *E. urophylla* prend à *E. alba* la couleur du tronc , la forte densité du bois , la bonne adaptation et à *E. urophylla*, la forme élancée du fût, les potentialités de croissance, la finesse des branches (Loubelo,1990) . Les feuilles de cet hybride sont moins effilées que celles de *E. urophylla*, moins larges que celles de *E. alba* .

2.4.3 Diamètre et hauteur des arbres

D'après les mesures qui ont été faites , le diamètre moyen à 1,30 m du sol pour les 202 arbres mesurés est de 16,9 cm . La hauteur moyenne des arbres est d'environ 24 m (Sana, 1997). Les hauteurs individuelles , très homogènes , sont comprises entre 22 et 26 m. La densité théorique est de 504 plants à l'hectare. Au niveau de notre site (plantation âgée de 5 ans) , en procédant à une évaluation de la densité réelle, on constate que les *Eucalyptus* sont plantés en ligne avec un écartement de 4,70 m et que la distance entre chaque arbre aligné est d'environ 4,20 m. L'enclos a une surface de (72mx58m) et est délimité par une clôture. Cet enclos était susceptible de renfermer 210 arbres mais n'en contient que 202 (8 n'ont pas poussé ou ont été déracinés). Ce qui nous conduit à une densité réelle observée de 496 arbres à l'hectare. Parmi

tous les arbres de l'enclos, il en n'existe des << non conformes >> à cause de leurs brins multiples, 20 pieds sont doubles, 2 triples et 2 quadruples.

2.4.4 Le système racinaire

Un traitement à l'herbicide round-up appliqué de façon régulière empêche la croissance des végétaux dans le sous bois. Le sol n'est donc exploré que par les racines des *Eucalyptus*. Ceux-ci ont un système racinaire constitué d'une racine pivotante (principale) permettant un bon enracinement au sol et des racines traçantes pouvant s'étendre sur au moins 5 m. Elles permettent à la plante de capter l'eau et les éléments minéraux nécessaires à sa croissance (Louméto, 1986). Le sol est recouvert d'une litière répartie de façon homogène et qui se dégrade très lentement (Berhard -Reversat *et al.*, 1993).

III./ MATERIELS ET METHODES

3.1 Evapotranspiration potentielle

L'évapotranspiration potentielle est l'ensemble des phénomènes d'évaporation des surfaces inertes (sol, bois) et de la transpiration des surfaces végétales (Parde,1978 cité par Loubélo, 1990) . Pour estimer l'évaporation potentielle , nous avons utilisé la formule de Penman (1948) modifiée par Van-Bavel (1966); les valeurs de l'évapotranspiration potentielle ont été calculées pour chaque jour et cumulées sur les durées correspondant aux intervalles de mesures. Les paramètres météorologiques journalières nécessaires aux calculs de l'E.T.P proviennent de la station météorologique de l'A.S.E.C.N.A de l'Aéroport de Pointe Noire, éloignée de 40 km au Sud des stations: température de l'air, évaporation de Bac « A », évaporation de « Piche », humidité relative de l'air, pression atmosphérique, durée d'insolation, précipitations incidentes, vitesse du vent.

3.1.1 Evapotranspiration potentielle - formule de Penman (ETP_{PENMAN})

Pour estimer l'évapotranspiration potentielle, nous avons utilisé la formule de PENMAN (1948). Les valeurs de l'évapotranspiration potentielle ont été calculée pour deux stations, pour chaque jour et cumulées sur les durées correspondant aux intervalles de mesures.

$$ETP=(\Delta Rn/L+\gamma E_a)/(\Delta+\gamma) \quad (\text{mm.j}^{-1}) \quad (1)$$

avec: ETP-évapotranspiration potentielle, en mm.j⁻¹; Rn-rayonnement net ou effectif, en W.m⁻²; L-chaleur latent de vaporisation, en J.kg⁻¹ (2451,8 J.g⁻¹); γ -constante psychrométrique, en kPa.°C⁻¹; E_a-évaporation d'une surface dont la température serait celle de l'air, mesurée sous abri, en mm.j⁻¹; Δ -dérivée de la fonction reliant la pression de vapeur d'eau saturante de l'air et la température de l'air, en kPa.°C⁻¹.

$$\Delta=(e_s(t)-e_s(t_h))/(t-t_h) \quad (2)$$

avec: e_s(t)-pression de vapeur d'eau saturante à la température de la surface t, en kPa; e_s(t_h)-pression de vapeur d'eau saturante à la température de la surface humide t_h, en kPa; t- température de l'air, en °C; t_h-température humide de l'air, en °C.

$$R_n = R_g \cdot (1-g) - (R_a - R_t) \quad (\text{cal.cm}^{-2}.\text{j}^{-1}) \quad (3)$$

avec: R_n -rayonnement net ou effectif, en $\text{cal.cm}^{-2}.\text{j}^{-1}$; R_g -rayonnement solaire global, en $\text{cal.cm}^{-2}.\text{j}^{-1}$; R_a -rayonnement atmosphérique, en $\text{cal.cm}^{-2}.\text{j}^{-1}$; R_t -rayonnement terrestre, en $\text{cal.cm}^{-2}.\text{j}^{-1}$; g -réflectivité de la surface; fraction du rayonnement réfléchi pour une longueur spécifique (λ); réflectivité de la plantation d'Eucalyptus, $g=0,13$; réflectivité de la savane, $g=0,25$ (PINKER, THOMPSON et ECK, 1980).

$$R_g = R_o \cdot (0,31 + 0,69 \cdot (n/N)) \quad (\text{cal.cm}^{-2}.\text{j}^{-1}) \quad (4)$$

avec: R_g -rayonnement global, en $\text{cal.cm}^{-2}.\text{j}^{-1}$ (BRUNT, 1939); n -durée d'insolation, en heures; R_o -rayonnement global au sommet de l'atmosphère, dépend de la latitude du lieu, de la déclinaison solaire (angle du soleil avec le plan de l'équateur) et de la constante solaire (quantité d'énergie arrivant sur la partie supérieure de l'atmosphère, thermosphère, soit la constante solaire, $I_o=2 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$); en $\text{cal.cm}^{-2}.\text{j}^{-1}$; N -durée astronomique du jour, en heures, avec:

$$N = 24/2\pi \cdot \cos^{-1}[-\text{tg}\varphi \cdot \text{tg}\delta] \quad (\text{heures}) \quad (5)$$

avec: φ -latitude du lieu, comptée positivement dans l'hémisphère nord et négativement dans l'hémisphère sud, en degrés (Kondi, station d'étude $\varphi=4^{\circ}34'S$); δ -déclinaison du Soleil, en radian.

$$\delta = -23,4 \cos [360 (J+10)/365] \quad (\text{radian}) \quad (6)$$

avec: J -numéro Julien du jour dans l'année.

$$R_o = a \cdot I_o \quad (\text{cal.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}) \quad (7)$$

avec: R_o/I_o -corrections pour Pointe Noire (RIOU, 1975): janvier: 0,730; février: 0,720; mars: 0,735; avril: 0,745; mai: 0,740; juin: 0,660; juillet: 0,610; août: 0,650; septembre: 0,680; octobre: 0,700; novembre: 0,750; décembre: 0,740.

$$R_o = a \cdot I_o \text{ (cal.cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}) \cdot N \text{ (min.)} \quad \text{(cal.cm}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}) \quad (8)$$

$$(Ra-Rt)=\sigma T^4 (0,40-0,005\sqrt{e_a})(0,5+0,5(n/N)) \quad \text{(cal.cm}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}) \quad (9)$$

avec: Ra-rayonnement atmosphérique, en cal.cm⁻².j⁻¹; Rt-rayonnement terrestre, en cal.cm⁻².j⁻¹; e_a-pression actuelle de vapeur d'eau dans l'air, en kPa; σ-constante de Stefan-Bolzman, en W.m⁻².K⁻⁴ (5,67.10⁻⁸ W.m⁻².K⁻⁴); T-température de l'atmosphère, en °K.

$$e_a=e_s(t)-\gamma(t-t_h) \quad \text{(kPa)} \quad (10)$$

avec: e_a-pression actuelle de vapeur d'eau dans l'air, en kPa; e_s(t)-pression de vapeur d'eau saturante à la température de la surface t, en kPa; t_h-température humide de l'air, en °C; γ-constante psychrométrique, en kPa.°C⁻¹.

$$e_s(t)=6,1078 \cdot \text{EXP}((17,27 \cdot t)/(237,3+t)) \quad \text{(kPa)} \quad (11)$$

avec: e_s(t)-pression de vapeur d'eau saturante à la température de la surface t, en kPa; t-température de l'air, en °C.

$$\gamma=(c_p \cdot p)/L(M_{EAU}/M_{AIR}) \quad \text{(kPa.}^\circ\text{C}^{-1}) \quad (12)$$

avec: γ-constante psychrométrique, en kPa.°C⁻¹; c_p-chaleur massique de l'air, en J.g⁻¹.°C⁻¹ (1,012 J.g⁻¹.K⁻¹); p-pression atmosphérique, en kPa; L-chaleur latent de vaporisation, en J.g⁻¹ (2451,8 J.g⁻¹); M_{EAU}-masse molaire de l'eau, en kg.Mole⁻¹ (18,10⁻³ kg.Mole⁻¹); M_{AIR}-masse molaire de l'air, en kg.Mole⁻¹ (29,10⁻³ kg.Mole⁻¹).

$$E_a=2,6(e_s(t)- e_a(t))(1+0,537 u_{2M}) \quad \text{(mm.j}^{-1}) \quad (13)$$

avec: e_s(t)-pression de vapeur d'eau saturante à la température de la surface t, kPa; u_{2M}-vitesse du vent mesurée à 2 mètres de la surface du sol, en m.s⁻¹.

3.1.2 Evapotranspiration potentielle - formule de Turc

$$\text{ETP}_{\text{Turc}} = 0.040.t ((\mathbf{Rg} + 50) / (t + 15))(1 + (50 - \mathbf{Hr}) / 70) \quad (\text{mm.j}^{-1}) \quad (14)$$

avec:

ETP_{Turc} : évapotranspiration potentielle, en mm.j^{-1} ; t : température de l'air, en $^{\circ}\text{C}$; \mathbf{Rg} : rayonnement global, en $\text{cal.cm}^{-2}.\text{j}^{-1}$; \mathbf{Hr} : humidité relative de l'air en %.

3.2 Equation du bilan hydrique du sol

Le bilan hydrique du sol consiste à établir les différents flux d'eau qui entrent ou sortent de ce dernier, pour déterminer au jour le jour (ou période par période) le déficit hydrique du sol (Cornet, 1977). L'expression du bilan hydrique du sol peut donc s'écrire sous la forme suivante:

:

$$\mathbf{Pi} = \mathbf{ETR} + \mathbf{D} \pm \Delta\mathbf{R}/\Delta t \quad (\text{mm.j}^{-1}) \quad (15)$$

$$\text{où } \mathbf{ETR} = \mathbf{T} + \mathbf{In} + \mathbf{Es} \quad (\text{mm.j}^{-1}) \quad (16)$$

$$\text{et } \mathbf{In} = \mathbf{Pi} - (\mathbf{Ps} + \mathbf{Ec}) \quad (\text{mm.j}^{-1}) \quad (17)$$

avec: \mathbf{Pi} -précipitations incidentes, en mm.j^{-1} ; \mathbf{ETR} -évapotranspiration réelle du peuplement, en mm.j^{-1} ; \mathbf{D} -drainage, en mm.j^{-1} ; $\Delta\mathbf{R}$ -variation de la réserve en eau du sol, en mm; Δt -pas de temps des calculs, en jours; \mathbf{T} -transpiration, en mm.j^{-1} ; \mathbf{In} -interception nette, en mm.j^{-1} ; \mathbf{Es} -évaporation du sol, en mm.j^{-1} ; \mathbf{Ps} -précipitations au sol, en mm.j^{-1} ; \mathbf{Ec} -écoulement le long des troncs, en mm.j^{-1} .

Cette expression considère comme négligeable l'évaporation directe du sol et de la litière, approximation raisonnable en période de dessèchement.

On mesure directement la réserve en eau du profil du sol (\mathbf{R}), les précipitations au dessus du peuplement (\mathbf{Pi}) et au sol (\mathbf{Ps}) ainsi que l'écoulement le long des troncs (\mathbf{Ec}); les valeurs du

drainage (D), l'évapotranspiration (ETR), l'interception (In) et la transpiration (Tr) de la plantation et de la savane sont estimées à partir de l'équation du bilan. Par ailleurs, la transpiration de la plantation est estimée par la méthode du flux de sève. Dans l'équation du bilan on suppose $ETR=ETP$ (évapotranspiration potentielle) en période humide (réserve du sol à la capacité au champ, R_{cc}) et au contraire un drainage nul en période sèche (réserve du sol inférieure à la capacité au champ). Dans le bilan hydrique du sol à l'échelle du temps d'une journée les valeurs de l'ETR sont calculées comme suit:

Si $R \geq R_{cc}$ alors $ETR=ETP$

$$\text{et } D = P_i - ETP \pm \Delta R / \Delta t \quad (\text{mm.j}^{-1}) \quad (18)$$

Si $R < R_{cc}$ alors $D=0$

$$\text{et } ETR = P_i \pm \Delta R / \Delta t \quad (\text{mm.j}^{-1}) \quad (19)$$

avec: ETP-évapotranspiration potentielle, en mm.j^{-1}

L'hypothèse d'un drainage nul lorsque $R < R_{cc}$ est liée à la texture sableuse du sol, qui implique une chute très rapide de conductivité hydrique avec le dessèchement du sol. Elle n'est strictement vraie que lorsque l'humidité de l'horizon le plus profond est devenue inférieure de quelques points à sa valeur à la capacité au champ. Dans les deux cas [équation (4) et (5)], la transpiration du peuplement est calculée en soustrayant l'interception nette (In) calculée à l'aide de l'équation (3) de l'évapotranspiration réelle (ETR):

$$T = ETR - In \quad (\text{mm.j}^{-1}) \quad (20)$$

Ces calculs utilisent les notions de capacité de rétention en eau maximale du sol de la zone racinaire du peuplement (capacité au champ, R_{cc}), de la capacité de rétention minimale (point de flétrissement permanent, R_{pfp}) et de l'évapotranspiration potentielle (ETP). La zone exploitée par les racines a été bien délimitée (5,0 m pour la plantation et 3,0 m pour la

savane); d'autre part, les caractéristiques topographiques et pédologiques sont telles qu'il n'y a sur la station d'expérimentation ni nappe phréatique proche, ni ruissellement en surface et dans le sol (station plate, avec une pente proche de $\pm 0\%$). Nous avons déterminé les valeurs de R_{cc} et R_{FFP} *in situ* comme étant les valeurs maximale et minimale de la réserve en eau.

L'hypothèse d'un drainage nul lorsque $R < R_{cc}$ est liée à la texture sableuse du sol, qui implique une chute très rapide de la conductibilité hydrique avec un dessèchement du sol (Nizinski, 1988).

3.3 Dispositif expérimental de mesures du bilan d'eau *in situ*

3.3.1 Forage des trous pour tubes d'accès et leur mise en place

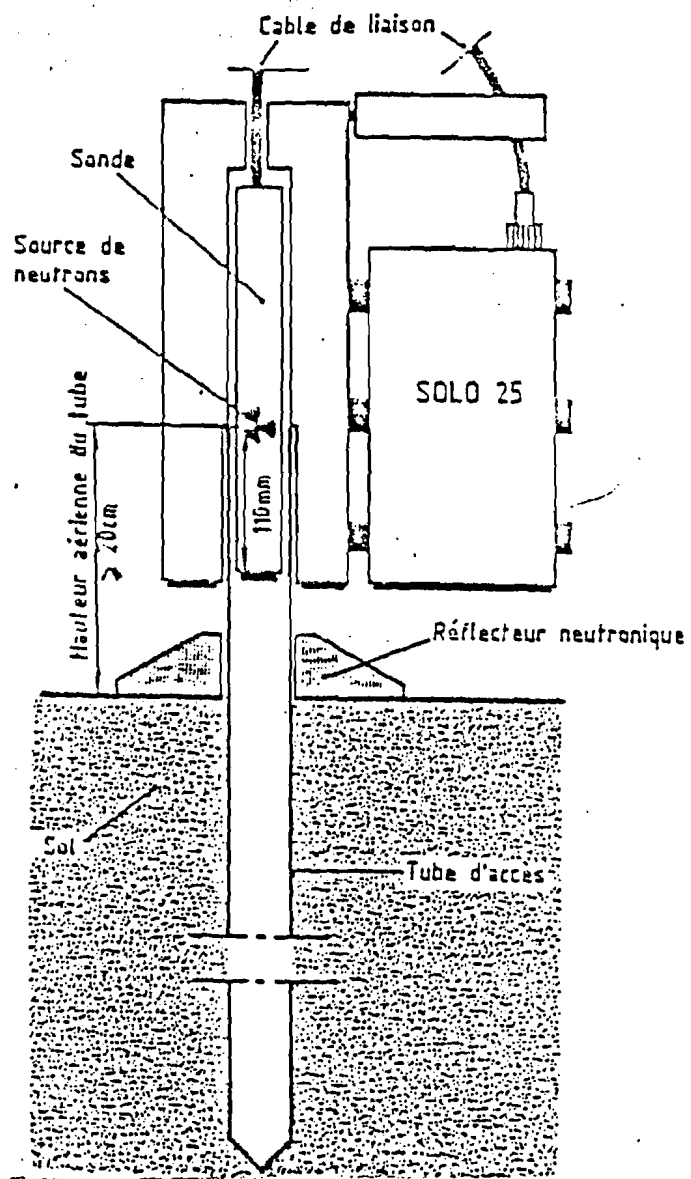
Le forage des trous se fait à l'aide d'une tarière manuelle de 44-45 mm de diamètre jusqu'à 3 m de profondeur. L'opération est aisée mais est menée de façon minutieuse. Il faut éviter toute excavation dans la paroi ce qui entraînerait soit un défaut de comptage en milieu non saturé, soit un excès en zone noyée. Une fois le forage effectué, le tubage (3 m de long) est introduit dans le trou avec la main. Par la suite nous prenons la précaution de faire glisser autour du tube de la terre dite « fine » (terre récupérée à proximité et réduite à une maille la plus petite possible). Cette terre fine va pénétrer entre la paroi du tube permettant ainsi par colmatage, un excellent contact sol-tube. Nous éviterons ainsi toutes infiltrations le long du tube ou, éventuellement toute accumulation d'eau en cas de fortes pluies.

3.3.2 Hauteur aérienne du tube d'accès

Nous avons laissé une partie extérieure du tube (hors du sol) de 20 cm, cela pour permettre à la sonde d'être posée sur son tubage. Pour éviter tout remplissage du tube par la pluie, on recouvre le tube avec un capuchon plastique. Trois tubes ont été installés en position horizontale à 2,80 m dans la savane puis trois autres dans la plantation.

3.3.3 Rétention en eau du sol

Nous avons utilisé une sonde à neutrons de type « Solo 25 s » mise au point au Centre d'Etudes Nucléaire de Cadarache, et nous avons étalonné la sonde par la méthode gravimétrique (AYOMA, 1998). L'appareil se compose d'une source radioactive d'Américium-Beryllium, fixée à un détecteur de neutrons thermiques dans un tube d'aluminium. Le dispositif expérimental est constitué de 6 tubes d'accès à la sonde à neutrons en duralumin (diamètre 41-



Fig(1)

45mm): 3 tubes pour la savane et 3 tubes pour la plantation d'*Eucalyptus*. Les mesures sont effectuées tous les 10 cm jusqu'à 1 m de profondeur, puis tous les 20 cm jusqu'à 3 m. Pendant les mesures, la sonde est introduite dans le tube d'accès implanté dans le sol. Lorsqu'un neutron rapide émis par la source radioactive entre en collision avec un noyau d'hydrogène, il est ralenti. Après étalonnage, on déduit la quantité d'eau présente dans le sol à partir du nombre de neutrons ralentis.

3.3.4 Prélèvement et analyse des échantillons de sol

Les prélèvements des échantillons de sol ont été faits entre 0 et 3 m de profondeur dans la savane et entre 0 et 5 m dans la plantation à l'aide d'une tarière à main graduée. Les prélèvements ont été effectués de 10 en 10 cm jusqu'à 100 cm dans les deux sites, puis de 20 en 20 cm jusqu'à 3 m, et au-delà de 3 m de 50 en 50 cm dans la plantation.

Les analyses des sols ont été effectuées au Laboratoire de Chimie du Centre ORSTOM de Pointe-Noire. Les échantillons de terre sont séchés à l'air libre, puis tamisés avec un tamis de 2 mm de diamètre. Sur la terre fine obtenue les analyses suivantes ont été effectuées : granulométrie, carbone total et azote total.

- La granulométrie: destruction de la matière organique à l'eau oxygénée. dispersion des différents agrégats au pyrophosphate de sodium et prélèvement par la pipette de Robinson.
- Le dosage du carbone total par la méthode de Walkley et Black: oxydation avec un mélange sulfo-chromique à froid et dosage de l'excès de bichromate par le sel de Morhr exprimé en % du poids total de terre fine.
- La matière organique est calculée de la manière suivante: $M.O\% = C\% \cdot 1,724$ ou C% est le taux de carbone en %.
- Le dosage de l'azote total par la méthode de Kjeldahl: minéralisation à chaud de la matière organique de l'échantillon de sol par de l'acide sulfurique concentré. L'azote est récupéré sous forme d'ammoniaque avant d'être dosé par volumétrie acide-base.

3.4 Protocole de mesure

Pour tous les tubes, les mesures hebdomadaires sont faites tous les 10 cm jusqu'à 100 cm de profondeur, puis tous les 20 cm jusqu'à 3 m. Un carré de 40 cm de côté est préservé autour de chaque tube pour éviter tout tassement du sol lors des mesures. A chaque niveau, l'on fait un comptage de neutrons thermiques pendant 80 secondes. Les résultats sont exprimés en

pourcentage d'humidité volumique et le stock d'eau en mm se fait par intégration des profils hydriques (Poss, 1991).

Nous avons mesuré pour les mêmes dates également la teneur en eau du sol par la méthode pondérale. Les prélèvements à la tarière ont été effectués de manière aléatoire comme Chatelperon et Kubler (1983), tous les 7 jours sur les sites. Sur le terrain, les échantillons de sol sont conditionnés dans des bols métalliques munis d'un couvercle (tare), rangés dans une caissette en bois. Leur volume approximatif est de 250 ml et le poids vide de chacun d'entre eux est connu. Au laboratoire, dès le retour du terrain, les boîtes pleines avec leur couvercle sont pesées (p), puis passées à l'étuve. Elle y séjournent un minimum de 48 heures à une température de 105 °C et sont pesées à nouveau à leur sortie (p'). Connaissant pour chaque échantillon les poids p et p' , on détermine par gravimétrie le taux d'humidité du sol avec les expressions suivantes:

$$H_p\% = \frac{\text{poids terre fraîche} - \text{poids terre sèche}}{\text{poids terre sèche}} \quad (\%) \quad (21)$$

avec: D_a = poids terre sèche/volume de la boîte; $H_v\%$ = densité apparente x humidité pondérale.

3.4.1 Calcul des variations de stocks hydriques

Sur chaque parcelle, les humidités volumiques ont été estimées à l'aide de 3 tubes d'accès neutronique. Les comptages neutroniques mesurés sur le terrain ont été saisis et traités à l'aide d'un logiciel Bhyson (Poss, 1987). Les données de chaque profondeur ont été contrôlées pour chaque tube en utilisant les courbes d'évolution des rapports de comptage en fonction du temps. Les humidités volumiques ont alors pu être représentées sous forme de profils hydriques. Les valeurs de stock hydrique et leurs variations ont été calculées par Bhyson en effectuant une intégration des humidités volumiques par la méthode des trapèzes (Poss, 1984).

3.4.2 Les précipitations incidentes

Les précipitations incidentes (P_i), ont été recueillies à l'aide de quatre pluviomètres en zinc de type « Association » (surface réceptrice de 400 cm², précision plus ou moins 0,5 mm), disposés à 2 m au dessus du sol de la savane (surface de réception totale de 1600 cm²). Les relevés sont faits de façon hebdomadaire, P_i est estimé être égale à la moyenne arithmétique des hauteurs d'eau des quatre pluviomètres

3.4.3 Les précipitations au sol

Pour mesurer les précipitations au sol (Ps) de la plantation d'*Eucalyptus*, nous avons utilisé dix pluviomètres de type « Association » (surface réceptrice de 400 cm², précision plus ou moins 0,5 cm) ,disposés régulièrement dans la station d'étude et constituant une surface totale de réception de 4000 cm². De même pour connaître les précipitations au sol (Ps) de la savane nous avons utilisé huit pluviomètres fixes de type « Association », disposés régulièrement dans la station et constituant une surface réceptrice de 3200 cm².

3.4.4 Ecoulement le long des troncs

Le tronc d'un individu d'*Eucalyptus* a été entouré d'une gouttière en matière plastique étanche en forme d'hélice débutant à 1,30 m du sol et s'arrêtant à 0,5 m, hauteur à la quelle le volume d'eau qui s'écoule est recueilli dans un bidon en plastique installé dans une fosse creusée dans le sol. Ce volume d'eau , est rapporté à la surface de projection verticale de la couronne de cet arbre (10 m²) et rend compte de l'écoulement le long des troncs (Ec) exprimé en hauteur d'eau (Nizinski et Saugier, 1988) .

IV./ RESULTATS ET DISCUSSION

4.1 Composition granulométrique des sols

4.1.1 sous savane

Les sols sont faiblement argileux (4 à 11 %). Ces faibles teneurs en éléments fins (fraction < 2 μ) confèrent une bonne perméabilité aux sols étudiés (Loubelo, 1990). Toute fois ces éléments varient le long du profil analysé. La teneur en argile augmente avec la profondeur, ce qui donne des indices d'appauvrissement: la teneur est plus faible les 20 premiers centimètres du sol, et plus élevée à 80 - 300 cm. Les taux des limons (fraction 2-20 μ) sont très faibles (0,10 à 1,2% de limons fins ; 1 à 2 % de limons grossiers).

La fraction sableuse qui représente 85 à 95% (fig 3) de la masse totale du sol est dominée par les sables grossiers. Sa répartition dans le profil est pratiquement uniforme.

4.1.2 Sous Eucalyptus

La teneur en argile des sols varie entre 5 et 12 % (fig.1). Les horizons inférieurs sont mieux pourvus que les horizons superficiels. Les taux des limons sont également très faibles. La matière organique (fig.5) est légèrement plus importante sous plantation que sous savane. La densité apparente varie très faiblement (fig.6), de 1,5 pour la plantation à 1,6 pour la savane. Elle atteint une valeur maximale à 150 cm pour la savane et 80 cm pour la plantation.

4.2 ETR - Profils hydriques

4.2.1 Les précipitations incidentes et leur devenir

Dans la savane, les précipitations incidentes n'atteignent pas directement le sol, une partie de ces précipitations a été retenue par la strate herbacée (In) et une deuxième partie arrivait au sol (Ps). Les valeurs de In et de Ps ont été respectivement de 26,24 mm et de 324,64 mm en saison des pluies (Mars à Mai) et de 0,46 mm et de 5,87 mm en saison sèche (Juin à Août, 1997). Dans la plantation, les pluies incidentes n'atteignent pas directement le sol. Le couvert végétal intercepte une partie qu'elle réévapore. Une autre partie arrive au sol à travers la couronne des arbres par égouttement. Une troisième partie ruisselle le long des branches et du tronc avant d'atteindre le sol.

