IRHO
Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux
Département du Centre de Coopération Internationale
en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)

Analyse et Exploitation des Profils Hydriques sous palmeraie

Exemple du tube d'accès T13 (Profondeur 6 m dont 5,15 m utiles)

- Comptages neutroniques
- Profils hydriques
- Bilan d'eau
- Evapotranspiration
- Détermination du domaine d'eau disponible
- Profils de consommation
- Relations avec les profils radiculaires du palmier à huile, les profils pédologiques et les résistances stomatiques

H. REY

N° DOC 2146

Analyse et Exploitation des Profils Hydriques sous palmeraie

Exemple du tube d'accès T13 (Profondeur 6 m dont 5,15 m utiles)

- Comptages neutroniques
- Profils hydriques
- Bilan d'eau
- Evapotranspiration
- Détermination du domaine d'eau disponible
- Profils de consommation
- Relations avec les profils radiculaires du palmier à huile, les profils pédologiques et les résistances stomatiques

H. REY

N° DOC 2146

Période du 11 Décembre 1987 au 28 Juillet 1988

PLAN

PAGES

- RESUME ET CONCLUSIONS 3

- INTRODUCTION 13

1 - Bilan hydrique

11 - Comptages neutroniques et profils hydriques
12 - Suivi des profils
13 - Bilan hydrique à 515 cm de profondeur
14 - Evapotranspiration réelle ou ETR
15 - Bilan hydrique à 225 cm de profondeur
16 - Commentaires

2 - Domaine d'eau disponible (ou DED) 25

21 - HV minimales
22 - HV maximales
23 - DED
24 - Commentaires

3 - Consommation d'eau et DED 32

31 - Etude de la consommation
32 - Traitement des données et résultats
33 - Commentaires
34 - Conclusion

4 - Résultats des analyses de sol 36

41 - Résultats
42 - Commentaires

5 - Profils radiculaires 42

51 - Résultats
52 - Commentaires
53 - Relation racines/consommation de l'eau du DED

6 - Conclusions et perspectives 49

PAGES

- TABLEAUX

1 - Bilan hydrique du tube T13 — 15
2 - Résultats d'analyses de sol — 37
3)
4) Profils radiculaires — 43 à 45
5)

- GRAPHES

1 - LA ME : pluviométrie "hebdomadaire" — 17
2 - Evolution du stock d'eau à 515 cm de profondeur — 18
3 - ETR par périodes "hebdomadaires" — 19
4 - LA ME : pluviométrie mensuelle — 20
5 - ETR moyenne mensuelle — 21
6 - ETR moyenne cumulée sur la période — 22
7 - HV minimales et maximales — 26
8 - DED par horizons (pas de 10 cm) — 27
9 - DED cumulé sur le profil — 28
10 - % DED par horizon/DED total — 29
11 - % DED cumulé/DED total — 30
12 - Evolution réserve utilisable en fonction du temps — 33
13 - Relation taux d'argile/pF 4,2 — 38
14 - Relation HV pF 4,2/HV min T13 — 39
15 - Relation taux d'argile/DED — 41
16 - Profils radiculaires — 46
17 - Fraction absorbante — 47

- ANNEXES — 51

1 à 10 - Série du profils hydriques — 52 à 62
11 à 15 - Calcul de bilan hydrique T13 à 2,25 m de profondeur — 63 à 68
16 à 50 - Série de profils de consommation du DED — 69 à 104

RESUME ET CONCLUSIONS

Les équations retenues à l'issue de l'étude méthodologique (objet du Document IRHO N° 2143), permettent de calculer les humidités du sol (HV = % d'eau par unité de volume) à toutes les profondeurs explorées par la sonde radiométrique SOLO 40, du moins dans les conditions de la parcelle E70 à LA ME.

Rappelons que dans cette parcelle, on se propose d'analyser le comportement du palmier (résistance stomatique, photosynthèse), en fonction de l'évolution des profils hydriques au cours de l'année. Les profils hydriques sont mesurés périodiquement, en général une fois par semaine, dans les tubes d'accès mis en place à l'origine. On dispose de 12 tubes de 3 mètres (profondeur utile 2,25 m), moitié sur l'interligne et moitié sur l'ancien andain et de deux tubes de 6 m (profondeur utile 5,15 m T13 interligne T14 andain à proximité). Ces derniers tubes plus profonds ont été mis en place, dès que les premières mesures effectuées sur les 12 premiers tubes ont montré que le palmier était capable d'absorber de l'eau à une profondeur supérieure à 3 mètres et même au-delà de 5,15 m, comme cela a été démontré par la suite.

Il n'y avait donc pas d'autres possibilités que d'utiliser les seuls tubes 13 et 14, pour étudier l'évolution des profils hydriques, quitte à les valider en comparant leurs résultats à ceux des 12 autres tubes sur leur profondeur commune (2,25 m). Le tube 14 ayant eu quelques anomalies de fonctionnement, c'est donc seulement sur le tube 13 qu'il était possible de travailler valablement, du moins dans l'état actuel du dépouillement.

C'est l'objet de cette note qui analyse en détail l'évolution des profils hydriques du tube 13, pour une première période d'observation allant du 11/12/87 au 28/7/88.

***
*

1 - BILAN D'EAU - EVAPOTRANSPIRATION REELLE (ETR)

Il est observé tout d'abord qu'il n'y a pas eu de perte d'eau par drainage au-delà de 515 cm jusqu'au 7 Juillet 88. En effet, pendant toute la durée de la grande saison sèche, jusqu'au début du mois de Mai, le profil se dessèche en continu de la surface vers la profondeur et ne peut donc permettre qu'une circulation d'eau non saturante dans le sens ascentionnel. Du 10/5 jusqu'au 7/7/88, les fortes précipitations du début de la grande saison des pluies réhumectent le profil en surface puis en profondeur sans que le front de réhumectation, clairement identifiable, n'atteigne jamais la profondeur limite de 5,15 m. Jusqu'au 7/7/88, il est donc possible, en l'absence de perte d'eau par drainage, d'estimer l'évapotranspiration de la palmeraie entre deux dates d'observations en ajoutant la quantité d'eau apportée par les pluies à celle qui a été prélevée dans le sol. Cette dernière est évaluée par différence des quantités d'eau contenues dans le profil de sol entre l'origine et la fin de la période considérée (stocks d'eau calculés en millimètre) :

ETR (Evapotranspiration réelle) = P - Δ stock

Il s'agit cependant d'une estimation par défaut, car la forme des profils de dessèchement du sol montre qu'il existe des prélèvements d'eau au-delà de 5,15 m, dont il n'est pas possible de tenir compte faute de mesure.

L'ETR ainsi calculée sur une base hebdomadaire (Tableau 1), varie de 0,8 à 5,1 mm/jour au cours de la saison sèche autour d'une valeur moyenne de 2,5 mm/jour. Elle augmente avec l'arrivée des fortes pluies, pour prendre des valeurs anormalement élevées qu'il n'est pas possible d'accepter (10,6 mm/jour par exemple du 30/6 au 7/7). Il faut admettre que l'estimation de l'ETR par cette méthode est alors biaisée par des pertes d'eau de pluie par ruissellement, malgré l'absence de pente dans la parcelle d'observation.

Il faudra donc se limiter aux ETR mesurées en saison sèche, avant que le bilan ne soit faussé par ruissellement ou par drainage. Ces ETR de saison sèche sont heureusement les plus intéressantes, car elles permettront par la suite d'étudier l'effet de la résistance opposée par la plante à l'évapotranspiration du couvert végétal (données de résistance stomatique non encore disponibles).

2 - DOMAINE D'EAU DISPONIBLE (DED)

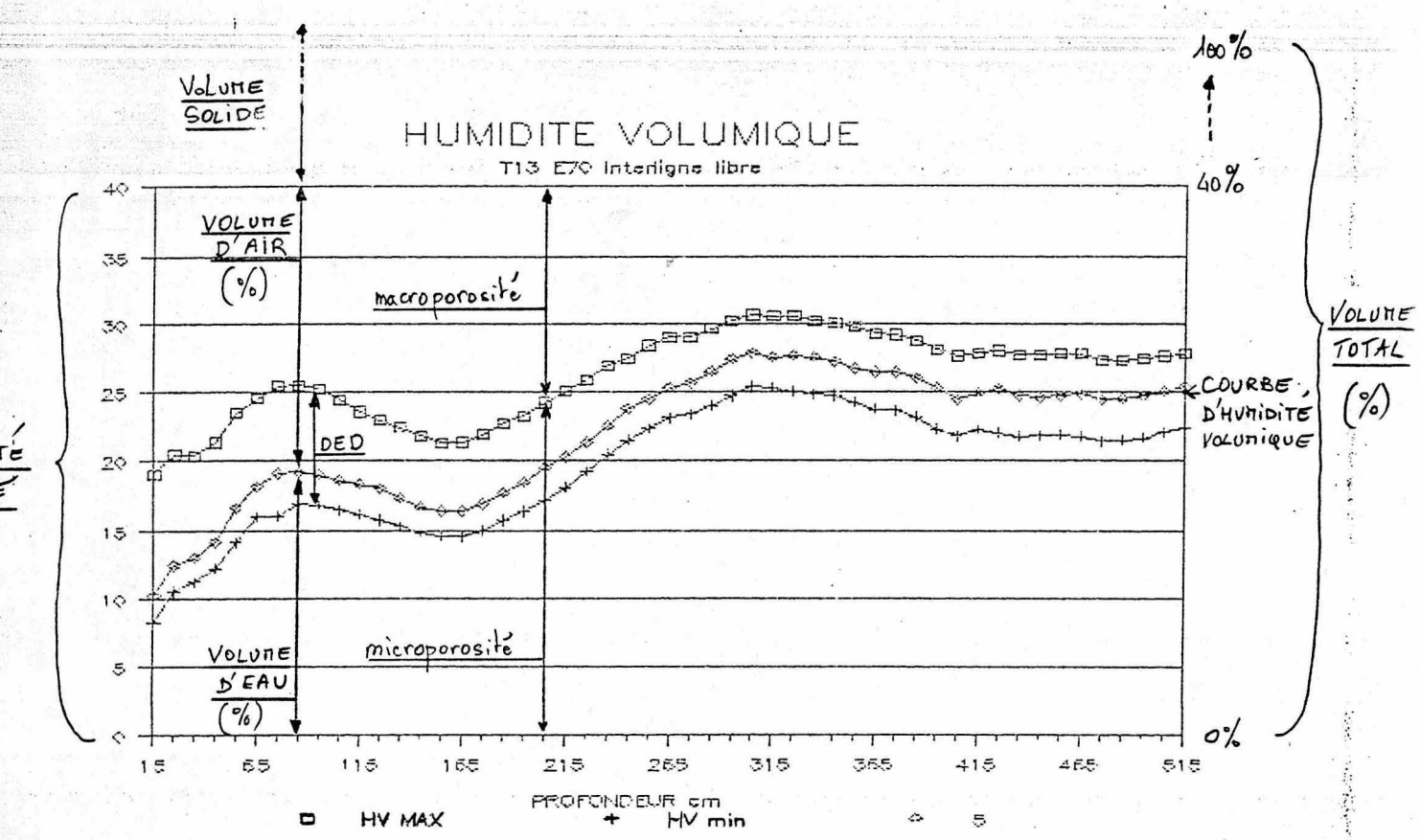
Rappelons que la réserve en eau du sol utilisable pour l'alimentation des plantes correspond au stock d'eau compris entre la capacité au champ et le point de flétrissement permanent (pF 4,2) sur l'épaisseur de sol accessible aux racines.

La capacité au champ correspond à l'humidité résiduelle d'un sol saturé d'eau, après écoulement gravitaire de l'eau libre. Le profil hydrique correspondant a été estimé, en prenant pour chaque profondeur l'humidité maximum atteinte au cours des observations, en supprimant quelques valeurs obtenues immédiatement après une forte pluie.

Le point de flétrissement correspond à l'humidité au dessous de laquelle les racines ne sont plus capables d'extraire l'eau du sol qui est retenue avec des tensions de l'ordre de 15 bars (pF 4,2). Le profil hydrique correspondant a été estimé, dans un premier temps, en prenant pour chaque profondeur l'humidité minimale atteinte au cours de la saison sèche.