On appelle interception brute (IB) la différence entre les précipitations incidentes et l'égouttement mesuré sous le couvert. Selon différents auteurs tels que cités par Cornet (1977), Aussenac (1968); Ettehad *et al.* (1973), elle est une fonction décroissante de l'intensité des

précipitations. Interception nette est la différence entre les précipitations incidentes et les précipitations arrivées réellement au sol (égouttement plus écoulement le long des troncs).

Les précipitations au sol et interception nette en saison des pluies s'élèvent respectivement à 256,18 mm et 23,99 mm soit 89,61 % et 8,39 % de P_i du 3 Mars au 25 Août 1997. La plantation et la savane ont transpiré en moyenne respectivement $3,06 \text{ mm j}^{-1}$ et $2,69 \text{ mm j}^{-1}$ en saison des pluies (Mars à Mai 1997) et $0,37 \text{ mm j}^{-1}$ et $0,92 \text{ mm j}^{-1}$ en saison sèche (Juin à Août). Cette transpiration dont la formule indiquée ci-dessus évolue jusqu'au début du mois de Mai ($T=2,30$ à $4,34 \text{ mm.j}^{-1}$) pour la savane et de $1,98$ à $4,34 \text{ mm}$ pour la plantation pendant la même période. Ces variations sont fonction à la fois des facteurs climatiques (ETP) et des caractéristiques physiologiques de l'espèce. Pour dissocier leurs influences respectives, nous avons comparé les valeurs de la transpiration aux valeurs de la demande évaporative de l'atmosphère calculées selon la formule de Penman (1948). On observe des valeurs importantes de la réserve en eau du sol de Mars au 2 Juin puis une diminution de celle-ci entre le 2 Juin et le 25 Août. Le déficit hydrique a commencé dès le 2 Juin et a été particulièrement intense en Août, provoquant la chute de la transpiration par rapport à l'ETP. La demande évaporative au niveau du sol de la savane sur la période d'étude est supérieure à celle de la plantation étant respectivement de $345,41 \text{ mm j}^{-1}$ et $326,69 \text{ mm j}^{-1}$. Le rapport TR/ETP varie suivant les périodes d'études, il est de l'ordre de $0,79 \text{ mm j}^{-1}$ en saison des pluies, et de $0,20 \text{ mm j}^{-1}$ en saison sèche pour la plantation.

Dans la savane, il est de $0,57 \text{ mm j}^{-1}$ en saison des pluies et de $0,34 \text{ mm j}^{-1}$ en saison sèche. Les calculs de l'ETR effectués sur la période d'étude donnent un rapport ETR/ETP proche de 1 ou légèrement supérieure pour les deux peuplements. L'ETR a été de $294,50 \text{ mm}$ en saison des pluies et $30,84 \text{ mm}$ en saison sèche. L'ETP a été respectivement pour la plantation et la savane de $394,36$ et de $418,15 \text{ mm}$ en saison des pluies et en saison sèche de $267,27 \text{ mm}$ pour la plantation et $247,31 \text{ mm}$ pour la savane. Les variations saisonnières de l'ETP suivent celles de l'insolation et de la température. C'est ainsi que de fortes valeurs de l'ETP sont enregistrées durant la saison des pluies qui est la plus ensoleillée et la plus chaude. Le bilan hydrique se révèle positif pendant toute la saison des pluies (tableaux 3 et 4), il est par contre négatif en Juin et Août. Heureusement, à cause des fortes hygrométrie et des basses températures, ce déficit hydrique n'est guère préjudiciable (Loubelo, 1990) pour les formations végétales (les *Eucalyptus* notamment). Grâce à leur système racinaire profond, les *Eucalyptus* encore à partir de 85 à 100 cm de profondeur, d'une teneur en eau du sol supérieure à $2,5 \%$ en saison sèche

(Chatelperon et Kubler, 1983). L'écoulement le long des troncs a été mesuré dans la plantation du 10 Mars au 25 Août 1997 et ne représente que 0,01 à 1,2 % des Précipitations incidentes. Il faut une pluie d'environ 0,25 mm pour que l'on observe un début d'écoulement le long des troncs.

4.2.2 Les profils hydriques

Les taux d'humidité mesurés chaque semaine pour les différentes couches de sol figurent en annexe (courbes saison des pluies, courbes saison sèche). A partir de ces valeurs ont été tracés les graphiques suivants:

- profils hydriques des deux sites pour chaque semaine de la période d'étude;
- évolution des profils hydriques pour chaque site pendant la période d'étude; et,
- évolution des taux d'humidité de chaque site à un niveau de prélèvement donné.

Ces profils hydriques présentent des courbes d'allures voisines (forme) quel que soit la semaine de la période d'étude. Les taux d'humidité (h%) augmente avec la profondeur du sol jusqu'à tendre vers la constance (courbe sigmoïde). Cette constance maximum est en générale atteinte au delà d'un mètre de profondeur. Les premiers niveaux de prélèvement 0-30 cm sont généralement plus humides que les niveaux inférieurs, sans doute en raison d'une teneur en matière organique plus forte (Kubler et Lebahy, 1984). Il ya une légère diminution jusqu'à 50 cm de profondeur puis une augmentation de l'humidité vers un mètre où le sol est plus riche en argile (capacité de rétention supérieure) et peut stocker l'eau jusqu'à un certain seuil.

4.2.2.1 Evolution de l'humidité en fonction de la profondeur de sol

Les courbes retraçant l'évolution de l'humidité au cours de la période d'étude aux différentes profondeurs de prélèvement confirment les conclusions suivantes :

- une teneur en eau plus forte dans la savane que dans la plantation durant toute la période d'étude.
- une augmentation du taux d'humidité avec la profondeur jusqu'à un certain seuil. La savane est plus humide que la plantation entre 150 cm et 300 cm de profondeur, ceci pendant toute la période d'étude (Mars à Août 1997). Les deux sites présentent des taux d'humidité analogue jusqu'à 1,5 m quelle que soit la saison. Au delà compte tenu de la diminution de la densité des racines dans la savane, la plantation se dessèche plus en raison de son système racinaire pouvant

atteindre 15 m (Benoît-Bonnefoi, 1986) (courbes saison sèche et saison des pluies). Par ailleurs pour les deux sites, les variations d'humidité au cours de la période sont d'autant plus faibles que la profondeur de sol est grande.

4.2.2.2 Relation entre station et position relative des courbes

En profondeur (1,50 m) les courbes ont tendance à se regrouper quel que soit le type de végétation. Ce regroupement en profondeur pour les deux sites tend à montrer que , au delà d'une certaine profondeur, l'humidité est indépendante du couvert végétal (Benoît-Bonnefoi, 1986). Nous remarquons aussi un amortissement des variations saisonnières au fur et à mesure qu'on s'enfonce:

- à partir de 80 cm jusqu'à 1,80 m l'humidité varie entre 6 et 11 % en saison des pluies pour la plantation et entre 8 et 14 % pour la savane. Par contre au dessus de 10 cm jusqu'à 80 cm l'humidité varie entre 8 et 12 % en saison des pluies pour la savane, et 6 et 11 % en saison des pluies pour la plantation. En saison sèche, les variations saisonnières au fur et à mesure qu'on descend sont de l'ordre de 6 à 7 % pour la plantation et entre 7 et 11 % pour la savane à 90 cm jusqu'à 180 cm. A 10-80 cm cette humidité est de 4 à 7 % pour la plantation et de 2.5 % à 8 % pour la savane.

4.2.2.3 Evolution de la forme des courbes

Si en profondeur l'humidité reste relativement fixe dans les deux sites, au fur et à mesure qu'on se rapproche de la surface , la courbe d'humidité se déplace pour devenir presque verticale en saison des pluies et incliné en saison sèche. Malgré la relative constance des courbes d'humidité en profondeur il n'ya pas de nappe qui réalimente le profil (Kubler et Lebahy, 1984). En saison des pluies, l'humidité est minimale à 40-60 cm. Ceci est lié à l'évolution du taux de matière organique et d'argile sur le profil. En effet les analyses de sols mettent en évidence un taux de matière organique de l'ordre de 1,1 % à 10 cm et de 0,46 % à 60 cm et est négligeable au delà. Par contre le taux d'argile ne devient significatif que vers 60-80 cm. Or la matière organique par ces colloïdes et l'argile sont de bons capteurs d'eau. Par conséquent en absence de l'un ou l'autre (vers 40 cm) la réserve en eau et donc l'humidité mesurée est plus faible. D'où l'intérêt d'avoir pour la plantation un enracinement traçant superficiel de 0 à 40 cm et un enracinement pivot pour explorer les parties les plus profondes du profil.

Le type de sol étudié (très sableux avec un peu d'argile en profondeur) a les caractéristiques suivantes:

- une réserve en eau du sol de 282,73 mm
- point de flétrissement permanent 3 %
- une capacité au champ de 13 % obtenus par la méthode pondérale

La situation est plus critique pour la savane où l'humidité descend en dessous du point de flétrissement permanent 2,5 % de Juin à Août sur les 15 premiers centimètres et même jusqu'à 30 cm de profondeur en Août. La végétation de savane, meurt donc faut d'un enracinement suffisant. La végétation herbacée (savane) se dessèche progressivement pour être réduite à l'état de touffes dès le mois de Juillet.

4.2.2.4 Incidence de la pluviométrie sur les taux d'humidité des sols

Nous avons observé régulièrement au cours de la période d'étude les phénomènes suivants:

- des profils de réhumectation / redistribution (fig.7);
- des profils de dessèchement (dessèchement/absorption)(fig.8);
- des profils de dessèchement du haut du profil et redistribution dans le bas du profil (fig.9);
- des profils de dessèchement du haut du profil en phase de réhumectation (fig.10);
- des profils présentant à la fois une réhumectation suivie d'une réhumectation, une réhumectation suivie d'un dessèchement (fig.11).

La réhumectation/redistribution dans la savane se fait de façon régulière (fig.12) sur toute la profondeur d'exploration racinaire (3 m) tandis qu'elle ne se fait que jusqu'à 160 cm dans la plantation (fig.13). D'après l'allure de la figure 14, nous avons observé deux zones préférentielles d'absorption (20 à 60 cm) et (90 à 500 cm) et deux zones de moindre absorption (10 à 20 cm) et (60 à 90 cm) pour la plantation. Cependant, elle se fait de 10 à 80 cm dans la savane (fig.10) du fait de la diminution de la densité racinaire dans le bas du profil. La savane absorbe moins d'eau que la plantation et le haut du profil de la savane est plus sec (fig.33) que celui de la plantation (effet litière). En saison sèche, l'insolation qui n'est pas très intense et le taux d'humidité de l'air atténuent considérablement l'évapotranspiration.

4.3 Relation entre ETP de Turc et ETP Penman

Cette relation montre que l'ETP de Turc est plus forte que l'ETP de Penman d'environ 50 % pour la plantation et 47,59 % pour la savane. L'ETP de Penman prend un grand nombre de données nécessaires, ce qui n'est pas un véritable défaut puisque c'est là un facteur de précision on la comparant à celle de Turc qui elle utilise une formule « passe-partout » dans l'estimation du rayonnement global à partir de la durée d'insolation mais les calculs sont rapides. L'ensoleillement est faible en saison sèche, de l'ordre de 1500 heures.an⁻¹ (Bertrand, 1978). En fin de compte les évapotranspirations potentielles sont relativement faibles, de l'ordre de 1500 heures.an⁻¹ (Bertrand, 1978). En fin de compte les évapotranspirations potentielles sont relativement faibles 2 à 6 mm.j⁻¹ en moyenne. Le minima d'évaporation se produit en saison sèche et les maxima en saison des pluies (température élevée, grand ensoleillement).

5 DISCUSSION

La comparaison de l'interception sur la plantation d'Eucalyptus et la savane à *Loudecia arudinacea* montre que celle-ci est supérieure dans la plantation (8,8 %) que dans la savane (7,6 %). Ces résultats sont contraires à ceux trouvés dans une étude qui a été faite aux U.S.A par Slatyer cité par Lemée (1978) qui a comparé l'Acacia et la plantation de maïs. Ce dernier a trouvé que l'interception est de 40 % sur l'Acacia contre 20 % sur le maïs qui représente la strate herbacée. De son côté Freize (1936) cité par Lemée (1978) a trouvé un écoulement de 28 % au Brésil sur un ensemble de 27 arbres. Par contre les résultats que nous avons trouvés sont sensiblement identiques à ceux de certains auteurs notamment Huttel (1962) qui a également utilisé les gouttières sur une parcelle de 300 m² portant 16 arbres. Il a trouvé près de 1 % des précipitations qui pénétrant sous forêt. Les valeurs similaires plus précisément 1 % et 0,4 à 1,4 % ont été respectivement trouvées par Nye (1961) au Ghana, dans une forêt sempervirente semi-caducifoliée et Malaise (1973) au Zaïre, dans une forêt claire.

S'agissant de l'ETR, les résultats obtenus montrent que la plantation d'Eucalyptus et la savane ont évapotranspiré respectivement 98,16 mm et 86,10 mm en saison des pluies contre 10,28 mm et 28,27 mm en saison saison sèche. Ces résultats sont inférieurs à ceux obtenus par Lima et Freize (1976) au Portugal à savoir 206,3 mm sur *Eucalyptus saligna* et 211,5 mm sur les Pins et 195,9 mm sur la végétation herbacée dans une région où il tombe plus de 1000 mm par

an. Alors que en ce qui nous concerne la durée de nos observations n'a été que de 6 mois pendant les quels les précipitations enregistrées ont été 300 mm.

Huttel (1962), Malaise (1973) et Banerjee (1972) ont évalué les évapotranspirations réelles annuelles d'un certains nombre de forêts tropicales et subtropicales respectivement à 1150 mm pour la forêt sempervirente dense de Banco (Côte-d'Ivoire), 1050 mm pour la forêt claire de miombo Zaïrois et 1136 mm pour la plantation d'Eucalyptus (Bengale). Leurs résultats ne sont pas semblables à ceux obtenus à Kondi durant les six mois d'observation où les valeurs suivantes ont été obtenues: 343,1 mm pour la savane et 325,3 mm pour la plantation .

En tenant compte de la texture du sol (sableuse) l'amplitude de la variation de la hauteur en eau du profil décroît régulièrement en profondeur; elle est plus forte dans l'horizon où s'exerce l'activité des racines. Les variations de la réserve en eau du sol sont plus lents sous forêt que sous savane. Avenard (1971) constate que les processus de changement d'humidité sont plus lents sous forêt que sous savane et progressent de haut en bas , car l'enracinement ralentit l'infiltration et l'eau ne pénètre en profondeur qu'après le dépassement de la capacité de rétention en surface.

V Conclusion

Au cours de ce travail, nous avons eu comme objectif de faire l'évaluation de l'évapotranspiration potentielle et réelle dans les deux sites (plantation et savane) à l'aide d'une sonde à neutrons et d'apprécier la durabilité de l'écosystème artificiel correspondant à la plantation d'Eucalyptus.

Notre travail a été axé à la détermination des grandeurs caractéristiques des deux sites : les précipitations incidentes, au sol, l'interception nette, l'écoulement le long des troncs , la transpiration et l'évapotranspiration potentielle et réelle. Les sols de Kondi grâce à un régime pluviométrique peu abondant (347,21 mm de Mars à Août 1997) et grâce à une saison sèche chaude mais rarement ensoleillée assurent l'alimentation hydrique des Eucalyptus tout au long de la période d'étude.

Les sols sableux laissent pénétrer la pluie plus profondément, permettent une meilleurs utilisation de l'eau en restreignant les quantités évaporées pendant la saison sèche. Dans la plantation d'Eucalyptus , la couverture arborescente à une influence considérable sur le cycle de l'eau. Elle intercepte et réévalue dans l'atmosphère une partie de l'eau. L'eau non interceptée s'infiltré dans le sol et est prélevée par les racines des plantes. Celle-ci transporté dans les feuilles, est transpirée dans l'atmosphère. Les taux d'humidité dans les deux sites ne dépasse pas la valeur 2,5 % qui est proche du point de flétrissement permanent (3 %). Il est donc guère étonnant de voir la savane complètement desséchée. Les herbacées, vu leur système racinaire sont dans l'incapacité de s'alimenter en eau à la saison sèche. Pour ce qui concerne le boisement d'Eucalyptus, les Eucalyptus peuvent compter dès les 80-100 cm de profondeur, le taux d'humidité ne descend plus en dessous de 3 % et qu'il dépasse toujours 4 % à partir de 80-100 cm. L'évapotranspiration n'est pas excessive, les Eucalyptus n'ont en principe rien à craindre au plan hydrique durant toute la période d'étude.

Ces résultats, bien que ponctuels et donc insuffisants, apportent des informations sur la consommation en eau du sol sous Eucalyptus et sous savane. Il serait souhaitable que d'autres aspects que nous n'avions pu aborder ici tels que la force de rétention du sol pour l'eau par les racines, l'évaluation de l'évapotranspiration réelle par la méthode du rapport de Bowen soient étudiés. Il serait également bon de vérifier la valeur de la capacité au champ et le point de flétrissement permanent au laboratoire.

Les informations que nous avons obtenues doivent nous permettre, avec le temps , de disposer de résultats fiables sur l'écophysiologie de l'Eucalyptus. Avant de fournir des conclusions

définitives , nous devons poursuivre les recherches sur un bilan hydrique réalisé sur quatre ou cinq ans , sur les réactions physiologiques de l'Eucalyptus à une déshydratation élevée et sur les mécanismes mis en oeuvre pour supporter le stress hydrique.

VI BIBLIOGRAPHIE

- Aussenac G., 1968. Interception des précipitations par le couvert forestier. *Ann. Sci. Forest* 25(3), 135-156 pp.
- Aussenac G., 1975. Couverts forestiers et facteurs du climat: leurs interactions, conséquences écologiques chez les résineux. Thèse d'état, Université de Nancy, 234 pages.
- Avenard J. H., 1971. La répartition des formations végétales en relation avec l'eau du sol dans la région de Man - touba. Paris, O.R.S.T.O.M, travaux et document n°12, 159 pages.
- Banerjee A. K., 1972. Evapotranspiration from a young Eucalyptus hybrid plantation of west Bengal. In: Proc. and Tech. papers. Man - mode forests in India (Society of Indian foresters, dehra dun).
- Bandzouzi J., 1993. Variabilité spatiale de quelques caractéristiques édaphiques des sols sableux sous Eucalyptus du littoral congolais. Mémoire de fin d'études. 58 pages.
- Benoît-Bonnefoi., 1986. Profils hydriques. 9 pages + annexes.
- Berhard-Reversat F., 1993. Biomasse, minéralomasse et productivité en plantation d'Acacia Mangium et A. Auriculiformis au Congo. *Bois et Forêt des tropiques* n° 238-35-43.
- Berhard-Reversat F., 1993. Dynamics of litter and organic matter at the soil litter interface in fast-growing tree plantations on sandy ferrallitic soils (Congo). *Acta Oecol.*, 14(2): 179-195.
- Bouvet J. M., 1982. Pollinisation contrôlée des Eucalyptus et production des hybrides en République Populaire du Congo. Doc C.T.F.T Congo, 126 p + annexes.
- Brunt D., 1939. Physical and dynamical meteorology. Cambridge, University Press.
- Cornet A., 1977. Etude comparative du bilan hydrique d'une parcelle boisée et d'une parcelle à Madagascar. 11 pages.
- Dagba E., 1989. Quelques données agro-météorologiques sur Pointe-Noire 1950-1988. Doc.scientifique du centre O.R.S.T.O.M de Poite -noire, n°637, 81 pages.
- Descoings B., 1975. Les grandes régions naturelles du Congo. *Candollea*. 30 pages.
- Ettehad R., Lossaint P et Rapp M., 1973. Recherche sur la dynamique et le bilan d'eau des sols de deux écosystèmes méditerranéens à chêne vert P.B.L.R C.P du C.N.R.S, n° 40 extrait du vol III, p 129-288 pp.
- F.A.O., 1982. Les Eucalyptus dans le reboisement, F.A.O. forêt 11, Rome, 1vol. 753 pages.
- Huttel C., 1962. Estimation du bilan hydrique dans une forêt sempervirente de Côte - d'Ivoire. In : radioisotopes in soil plant nutrition studies. Vienne, A I E A, 1962, 461 pages.

Jamet R., 1967. Etude pédologique d'une zone témoin dans la région de Loango doc, O.R.S.T.O.M, Brazzaville, 1-85 pp.

Jamet R., 1975. Evolution des principales caractéristiques des sols des reboisements de Pointe-noire doc, O.R.S.T.O.M, Brazzaville, 34 pages.

Koechlin J., 1961. La végétation des savanes dans le sud de la République du Congo (Brazzaville) . Thèse Doctorat d'Etat, Montpellier, 310 pages.

Laclau J-P., 1997. Dynamique d'incorporation des minéraux majeurs (N,P,K,Ca,Mg) dans une futaie d'Eucalyptus au Congo. D.E.A . Institut National Agronomique Paris - Grignon. CIRAD. Forêt 48 pages.

Le Houerou H.N., 1989. The grazing land ecosystems of the African sahel. Ecology studies, vol.75. Berlin, springer-verlag, 282 pages.

Lemée G., 1978. Précis d'écologie végétale. 285 pages.

Loubelo E., 1990. Etude comparative de quelques éléments du fonctionnement de deux peuplements d'Eucalyptus au Congo. Thèse de Doctorat 3^e cycle , Université de Rennes I.150 pages.

Loumeto J.J., 1986. Contribution à l'étude de la distribution minérale dans les Eucalyptus du Congo. Thèse de Doctorat 3^e cycle, Université de Rennes I . 134 pages.

Loumeto J J.,1998. Les Eucalyptus de la région de Brazzaville(Congo). 2- La végétation du sous-bois. 17 pages.

Loumeto J.J et Bernhard-Reversat F., 1997. La biodiversité dans les plantations d'arbres à croissance rapide au Congo. Bois et Forêt des tropiques . N° 253(3), 57-61 pp.

Kubler P et de Chatelperron Ph., 1983. Evolution des profils hydriques des sols dans la région de Pointe -noire. 8 pages + annexes.

Makany L., 1963. Contribution à l'étude de la végétation du Congo Brazzaville. Thèse 3^{ème} cycle, Orsay, 94 pages.

Malaise F., 1973. Contribution à l'étude de l' écosystème forêt claire (Miombo). Note 8 . Le projet miombo. Ann ,Université . Abidjan, E, vol, 6, n°2 , 227- 250 pp.

Mialoundama G., 1998. Répartition des éléments biogènes dans les parties aériennes et souterraines d'une futaie d'Eucalyptus hybride dans le massif d'E.C.O au Congo . Mémoire de fin d'étude. 38 pages.

Nizinski G. et Saugier B., 1988. Mesures et modélisation de l'interception nette dans une futaie de chênes. Acta Oecologica/Oecologia Plantarum, 312-329 pp.

Nizinski G, Morand D et Fournier Ch., 1994. Actual evapotranspiration of a thorn scrub with *Acacia tortilis* and *Balanites aegyptiaca* (North sénégale). Agricultural and forest. Meteorology.

- Nye, P. H., 1961 Organic matter and nutrient cycles under moist tropical forest. Plant and soil, 13, 333-346 pp.
- Parde J., 1978. Le microclimat en forêt In :Ecologie forestière. (ouvrage collectif présenté par P. Pesson, Paris - Gauthier- Villars , 1-19 pp.
- Pemnan H L., 1948. Natural evaporation from open water , bare soil and grss. Proceedings of the Royal Society. London A, 193: 120-145 pp.
- Perrin A.,1989. Etude génétique d'une provenance d'Eucalyptus Urophylla. Mémoire de D.E.A Université de Paris XI ,28pages.
- Pinker R T, Thompson O .E and Eck T. F .,1980 . The energy balance of a tropical evergreen forest. Journal of Applied meteorology ,19,1341-1350 pp.
- Poss R., 1987- Bhyson 1.2. Logiciel intégré pour le traitement des données d'humidimétrie neutronique. O.R.S.T.O.M(Paris) , col. Logor, 60p, 1 disquette.
- Poss R., 1984 . La précision du comptage neutronique avec l'humidimètre solo 25. Définition des protocoles de mesure. Bull. GFHN, 16: 109-122 pp.
- Poss R., 1991. Transferts de l'eau et des éléments minéraux dans les terres de Barre du Togo. Conséquences agronomiques. Thèse Doctorat, Paris 6. 145-185pp.
- Riou C., 1975. La détermination pratique de l'évaporation. 236 pages.
- Sana X .R., 1997. Flux de sève et transpiration d'un peuplement d'Eucalyptus du littoral Congolais . Mémoire de D.E.A , Université de paris - Sud . centre d'Orsay. 35 pages.
- Thom, A . S ., 1971. Momentum absorption by vegetation. Q.J.R. Meterol. Soc., 97: 414-428.
- Van. Bavel C.H.M., 1966. Potential evaporation: the combination conceptand its experimental vérification. Water Resources Research, 2: 455-467 pp.
- Villette S.,1994. Etablissement du bilan hydrique sur une chronoséquence de peuplements de Douglas du Beaujolais . Essai de modélisation 50 pages.
- Yoka J., 1997. Description de la savane expérimentale de l'O.R.S.T.O.M.de Pointe-Noire (Congo).

VII - Annexes

Annexe 1:

Photo n°1 : vue générale de la station d'étude

Photo n°2 : Mise en place de la sonde à neutrons

Photo n°3 et 4 : Matériels pour prélèvement des échantillons de sol

Photo n°5 : Matériels pour mesure de la pluviométrie

Photo n°6 : Dispositif pour écoulement le long du tronc

Annexe 2 :

Fig 1 : Présentation de la sonde à neutrons

Fig 2 : Comparaison de la teneur en argile en fonction de la profondeur du sol entre la savane et la plantation

Fig 3 : Comparaison de la teneur en limons entre la savane et la plantation en fonction de la profondeur du sol

Fig 4 : Comparaison de la teneur en sables entre la savane et la plantation en fonction de la profondeur du sol

Fig 5 : Comparaison de la teneur en matière organique en fonction de la profondeur entre la savane et la plantation

Fig 6 : Densité apparente de la savane et de la plantation

Fig 7 : Profils de réhumectation/ redistribution dans la savane

Fig 8 : Profils de dessèchement (dessèchement/ absorption) dans la savane

Fig 9 : profils de dessèchement du haut du profil et redistribution dans le bas du profil dans la savane

Fig 10 : Profils de dessèchement du haut du profil en phase de réhumectation dans la savane

Fig 11: Profils présentant à la fois une réhumectation suivie d'une réhumectation , une réhumectation suivie d'un dessèchement

Fig 12 : Profils de dessèchement dans le haut du profil et redistribution dans le bas du profil dans la savane

Fig 13 : Profil de réhumectation / redistribution dans la savane

Fig 14 : Profils présentant les zones préférentielles d'absorption et de moindre absorption dans la plantation

Fig 15 à 22 : Profils de dessèchement

Fig 23 : Profils de dessèchement (dessèchement / absorption) dans la plantation

Fig 24 : Profils présentant à la fois une réhumectation suivie d'une réhumectation , une réhumectation suivie d'un dessèchement

Fig 25 : Profil de dessèchement du haut du profil puis redistribution dans le bas du profil dans la plantation

Fig 26 : Profils de réhumectation /redistribution dans la plantation

Fig 27 : Profils de dessèchement du haut du profil en phase de réhumectation dans la savane

Fig 28 à 31 : Profils de dessèchement

FIG 32 : Courbes de saison sèche.

Fig 33 : Courbes de saison des pluies.