La quantité d'eau comprise entre ces deux profils a été considérée comme la réserve en eau totale et appelée Domaine d'eau disponible (DED). La figure ci-dessous illustre la répartition en volume des diverses phases constituantes du sol : solide, eau, air, en admettant une porosité constante égale à 40 % (porosité calculée avec une densité réelle estimée à 2,6 et une densité apparente constante de 1,6.

$$P = 100\left(\frac{2.6 - 1.6}{2.6}\right) \simeq 40\ \%$$



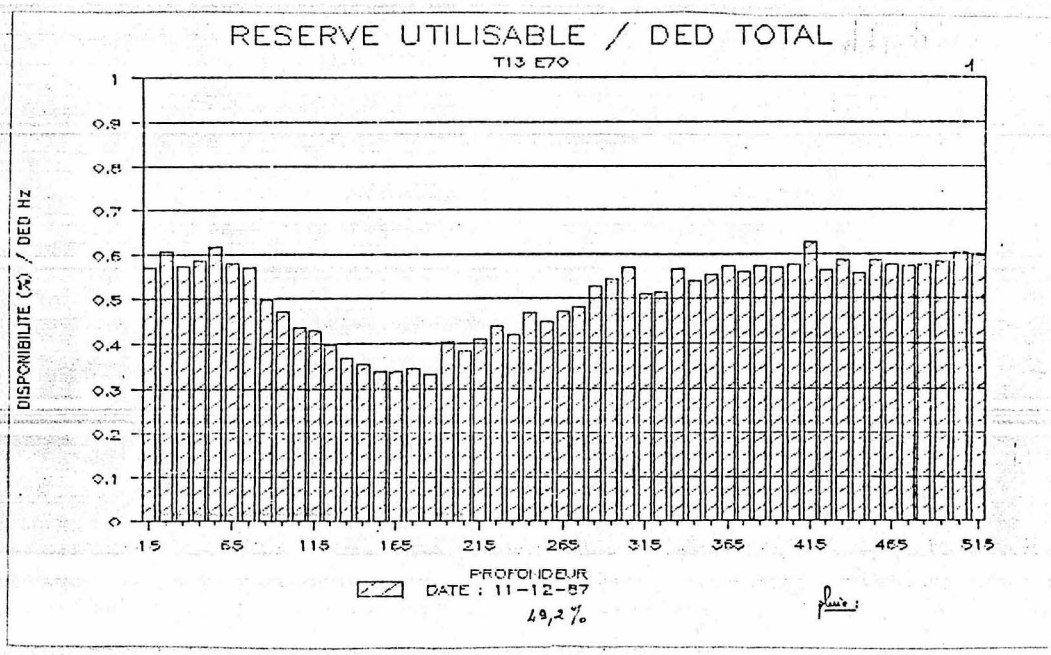
Le DED, maximum en surface avec 10 mm de réserve par 10 cm de sol, diminue progressivement jusqu'à environ 2 mètres de profondeur pour ensuite rester stable autour de 5 à 6 mm par 10 cm de sol. Sur l'ensemble du profil, la réserve totale se monte à environ 350 mm d'eau jusqu'à 5,15 mètres de profondeur, auxquels il faudrait ajouter la quantité d'eau que la palmeraie est capable de prélever au-delà sans être en mesure de l'estimer.

3 - CONSOMMATION DU DED

Si l'on exprime maintenant l'humidité du sol en pourcentage du DED, on obtient une valeur plus représentative de la tension avec laquelle cette eau est retenue par le sol. Les profils hydriques correspondants rendent plus facilement compte des contraintes d'absorption rencontrées par les racines.

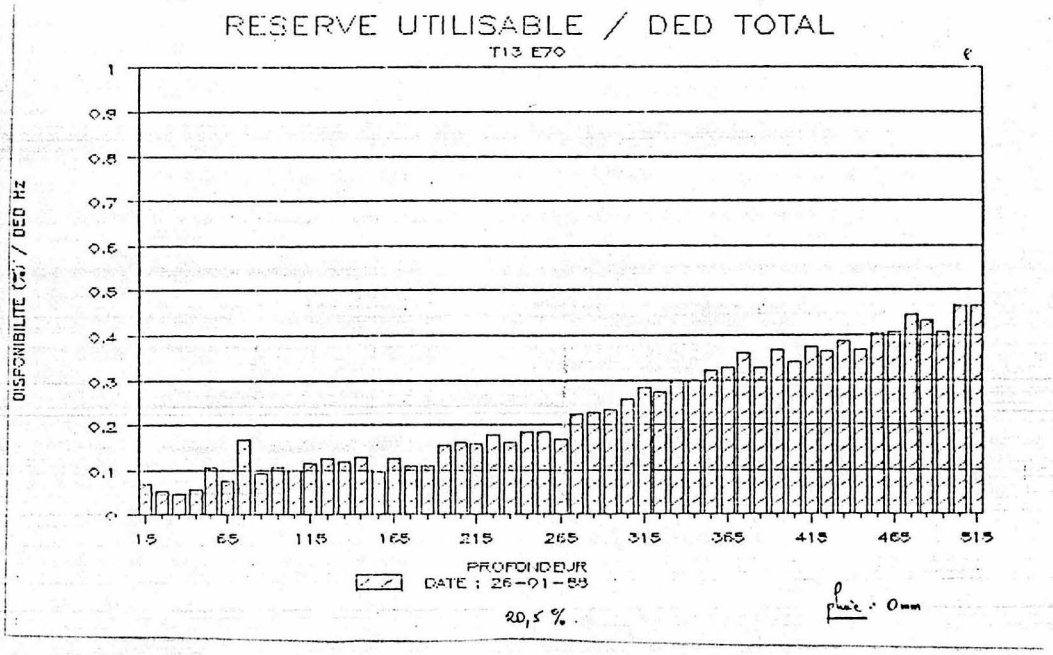
Le premier profil (11/12/87) se trouve être à environ 50 % du DED sur l'ensemble.

Profil 11/12/87



Il se dessèche progressivement en l'absence de pluie, pour prendre une forme oblique presque rectiligne, dont la pente augmente avec le temps.

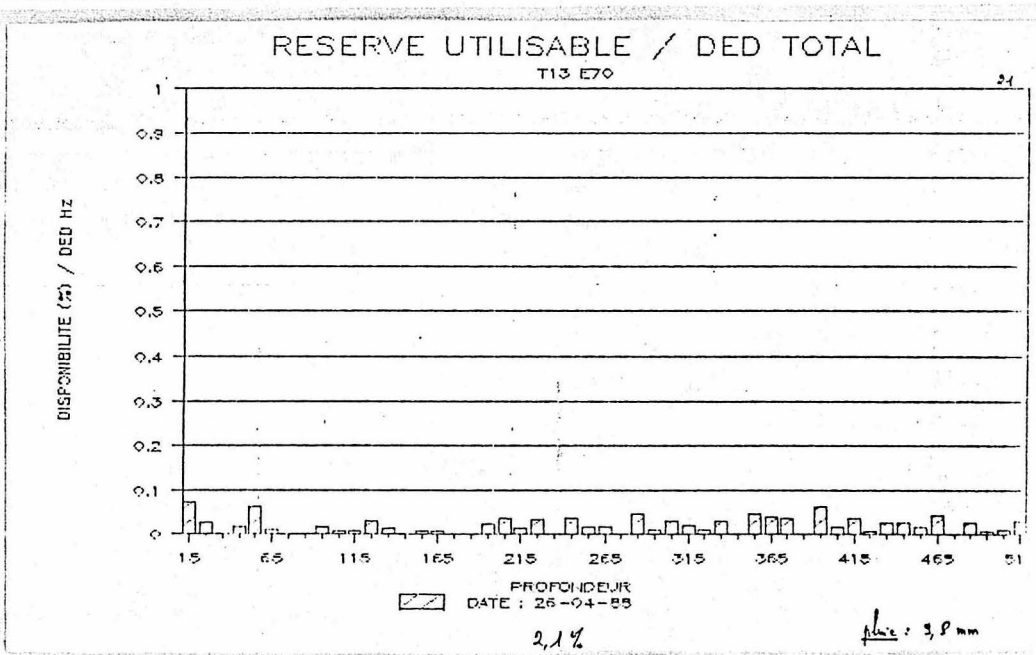
Profil 26/1/88



Les prélèvements d'eau sont donc proportionnellement plus importants en surface qu'en profondeur et ceci malgré le gradient décroissant de tension qui en résulte.

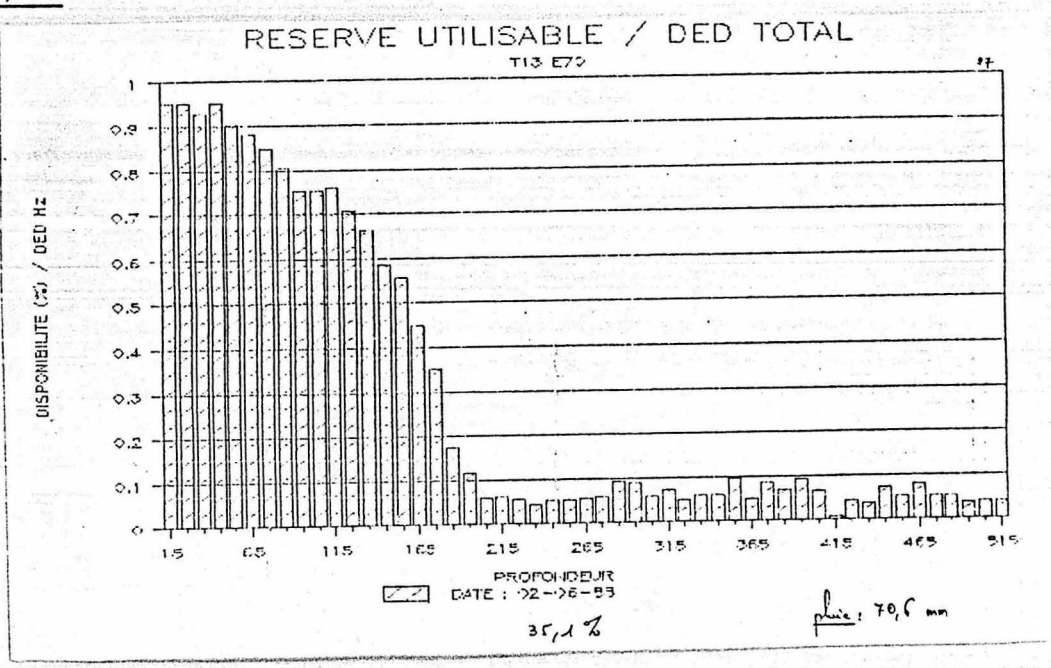
Lorsque les horizons de surface atteignent le minimum d'humidité, les prélèvements d'eau ne s'effectuent plus qu'en profondeur, jusqu'à consommation totale ou presque du DED apparent.

Profil 26/4/88



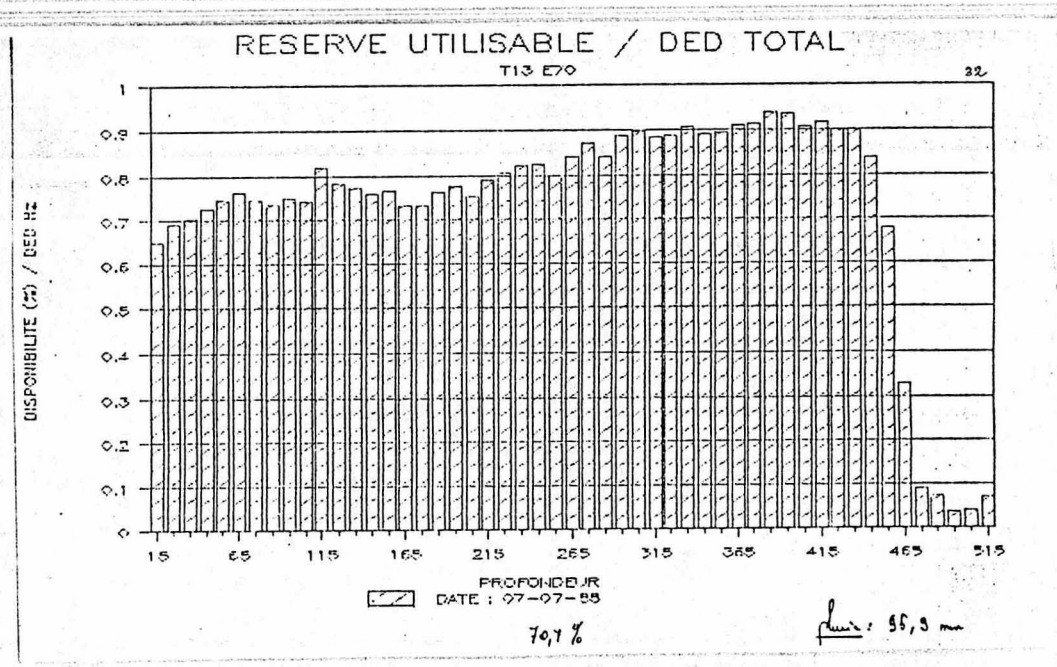
Les premières pluies réhumectent la partie supérieure du profil.