Annexe3:

Tableaux 1 et 2 : Granulométrie des sols de Kondi

Tableaux 3 : Bilan hydrique de la plantation du 3 Mars au 25 Août 1997

Tableau 4 : Bilan hydrique de la savane du 3 Mars au 25 Août 1997.

Tableaux 5 et 6 : Evapotranspiration potentielle de Penman 1992 - 1998 pour la plantation et la savane.

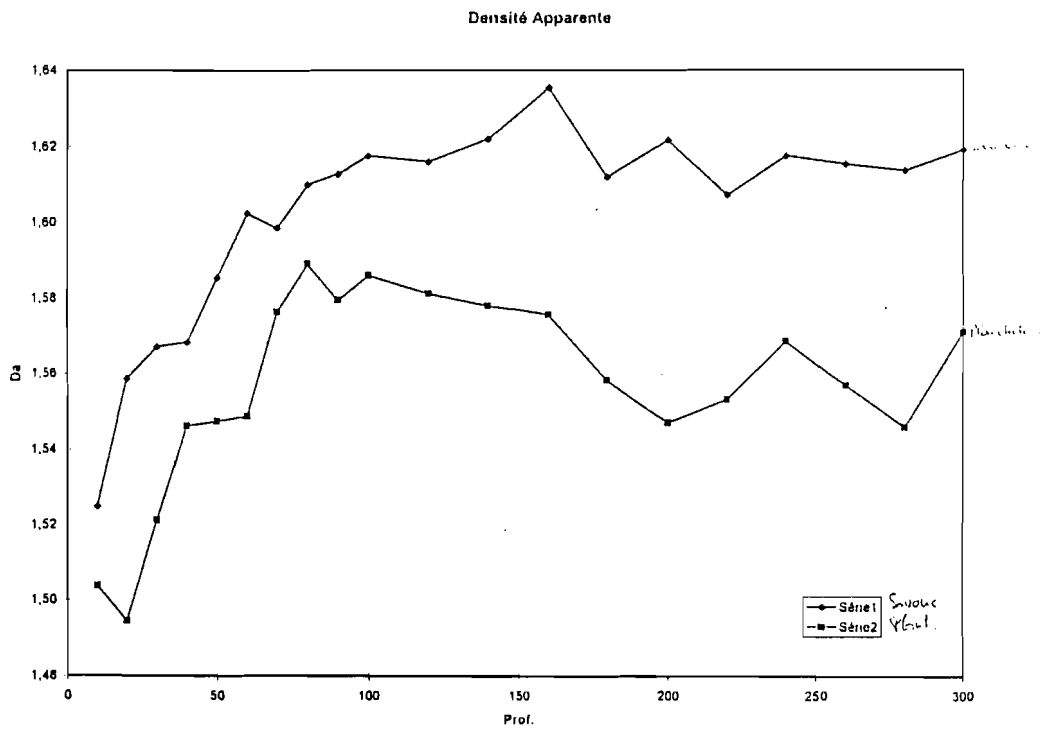


Fig (a)

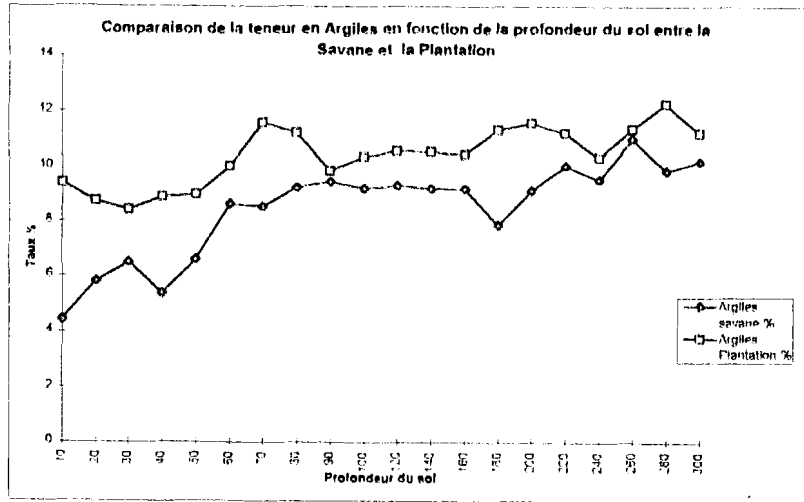


Fig (2)

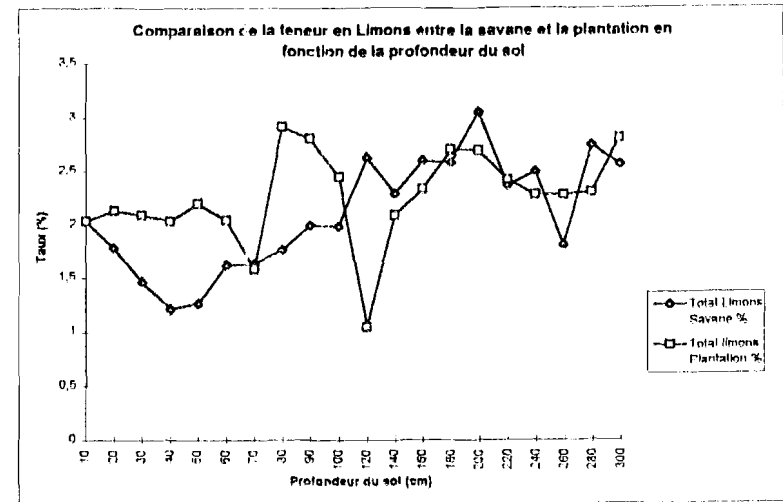


Fig (3)

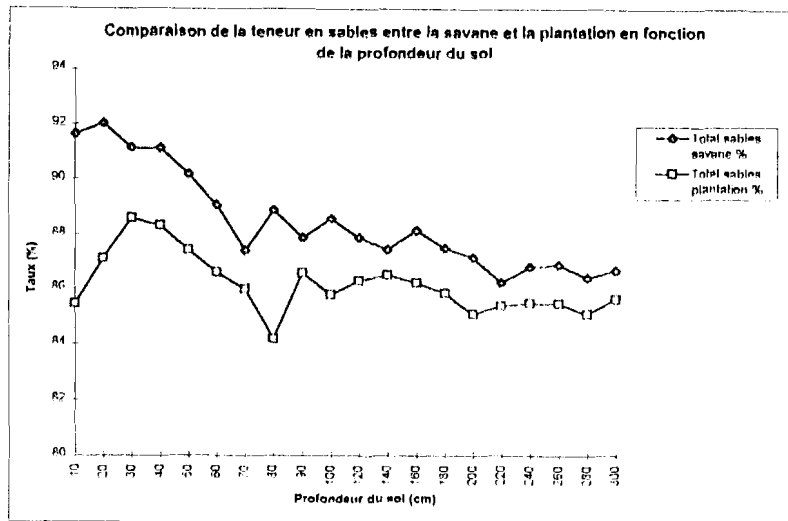


Fig (4)

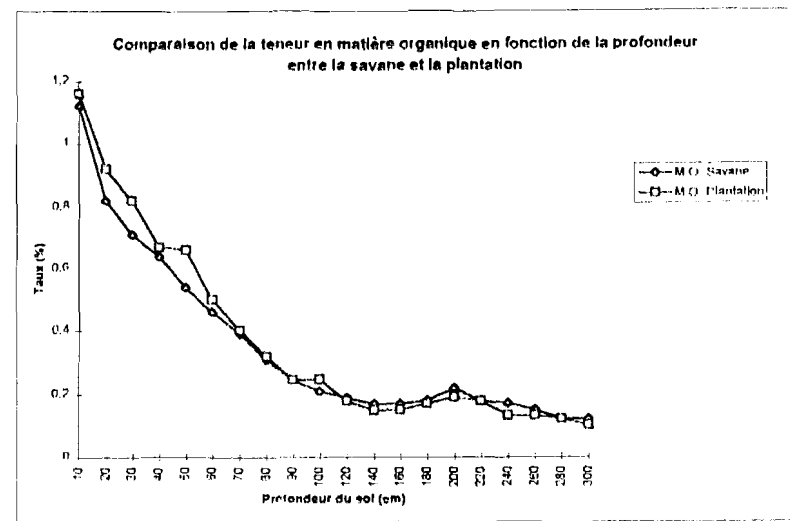


Fig (5)

GRANULOMETRIE DES SOLS DE KONDI

Savane ↓

niveau du sol	Argiles %	Limons fins %	Limons grossiers %	Sables fins %	Sables grossiers %	Humidité %	M.O %	Total
10	4,42	0,86	1,17	49,74	41,98	0,5	1,12	99,69
20	5,79	0,86	1,12	50,5	41,51	0,6	0,82	101
30	6,5	0,1	1,36	52,25	38,89	0,6	0,71	100,41
40	5,38	0,1	1,11	51,82	39,31	0,7	0,64	99,06
50	6,6	0,1	1,16	55,55	34,64	0,6	0,54	99,19
60	8,63	0,1	1,52	50,61	38,27	0,7	0,46	100,49
70	8,53	0,35	1,28	52,66	34,75	0,6	0,39	98,56
80	9,24	0,55	1,21	48,3	40,58	0,7	0,31	100,89
90	9,44	0,56	1,43	53,03	34,84	1,1	0,25	100,65
100	9,19	0,6	1,38	44,84	43,74	0,6	0,21	100,76
120	9,29	0,96	1,67	51,28	36,59	1	0,19	100,98
140	9,19	0,66	1,62	55,35	32,11	0,8	0,17	99,9
160	9,19	1,16	1,44	44,26	43,68	0,5	0,17	100,6
180	7,87	0,81	1,77	51,32	36,17	0,8	0,16	99,92
200	9,14	1,26	1,79	54,22	32,94	0,7	0,22	100,27
220	10,05	0,78	1,6	49,22	37,01	0,9	0,18	99,72
240	9,54	0,76	1,73	52,44	34,37	0,9	0,17	99,91
260	11,01	0,26	1,54	53,01	33,88	0,9	0,15	100,75
280	9,85	0,91	1,83	53,23	33,2	0,9	0,12	100,04
300	10,2	0,76	1,6	49,39	37,32	0,8	0,12	100,39

Plantation ↗

niveau du sol	Argiles %	Limons fins %	Limons grossiers %	Sables fins %	Sables grossiers %	Humidité %	M.O %	Total
10	9,39	0,35	1,68	57,09	28,35	0,8	1,16	98,82
20	8,73	0,8	1,32	56,06	31,04	0,9	0,92	99,68
30	8,42	0,92	1,17	57,42	31,17	0,9	0,82	100,82
40	8,88	0,51	1,52	60,20	28,10	0,8	0,67	100,66
50	8,98	0,71	1,48	61,96	25,46	0,9	0,68	100,15
60	10,00	0,40	1,64	57,22	29,38	0,9	0,5	100,04
70	11,57	0,00	1,58	58,86	27,13	1	0,4	100,54
80	11,22	0,81	2,10	63,78	20,41	0,9	0,32	99,54
90	9,85	1,16	1,64	56,94	29,65	0,8	0,25	100,29
100	10,35	0,82	1,62	61,46	24,33	0,6	0,25	99,43
120	10,56	0,30	0,75	59,65	26,64	0,6	0,18	98,68
140	10,56	0,45	1,63	61,51	25,02	0,8	0,15	100,12
160	10,45	0,68	1,67	60,15	26,09	0,9	0,15	100,07
180	11,32	0,81	1,89	63,78	22,07	0,9	0,17	100,94
200	11,57	0,56	2,13	62,80	22,30	0,9	0,19	100,45
220	11,22	0,80	1,81	59,83	25,56	0,8	0,18	100,00
240	10,35	0,71	1,59	59,29	26,20	0,9	0,13	99,14
260	11,37	0,71	1,59	59,29	26,20	0,7	0,13	99,98
280	12,28	0,51	1,79	61,79	23,31	0,7	0,12	100,50
300	11,22	1,11	1,69	57,78	27,86	0,9	0,1	100,66
350	11,82	0,92	2,01	60,73	24,06	0,6	0,08	100,22
400	12,13	0,71	1,84	61,27	23,49	0,6	0,1	100,14
450	11,98	1,06	1,66	59,63	25,86	0,5	0,09	100,78
500	12,23	0,41	1,93	62,40	22,42	0,5	0,07	99,96

BILAN HYDRIQUE DE LA PLANTATION DU 03 MARS AU 25 AOÛT 1997

Mois	Précipitations incidentes Pi (mm)	Ecoulements le long des trous Ec (mm)	Précipitations au sol Ps (mm)	Interception nette Ii (mm)	Evapotranspiration réelle ETR (mm)	Evapotranspiration potentielle ETP (mm)	Transpiration TR (mm)
Mars	81,38	1,63	73,47	6,28	66,51	102,04	60,23
Avril	177	3,55	158,73	14,74	175,34	172,88	160,64
Mai	27,5	0,55	23,98	2,97	52,65	119,44	49,68
Juin	0	0	0	0	19,06	121,32	19,6
Juillet	1,38	0,03	0,95	0,4	5,7	72,1	5,3
Août	4,95	0,11	3,31	1,55	6,08	73,85	4,53

Tableau n° 2

BILAN HYDRIQUE DE LA SAVANNE DU 03 MARS AU 25 AOÛT 1997

Mois	Précipitations incidentes Pi (mm)	Précipitations au sol Ps (mm)	Interception nette Ii (mm)	Evapotranspiration réelle ETR (mm)	Evapotranspiration potentielle ETP (mm)	Transpiration TR (mm)
Mars	146,38	129,63	16,75	95,47	148,72	78,72
Avril	167	168,98	8,02	89,39	158,87	81,37
Mai	27,5	26,03	1,47	73,45	110,46	71,98
Juin	0	0	0	49,79	111,78	49,79
Juillet	1,38	1,13	0,25	17,61	67,14	17,36
Août	4,95	4,74	0,21	17,39	68,39	17,18

Tableau n° 4

Photo n° 1



Photo n° 5



Photo n° 6



Photo n° 2



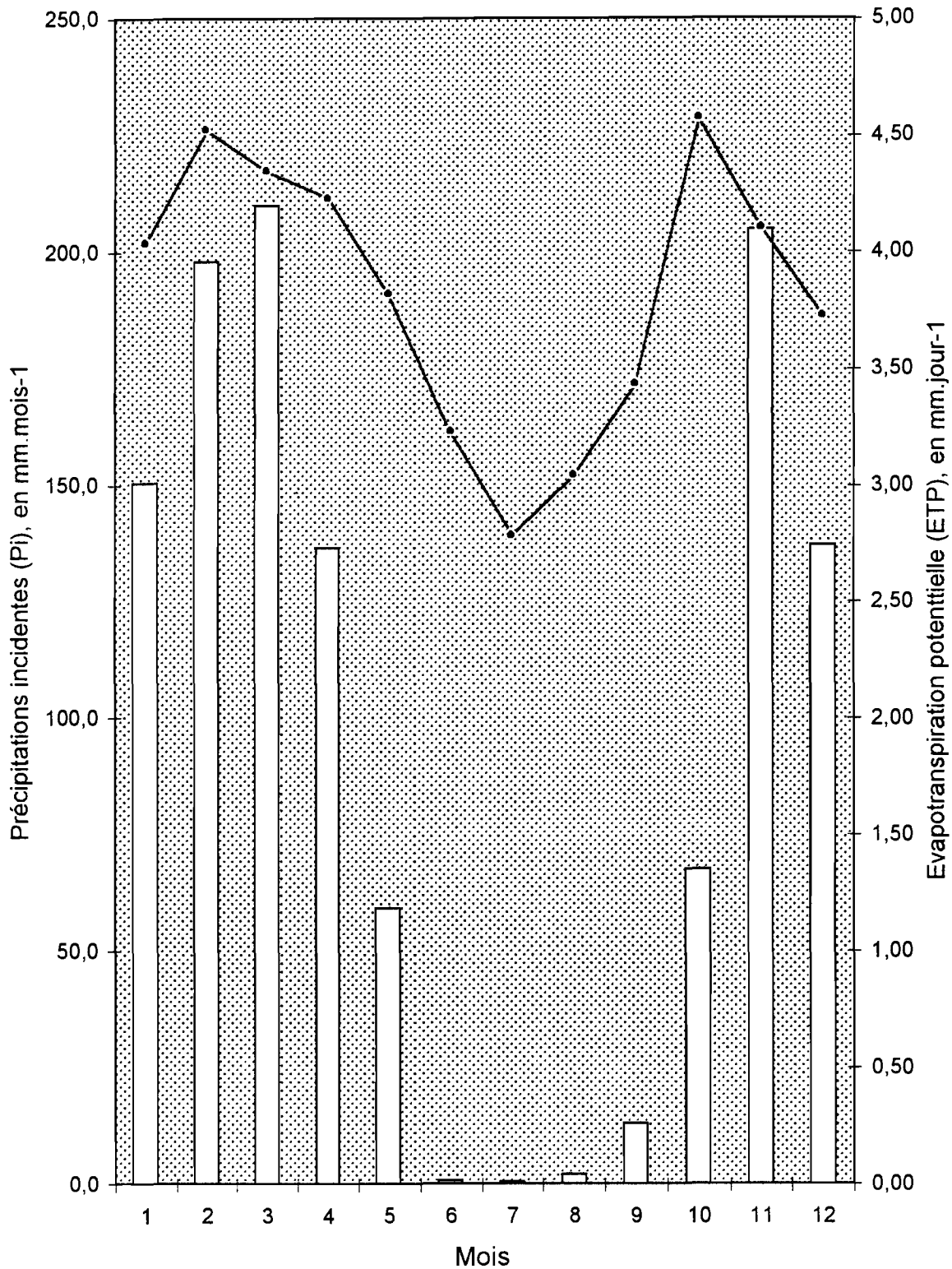
Photo n° 4



Photo n° 3



Evolution des précipitations incidentes (Pi) et l'évapotranspiration potentielle de la savane (ETP) à Pointe Noire



Evolution des précipitations incidentes (Pi) et l'évapotranspiration potentielle de la plantation d'Eucalyptus (ETP) à Pointe Noire

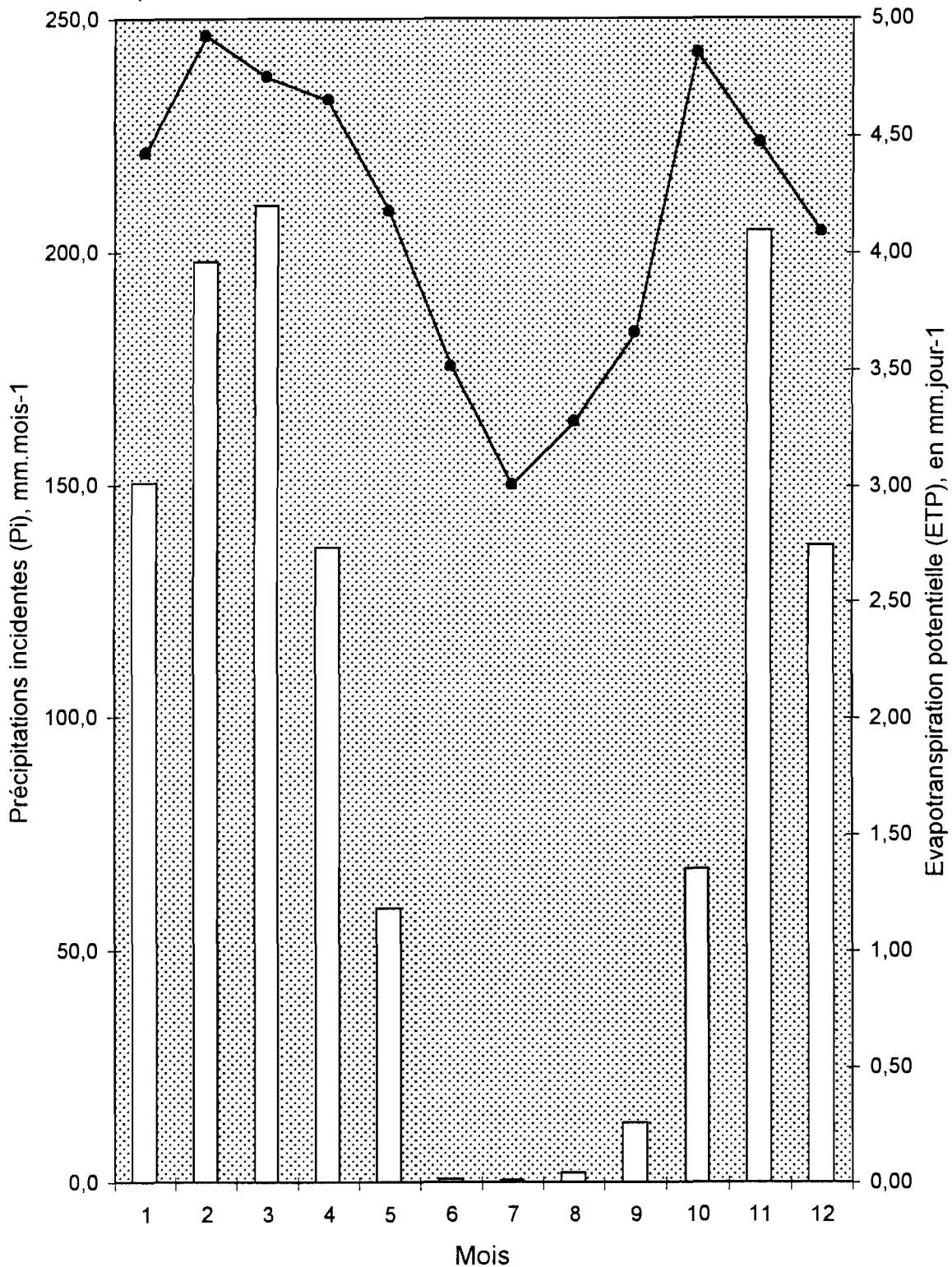


Tableau 1.1.1.1

Evapotranspiration potentielle de Penman 1992-1998, pour la plantation d'Eucalyptus
(Rn selon Brunt)

Année	Janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre	nov.-avril	juin-sept.	année	année
													saison pluies	saison sèche	mm.annee ¹	mm.jour ¹
													mm.jour ¹	mm.jour ¹		
1992	4,07	4,55	4,66	4,71	3,34	3,01	2,92	3,39	3,58	5,46	4,06	3,76	4,30	3,23	1444,70	3,95
1993	4,10	4,89	4,80	4,37	4,18	3,44	2,87	3,68	3,51	4,58	5,17	4,39	4,62	3,38	1519,90	4,16
1994	4,85	5,64	5,08	4,93	4,43	3,69	3,29	3,41	4,15	4,71	4,38	4,47	4,89	3,64	1609,89	4,41
1995	4,83	5,09	5,25	4,62	4,23	3,99	3,02	3,10	3,30	4,98	4,38	4,13	4,72	3,35	1546,70	4,24
1996	4,43	4,43	4,15	4,18	4,40	3,47	3,43	3,45	3,85	4,69	4,40	3,40	4,17	3,55	1471,79	4,02
1997	4,15	4,57	4,50	4,90	4,39	3,53	2,44	2,78	3,54	4,69	4,43	4,37	4,49	3,07	1467,11	4,02
1998	4,52	5,31	4,81	4,84	4,24	3,45	3,04	3,10								
1992-1998 (7 ans)	4,42	4,93	4,75	4,65	4,17	3,51	3,00	3,27	3,66	4,85	4,47	4,09	4,53	3,37	1510,02	4,13

Evapotranspiration potentielle de Penman 1992-1998, pour la savane
(Rn selon Brunt)

Année	Janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre	nov.-avril	juin-sept.	année	année
													saison pluies	saison sèche	mm.annee ¹	mm.jour ¹
													mm.jour ¹	mm.jour ¹		
1992	3,72	4,15	4,26	4,29	3,04	2,77	2,72	3,17	3,35	5,18	3,72	3,39	3,92	3,00	1330,93	3,64
1993	3,72	4,48	4,37	3,95	3,84	3,17	2,67	3,44	3,29	4,26	4,75	3,99	4,21	3,14	1397,18	3,83
1994	4,43	5,20	4,66	4,50	4,05	3,40	3,07	3,15	3,93	4,46	3,99	4,09	4,48	3,39	1485,72	4,07
1995	4,42	4,67	4,81	4,18	3,84	3,65	2,78	2,86	3,07	4,69	4,00	3,76	4,31	3,09	1419,76	3,89
1996	4,04	4,07	3,79	3,77	4,00	3,16	3,15	3,21	3,61	4,42	4,06	3,10	3,81	3,28	1352,80	3,70
1997	3,82	4,20	4,12	4,52	4,06	3,25	2,27	2,58	3,33	4,42	4,09	4,00	4,13	2,86	1356,70	3,72
1998	4,10	4,88	4,41	4,40	3,90	3,18	2,82	2,89								
1992-1998 (7 ans)	4,04	4,52	4,35	4,23	3,82	3,23	2,78	3,04	3,43	4,57	4,10	3,72	4,14	3,13	1390,52	3,81

Rayonnement global												Eucalyptus		Savane	
												1	2	3	
1	janvier	642.79										1	janvier	451.76	374.62
2	février	596.61										2	février	415.44	343.85
3	mars	591.19										3	mars	413.13	342.19
4	avril	662.55										4	avril	469.22	389.72
5	mai	680.34										5	mai	483.26	401.62
6	juin	591.18										6	juin	409.45	338.51
7	juillet	594.16										7	juillet	407.01	335.71
8	août	503.75										8	août	342.10	281.85
9	septembre	463.19										9	septembre	312.46	256.88
10	octobre	468.82										10	octobre	316.80	260.54
11	novembre	573.19										11	novembre	400.54	331.76
12	décembre	507.67										12	décembre	349.50	288.58
		572.95												397.56	328.80
		209655.34												145468.71	120310.07
		590.39												412.46	341.61
		538.07												367.76	303.19

												<i>Eucalyptus</i>		<i>Savane</i>									
											1	janvier	617.84							1	janvier	431.98	357.82
											2	février	661.71							2	février	464.43	385.03
											3	mars	640.38							3	mars	450.39	373.55
											4	avril	682.61							4	avril	484.20	402.29
											5	mai	619.14							5	mai	435.75	361.46
											6	juin	521.60							6	juin	357.73	285.14
											7	juillet	371.88							7	juillet	239.61	194.88
											8	août	408.18							8	août	269.39	220.40
											9	septembre	392.32							9	septembre	257.79	210.71
											10	octobre	468.72							10	octobre	316.73	260.49
											11	novembre	573.12							11	novembre	400.56	331.78
											12	décembre	619.53							12	décembre	434.21	359.86
												année	548.09								année	378.56	312.79
												année	20051.23								année	138175.47	114169.32
												mois de mai	610.38								mois de mai	427.28	354.03
												mois de juin	423.50								mois de juin	281.13	230.31

	<i>Eucalyptus</i>	<i>Savane</i>	<i>Eucalyptus</i>	<i>Savane</i>										<i>Eucalyptus</i>	<i>Savane</i>	<i>Eucalyptus</i>	<i>Savane</i>	<i>Eucalyptus</i>	<i>Savane</i>	
	537.84	455.61	535.41	461.27										8.61	4.15	3.82	4.62	4.29	4.63	4.26
	571.80	485.15	573.44	494.03					1	janvier	2.01	4.25		9.58	4.57	4.20	5.09	4.71	5.09	4.57
	540.55	458.28	554.94	478.10					2	février	2.28	4.81		8.84	4.50	4.12	5.01	4.64	4.94	4.54
	566.95	481.13	591.80	509.89					3	mars	1.91	4.42		9.69	4.90	4.52	5.41	5.03	5.30	4.89
	499.51	423.06	536.58	462.28					4	avril	2.05	4.53		8.81	4.39	4.06	4.83	4.50	4.67	4.33
	408.24	344.41	450.93	388.33					5	mai	1.99	3.92		7.15	3.53	3.25	3.96	3.67	3.76	3.47
	276.58	230.89	321.58	276.95					6	juin	1.77	3.26		5.05	2.44	2.27	2.75	2.58	2.58	2.41
	313.92	263.03	353.07	304.09					7	juillet	1.59	3.01		5.51	2.78	2.58	3.11	2.92	2.96	2.75
	306.74	256.76	339.44	292.37					8	août	1.61	2.95		7.78	4.43	4.09	4.90	4.57	4.89	4.51
	386.17	325.15	405.96	349.71					9	septembre	1.66	3.39		8.74	4.37	4.00	4.89	4.52	4.92	4.50
	493.05	417.22	496.78	428.00					10	octobre	0.00	0.00		7.03	4.69	4.42	5.11	4.85	5.02	4.73
	542.31	459.66	536.99	462.64					11	novembre	0.00	0.00		7.78	4.43	4.09	4.90	4.57	4.89	4.51
									12	décembre	1.54	3.18		8.74	4.37	4.00	4.89	4.52	4.92	4.50
	453.64	383.38	474.74	408.97							1.54	3.14	7.70	4.02	3.72	4.47	4.16	4.37	4.05	
	165577.70	139933.32	173281.18	149275.03							560.49	1147.04	2811.81	1467.11	1356.70	1627.83	1517.43	1594.21	1476.11	
	517.27	438.18	528.99	455.74							1.47	3.14	8.64	4.50	4.15	4.98	4.64	4.93	4.55	
	326.37	273.77	386.26	315.44							1.66	3.15	5.84	3.07	2.86	3.43	3.22	3.26	3.04	

Fichier: Sonde2

Station n°1 - savane

Longueur du tube d'accès: 260 cm
 Profondeurs: 280, 300 cm - valeurs obtenues à l'aide d'une tarière
 Zone racinaire du peuplement graminéen: 300 cm

Strate	Epaisseur de la strate	17/02/97	03/03/97	10/03/97	17/03/97	24/03/97	01/04/97	07/04/97	14/04/97	21/04/97	28/04/97	30/04/97	05/05/97	12/05/97	20/05/97	26/05/97	02/06/97	09/06/97	23/06/97	30/06/97	07/07/97
en cm	en cm	Humidité volumique																			
		en %																			
10	10,00	3,9924	9,7277	7,9833	5,0591	8,6233	9,9034	8,3723	3,7790	8,0962	4,3814	10,8572	7,8954	7,6444	3,6284	4,3312	3,2017	3,0511	2,9005	2,2730	2,9256
20	10,00	4,2425	10,8458	11,5462	6,8216	8,9560	9,6452	9,2005	5,2652	9,2228	5,9989	10,6902	8,7559	8,7559	4,8650	5,1985	3,8423	3,5755	3,4421	3,1308	3,1531
30	10,00	4,3763	11,3027	11,8331	8,5363	9,0771	9,9507	9,7219	7,1219	10,2222	7,7459	11,0947	9,5555	9,5555	6,6227	6,2899	4,9171	4,2723	4,1267	3,8979	3,9187
40	10,00	4,3522	10,7722	12,2809	9,6166	9,3812	10,7508	10,4728	8,7178	11,2216	8,9532	12,0134	10,2372	10,2586	8,1400	7,4766	5,8930	5,1012	4,5876	4,3094	4,2024
50	10,00	4,2196	8,2206	12,1331	9,8388	9,2846	10,7920	10,4816	8,9300	11,5456	9,3511	12,0555	10,4151	10,3043	8,5310	7,9990	6,5138	5,5385	4,6296	4,2306	4,1420
60	10,00	4,7483	6,1728	12,0840	10,5697	9,7621	11,5119	10,8613	9,6724	12,2073	10,0986	12,3668	11,0184	11,0408	9,3807	8,9321	7,6982	6,8887	5,4773	4,9614	4,6697
70	10,00	5,5709	5,2545	11,4356	11,2435	10,3847	12,0571	11,5373	10,3847	12,8481	10,9723	12,9159	11,7407	11,6277	10,0909	9,5937	8,6445	7,8761	6,6105	5,8873	5,5031
80	10,00	5,7051	5,3869	6,8363	11,4435	10,6894	12,5040	11,9149	10,9958	13,3289	11,3728	13,4231	12,2212	12,0091	10,5716	9,7703	9,2047	8,5920	7,4843	6,7066	6,2353
90	10,00	6,2130	5,9800	6,6050	11,2924	10,5468	12,4807	12,0147	11,1293	13,3195	11,6186	13,2263	12,3875	11,9914	10,8730	10,1041	9,6614	9,1022	8,4498	7,7741	7,2615
100	10,00	6,5211	6,1403	6,3737	10,6114	10,2675	12,1100	11,9380	11,2993	13,3137	11,7415	13,2155	12,3556	11,9380	11,0045	10,4149	9,8990	9,3831	8,9654	8,3758	7,8845
120	20,00	7,1814	6,8454	6,7991	8,1196	9,0694	10,7143	11,4324	11,1544	12,5808	11,5946	12,1969	11,9884	11,7104	11,0386	10,5289	10,1814	9,7413	9,4950	9,0422	8,5383
140	20,00	7,9555	7,5798	7,5691	7,9018	8,3097	10,0807	11,2077	11,1648	12,0020	11,7658	11,8517	12,0449	11,8302	11,2292	11,0360	10,5637	10,3278	10,0056	9,7265	9,5977
160	20,00	8,3190	7,7510	7,7865	7,9285	8,0350	8,6385	10,7330	11,1945	11,7270	12,4015	12,1530	12,6145	12,2595	11,8690	11,8915	11,1235	10,6620	10,3780	10,2360	10,0230
180	20,00	8,8894	8,1804	8,3222	8,2868	8,3577	8,4286	9,2794	10,7883	11,0519	12,7889	12,3990	13,0371	12,8244	12,3635	12,0445	11,5838	11,1582	10,7683	10,5910	10,5201
200	20,00	9,3705	9,0105	9,1305	9,0505	9,1305	9,2105	9,1705	10,2105	11,1705	13,9705	13,8905	14,5705	14,2905	13,9305	13,4505	12,9705	12,6105	12,0105	11,7705	11,6505
220	20,00	9,0540	9,1472	8,9919	9,1472	9,0230	9,1472	9,1782	9,3645	9,8303	12,0969	12,3764	13,2147	12,8732	12,6869	12,3143	12,1280	11,8933	11,4138	11,2586	11,0102
240	20,00	9,0436	9,1740	9,0436	9,0762	9,0436	9,0436	9,0436	9,0436	9,0436	9,0436	9,0436	9,0436	9,0436	9,0436	9,0436	9,0436	9,0436	9,0436	9,0436	9,0436
260	20,00	8,9805	8,9805	8,7520	8,8499	8,7520	8,8173	8,9784	8,7520	8,8173	9,2417	11,2930	13,0534	12,7274	12,6622	12,2058	12,0102	11,5212	11,4866	11,3582	11,0974
280	20,00	8,6724	8,8184	9,0812	9,0082	9,0520	9,3878	9,0082	8,7746	9,2418	9,2417	11,4318	11,6362	11,9720	11,5924	10,9500	11,0960	10,9062	11,0596	10,8851	10,8002
300	20,00	8,7318	9,2904	9,2904	9,2316	9,3639	9,5550	9,2904	8,9817	9,1581	9,2417	10,5252	11,2161	11,9658	11,7453	11,3190	11,2802	11,1132	11,1354	10,9395	10,8742

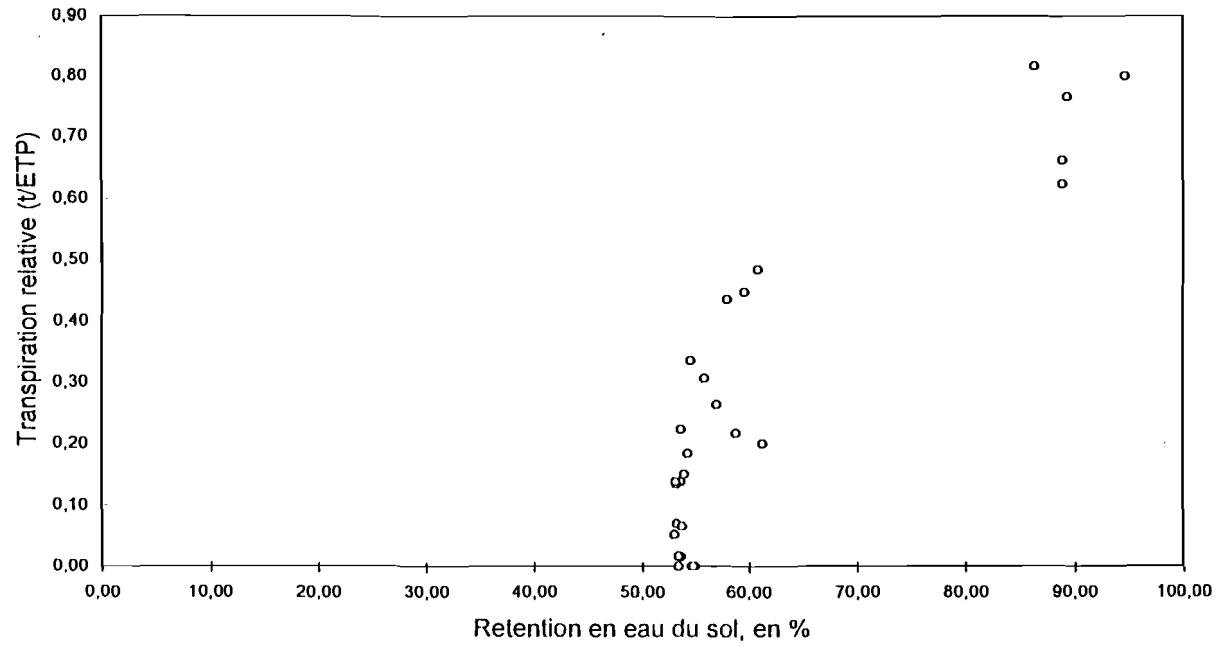
48.8116	45.8339	47.7993	46.4141	45.7018	46.6228	45.8303	44.1194	40.7230	44.5640	44.1983	43.8496	41.5243	44.0302	0.0000
66.0202	62.8199	64.4735	62.8211	61.4854	62.4064	61.1241	59.0124	54.6586	61.2632	59.6627	58.3438	55.2541	59.2594	0.0000
84.7862	81.2425	83.0679	80.9861	79.0494	80.0562	78.4305	76.0182	70.3876	78.6974	77.1557	74.6020	70.3657	76.0762	0.0000
104.5482	100.8625	102.3329	100.0381	97.7464	98.7532	96.6305	93.8632	87.5524	97.2528	94.2907	92.2138	88.1861	94.7906	0.0000
124.9504	121.0519	122.5223	120.1567	117.2978	118.5172	115.8983	112.7764	106.2404	116.2428	112.3071	108.8870	106.3777	115.2890	0.0000
147.6114	143.3129	145.1033	142.4177	138.9988	140.3782	137.2793	133.5174	126.9674	135.5292	132.7107	130.3784	126.1345	137.6036	0.0000
169.2592	164.7743	166.6889	163.6307	160.2740	161.2808	157.9335	153.8610	147.5826	155.7648	152.7127	151.1104	145.2313	158.7736	0.0000
191.1932	186.1215	188.2317	184.9779	181.3604	182.1064	178.5635	174.6214	168.3390	176.7270	172.3519	170.6908	165.1645	178.3540	0.0000
212.6152	207.0863	209.2619	205.6815	201.6722	202.5488	198.6795	194.6720	187.8312	196.3662	191.4325	189.9184	184.0981	198.2578	0.0000
233.8914	227.9085	230.1491	226.2443	221.8458	222.8142	218.6213	214.6138	207.2784	215.5798	210.4417	209.3948	202.6401	218.4058	0.0000
255.3134	248.8733	251.1793	246.9479	242.1576	243.2566	238.7373	234.7298	227.0940	235.6894	230.6395	230.1512	221.7795	238.0450	0.0000
15/07/97	21/07/97	28/07/97	02/08/97	11/08/97	18/08/97	25/08/97	01/09/97	08/09/97	15/09/97	22/09/97	29/09/97	06/10/97	13/10/97	30/10/97
8	6	7	5	9	7	7	7	7	7	7	7	7	7	17
17.54	15.08	15.20	10.60	23.25	15.74	18.80	19.53	22.05	19.18	21.89	27.86	31.42	22.52	83.68
2.19	2.51	2.17	2.12	2.58	2.25	2.69	2.79	3.15	2.74	3.13	3.98	4.49	3.22	4.92
			2.41				3.16					4.21		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	3.95	0.25	0.28	1.08	10.73	2.75	9.88	2.50	0.18	101.75
0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	3.81	0.20	0.23	0.85	9.55	2.52	9.50	2.19	0.13	97.66
0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.14	0.05	0.05	0.23	1.18	0.23	0.38	0.31	0.05	4.09
5.35	6.44	-2.31	4.23	5.54	2.85	4.77	4.29	8.72	2.13	7.80	10.37	10.87	22.52	83.68
0.67	1.07	-0.33	0.85	0.62	0.41	0.68	0.61	1.25	0.30	1.11	1.48	1.55	3.22	4.92
			0.84				0.95					3.23		
5.35	6.44	-2.31	4.23	5.52	2.71	4.72	4.24	8.49	0.95	7.57	9.99	10.56	22.47	79.59
0.67	1.07	-0.33	0.85	0.61	0.39	0.67	0.61	1.21	0.14	1.08	1.43	1.51	3.21	4.68
			0.83				0.89					3.13		
-12.19	-8.64	-17.51	-6.37	-17.71	-12.89	-14.03	-15.24	-13.33	-17.05	-14.09	-17.49	-20.55	0.00	0.00
0.31	0.43	-0.15	0.40	0.24	0.18	0.25	0.22	0.40	0.11	0.36	0.37	0.35	1.00	1.00
			0.27				0.29					0.78		
0.31	0.43	-0.15	0.40	0.24	0.17	0.25	0.22	0.38	0.05	0.35	0.36	0.34	1.00	0.95
			0.26				0.27					0.76		
70.33	68.55	69.19	68.02	66.70	67.01	65.76	64.66	62.55	64.92	63.53	63.40	61.09		
0.31	0.43	0.15	0.40	0.24	0.17	0.25	0.22	0.38	0.05	0.35	0.36	0.34		
15/07/97	21/07/97	28/07/97	02/08/97	11/08/97	18/08/97	25/08/97	01/09/97	08/09/97	15/09/97	22/09/97	29/09/97	06/10/97	13/10/97	30/10/97

28/07/97	02/08/97	11/08/97	18/08/97	25/08/97	01/09/97	08/09/97	15/09/97	22/09/97	29/09/97	06/10/97	13/10/97	30/10/97
en %	en %	en %	en %	en %	en %	en %	en %	en %	en %	en %	en %	en %
4.6739	4.5997	4.3310	4.7851	4.7295	4.6368	5.0760	4.7655	4.3740	6.7365	5.1435	5.1840	5.1840
4.3779	4.2992	3.9452	4.5352	4.3975	3.8567	5.0250	5.3198	4.6498	7.9060	5.1590	4.8374	4.8374
4.0505	3.9324	3.6015	4.0268	4.0033	3.5306	4.9868	5.3156	4.6032	6.8089	5.2060	4.6443	4.6443
4.5303	4.4876	4.2633	4.5731	4.4662	4.1992	4.9280	4.8020	4.6480	5.3900	4.6900	4.8720	4.8720
5.2317	5.1732	5.1050	5.2512	5.1342	5.1342	5.2080	4.9280	4.7460	5.1380	4.8720	5.2920	5.2920
5.6047	5.5345	5.4994	5.6515	5.5579	5.5345	5.5580	5.5300	5.5440	5.8800	5.2360	5.9500	5.9500
6.6214	6.4204	6.4832	6.5963	6.5460	6.4078	6.1633	6.4064	6.2634	6.1204	6.2920	6.3206	6.3206
6.8842	6.7611	6.6996	6.7919	6.7919	6.6073	6.5808	6.7248	6.6096	6.3360	6.9120	6.5376	6.5376
6.7820	6.7481	6.6125	6.7142	6.6125	6.5617	6.4922	6.9212	6.8640	6.3206	6.8640	6.6066	6.6066
6.8219	6.6174	6.6174	6.8219	6.7401	6.3720	6.5520	6.4080	6.9984	6.3648	6.8400	6.8256	6.8256
6.9844	6.9844	6.8666	6.9844	6.9844	6.6949	6.3921	6.3635	6.9212	6.2634	7.2644	6.6495	6.6495
7.5584	7.3866	7.4725	7.5540	7.4510	7.3437	7.0356	6.6209	6.6781	6.3778	7.1214	6.9355	6.9355
7.4197	7.3723	7.3960	7.3723	7.3723	7.2540	6.9927	6.8638	6.2348	6.4636	6.7210	7.1071	7.1071
7.4241	7.3296	7.3296	7.4005	7.3769	7.3296	7.1346	7.1628	7.0641	6.5565	6.5988	7.1910	7.1910
7.7705	7.6638	7.7705	7.6638	7.5838	7.6905	7.2380	7.2240	7.3080	6.5940	6.8320	7.2100	7.2100
7.4808	7.5015	7.5015	7.5222	7.5222	7.6257	7.0280	7.3780	7.4340	6.6200	6.9440	6.9580	6.9580
7.3919	7.4353	7.4788	7.4136	7.4353	7.3484	6.9864	7.4266	7.1994	6.3048	7.1994	7.1994	7.1994
7.1086	7.1739	7.2627	7.1956	7.1521	7.0868	6.8949	7.0500	7.1628	6.2886	6.7398	7.0218	7.0218
7.0582	7.0582	7.0582	7.0582	7.0582	7.0868	6.8880	6.9160	6.8460	6.2160	6.7760	7.0700	7.0700
7.0338	7.0338	7.0338	7.0338	7.0338	7.0868	7.0006	6.7734	6.8728	6.0634	6.7592	7.0432	7.0432
6.6308	6.6308	6.6308	6.6308	6.6308	7.0868	7.0006	6.7734	6.8728	6.0634	6.7592	7.0432	7.0432
6.6101	6.6101	6.6101	6.6101	6.6101	7.0868	7.0006	6.7734	6.8728	6.0634	6.7592	7.0432	7.0432
6.5205	6.5205	6.5205	6.5205	6.5205	7.0868	7.0006	6.7734	6.8728	6.0634	6.7592	7.0432	7.0432
5.9212	5.9212	5.9212	5.9212	5.9212	7.0868	7.0006	6.7734	6.8728	6.0634	6.7592	7.0432	7.0432

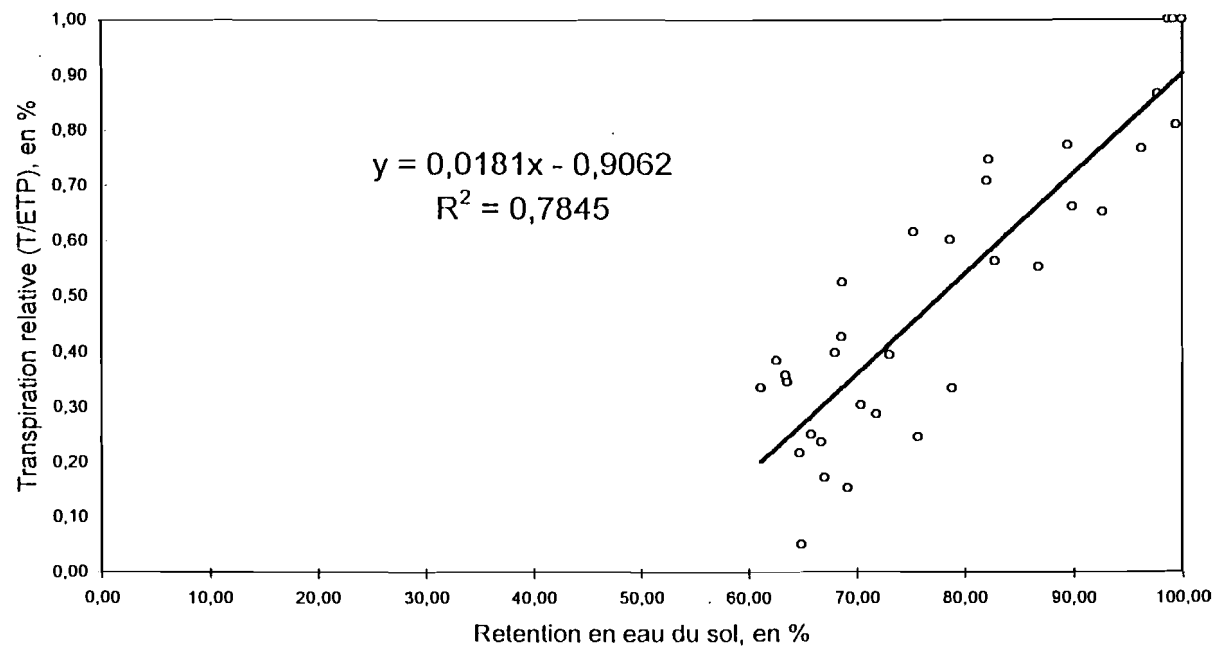
28/07/97	02/08/97	11/08/97	18/08/97	25/08/97	01/09/97	08/09/97	15/09/97	22/09/97	29/09/97	06/10/97	13/10/97	30/10/97
en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm
4.6739	4.5997	4.3310	4.7851	4.7295	4.6368	5.0760	4.7655	4.3740	6.7365	5.1435	5.1840	5.1840
4.3779	4.2992	3.9452	4.5352	4.3975	3.8567	5.0250	5.3198	4.6498	7.9060	5.1590	4.8374	4.8374
4.0505	3.9324	3.6015	4.0268	4.0033	3.5306	4.9868	5.3156	4.6032	6.8089	5.2060	4.6443	4.6443
4.5303	4.4876	4.2633	4.5731	4.4662	4.1992	4.9280	4.8020	4.6480	5.3900	4.6900	4.8720	4.8720
5.2317	5.1732	5.1050	5.2512	5.1342	5.1342	5.2080	4.9280	4.7460	5.1380	4.8720	5.2920	5.2920
5.6047	5.5345	5.4994	5.6515	5.5579	5.5345	5.5580	5.5300	5.5440	5.8800	5.2360	5.9500	5.9500
6.6214	6.4204	6.4832	6.5963	6.5460	6.4078	6.1633	6.4064	6.2634	6.1204	6.2920	6.3206	6.3206
6.8842	6.7611	6.6996	6.7919	6.7919	6.6073	6.5808	6.7248	6.6096	6.3360	6.9120	6.5376	6.5376
6.7820	6.7481	6.6125	6.7142	6.6125	6.5617	6.4922	6.9212	6.8640	6.3206	6.8640	6.6066	6.6066
6.8219	6.6174	6.6174	6.8219	6.7401	6.3720	6.5520	6.4080	6.9984	6.3648	6.8400	6.8256	6.8256
13.9688	13.9688	13.7372	13.9688	13.9688	13.9688	12.7842	12.7270	13.8424	12.5268	14.5288	13.2990	13.2990
15.1168	14.7732	14.9450	15.1080	14.9020	14.6874	14.0712	13.2418	13.3562	12.7556	14.2428	13.8710	13.8710
14.8394	14.7446	14.7820	14.7446	14.7446	14.5080	13.9854	13.3276	12.4696	12.9272	13.4420	14.2142	14.2142
14.8482	14.6592	14.6592	14.8010	14.7538	14.6592	14.2892	14.3256	14.1282	13.1130	13.1976	14.3820	14.3820
15.5410	15.3276	15.5410	15.3276	15.1676	15.3810	14.4760	14.4480	14.6160	13.1880	13.6840	14.4200	14.4200
14.9616	15.0030	15.0030	15.0444	15.0444	15.2514	14.0560	14.5760	14.8680	13.2400	13.8880	13.9160	13.9160
14.7838	14.8706	14.9576	14.8272	14.8706	14.6968	13.9728	14.8532	14.3988	12.8096	14.3988	14.3988	14.3988
14.2172	14.3478	14.5654	14.3912	14.3042	14.1736	13.7896	14.1000	14.3256	12.5772	13.4796	14.0436	14.0436
14.1164	14.1164	14.1164	14.1164	14.1164	14.1736	13.7760	13.8320	13.6920	12.4320	13.5520	14.1400	14.1400

14.0676	14.0676	14.0676	14.0676	14.0676	14.1736	14.0012	13.5468	13.7456	12.1268	13.5184	14.0864	14.0864
33.1540	33.1540	33.1540	33.1540	33.1540	35.4340	35.0030	33.8670	34.3840	30.3170	33.7960	35.2160	35.2160
33.0505	33.0505	33.0505	33.0505	33.0505	35.4340	35.0030	33.8670	34.3840	30.3170	33.7960	35.2160	35.2160
32.6025	32.6025	32.6025	32.6025	32.6025	35.4340	35.0030	33.8670	34.3840	30.3170	33.7960	35.2160	35.2160
29.6060	29.6060	29.6060	29.6060	29.6060	35.4340	35.0030	33.8670	34.3840	30.3170	33.7960	35.2160	35.2160
55.5785	54.5736	53.1581	55.7473	54.9791	52.8408	56.5701	57.1213	55.3004	63.0012	57.2145	57.0701	57.0701
129.8927	128.0470	126.8325	129.6973	128.5159	125.4662	128.1561	125.1913	123.7128	127.5118	126.2897	127.2563	127.2563
202.0393	200.4524	199.5425	202.1442	200.9191	197.9352	195.7519	196.2793	194.7428	190.4974	195.1265	197.8411	197.8411
268.2438	266.6569	265.7470	268.3487	267.1236	268.8032	265.7579	264.0133	263.4708	251.1314	262.7185	268.2731	268.2731
330.4523	328.8654	327.9555	330.5572	329.3321	339.6712	335.7639	331.7473	332.1988	311.7654	330.3105	338.7051	338.7051
28/07/97	02/08/97	11/08/97	18/08/97	25/08/97	01/09/97	08/09/97	15/09/97	22/09/97	29/09/97	06/10/97	13/10/97	30/10/97
7	5	9	7	7	7	7	7	7	7	7	7	17
16.18	11.53	25.21	16.86	20.25	20.82	23.44	20.46	23.18	29.51	33.29	23.67	88.97
2.31	2.31	2.80	2.41	2.89	2.97	3.35	2.92	3.31	4.22	4.76	3.38	5.23
	2.60				3.35					4.46		
0.00	0.00	0.75	3.95	0.25	0.28	1.08	0.73	2.75	9.88	2.50	0.18	101.75
0.00	0.00	0.36	2.79	0.16	0.17	0.39	0.54	1.89	7.59	1.76	0.15	97.28
0.00	0.00	0.02	0.08	0.01	0.01	0.02	0.01	0.06	0.20	0.05	0.00	2.04
0.00	0.00	0.38	1.08	0.09	0.10	0.67	0.18	0.81	2.09	0.69	0.03	2.44
-0.92	1.59	1.28	0.27	1.39	-10.16	4.32	4.57	1.49	28.22	-16.74	-8.24	99.32
-0.13	0.32	0.14	0.04	0.20	-1.45	0.62	0.65	0.21	4.03	-2.39	-1.18	5.84
	0.17				0.81					0.76		
-0.92	1.59	1.66	1.35	1.48	-10.06	4.99	4.75	2.30	30.31	-16.05	-8.21	
-0.13	0.32	0.18	0.19	0.21	-1.44	0.71	0.68	0.33	4.33	-2.29	-1.17	
	0.23				0.92					-1.73		
-17.10	-9.94	-23.55	-15.51	-18.77	-30.88	-18.45	-15.71	-20.88	0.80	-49.34	-31.88	-88.97
-0.06	0.14	0.05	0.02	0.07	-0.49	0.18	0.22	0.06	0.96	-0.50	-0.35	4.92
	0.07				0.19					1.36		
-0.06	0.14	0.07	0.08	0.07	-0.48	0.21	0.23	0.10	1.03	-0.48	-0.35	0.00
	0.09				0.22					-0.28		
28/07/97	02/08/97	11/08/97	18/08/97	25/08/97	01/09/97	08/09/97	15/09/97	22/09/97	29/09/97	06/10/97	13/10/97	30/10/97