Profil 2/6/88

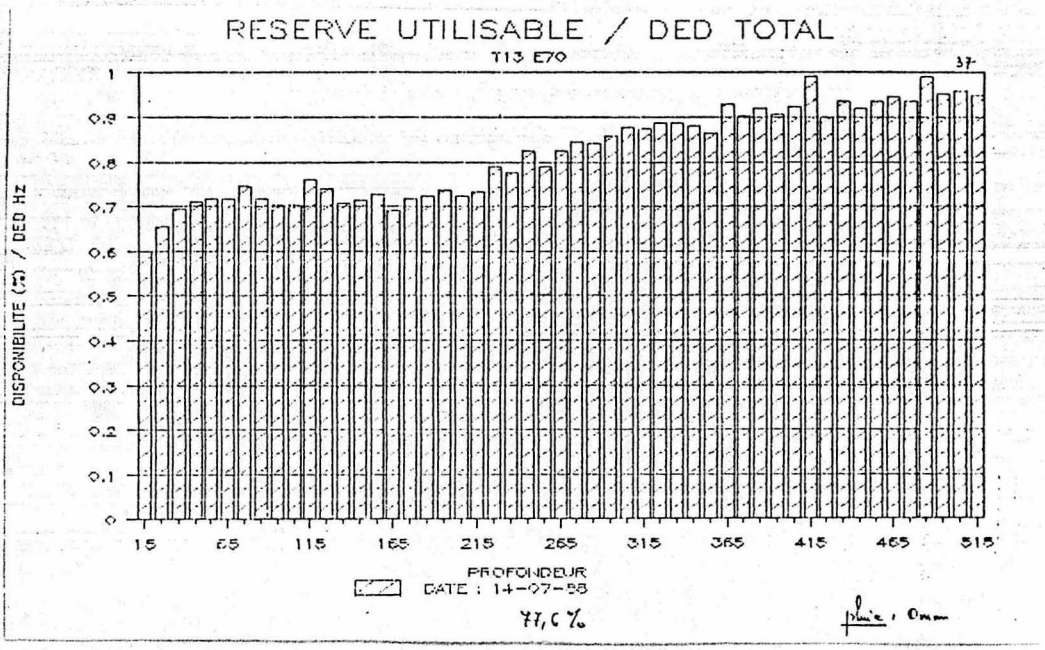


Le front de réhumectation progresse ensuite vers la profondeur, tandis que les prélèvements d'eau s'effectuent à nouveau préférentiellement en surface.

Profil 7/7/88



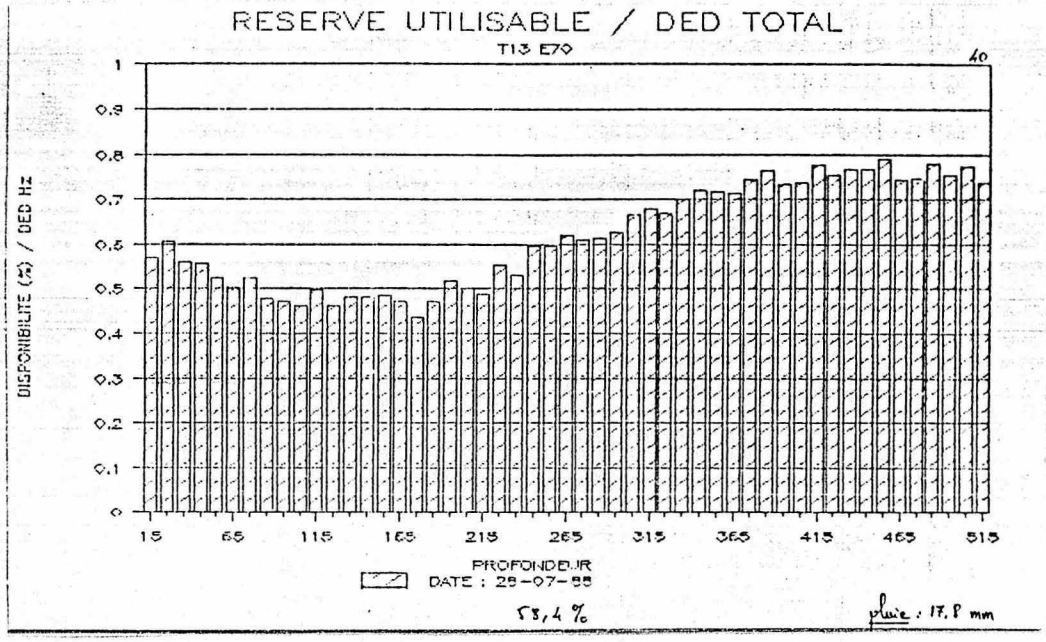
rofil 14/7/88



La prochaine étape sera de confronter l'évolution de ces profils à la résistance stomatique de la palmeraie, de façon à identifier si possible le profil critique au-delà duquel la résistance stomatique augmente de telle manière que l'ETR est sensiblement réduite (dans quelle mesure ?) et que la photosynthèse diminue (dans quelle proportion ?). Ce profil critique correspondrait à ce que l'on appelle réserve facilement utilisable (RFU).

La réserve utilisable totale (% du DED de 350 mm) diminue régulièrement de 50 % à quelques % entre le 15/12 et le 3/5, avec un petit épisode de remontée en Mai, suite à quelques pluies totalisant 100 mm . Ce dessèchement est suivi de la phase de réhumectation de grande saison des pluies qui culmine à 91 % le 11/7 et qui est suivie à son tour par un nouveau cycle de dessèchement correspondant à l'amorce d'une petite saison sèche.

Profil 26/7/88



4 - ANALYSES DE SOLS

Il existe une très bonne corrélation entre les humidités au pF 4,2 mesurées au laboratoire et les taux d'argile du profil.

HV (pF 4,2) = 0,34 A % + 0,76	r^2 = 0,99

Les humidités minimales utilisées comme plancher du DED, sont étroitement corrélées avec les humidités au pF 4,2 mesurées au laboratoire,

HV (pF 4,2) = 1,03 HV mini + 3,56	r^2 = 0,93

avec un différentiel constant de 3,5 % qui pourrait vouloir dire que la palmeraie ne serait pas en mesure, dans son fonctionnement normal, de prélever l'eau du sol jusqu'au point de flétrissement couramment admis (pF 4,2 tensions 15 bars), en raison peut-être de l'existence permanente d'une possibilité de prélèvement en profondeur à des tensions encore plus faibles.

Il faut enfin signaler la relation négative obtenue entre le DED (tel qu'il a été définit dans cette note) et le taux d'argile

DED mm/dm sol = - 0,19 A % + 11,6	r^2 = 0,81

relation déjà trouvée par OCHS et OLIVIN pour des sols voisins au Bénin.

5 - PROFILS RADICULAIRES

Les racines primaires (RI) sont localisées en surface (50 % avant 20 cm) jusqu'à 60 cm de profondeur environ. Les racines secondaires (RII), tertiaires (RIII) et quaternaires (RIV) (seules absorbantes), descendent jusqu'à 4,80 m au moins ("limite du mesurable"), en décroissance progressive. La somme RIII + RIV (non séparable), passe de 1 gr sec/dm^3 en surface à 0,3 g à un mètre, pour décroitre ensuite plus régulièrement, à moins de 0,1 g. Le total des racines présentes dans le profil, soit 31,5 g par dm^2 de surface horizontale, représente une biomasse considérable de 31,5 t de matière sèche par hectare de palmeraie. Le gradient de consommation d'eau décroissant avec la profondeur à tension d'eau équivalente et même à contre-gradient de tension, est à mettre en parallèle avec le gradient des concentrations radiculaires : le flux d'absorption augmente avec la densité de racine, au moins jusqu'à ce que l'humidité du sol ait atteint sa valeur minimale en surface, au-delà de laquelle l'absorption d'eau se déplace vers la profondeur dans les couches plus humides mais moins riches en racines.

***
*

L'exploitation du tube 13 nous a permis de décrire pour la première fois l'évolution des profils hydriques d'une palmeraie sur une profondeur supérieure à 5 m, grâce à l'utilisation d'une sonde radiométrique et de montrer l'existence de relations cohérentes avec les profils physico-chimiques du sol et les profils racinaires.

La réserve en eau du sol ou DED est notablement plus grande que celle que nous utilisons couramment dans nos calculs de déficit hydrique (350 mm contre 200 mm), mais il s'agit seulement pour l'instant de la réserve utilisée et non pas de la réserve facilement utilisable. Cette réserve facilement utilisable ne pourra être estimée que lorsque nous disposerons des mesures de résistances stomatiques en cours de dépouillement.

le résultat final de cette première saison d'observation risque en tout cas de modifier sensiblement nos modèles simplifiés d'estimation du déficit en eau des palmeraies.

INTRODUCTION

- Les résultats de l'étude méthodologique concernant les recherches d'étalonnages neutroniques et gammamétriques d'une sonde SOLO 40 de NARDEUX ont été utilisés dans cette étude pour le traitement des données de comptages obtenus par cette sonde sur divers tubes d'accès (voir DOC IRHO N° 2143).

- A partir de ces données, on a essayé d'établir le bilan hydrique d'une palmeraie adulte, au moyen des variations des stocks d'eau dans le sol, et d'en déduire quelques valeurs caractéristiques relatives à ce bilan, à l'Evapotranspiration réelle, au Domaine d'eau disponible, et à l'évolution de la consommation de la palmeraie, en fonction de données complémentaires telles les profils racinaires et pédologiques observées par ailleurs.

- Sans reprendre l'ensemble du dispositif décrit en détail dans le document précédent, auquel il y aura lieu de se reporter pour plus de précisions, rappelons brièvement que nous disposons de 12 tubes d'accès de 3 mètres (2,25 mètres utiles), situés pour moitié dans l'interligne libre et l'autre moitié dans l'interligne andainé, et de 2 tubes d'accès de 6 mètres (5,15 mètres utiles) répartis de la même façon. Une fosse pédologique servant aux observations complémentaires et située à proximité de la parcelle d'observations, complète le dispositif.

- Ce document présente l'ensemble des résultats obtenus sur le tube T13 de 6 mètres situé dans l'interligne libre pour une période d'observation de 8 mois environ (11 Décembre 1987 - 28 Juillet 1988).

- Ces résultats devront être comparés à ceux obtenus sur les 6 tubes de 3 mètres de la même situation, afin de valider la cohérence de son comportement.

- Enfin, un rapprochement avec des observations de l'évolution des Résistances stomatiques des palmiers, devrait permettre de mieux reprendre leur fonctionnement, en relation avec l'évolution du bilan hydrique de la palmeraie.

CHAPITRE 1

BILAN HYDRIQUE

11 - Comptages neutroniques et profils hydriques

Des comptages neutroniques obtenus au moyen de la sonde SOLO 40 de NARDEUX ont été réalisés régulièrement sur ce tube d'accès pendant la période du 11 Décembre 1987 au 28 Juillet 1988, selon une fréquence généralement hebdomadaire.
Ces observations recouvrent la grande saison sèche de Décembre 1987 à Mars 1988 et la grande saison des pluies d'Avril 1988 à Juillet 1988.

- Pour chaque date d'observation les Humidités Volumiques HV, exprimées en pourcentage, ont été calculées à partir des comptages neutroniques CN au pas de 10 cm, et de l'équation d'étalonnage gravimétrique neutronique retenue dans le document "méthodologie d'étalonnages".

- Les stocks d'eau correspondants ont été déduits des Humidités Volumiques pour les deux profondeurs 225 et 515 cm.

12 - Le suivi de l'évolution des profils hydriques en fonction du temps peut être présenté sous forme d'une série de graphiques reportés en annexes 1 à 10.

13 - Bilan hydrique

A partir des stocks calculés à 515 cm de profondeur, un bilan hydrique a été réalisé (cf tableau 1) en tenant compte des remarques suivantes qui résultent de l'observation des graphes précédemment mentionnés :

- La continuité dans le temps des diminutions d'Humidité Volumique dans les horizons profonds et sur l'ensemble du profil pendant toute la saison sèche, permet de conclure à une absence de drainage au-delà de 515 cm de profondeur pendant cette saison sèche.

- La réhydratation du profil consécutive aux pluies des mois de Juin-Juillet 1988 montre que le profil n'est pas entièrement resaturé jusqu'à 515 cm de profondeur et donc qu'il n'y a pas eu de drainage profond au-delà de cette profondeur jusqu'au 7 Juillet 1988.