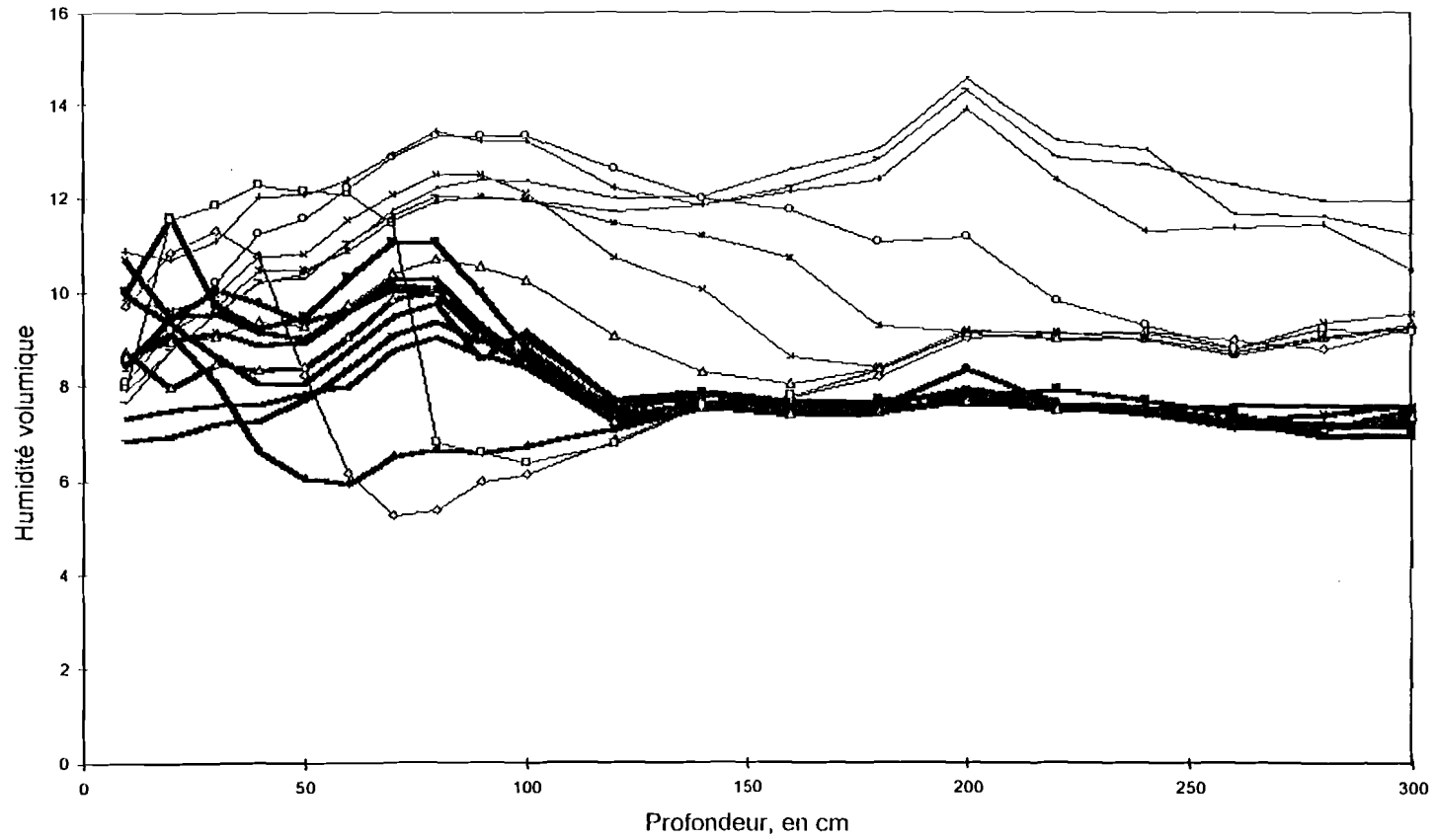
Relation entre la retention en eau du sol (%) et la transpiration relative de la plantation d'Eucalyptus



Relation entre la retention en eau du sol (%) et la transpiration relative de la savane

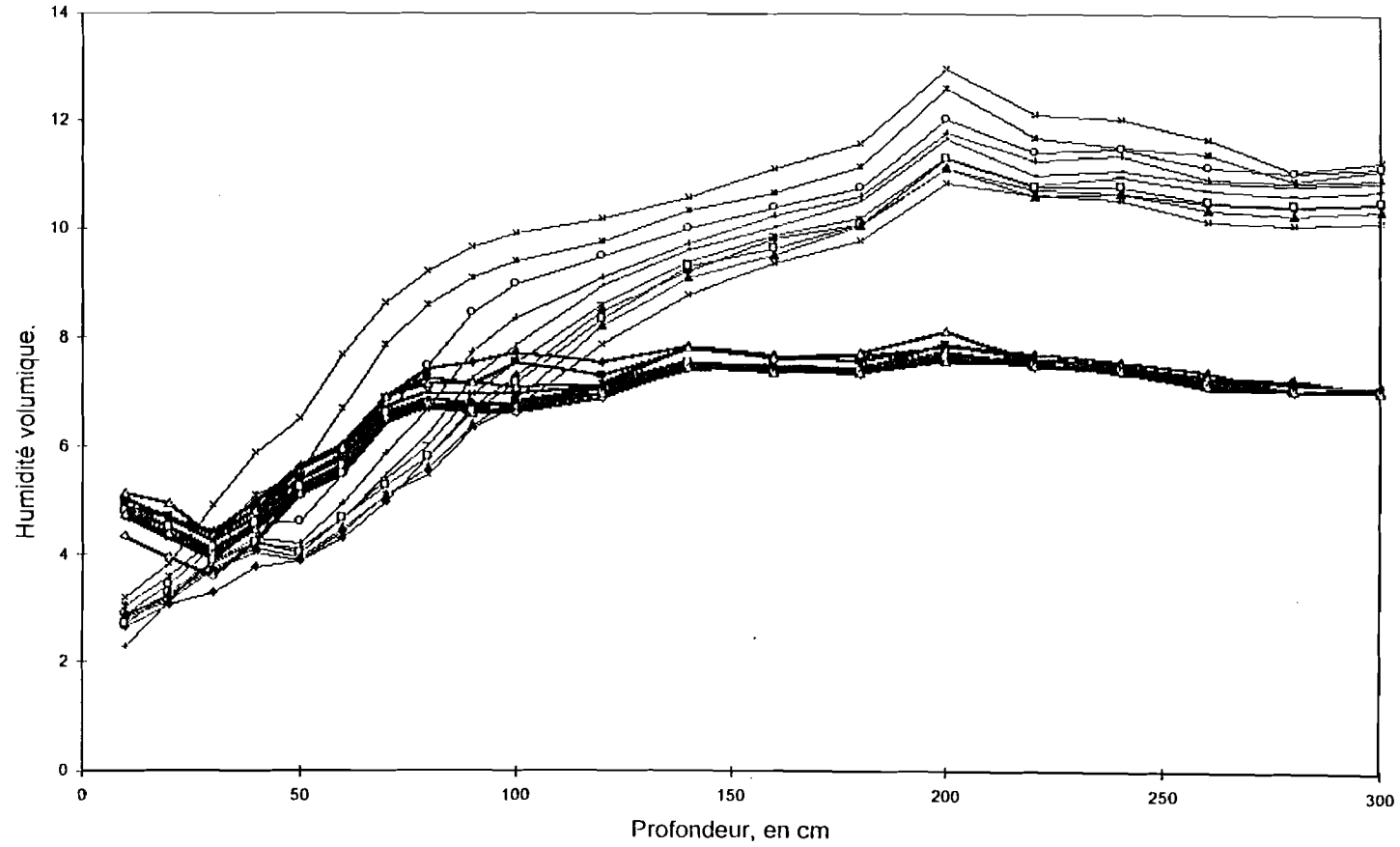


Savane et plantation, les courbes les plus humides, du 3 mars au 12 mai - Exclu: 17 mars, 14 avril, 28 avril



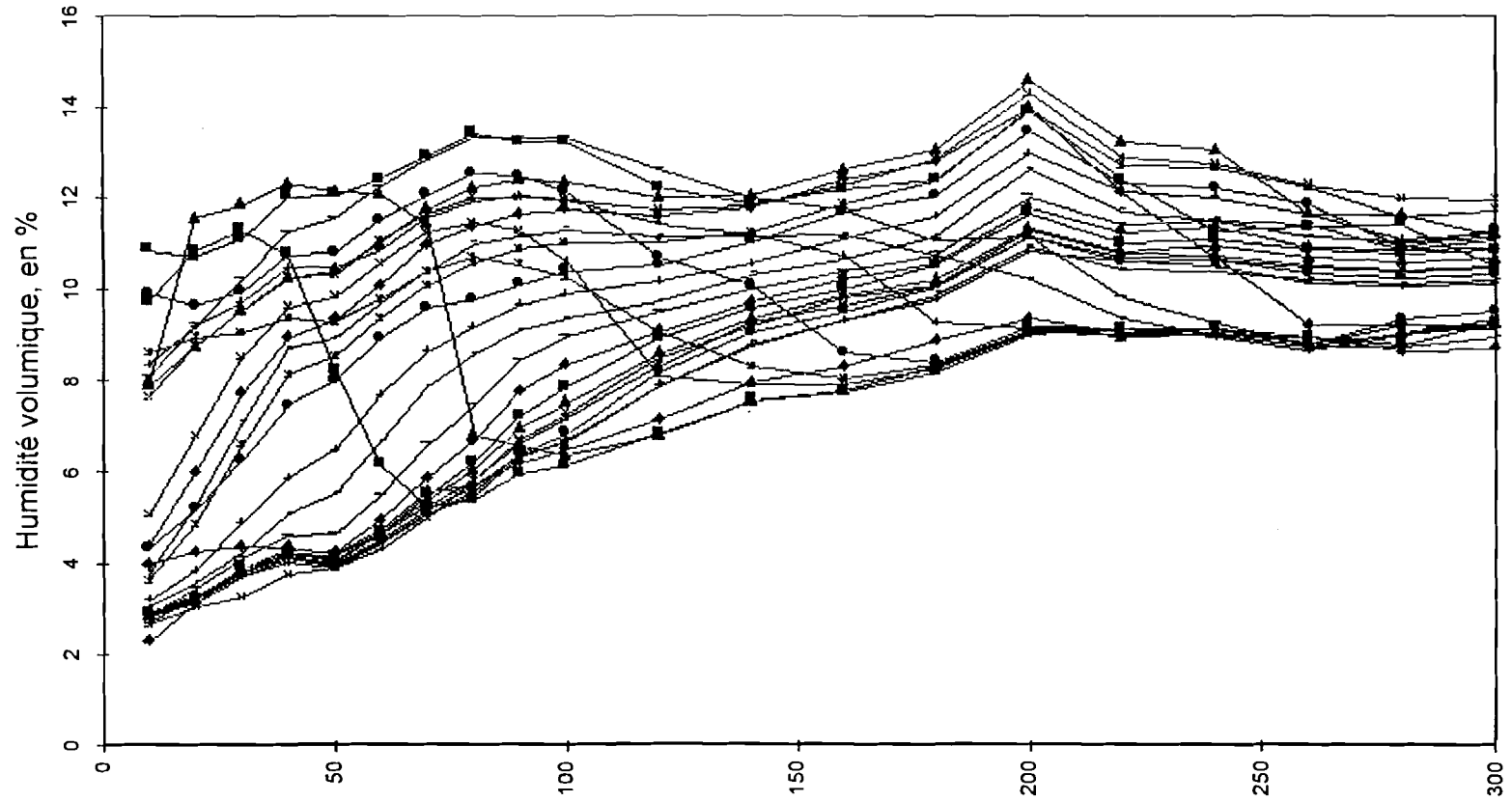
Tig 1994

Les humidités les plus faibles, savane et plantation



767

Profils hydriques - savane - du 17 février au 13 octobre 1997



Hydrologie

Profils hydriques - plantation - du 3 mars au 18 août 1997

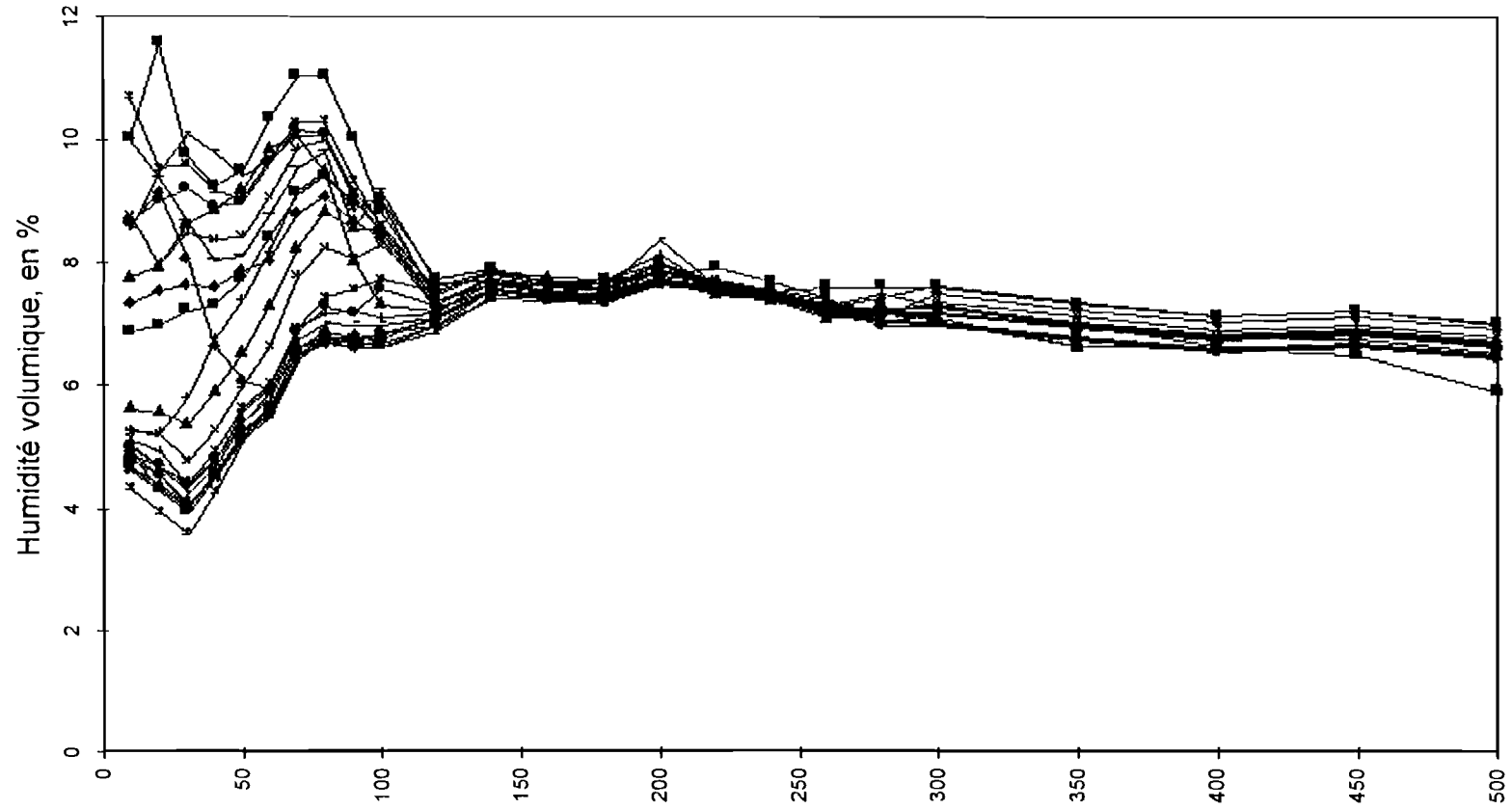
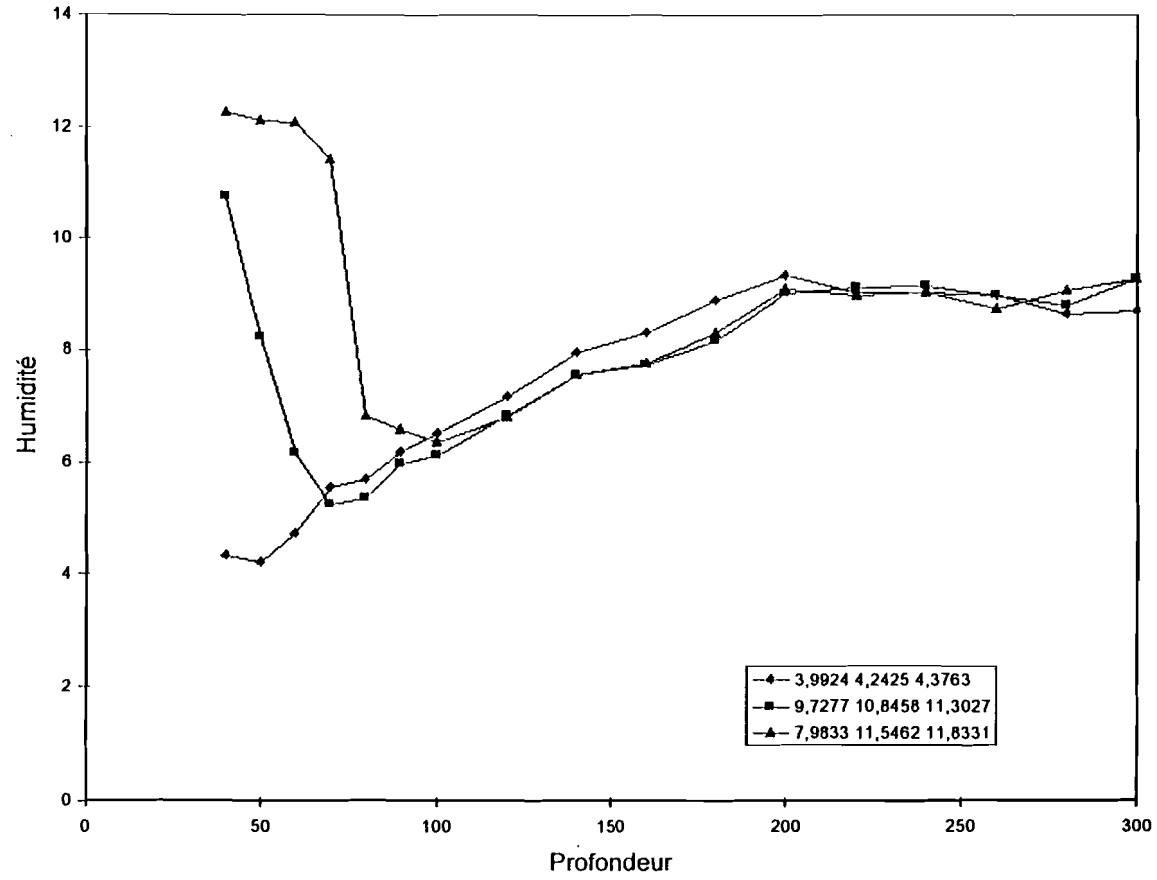


Fig. 10.4.1

Savane - Humidité (%) - 17 fev, 3 mars, 10 mars



Savane - le 10 et 17 mars 1997

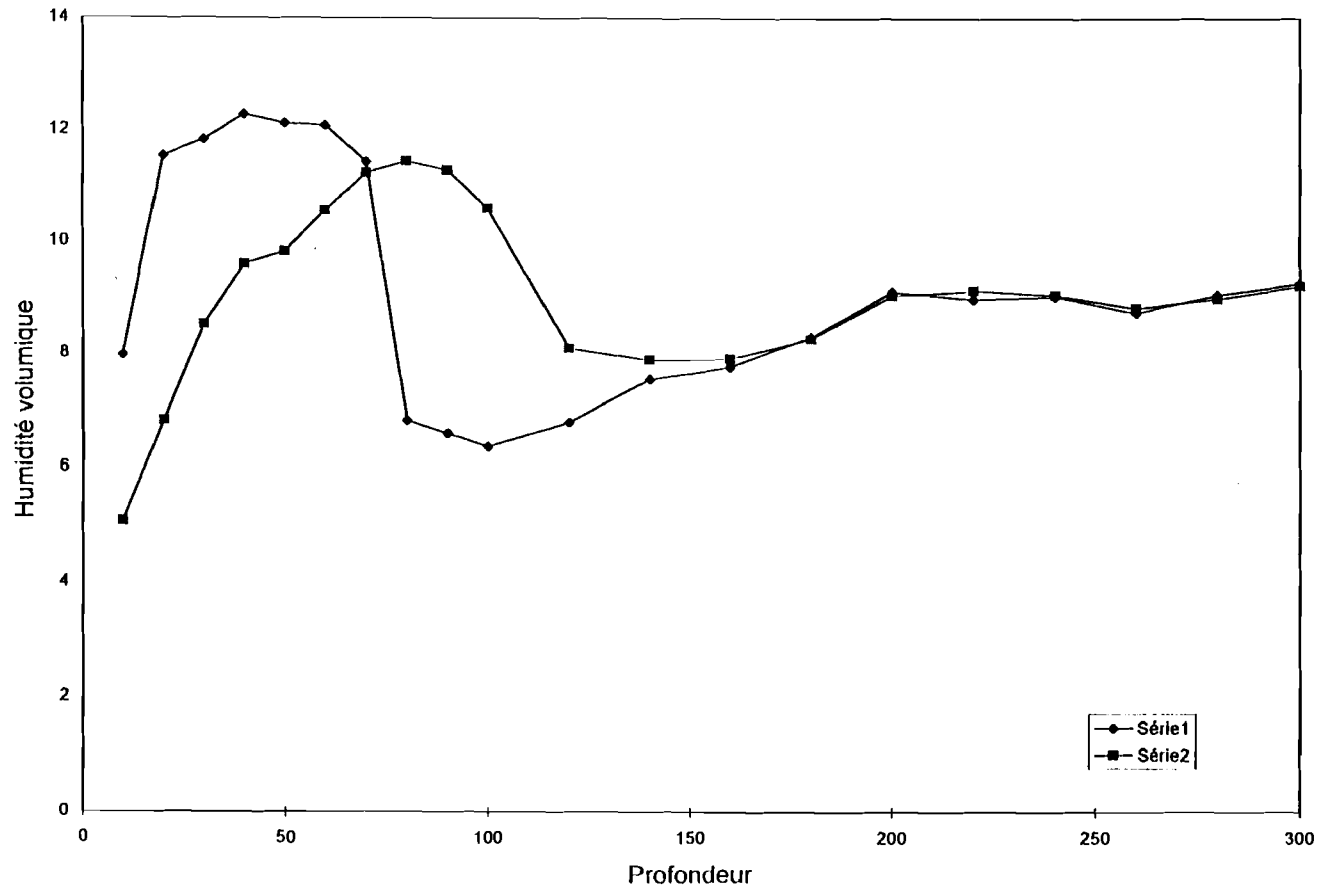
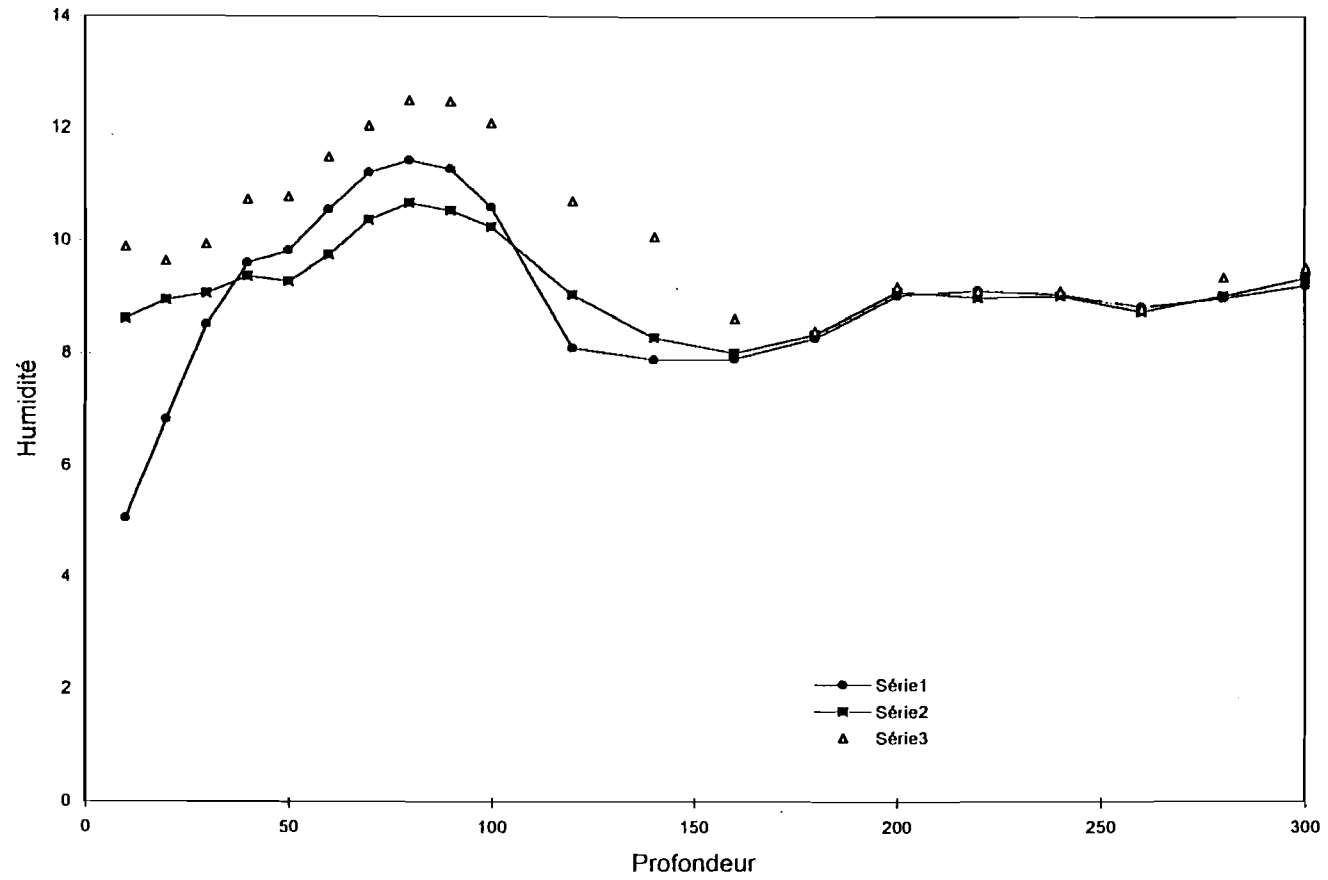


Fig. (2)

Savane - Humidité (%) - 17 mars, 24 mars, 1 avril



Savane - le 10, 17, 24 mars et 1 avril 1997

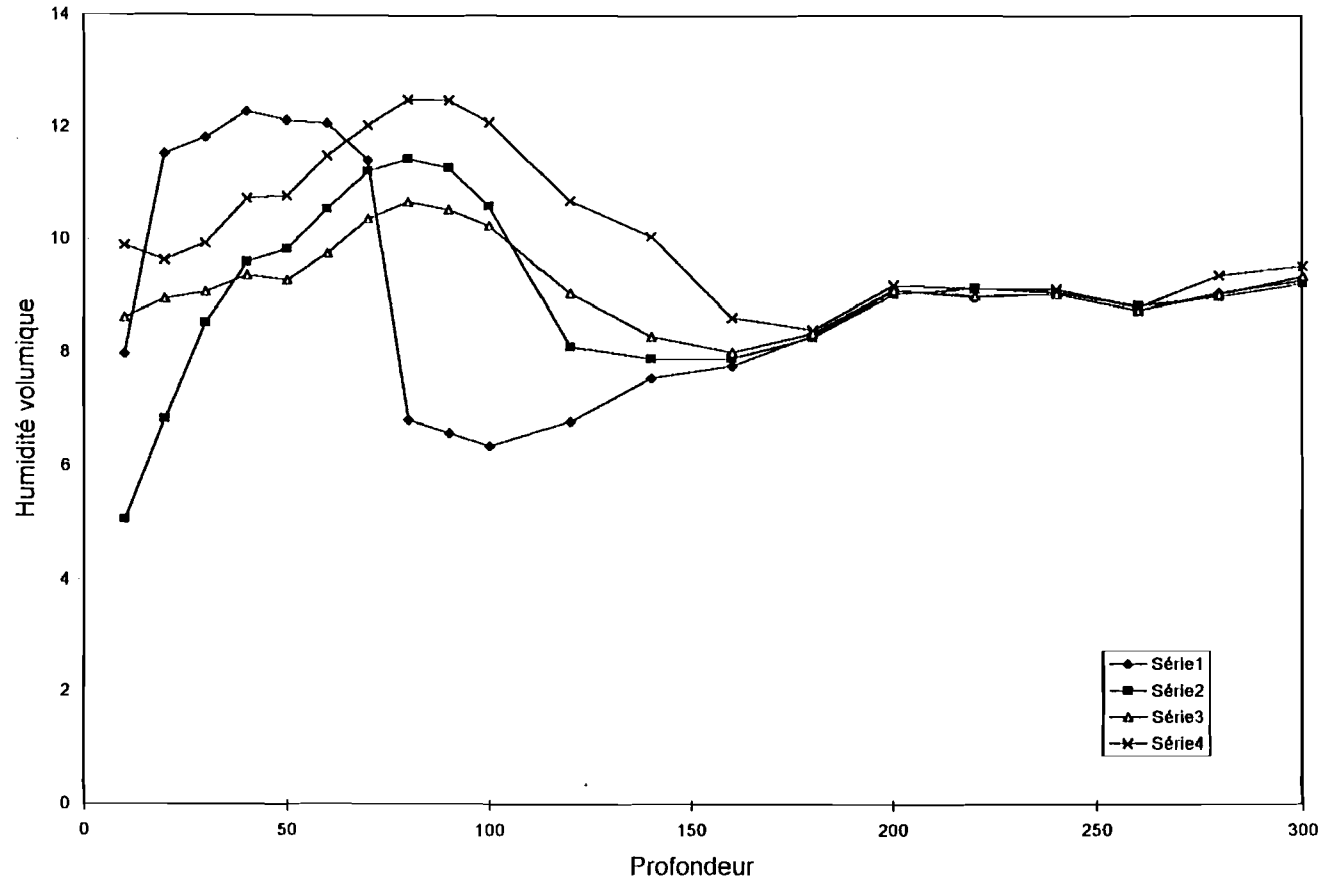
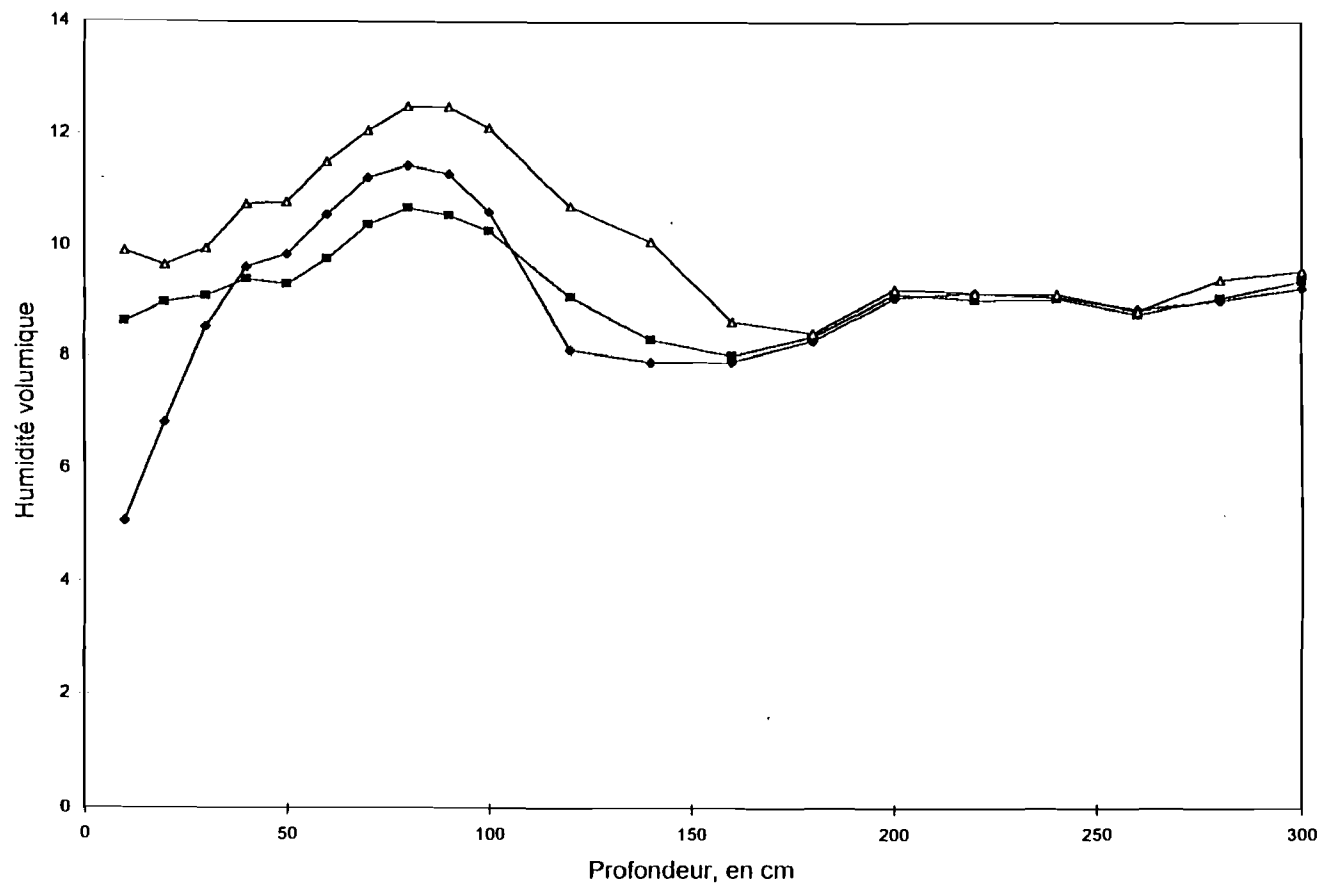


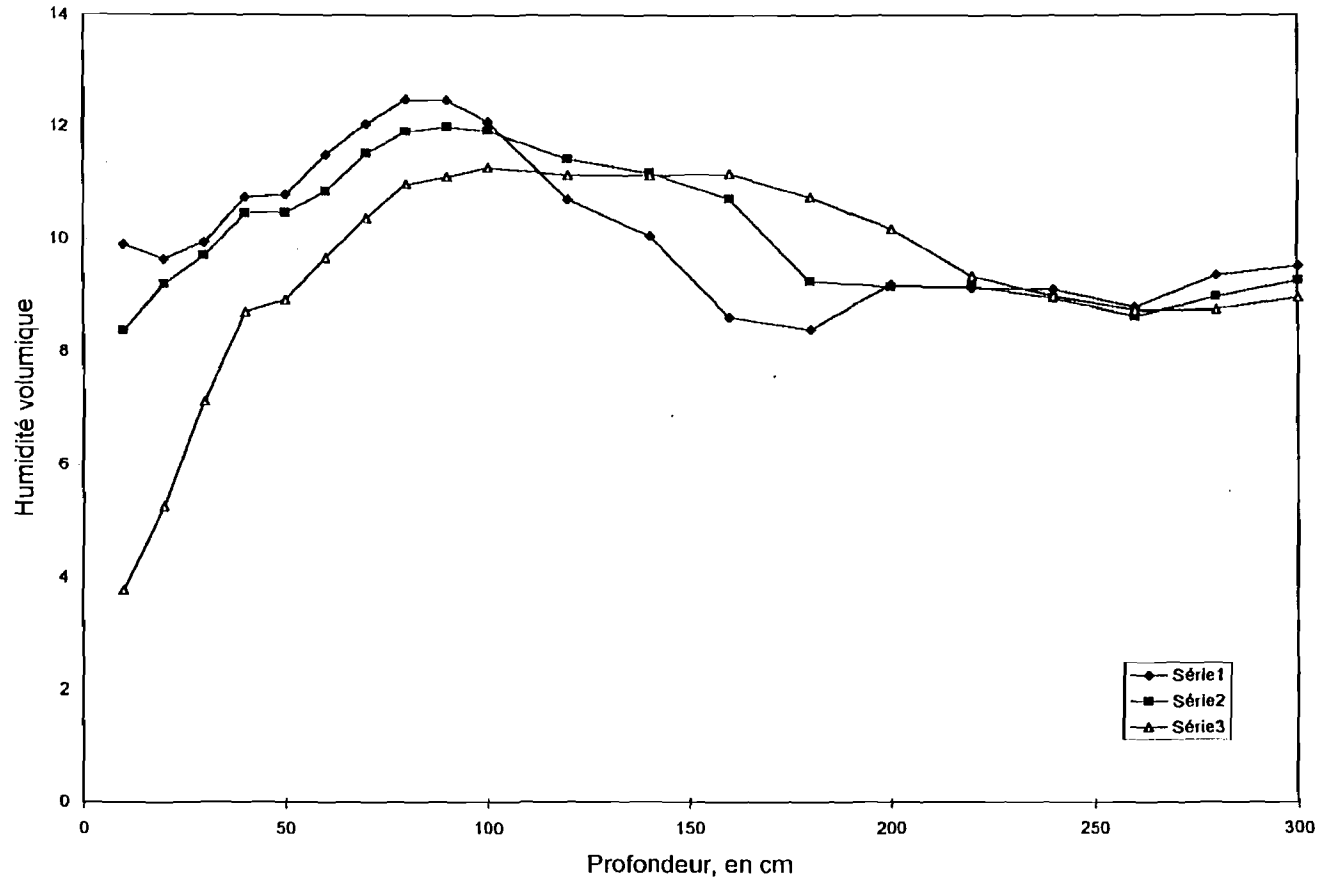
Fig (11)

Savane - le 17, 24 mars et 1 avril 1997



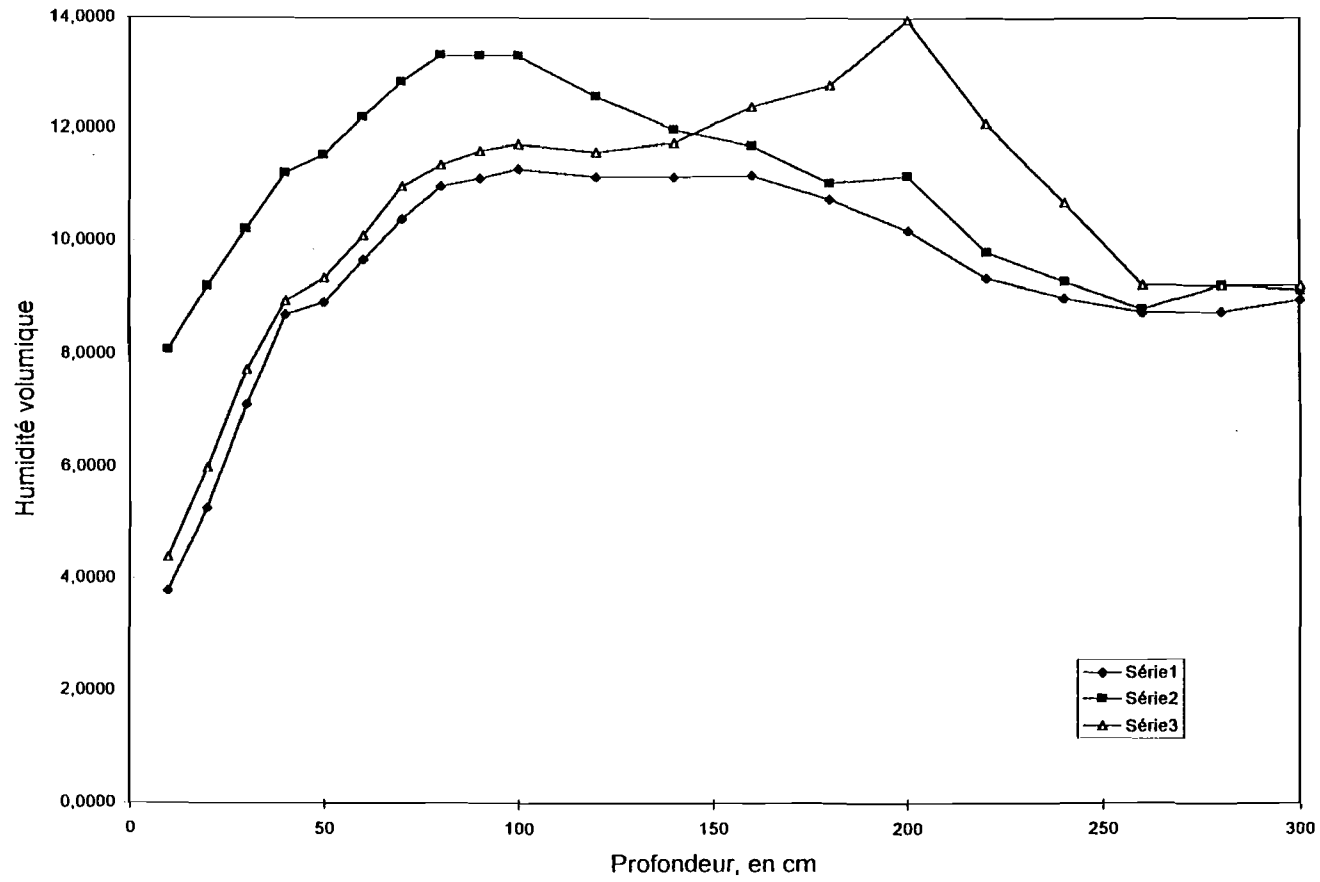
Fig(10)

Savane - le 1, 7 et 14 avril 1997



Fig(9)

Savane - le 14, 21 et 28 avril 1997



Fig(26)

Savane - 14 avril, 21 avril, 30 avril

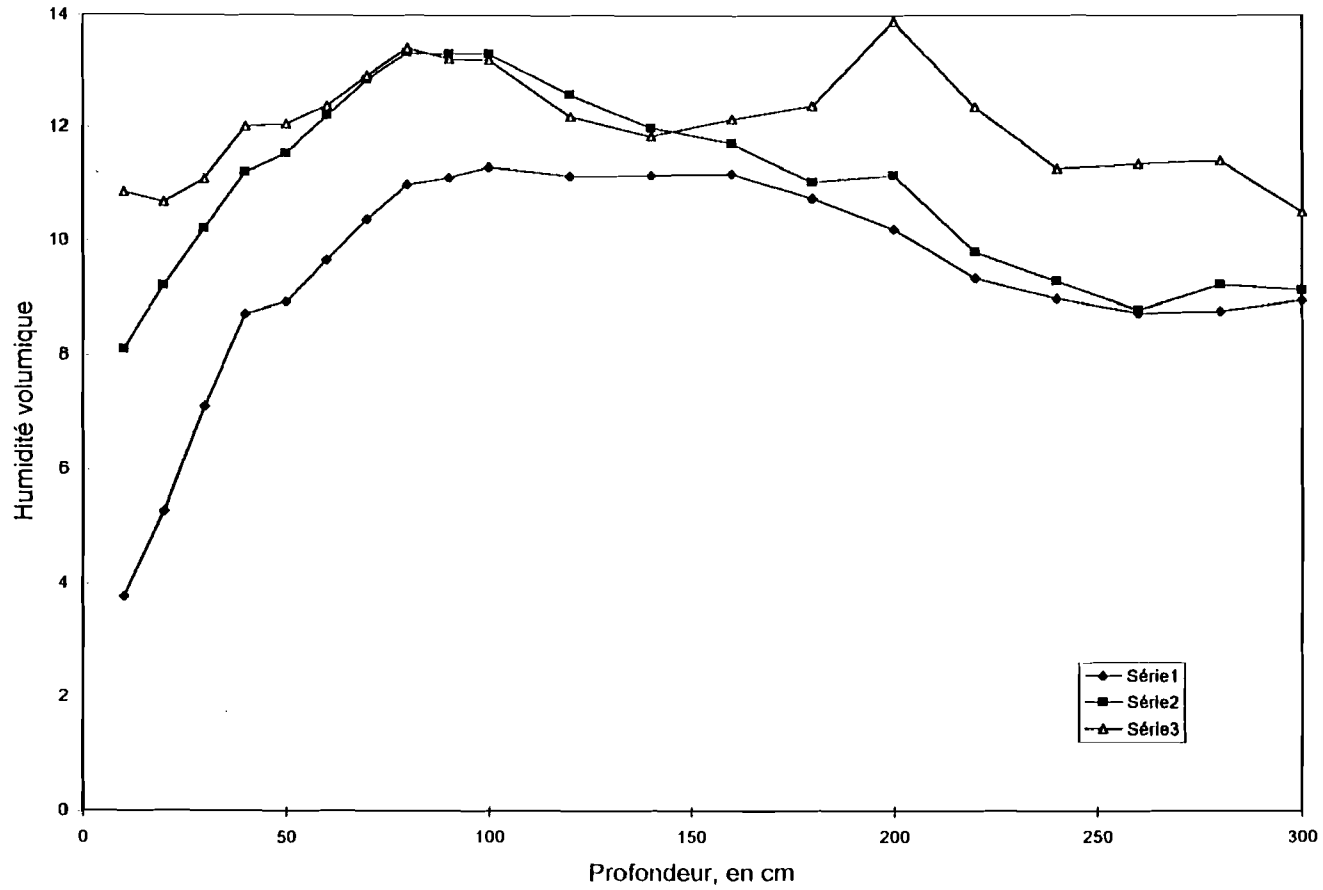


Fig (12)

Savane - 28, 30 &vril et 5 mai 1997

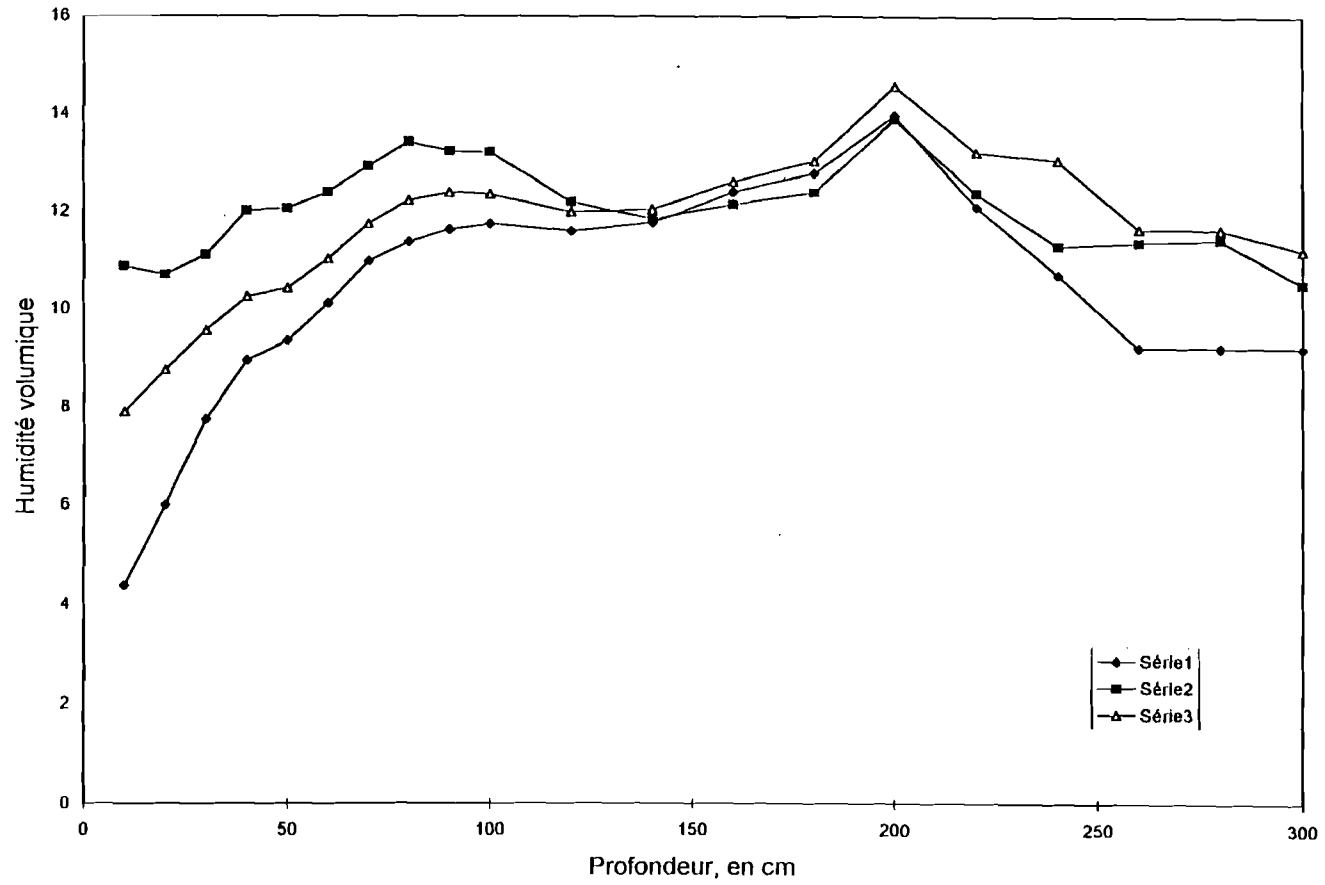
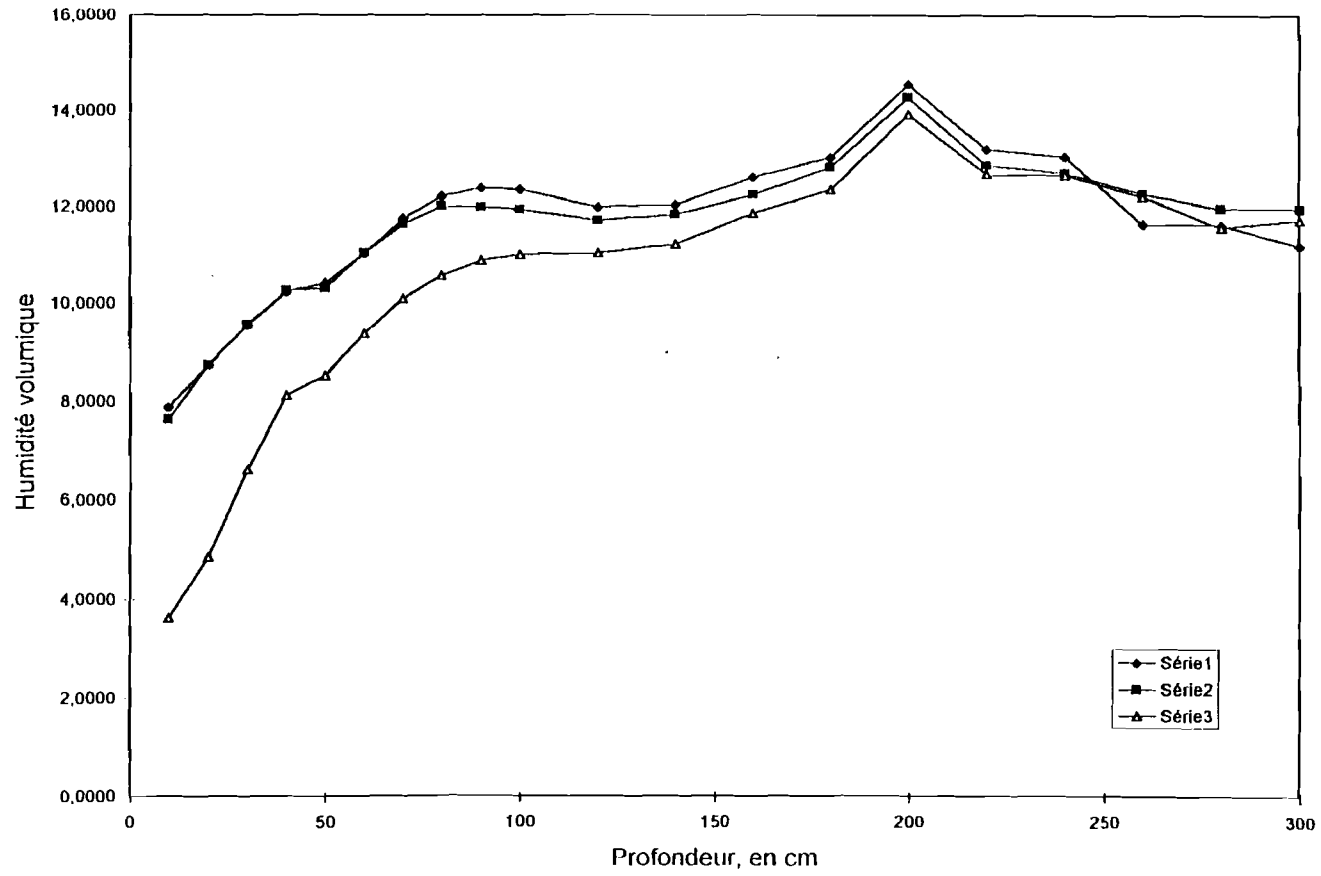