TUBE T13 — BILAN HYDRIQUE HEBDOMADAIRE
LM ES 301 — SUR 515 cm de profondeur

PERIODES	NUMERO PERIODE	NB Jours	STOCK	DIF.STk	PLUIE	CONS.	ETR.m	RU % / DEC total
11-12-87	1		1186.81					49.2%
15-12	2	4	1177.01	-9.80	0.0	9.80	2.4	46.7%
22-12	3	7	1167.84	-9.17	4.5	13.67	2.0	44.1%
30-12	4	8	1151.46	-16.38	0.0	16.38	2.0	39.8%
05-01-88	5	6	1131.32	-20.14	0.0	20.14	3.4	34.4%
12-01	6	7	1114.78	-16.54	0.0	16.54	2.4	29.8%
19-01	7	7	1096.29	-18.49	0.0	18.49	2.6	24.6%
26-01	8	7	1082.19	-14.10	0.0	14.10	2.0	20.5%
02-02	9	7	1069.05	-13.14	0.5	13.64	1.9	16.6%
09-02	10	7	1056.59	-12.46	6.1	18.56	2.7	13.1%
18-02	11	9	1050.02	-6.57	0.4	6.97	0.8	11.2%
23-02	12	5	1041.11	-8.91	3.4	12.31	2.5	8.6%
01-03	13	7	1035.55	-5.56	4.0	9.56	1.4	7.1%
08-03	14	7	1059.29	23.74	56.4	32.66	4.7	12.4%
15-03	15	7	1083.04	23.75	40.2	16.45	2.4	19.3%
22-03	16	7	1054.02	-29.02	6.4	35.42	5.1	11.8%
29-03	17	7	1031.79	-22.23	0.4	22.63	3.2	6.0%
05-04	18	7	1033.22	1.43	16.7	15.27	2.2	6.0%
12-04	19	7	1026.75	-6.47	16.5	22.97	3.3	4.5%
19-04	20	7	1020.07	-6.68	2.7	9.38	1.3	2.8%
26-04 (min)	21	7	1018.38	-1.69	9.8	11.49	1.6	2.1%
03-05	22	7	1023.57	5.19	22.2	17.01	2.4	2.8%
10-05	23	7	1026.43	2.86	22.2	19.34	2.8	4.3%
17-05	24	7	1102.33	75.90	138.2	62.30	8.9	25.0%
19-05	25	2	1088.23	-14.10	0.0	14.10	7.0	21.0%
26-05	26	7	1084.20	-4.03	36.8	40.83	5.8	19.6%
02-06	27	7	1142.03	57.83	70.6	12.77	1.8	35.1%
09-06	28	7	1162.86	20.83	84.4	63.57	9.1	41.8%
16-06	29	7	1185.38	22.52	60.7	38.18	5.5	48.3%
23-06	30	7	1196.99	11.61	46.6	34.99	5.0	51.4%
30-06	31	7	1239.23	42.24	79.3	37.06	5.3	63.0%
07-07	32	7	1262.02	22.79	96.9	74.11	10.6	70.7%
11-07 (max)	33	4	1334.15	72.13	133.5	61.37	DRAI	90.9%
11-07	34	0.5	1323.02	-11.13	0	11.13	NA	88.3%
12-07	35	0.5	1316.61	-6.41	0	6.41	GE	86.5%
12-07	36	0.5	1305.37	-11.24	0	11.24		83.4%
14-07	37	1.5	1285.34	-20.03	0	20.03		77.6%
16-07	38	2	1260.8	-24.54	0	24.54		70.8%
21-07	39	5	1240.71	-20.09	10.6	30.69		64.9%
28-07	40	7	1218.72	-21.99	17.8	39.79		58.4%

BILAN HYDRIQUE CUMULE
SUR 515 cm de profondeur

NB Jours	DIF.STk	PLUIE	CONS.	ETR.m
4	-9.8	0	9.8	2.4
11	-18.97	4.5	23.47	2.1
19	-35.35	4.5	39.85	2.1
25	-55.49	4.5	59.99	2.4
32	-72.03	4.5	76.53	2.4
39	-90.52	4.5	95.02	2.4
46	-104.62	4.5	109.12	2.4
53	-117.76	5	122.76	2.3
60	-130.22	11.1	141.32	2.4
69	-136.79	11.5	148.29	2.1
74	-145.7	14.9	160.6	2.2
81	-151.26	18.9	170.16	2.1
88	-127.52	75.3	202.82	2.3
95	-103.77	115.5	219.27	2.3
102	-132.79	121.9	254.69	2.5
109	-155.02	122.3	277.32	2.5
116	-153.59	139.0	292.59	2.5
123	-160.06	155.5	315.56	2.6
130	-166.74	158.2	324.94	2.5
137	-168.43	168.0	336.43	2.5
144	-163.24	190.2	353.44	2.5
151	-160.38	212.4	372.78	2.5
158	-84.48	350.6	435.08	2.8
160	-98.58	350.6	449.18	2.8
167	-102.61	387.4	490.01	2.9
174	-44.78	458.0	502.78	2.9
181	-23.95	542.4	566.35	3.1
188	-1.43	603.1	604.53	3.2
195	10.18	649.7	639.52	3.3
202	52.42	729.0	676.58	3.3
209	75.21	825.9	750.69	3.6
213	147.34	959.4	812.06	
213.5	136.21	959.4	823.19	
214	129.8	959.4	829.6	
214.5	118.56	959.4	840.84	
216	98.53	959.4	860.87	
218	73.99	959.4	885.41	
223	53.9	970.0	916.1	
230	31.91	987.8	955.89	

TUBE T13 — BILAN HYDRIQUE MENSUEL
LM ES 301 — SUR 515 cm de profondeur

PERIODES	MOIS	NB Jours	DIF.STk	PLUIE	CONS.	ETR.m
11-12-87						
15-12						
22-12						
30-12	DECEMBRE	19	-35.35	4.5	39.85	2.1
05-01-88						
12-01						
19-01						
26-01						
02-02	JANVIER	34	-82.41	0.5	82.91	2.4
09-02						
18-02						
23-02						
01-03	FEVRIER	28	-33.50	13.9	47.40	1.7
08-03						
15-03						
22-03						
29-03	MARS	28	-3.76	103.4	107.16	3.8
05-04						
12-04						
19-04						
26-04						
03-05	AVRIL	35	-8.22	67.9	76.12	2.2
10-05						
17-05						
19-05						
26-05						
02-06	MAI	30	118.46	267.8	149.34	5.0
09-06						
16-06						
23-06						
30-06	JUIN	28	97.2	271.0	173.8	6.2
07-07						
11-07						
11-07						
12-07						
12-07						
14-07						
16-07						
21-07						
28-07	JUILLET	28	-20.51	258.8	279.31	

TABLEAU 1

- Par contre, le bilan présenté ne tiendrait pas compte des remontées capillaires et/ou prélèvements par les racines au-delà de 515 cm de profondeur (cf les résultats des profils radiculaires du palmier à huile réalisé sur la fosse pédologique et présentés dans le suite de ce document).

- Il permet cependant, pour la période allant jusqu'au 7 Juillet 1988, de porter une estimation par défaut de l'Evapotranspiration réelle ou ETR de la palmeraie dans les conditions de l'étude et par les périodes considérées (tableau 1 et graphes 1 à 6). Au-delà de la date du 7 Juillet 1988, l'étude des profils hydriques (cf annexe 9), montre que le front de réhumectation dépasse la profondeur de 5,15 mètres. Nous pouvons en conclure qu'il existe alors des phénomènes de drainage profond, qui ne nous permettent plus de calculer l'ETR selon la formule retenue (cf paragraphe suivant).
Il y a alors lieu, soit de réaliser des observations au moyen de SOLO 40 au-delà de cette profondeur, soit de déterminer les flux d'eau à cette profondeur pour calculer de manière exacte l'ETR.

14 - Evapotranspiration réelle ou ETR

Le calcul de l'ETR a donc été réalisé en prenant en compte uniquement la différence de stock d'eau observée entre deux dates d'observations (nombre de jours) et les pluies intervenues pendant la même période et ce pour 515 cm d'épaisseur de sol.
Nous avons alors :

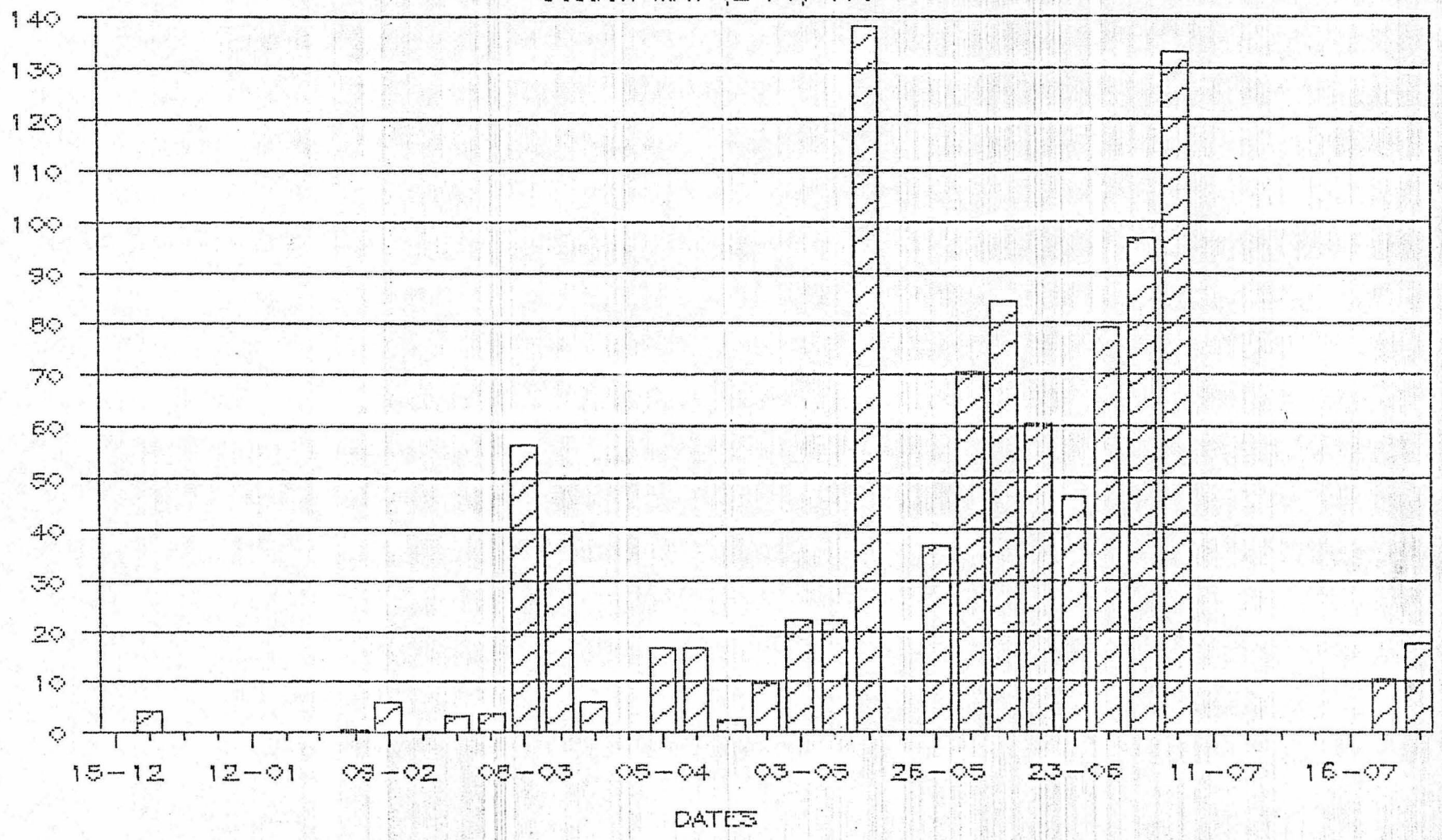
$$ETR = Pluies - \Delta\ stock$$

Le stock d'eau correspond à la quantité totale d'eau contenue dans le sol, entre la surface et la profondeur considérée. Il est exprimé en millimètres et l'ETR en mm par jour, en divisant l'ETR obtenue entre deux dates d'observations par le nombre de jours de la période considérée.

15 - Un bilan réalisé de façon identique pour la profondeur 225 cm (profondeur utile des tubes de 3 mètres), est également présenté dans ce document (cf tableau et graphes reportés en annexes 11 à 15).
Par comparaison entre les résultats obtenus sur le tube T13 à cette profondeur et ceux des autres tubes (6), situés de façon similaire dans l'interligne libre, nous devons pouvoir valider son fonctionnement et le bilan obtenu à 515 cm de profondeur, en vérifiant que nous ne sommes pas dans un cas particulier dû à l'intervention de facteurs non contrôlés éventuels.

PLUVIOMETRIE "HEBDOMADAIRE" LA ME

Station MAT (E 70) T13

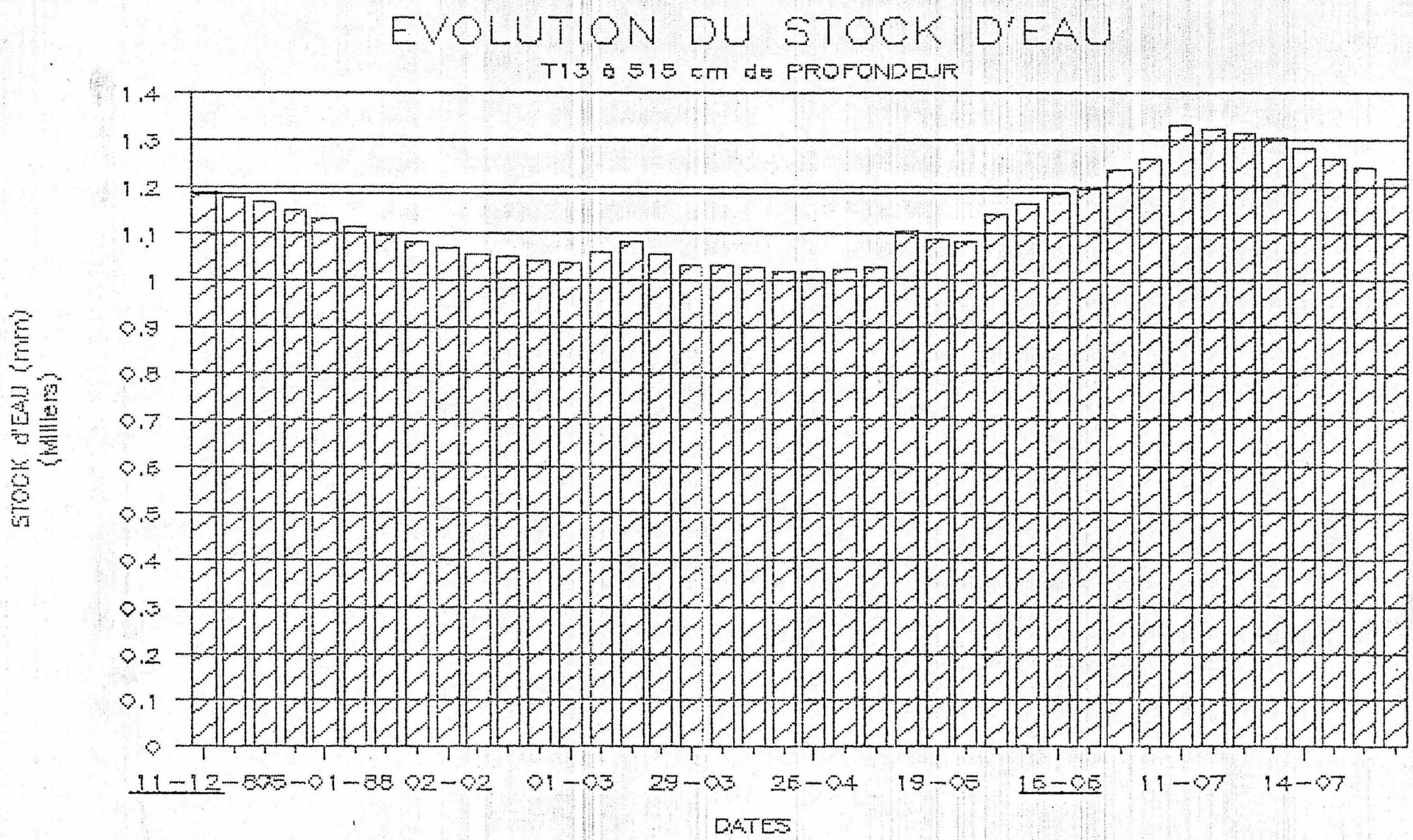


GRAPHE 1

PLUM 48

GRAPHE 2

T13 SKK1
(515 cm)