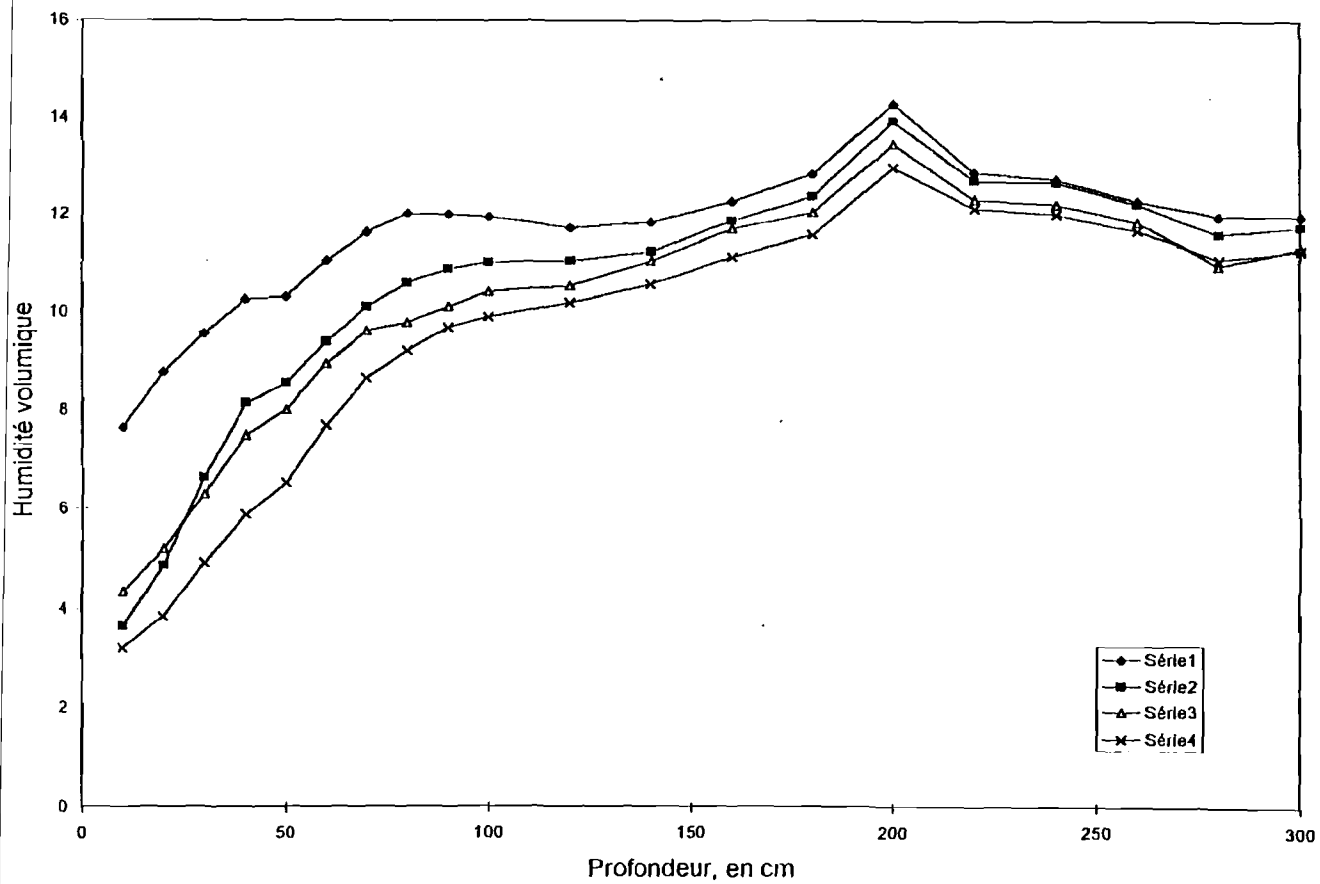
Fig (28)

Savane - le 5, 12 et 20 mai 1997



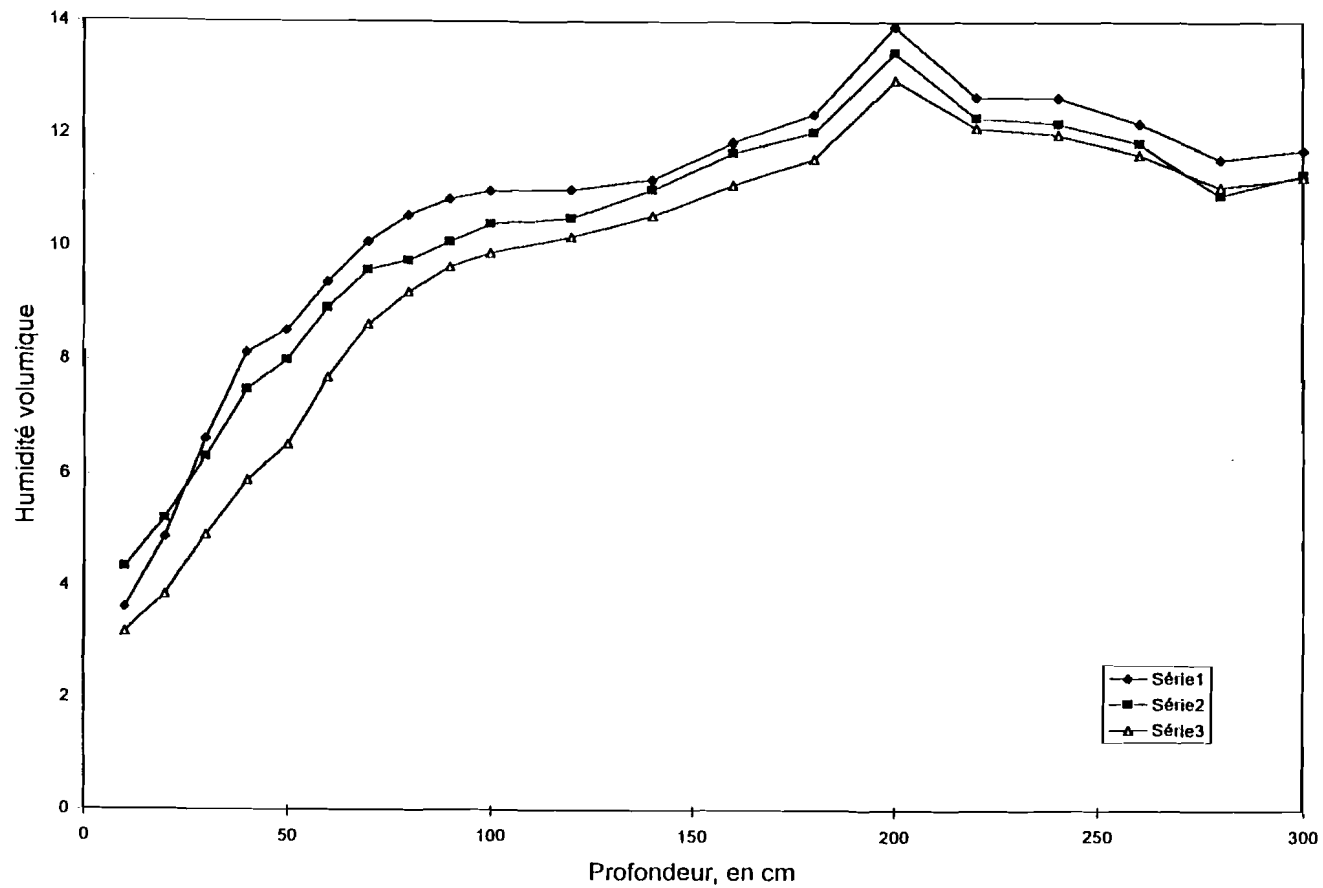
Fig(15)

Savane - 13, 20, 26 mai et 2 juin 1997



Fig(29)

Savane - le 20, 26 mai et 2 juin 1997



Fig(20)

Savane - le 2, 9, 23 et 30 juin, 7 juillet 1997

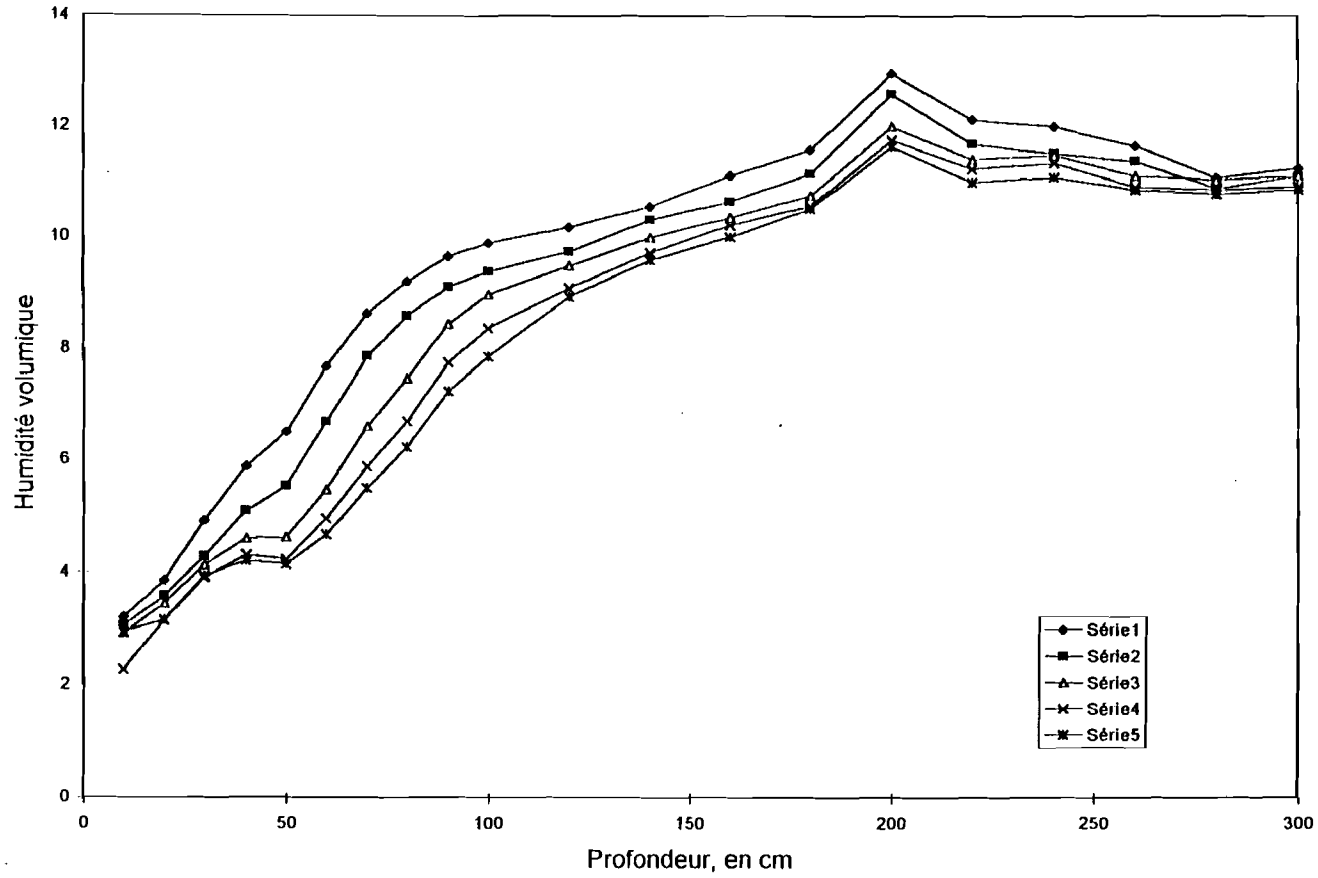


Fig (2.4)

Savane - le 7, 15, 21 j28 uillet, 2 août 1997

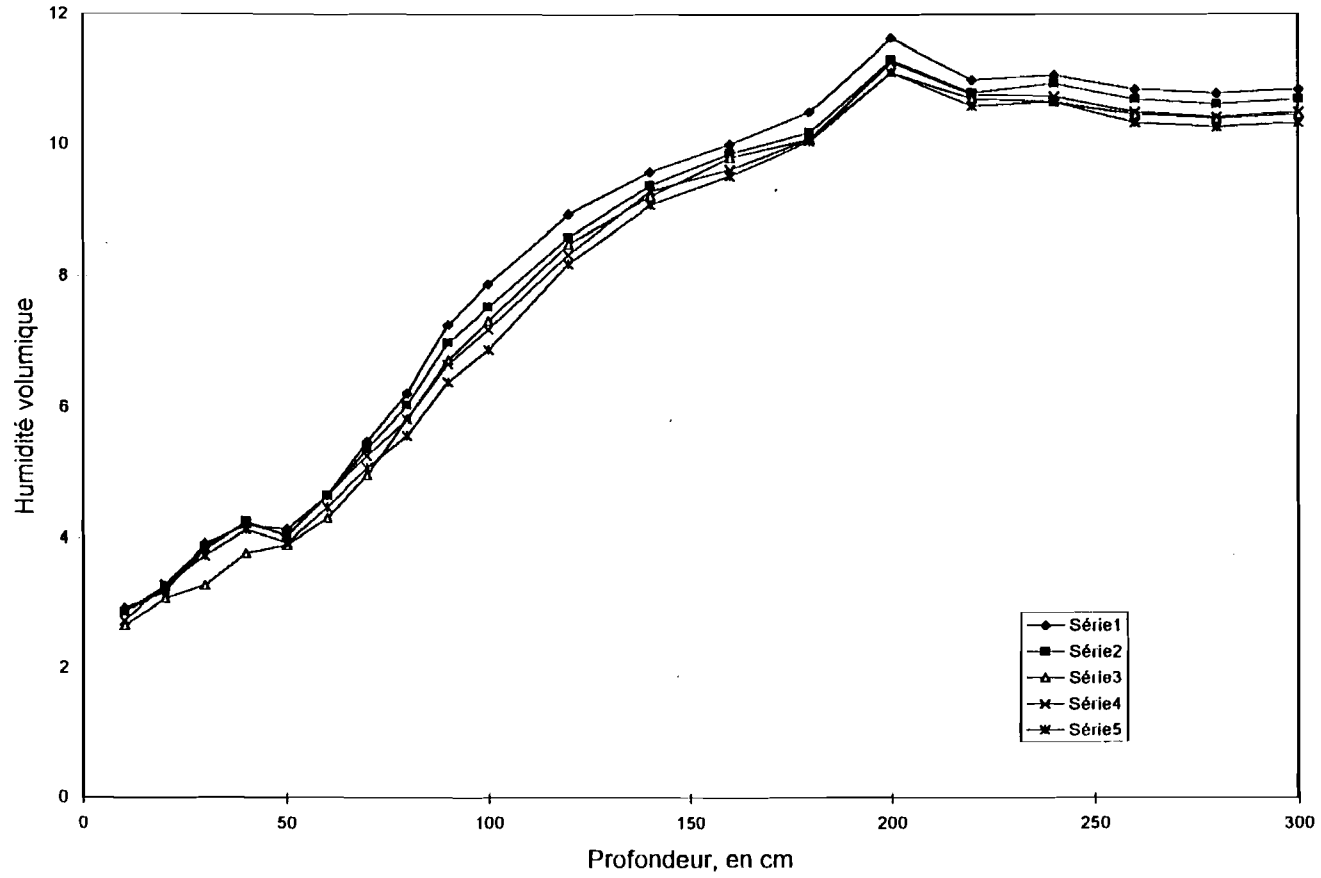
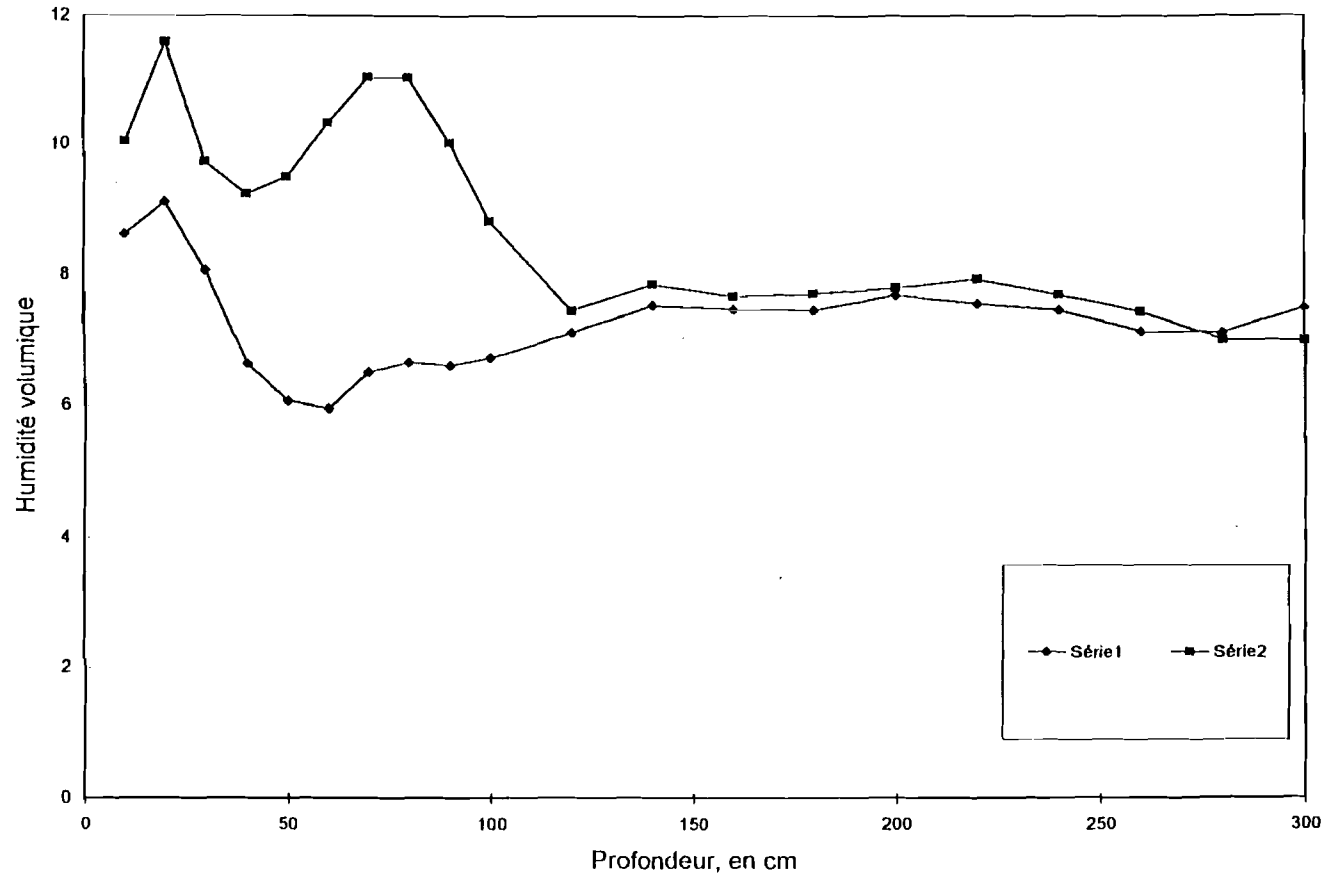


Fig (22)

Plant. 3 mars, 10 mars



TV% (J.V)

Plant. 10 mars, 17 mars (D, E)

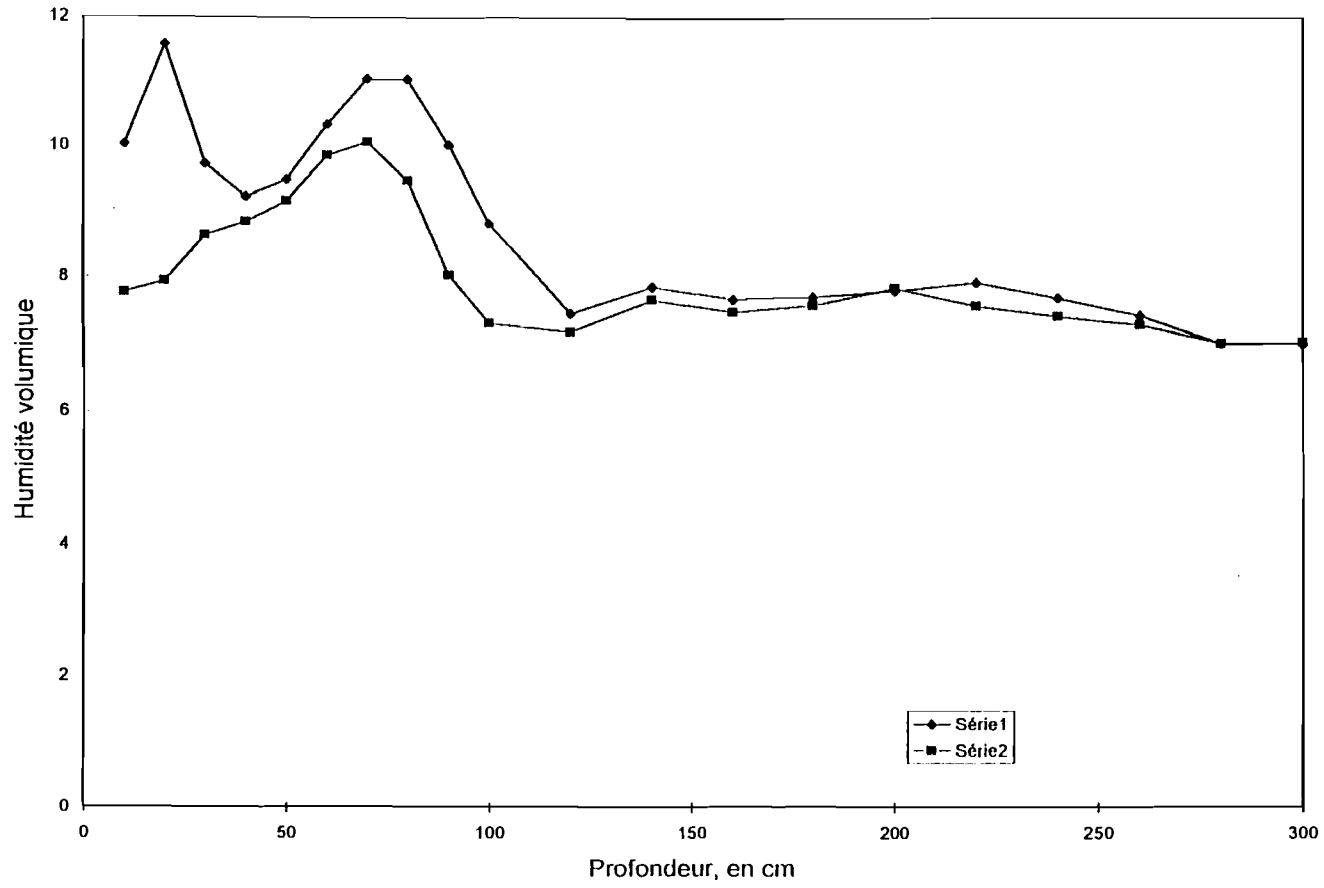


Fig (23)

Plant. 17 mars, 24 mars, 1 avril (E, F, G)

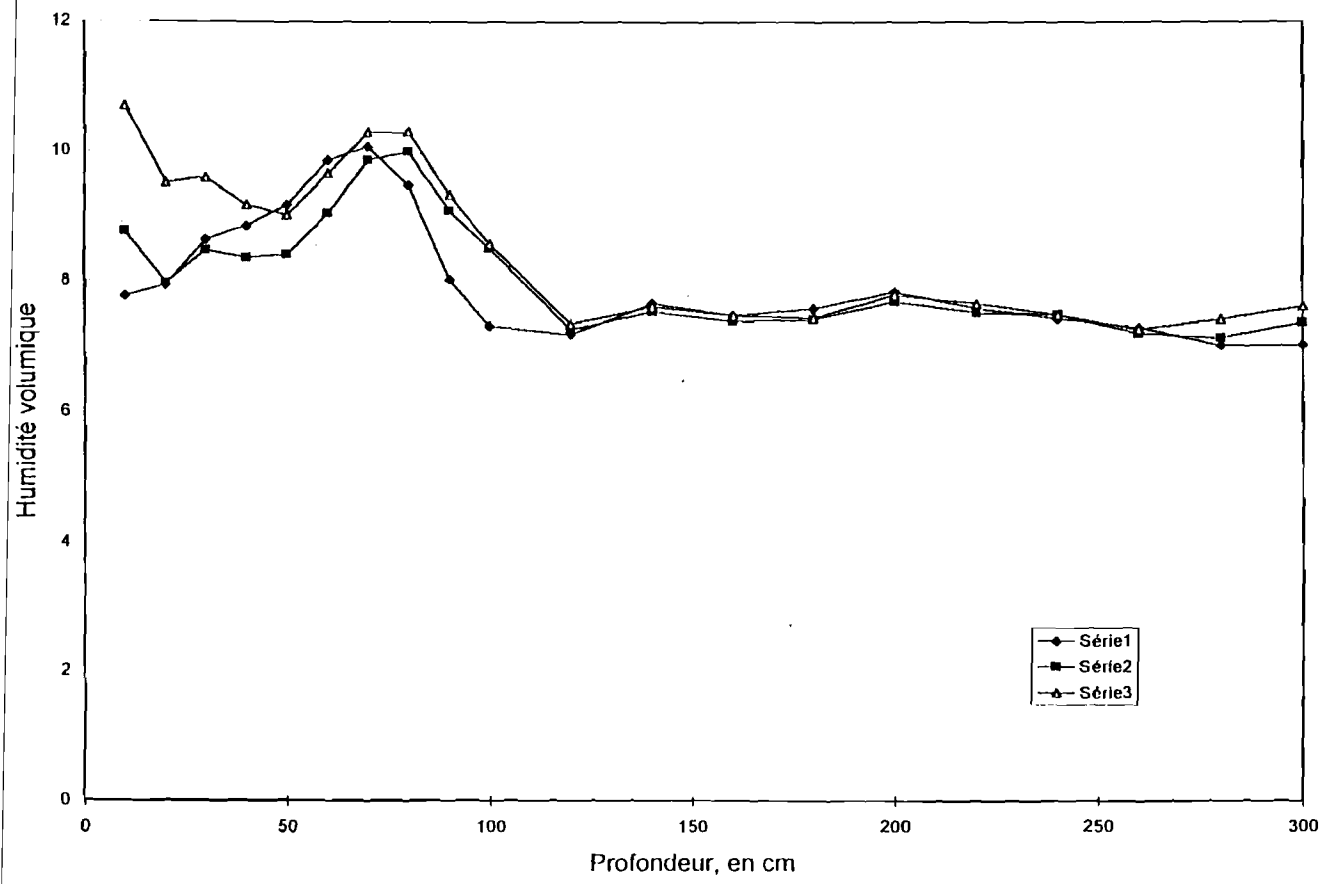


Fig (24)

Plant. 1 avril, 7 avril, 14 avril (G, H, I)