EVAPOTRANSPIRATION REELLE moyenne

Hebdomadaire (E70) T13

ETRm (mm d'eau) /Jour

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

15-12 12-01 09-02 06-03 05-04 03-05 02-06 30-06 21-07

DATES

ETRm

GRAPHE 3

PLUVIOMETRIE MENSUELLE LA ME

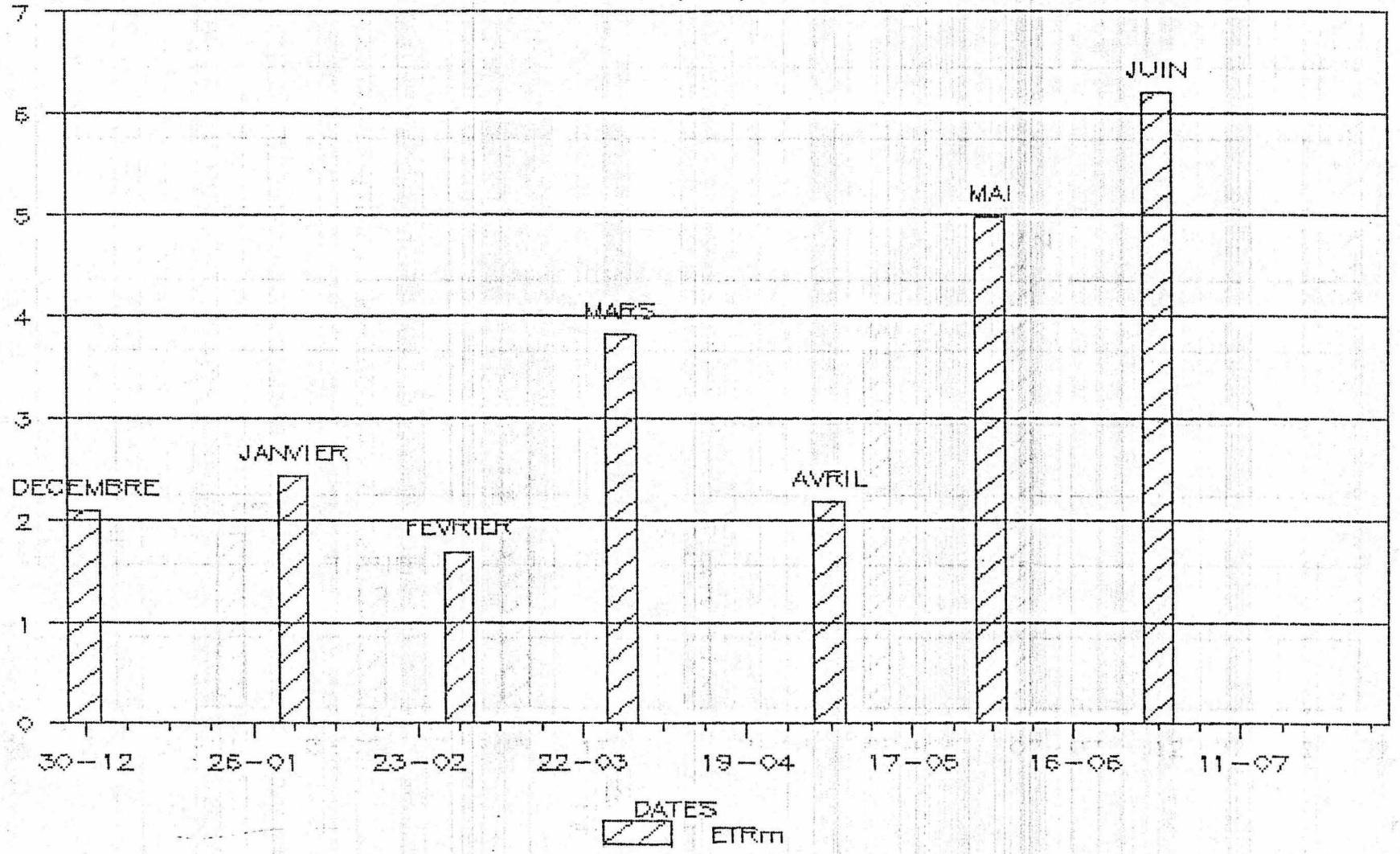
Station MAT (E70) T13

GRAPHE 4

PLUVIOSE

EVAPOTRANSPIRATION REELLE moyenne

Mensuelle (E70) T13



GRAPHE 5

EVAPOTRANSPIRATION REELLE moyenne

Cumulée (11-12-87) (E70) T13

GRAPHE 6

16 - Commentaires

- L'ETR se situe aux alentours de 2,5 mm par jour en moyenne pendant toute la saison sèche et au début de la grande saison des pluies, avec une diminution en l'absence totale de pluies (Janvier-Février 1988) et une légère augmentation quand il recommence à pleuvoir (Mars 1988).

- Les chiffres obtenus ensuite, pendant les fortes pluies de Juin 1988 par exemple, augmentent très fortement pour atteindre des valeurs anormales et suspectes.

- Bien que la parcelle dans laquelle a été installé le tube d'accès soit plane dans l'ensemble, il se peut que des phénomènes de microtopographie concourent à créer, lors des fortes pluies, des phénomènes de ruissellements très localisés, faussant par conséquent le calcul de l'ETR puisque ces derniers n'ont pas été pris en compte dans notre mode de calcul.

- Il y aurait donc lieu de vérifier par une étude topographique très détaillée (échelle de sondages de l'ordre du metre) sur la parcelle d'observations et autour du tube d'accès T13, que nous n'avons pas d'accident de terrain pouvant expliquer en première approximation l'obtention de ces chiffres suspects.

- Il peut y avoir également des ruissellements en nappe hors de la parcelle expérimentale pour les pluies les plus fortes et les plus intenses (à vérifier).

- La comparaison des résultats obtenus sur les tranches 0-225 et 0-515 cm de profondeur montrent bien l'influence des consommations profondes sur le bilan hydrique et le calcul de l'ETR, et nous confirment dans l'idée de l'importance non négligeable des prélèvements profonds sur le fonctionnement hydrique du palmier à huile.

- En effet, l'ETR journalière moyenne par mois pour 5,15 m de profondeur durant les mois de Décembre, Janvier et Février, est supérieure à celle à 2,25 m de profondeur (tableau 1 et annexe 11). Pour les mois de Mars et Avril, les valeurs sont équivalentes (faible consommation sur l'ensemble du profil). Par contre les ETR en Mai et Juin 1988 à 2,25 m sont supérieures à celles de 5,15 m, ce qui s'explique aisément à la lecture des graphes de profils hydriques par la réhydratation des horizons superficiels au niveau desquels ont lieu les prélèvements d'eau par le palmier (cf Chapitre 3 également).

- Enfin, notons que pour les mois de Mars et d'Avril, la consommation mensuelle d'eau s'effectue en majeure partie au dépend des pluies (cette consommation est légèrement inférieure à la pluviométrie mensuelle), et pour le reste par diminution du stock d'eau en profondeur qui reste très faible.

- Durant cette période, la dynamique de la consommation de l'eau par le palmier reste donc gouvernée en majeure partie par les petites pluies qui peuvent intervenir, et plus faiblement par l'utilisation de l'eau résiduelle du sol en profondeur qui joue cependant un rôle non négligeable, comme on le verra dans la suite de ce document (cf Chapitres 2 et 3).

CHAPITRE 2

DOMAINE D'EAU DISPONIBLE ou D E D

En reprenant l'ensemble des HV sur tout le profil et pour toutes les dates d'observation :

21 - Ce profil de HV minimale pour tout le profil peut être obtenu en prenant le minimum des HV par horizon pour toutes les dates. Ce profil peut dans premier un temps servir d'estimateur de l'HV au pF 4,2 du sol étudié, dans la mesure où la consommation de l'horizon s'annule pendant la période précédant la mesure. Ces HV pourront alors être comparées à celles obtenues au laboratoire, à partir des échantillons pédologiques prélevés sur la fosse puis analysés, ce qui sera fait dans un chapitre suivant (cf résultats des analyses page 37). Il est à noter que ce profil "théorique" est très proche du profil réel du 26/4/88, où nous obtenons le stock minimum (cf annexe 6).

22 - De même, un profil de HV maximale peut être obtenu dans les mêmes conditions, en tenant compte des dates des pluies intervenues avant la réhydratation et le temps de ressuyage nécessaire pendant lequel on peut observer du drainage dans les horizons étudiés (cf graphe 7). Ce profil est également obtenu quasi intégralement in situ pour toutes les profondeurs à la date du 11/7/88, où nous obtenons le stock maximum (cf annexe 9).

23 - La différence entre HV max et HV mini peut nous permettre d'estimer un DED qui fait l'objet des graphes 7 à 11.

24 - Commentaires :

- Il est à remarquer le relatif parallélisme des courbes à partir de 2 m de profondeur, correspondant à entre 5 et 6 mm d'eau par 10 cm de sol, ainsi qu'une réserve plus importante dans les horizons supérieurs (graphes 7 et 8).

- Le DED sur l'ensemble du profil jusqu'à 5,15 m de profondeur est de 350 mm d'eau environ, dont la moitié (175 mm) se situe aux alentours de 2,10 m de profondeur (graphes 11 et 9).

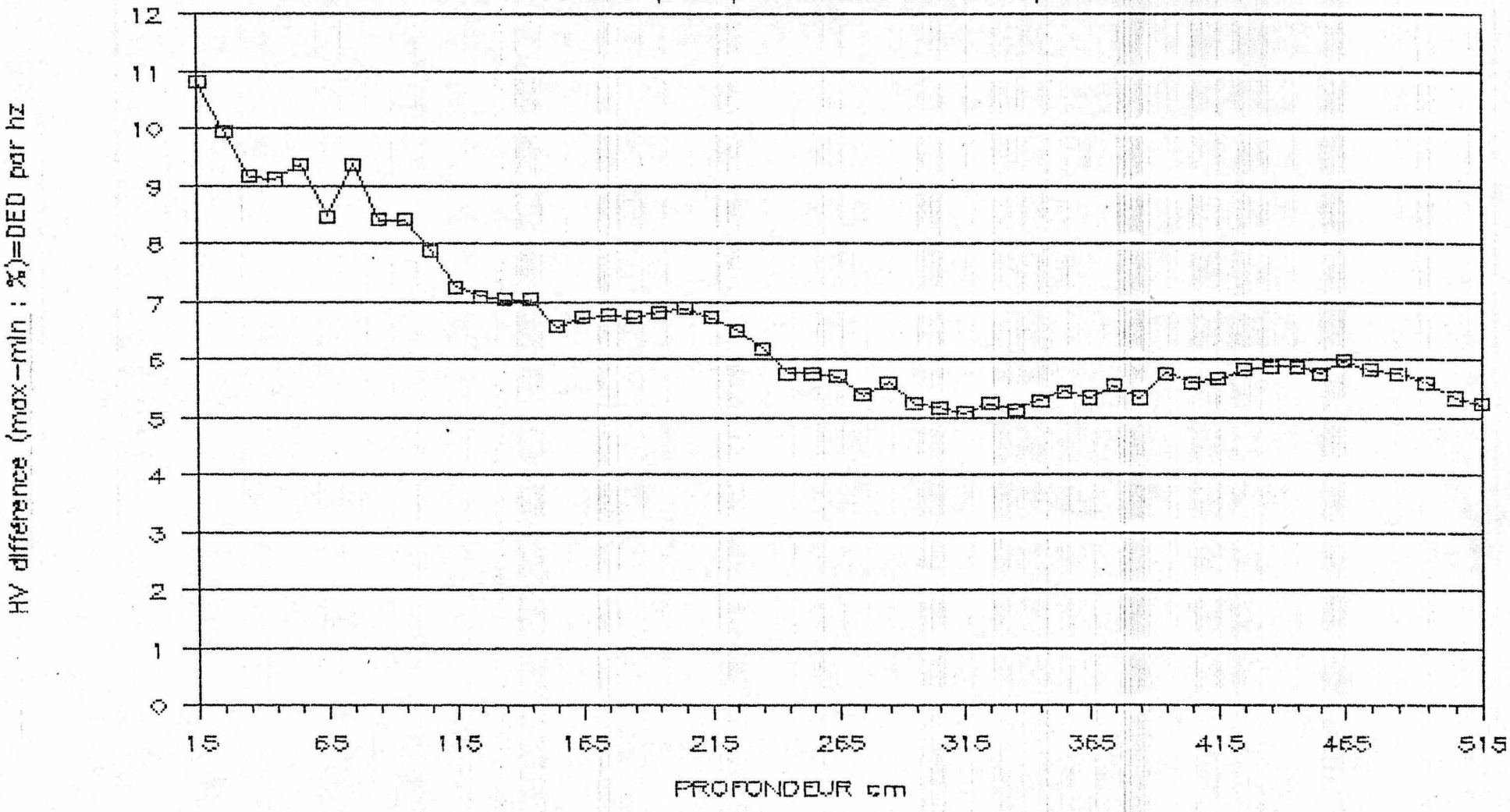
HUMIDITE VOLUMIQUE MAXIMUM ET MINIMUM

T13 E70

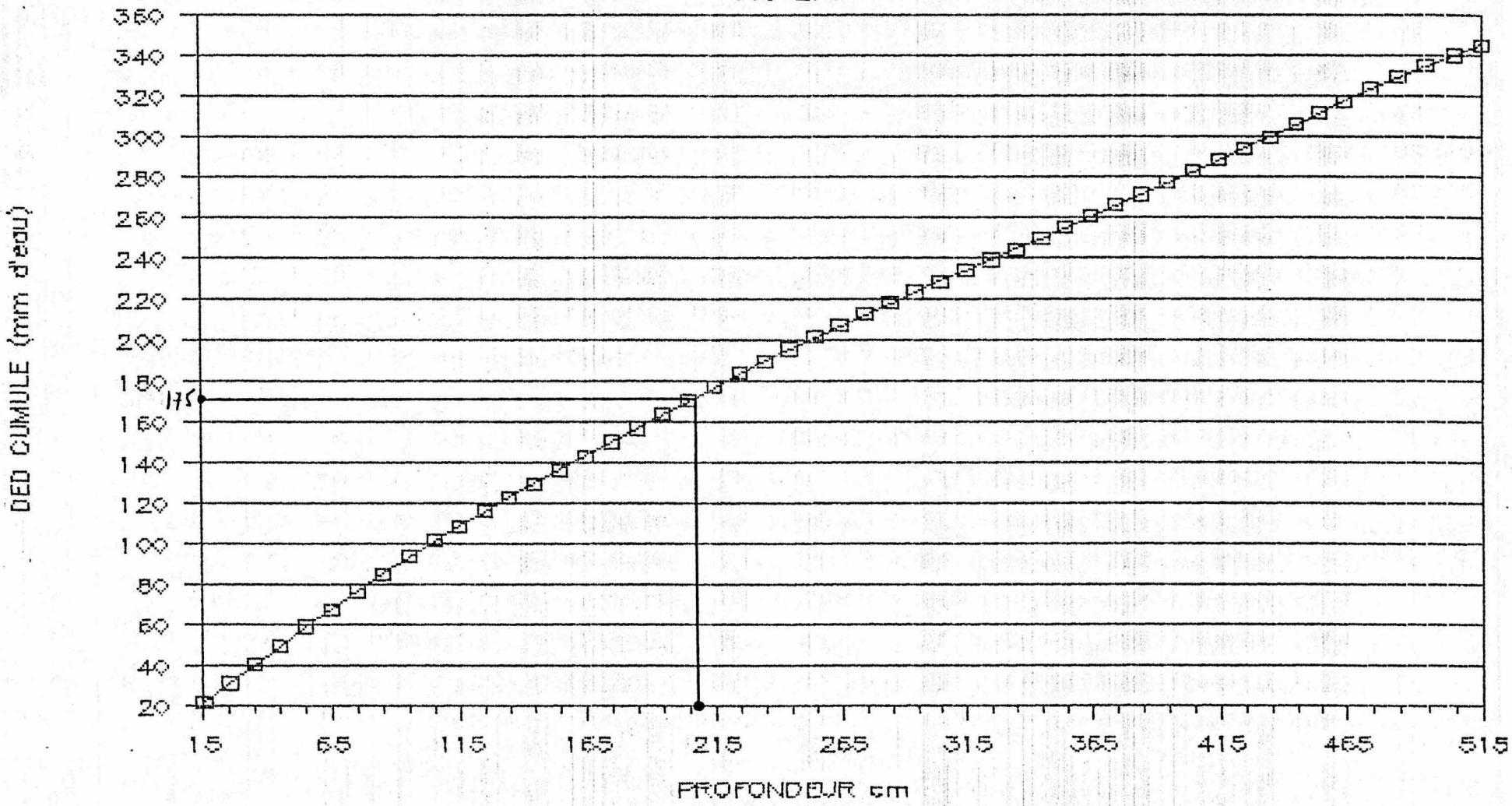
GRAPHE 1

HUMIDITE VOLUMIQUE MAXIMUM ET MINIMUM

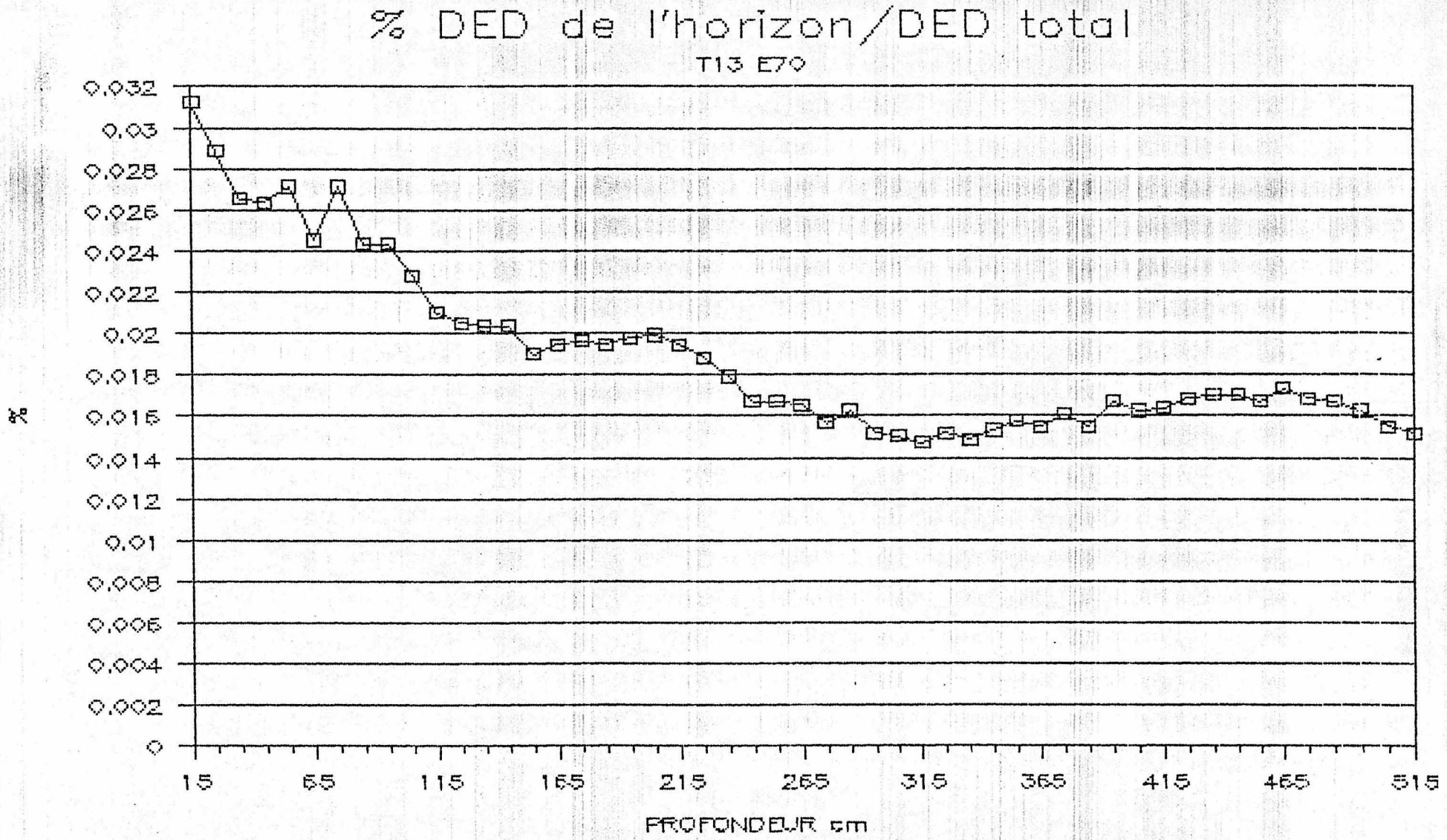
T13 E70 (DED par horizon de 10 cm)



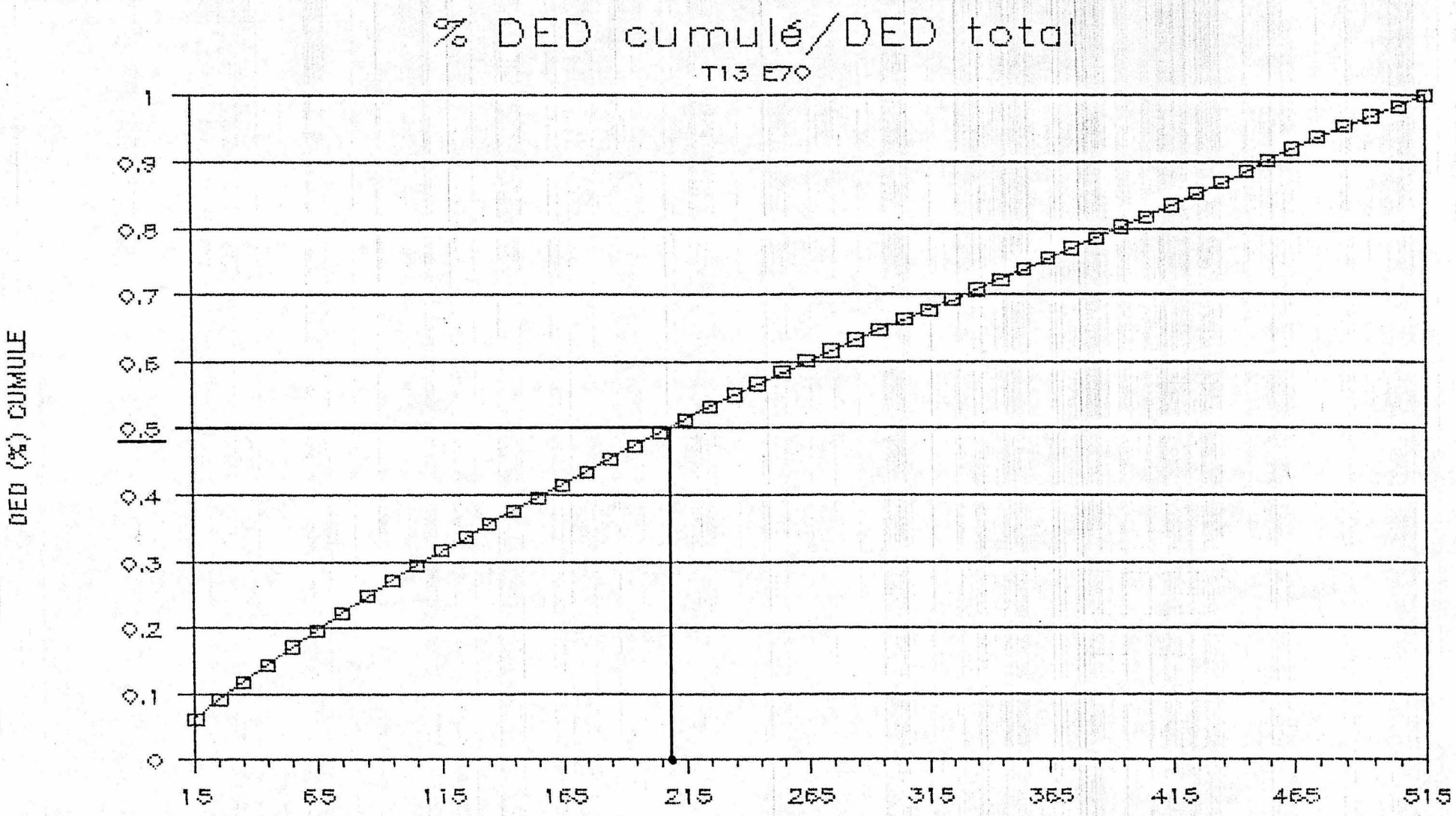
GRAPHE 8


DED CUMULE
T13 E70
DED CUMULE (mm d'eau)
360
340
320
300
280
260
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
175
15
65
115
165
215
265
315
365
415
465
515
PROFONDEUR cm

GRAPHE 9


% DED de l'horizon/DED total
T13 E79
0.032
0.03
0.028
0.026
0.024
0.022
0.02
0.018
0.016
0.014
0.012
0.01
0.008
0.006
0.004
0.002
0
%
15
65
115
165
215
265
315
365
415
465
515
PROFONDEUR cm

GRAPHE 10


% DED cumulé/DED total
T13 E70
DED (%) CUMULE
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
15
65
115
165
215
265
315
365
415
465
515
PROFONDEUR cm

- Enfin le fait que les deux courbes ne se raccordent pas en profondeur, loin de là (graphe 7), montre que le palmier utilise de l'eau en profondeur au-delà de 5,15 mètres dans une proportion non negligeable.