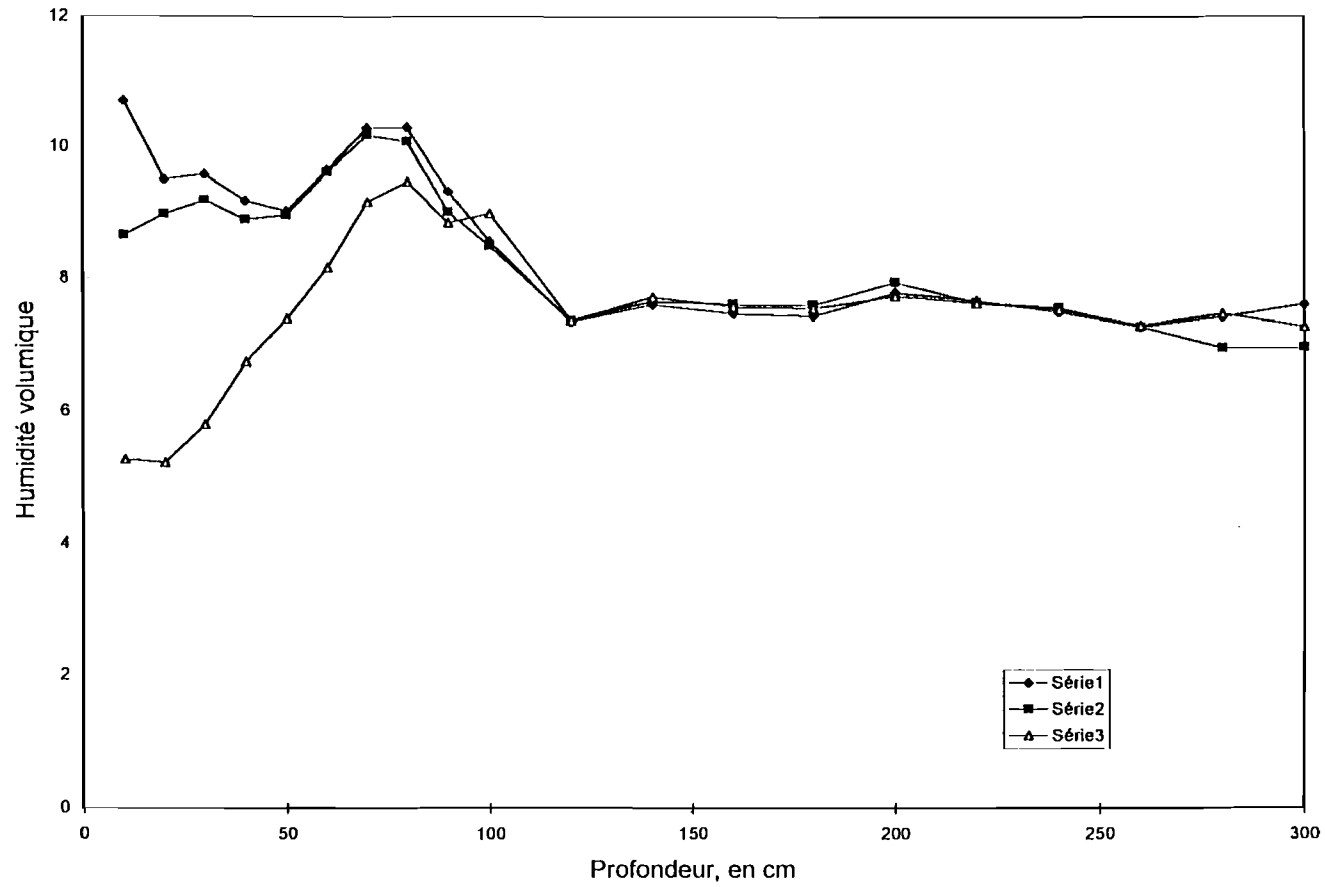


Fig (25)

Plant. 14 avril, 21 avril, 28 avril (I, J, K)

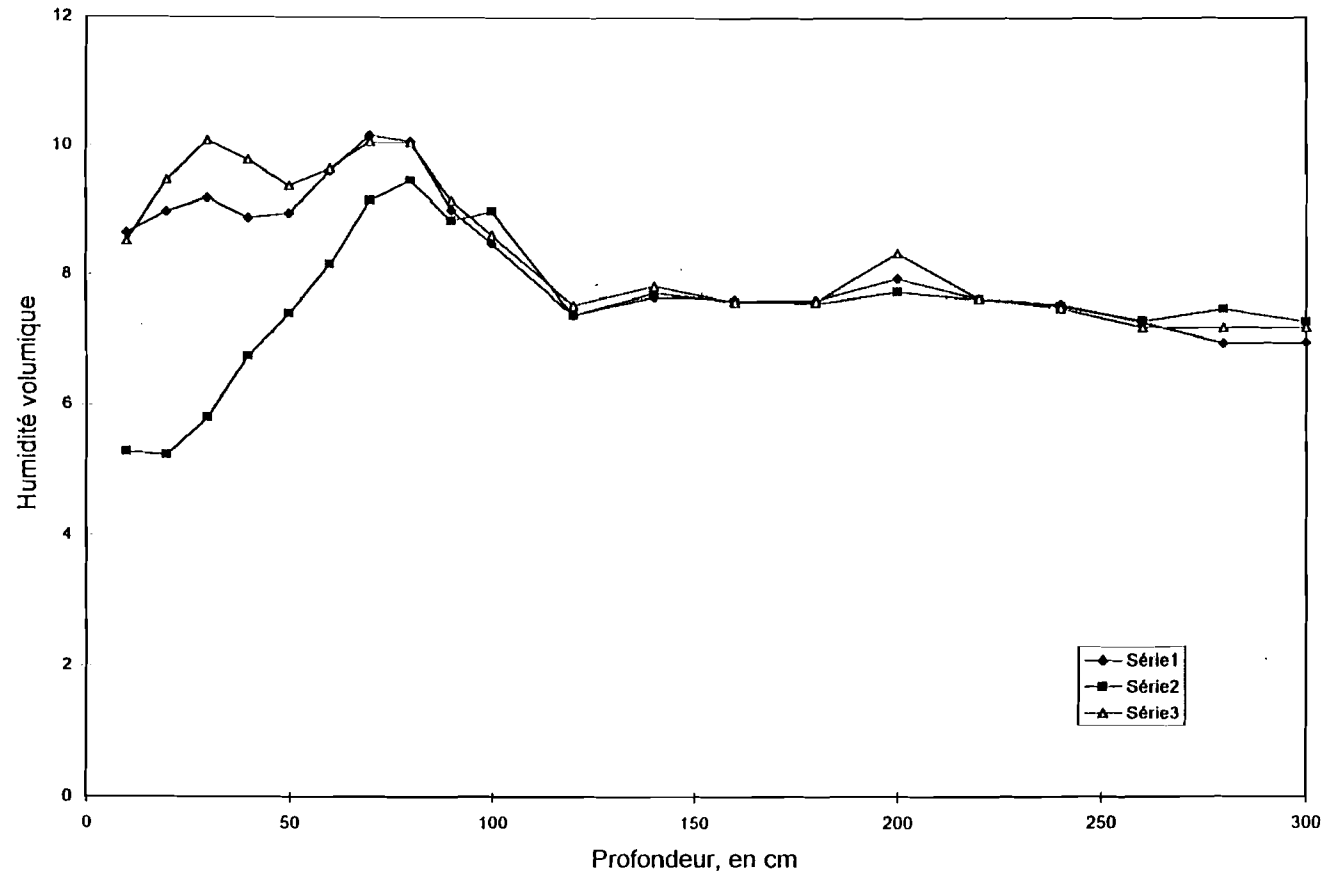
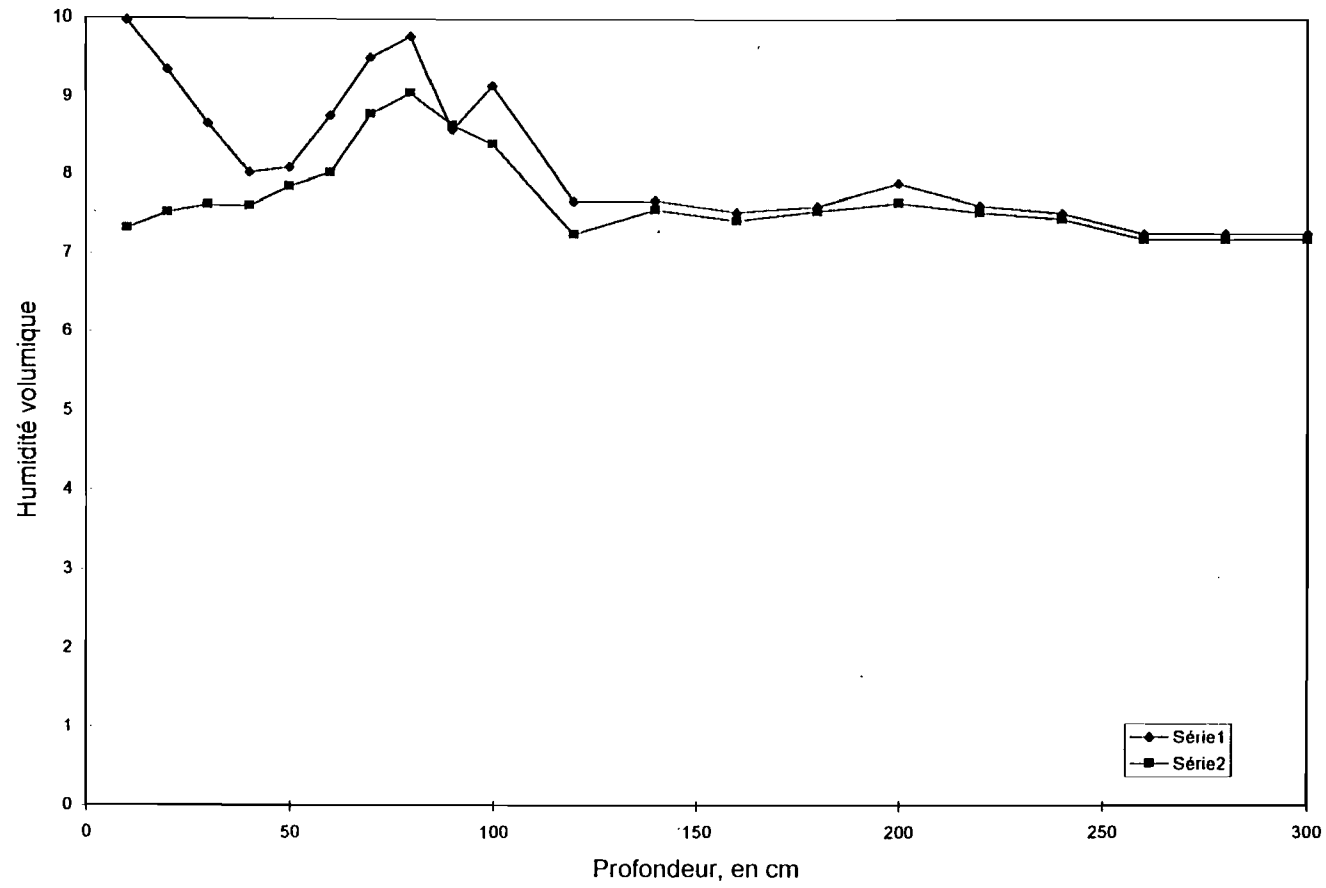
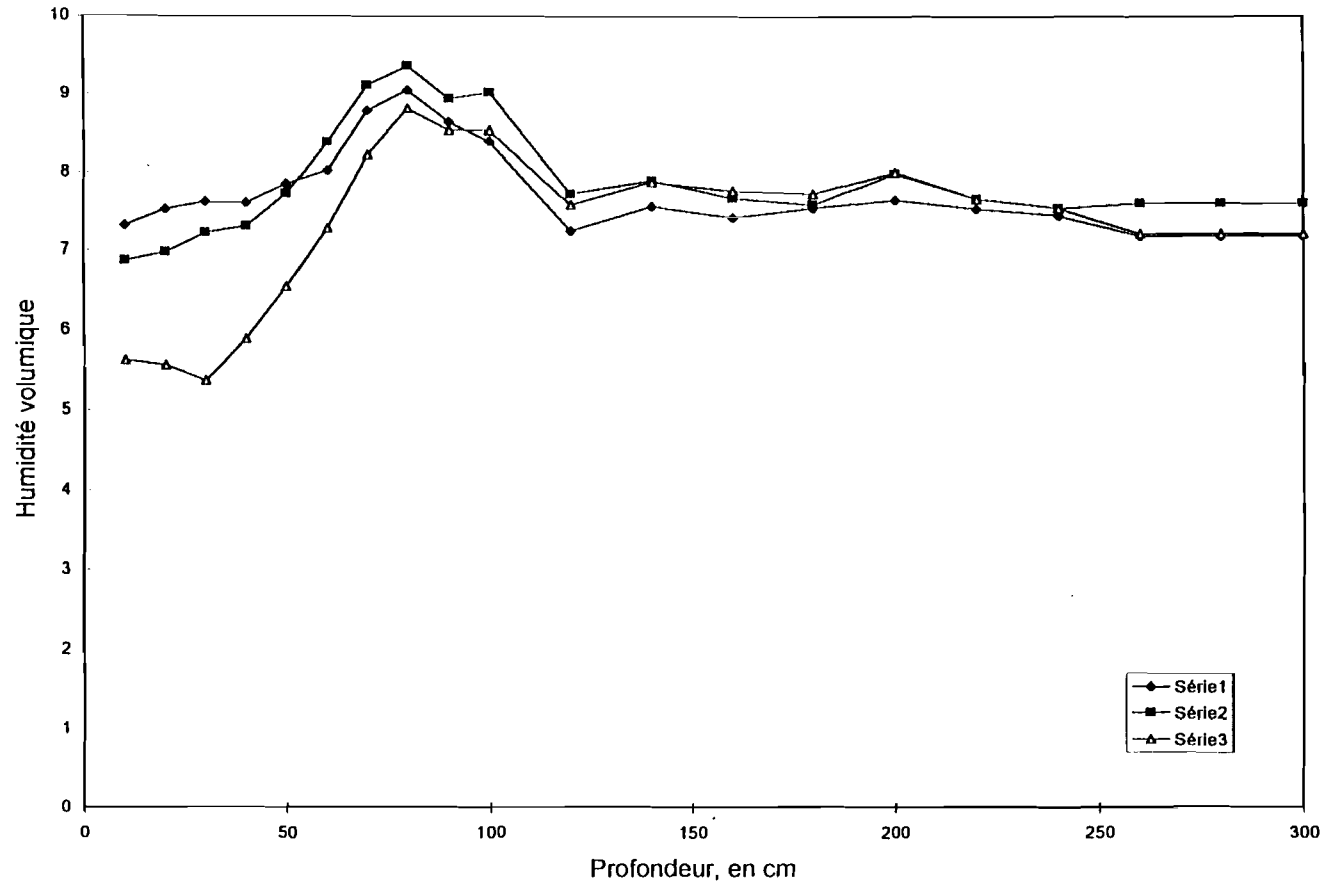


Fig (26)

Plant. 30 avril, 5 mai (K, L)

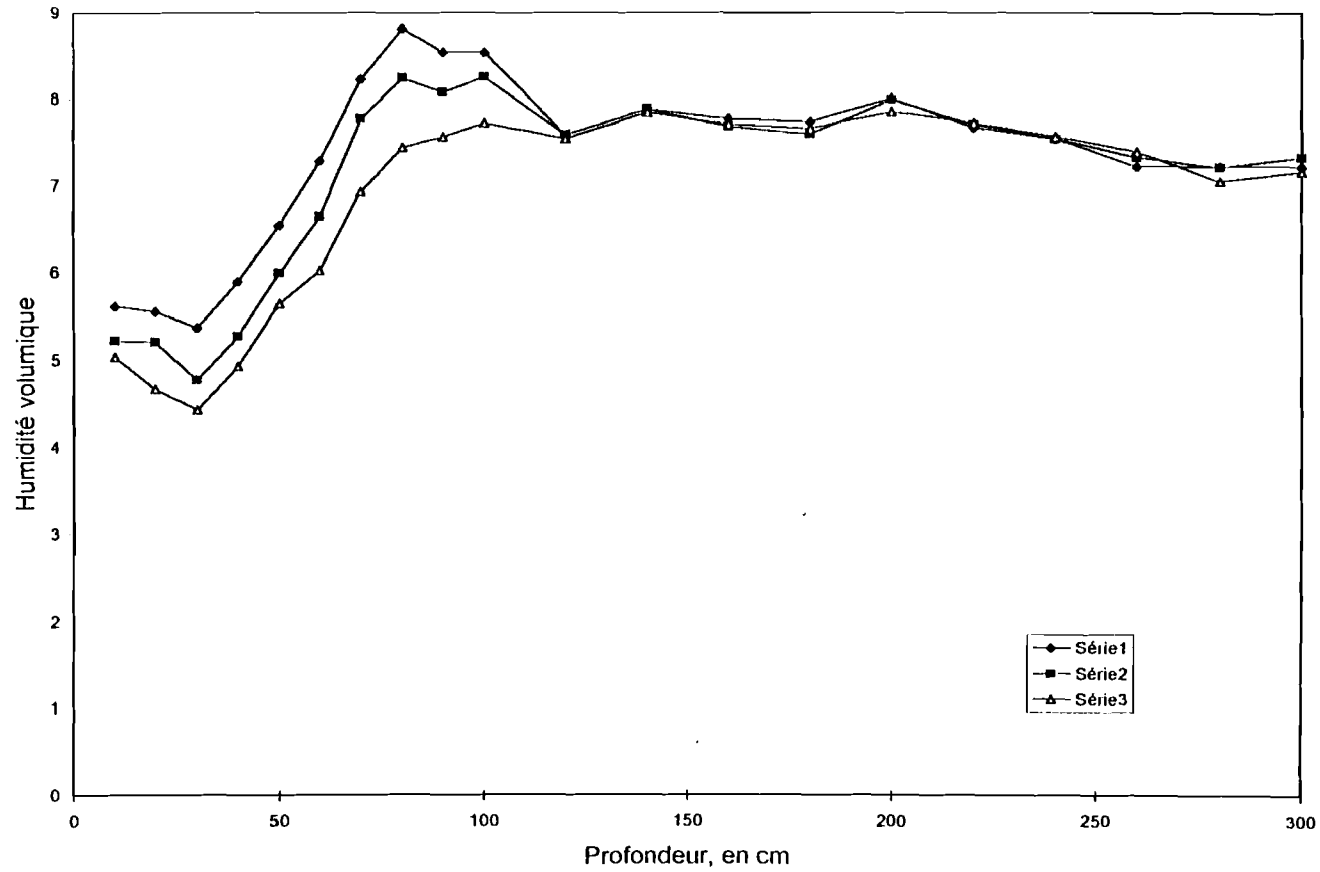


Plant. 5 mai, 12 mai, 20 mai (L, M, N)



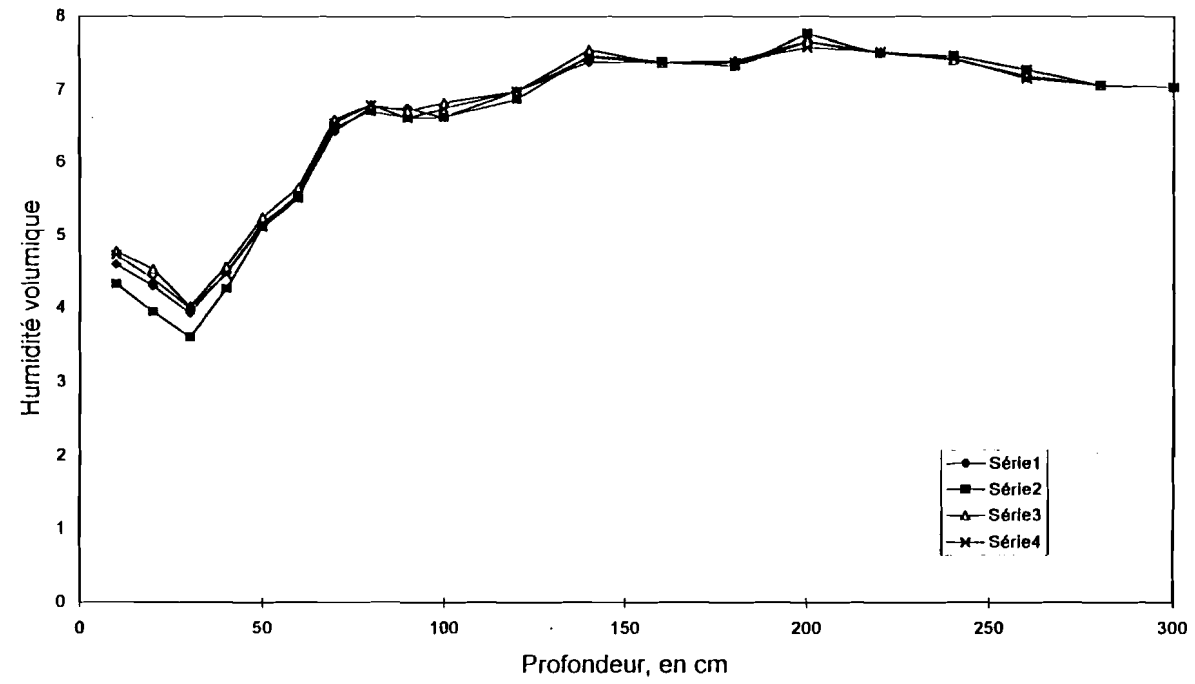
Fig(202)

Plant. 20 mai, 26 mai, 2 juin (N, O, P)



70g(28)

Plant. 2 aout, 11 aout, 18 aout, 25 aout (X, Y, Z, AA)



Plant. 2 juin, 9 juin, 23 juin, 30 juin, 7 jllt (P, Q, R, S, T)

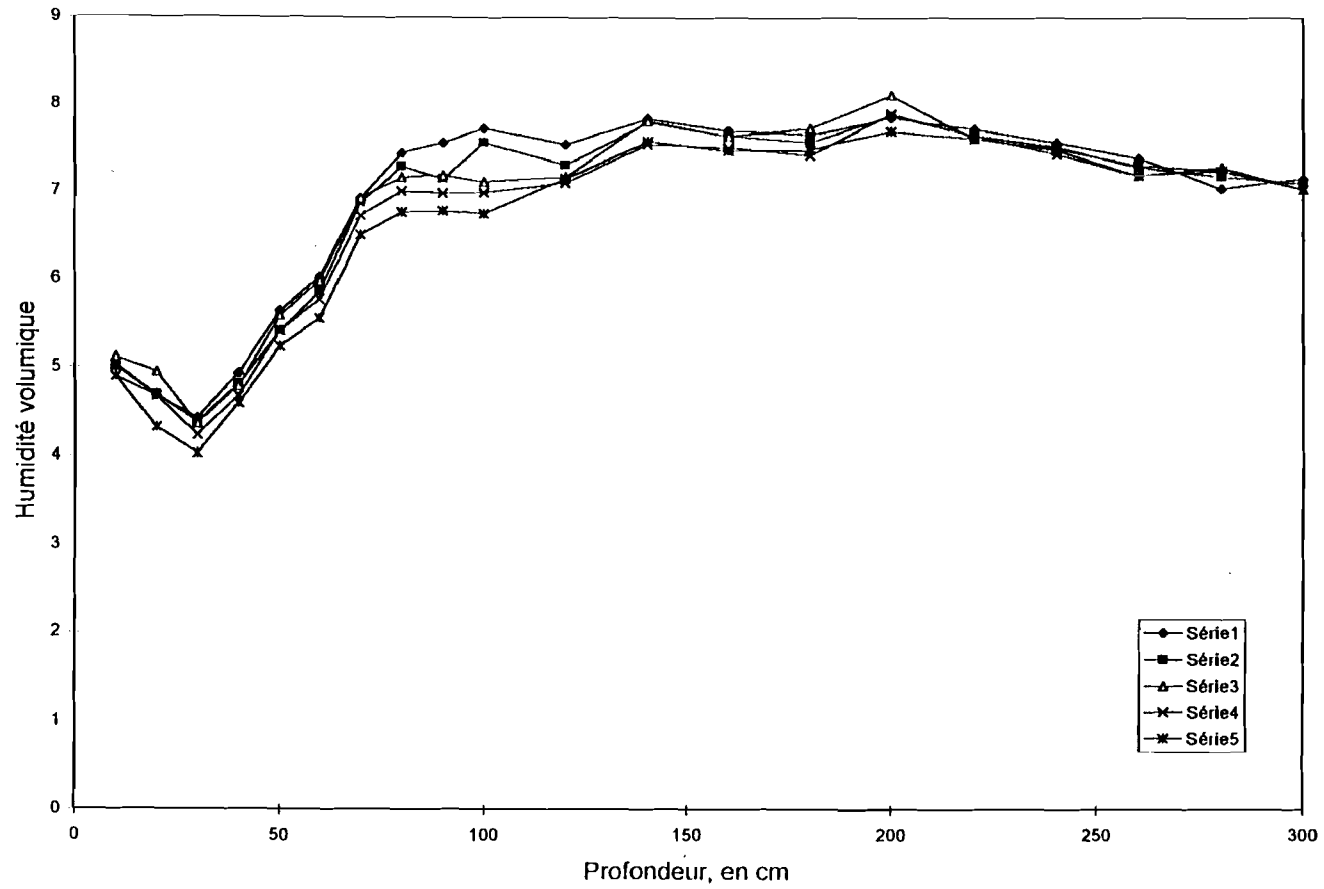
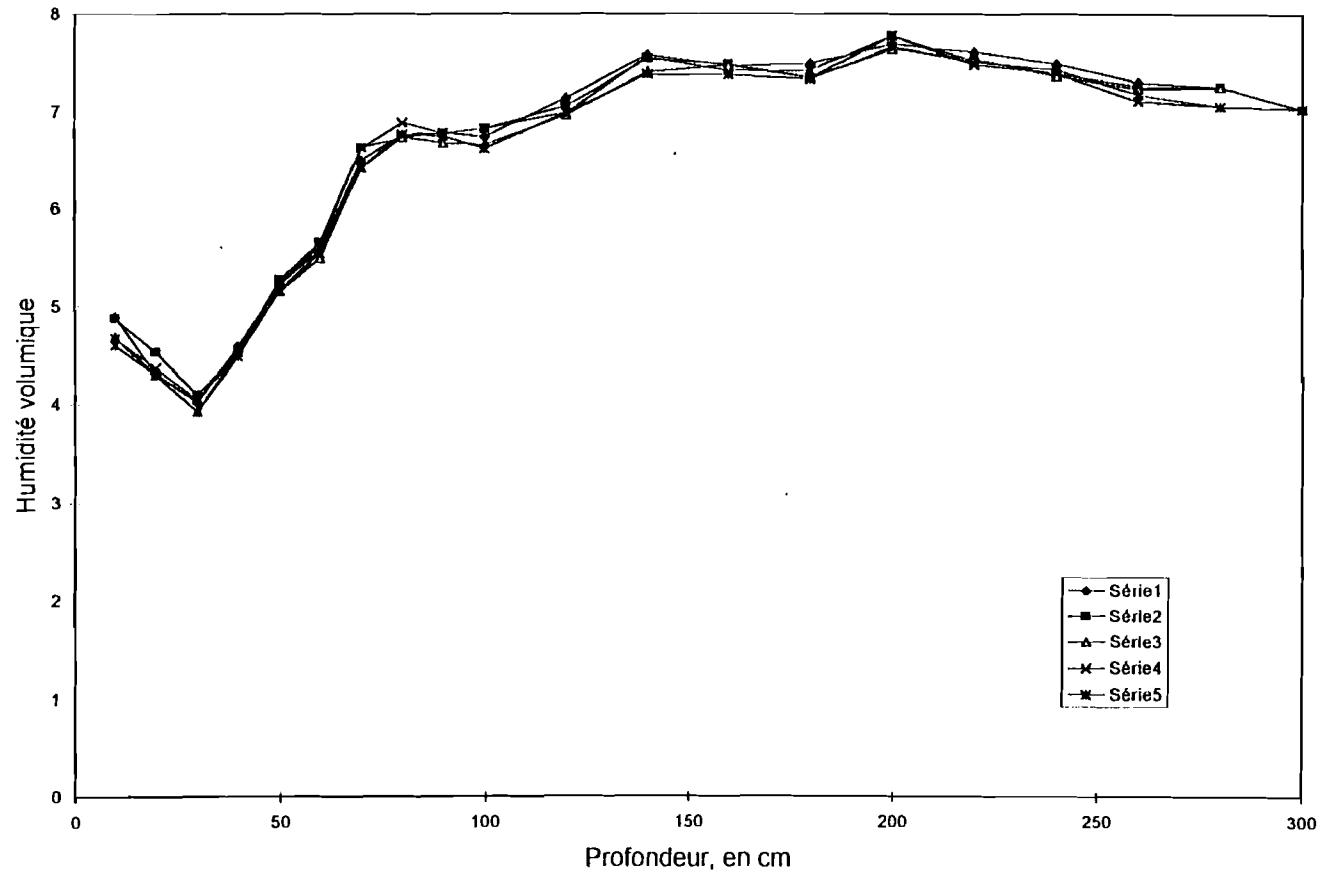


Fig (39)

Plant. 7 jllt, 15 jllt, 21 jllt, 28 jllt, 2 aout (T, U, V, W, X)



107

Fig. (10)