Dans l'état actuel de nos connaissances et nos possibilités d'observations (longueur de cable de SOLO 40 limité à 6 mètres), cette quantité est difficilement déterminable tant que nous ne connaîtrons pas le profil de dessication en profondeur.

CHAPITRE 3

CONSOMMATION D'EAU ET DED

31 - Etude de la consommation

Nous avons précédemment défini un DED comme étant la différence par horizon et pour l'ensemble des horizons, entre l'Humidité maximale et l'Humidité minimale obtenues sur la période d'observations.

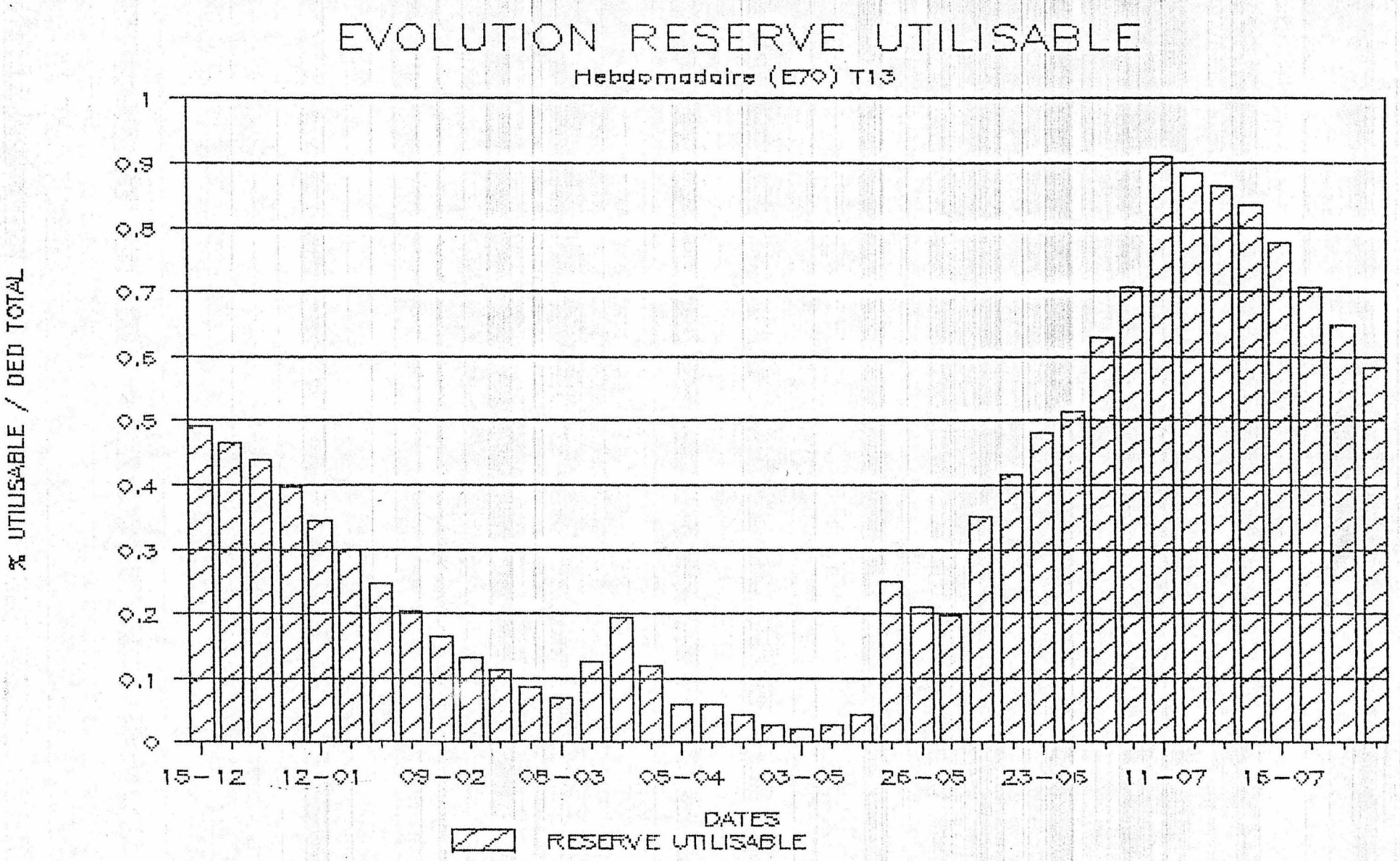
- Il était à présent intéressant d'étudier l'évolution de la consommation en eau de ce DED par la palmeraie, tant sur l'ensemble du profil que dans le temps, afin de comprendre les mécanismes mis en jeu dans l'alimentation hydrique du palmier.

- A cet effet, comme nous ne pouvions pas étudier cette consommation en la mettant directement en relation avec les forces de rétention de l'eau dans le sol (surtout pour les horizons profonds), nous avons donc utilisé comme indicateur la part de cette DED qui était consommée à une date donnée, ou plutôt celle qui restait disponible et utilisable par la palmier, pour chaque horizon et pour l'ensemble des horizons.

- Théoriquement, plus l'on se rapproche de l'HV maximale, c'est-à-dire de la capacité au champs, plus ces forces de rétention (potentiel hydrique) sont faibles. Inversemment, plus le sol se dessèche (humidité minimale ou pF 4,2), plus ces forces sont importantes.
On peut donc estimer d'une part que le potentiel varie en fonction inverse de l'Humidité du sol et l'on a prouvé d'autre part que le DED par horizon varie en fonction de la profondeur. Comme il est difficile de travailler sur les Humidités Volumiques brutes qui ne représentent qu'un état d'hydratation du sol, l'utilisation de cette fraction de la réserve utilisable par rapport au DED total est, dans l'état actuel de nos connaissances, le seul indicateur valable de la dynamique de consommation de l'eau du sol par la palmeraie, en fonction du potentiel hydrique de ce même sol.

32 - Traitement des données et résultats

A une date donnée et pour chaque horizon, nous avons donc calculé cette réserve encore utilisable en pourcentage du DED total del'horizon, ainsi que du DED total du profil de 5,15 mètres de profondeur (cf graphe 12 pour l'évolution de cette réserve).


EVOLUTION RESERVE UTILISABLE
Hebdomadaire (E70) T13
% UTILISABLE / DED TOTAL
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
15-12
12-01
09-02
08-03
05-04
03-05
26-05
23-05
11-07
16-07
DATES
RESERVE UTILISABLE

GRAPHE 12

L'ensenble des résultats est présentée dans les annexes 16 à 50, sur lesquelles nous avons également porté la quantité de pluie survenue pendant la période précédant la date d'observation.

33 - Commentaires

- A la date de mise en place (11/12/87), nous avons déjà la moitié du DED consommée, selon une répartition relativement homogène tout le long du profil (environ 50 %). On peut donc estimer qu'à cette date, les potentiels hydriques du sol par horizons sont presque équivalents et représentés par 50 % du DED en réserve utilisable.

- Pendant les deux premiers mois (jusqu'au 18/2/88), nous observons une diminution sensible de l'eau utilisable, essentiellement dans les horizons de surface, avec un début de diminution dans les horizons intermédiaires et ce malgré des potentiels hydriques en surface supérieurs à ceux des horizons profonds.

- les horizons profonds voient leur réserve utilisable diminuer progressivement jusqu'à la fin du mois d'Avril (26/4/88), date à laquelle nous obtenons quasiment le profil d'Humidité minimale sur l'ensemble du profil (2,1 % utilisable). Ceci valide en quelque sorte notre profil de HV min, puisque nous l'obtenons presque intégralement in situ.

- Notons quelques pluies début Avril réhydratant partiellement le profil pour les horizons superficiel (ouvertures stomatiques ?) et presque immédiatement reconsommés avant d'arriver au profil d'Humidité minimale le mois suivant.

- A partir de la mi-Mai, l'intervention de pluies de forte ampleur permet la réhydratation de manière conséquente des horizons superficiels d'abord, puis des horizons plus profonds, réhydratation dont la dynamique est bien visible sur les graphes des 26/5 au 11/7/88.

- A la date du 11/7/88, nous obtenons un profil de réhumectation presque identique sur l'ensemble du profil à celui de l'Humidité maximale, ce qui valide encore notre définition du DED (90,9 % de disponible).

- Enfin, notons la diminution rapide et sensible de l'eau utilisable entre la mi-Juillet et la fin Juillet (90,9 % à 58,4 % le 28/7/88), dont l'origine peut être la consommation du palmier (horizons superficiels), mais également les transferts d'eau en profondeur à l'interface de 5,15 m.

34 - En conclusion, il importe donc de remarquer que partant d'un profil où les potentiels hydriques sont comparables, la consommation de l'eau au moment du dessèchement du profil s'effectue préférentiellement dans les horizons superficiels et donc en première approche relativement independamment du potentiel hydrique du sol, c'est-à-dire de la force de rétention de l'eau dans le sol qui augmente au fur et à mesure que celui-ci se dessèche. Ce phénomène est en effet particulièrement bien visible pendant toute la première phase de dessication au début de la saison sèche, où il faut attendre d'arriver à proximité du profil d'Humidité minimale en surface, avant d'observer des prélèvements importants en profondeur. Il faut cependant noter que ces derniers ne sont pas pour autant négligeables dès le début du dessèchement du profil en surface et au fur et à mesure que l'ensemble du profil se dessèche dans les horizons moins profonds.

- Il sera intéressant de comparer ces profils et leur évolution à ceux des résistances stomatiques, afin de définir éventuellement par la suite un profil critique de fermeture des stomates.

- Enfin, cette dynamique de dessèchement sera mise en parallèle avec les profils radiculaires étudiés dans un chapitre suivant, afin de dégager une explication probable de ce phénomène.

CHAPITRE 4

RESULTATS DES ANALYSES DE SOL

41 - Les résultats des analyses physico-chimiques réalisées au laboratoire font l'objet du tableau 2. Ils ont été regroupés selon 14 profondeurs qui permettent de suivre l'évolution des pF et de la texture avec la profondeur.

42 - Commentaires

- Nous pouvons noter une très bonne corrélation entre le pF 4,2 laboratoire et le taux d'argile (cf graphe 13), ce dernier augmentant sensiblement dans les horizons de profondeur supérieure à 2,60 m, pour atteindre environ 30 % .

- le rapport sables grossiers sur sables fins reste relativement constant à 3.

- Les taux de limons fins, limons grossiers et sables fins sont relativement constants, celui de sable grossier diminue légèrement avec la profondeur.

- Le profil d'Humidité minimum obtenu précédemment sur le tube 13 de 6 mètres présente une bonne corrélation avec l'humidité volumique du sol calculée au labo par la formule :

HV = pF 4,2 * Das anneaux

(cf graphe 14)

On note que l'humidité volumique minimum obtenue au champ reste en moyenne supérieure de 3 points 1/2 par rapport à celle du pF 4,2 laboratoire ("eau résiduelle" non utilisable ?).

Ceci peut être mis en relation avec le fait que la consommation du palmier à huile reste non négligeable en profondeur et donc que pendant la période de notre étude, il ne semble pas que le palmier ait utilisé la totalité de la réserve en eau du sol disponible (réserve utile), ni dans les horizons étudiés, ni dans ceux qui sont plus profonds.

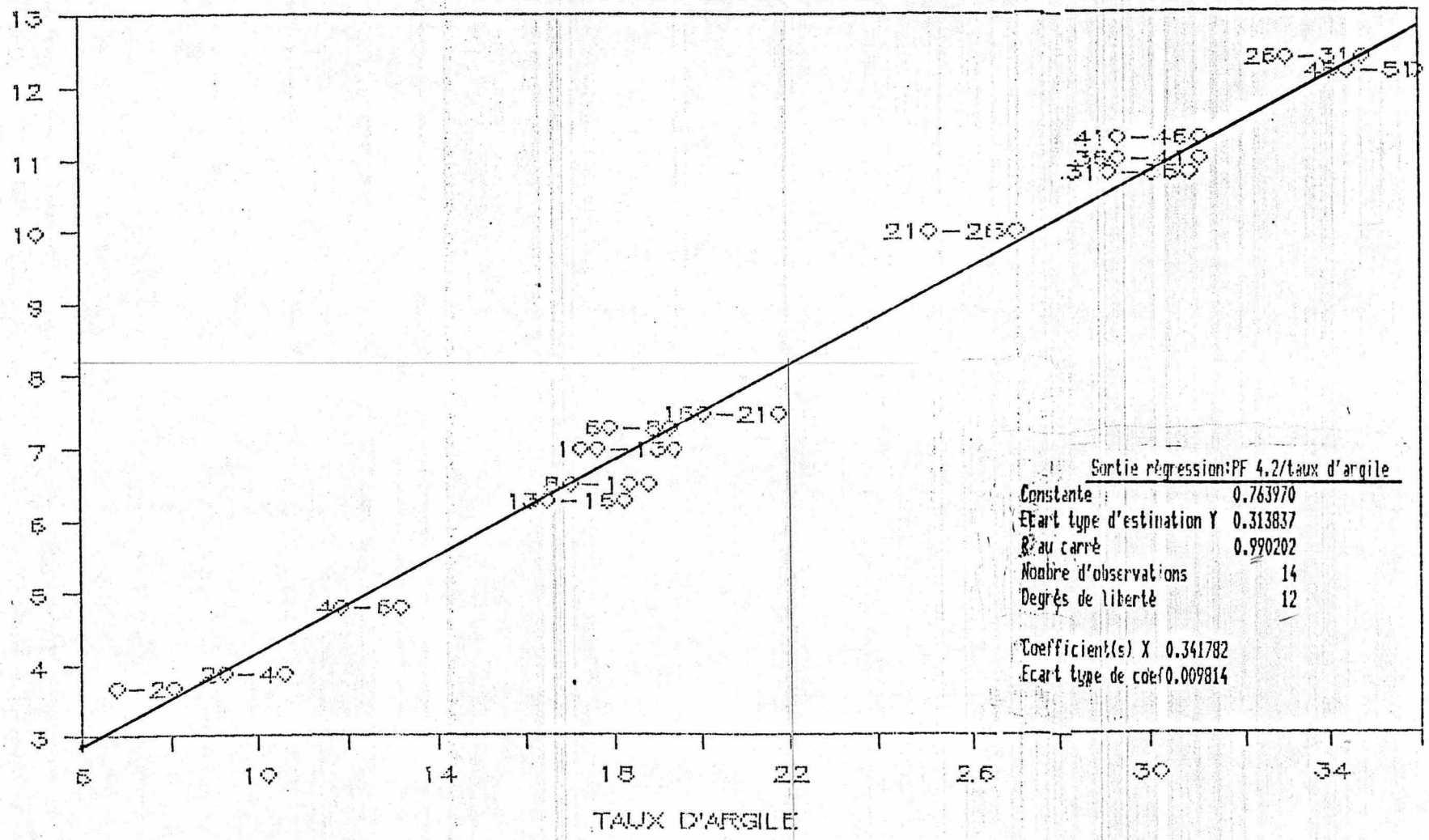
TABLEAU 2

ANALYSES DE SOL: E70, FOSSE PEDOLOGIQUE

PROF.	PF 4.2	PF 3	PF 2.5	ARGILE	LIMONS FINS	LIMONS GROSSIERS	SABLE FIN	SABLE GROSSIER	TOTAL	S.gros/ fin
0-20	3.70	4.70	5.70	7.40	3.70	1.90	19.90	67.10	100.00	3.37
20-40	3.90	5.00	6.10	9.70	2.40	1.60	19.80	66.40	99.90	3.35
40-60	4.80	6.10	7.10	12.30	2.20	1.70	20.10	63.70	100.00	3.17
60-80	7.30	8.20	9.40	18.40	2.20	1.80	16.50	61.20	100.10	3.71
80-100	6.50	7.60	9.50	17.70	2.40	2.00	15.80	62.00	99.90	3.92
100-130	7.00	8.80	10.20	18.10	2.50	2.00	17.50	59.80	99.90	3.42
130-160	6.30	8.10	9.20	17.00	2.50	1.10	18.70	60.70	100.00	3.25
160-210	7.50	9.00	10.50	20.50	2.80	1.70	21.80	53.20	100.00	2.44
210-260	10.00	12.00	12.60	25.60	2.50	1.60	16.70	53.60	100.00	3.21
260-310	12.40	15.00	16.60	33.50	2.20	2.00	15.10	47.20	100.00	3.13
310-360	10.80	12.90	14.60	29.60	2.20	1.10	19.00	48.20	100.10	2.54
360-410	11.00	13.00	14.40	29.80	2.50	1.70	17.00	49.00	100.00	2.88
410-460	11.30	13.30	14.50	29.80	2.10	1.70	18.00	48.30	99.90	2.68
460-510	12.20	14.10	16.10	34.90	1.50	1.70	16.10	45.80	100.00	2.84

RELATION TAUX D'ARGILE—PF 4.2

E70 FOSSE PEDOLOGIQUE

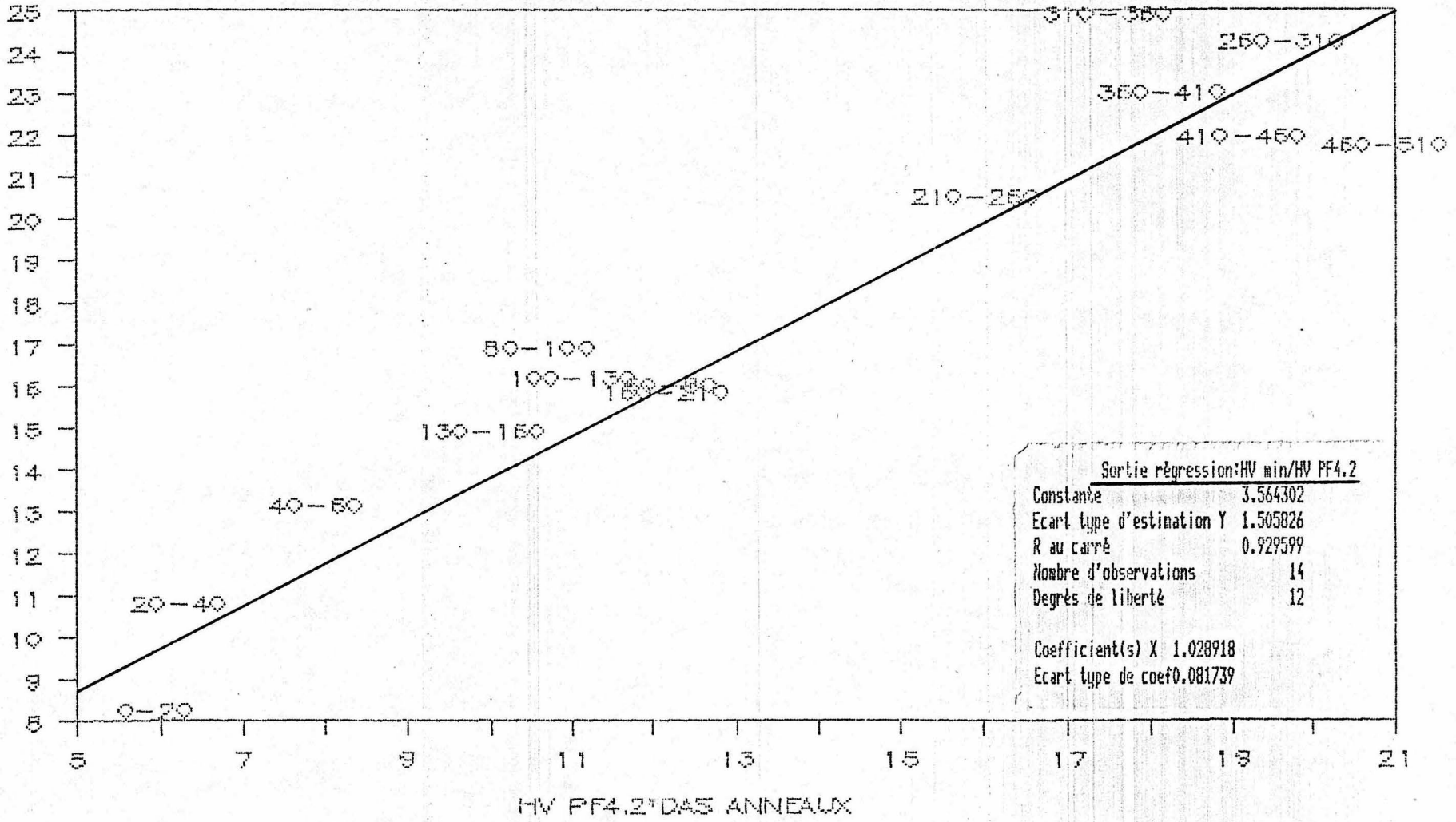


PF 4.2

GRAPHE 13

RELATION HV PF 4.2 / HV MIN T13

E70 FOSSE PEDOLOGIQUE ET T13



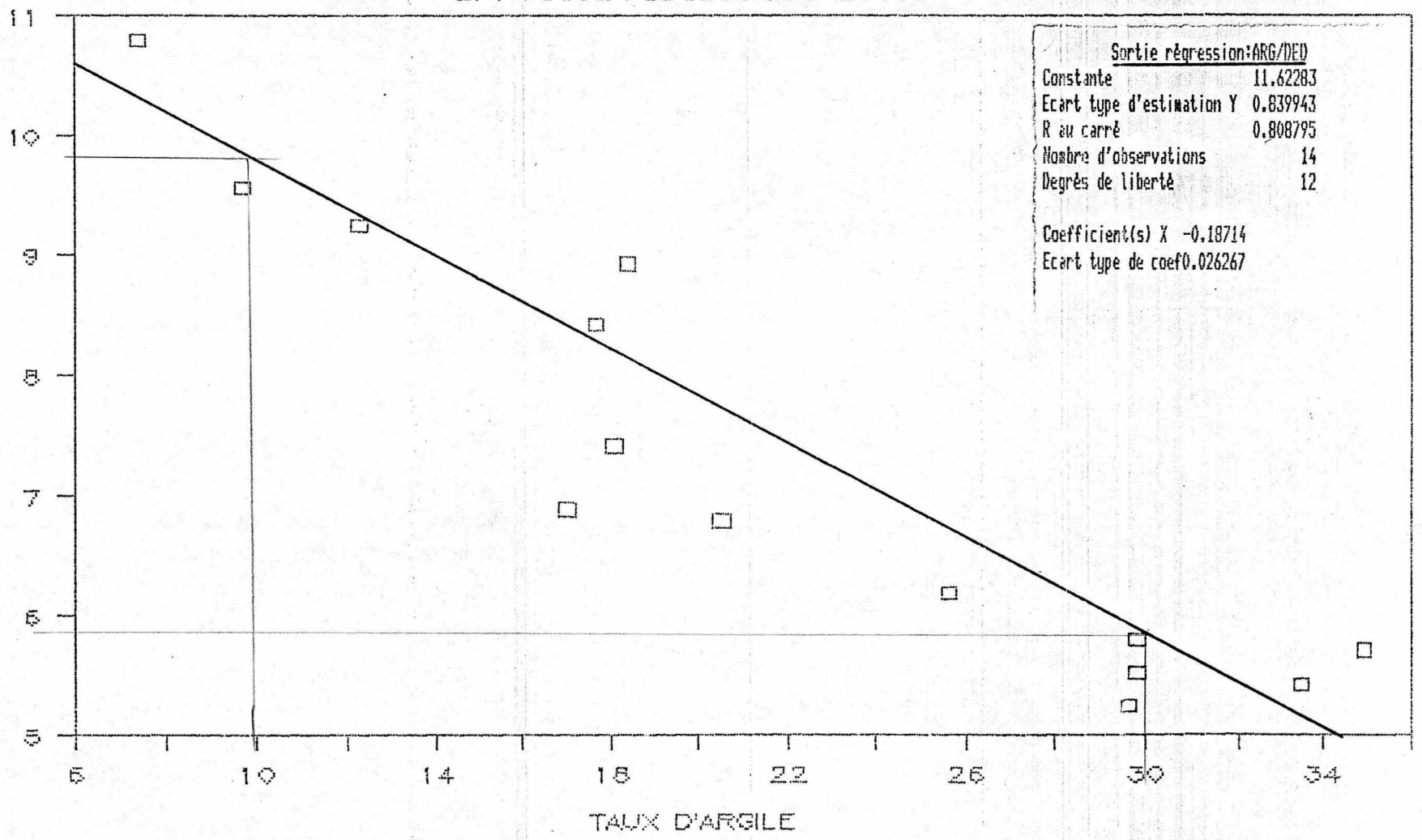
GRAPHE 14

Enfin, si l'on met en relation le DED précédemment obtenu avec le taux d'argile pour des horizons équivalents, nous obtenons une relativement bonne corrélation négative, qui fait l'objet du graphe 15.

Elle exprime en particulier que le taux d'argile augmentant avec la proffondeur, le domaine d'eau disponible diminue avec cette même profondeur dans les sols etudies.

RELATION TAUX D'ARGILE — DED

E7◇ FOSSE PEDOLOGIQUE ET T13



GRAPHE 15

CHAPITRE 5

PROFILS RADICULAIRES

51 - Les résultats des prélèvements réalisés sur la paroi de la fosse (3 répetitions de 4 dm), font l'objet des tableaux 3,4 et 5 et des graphes 16 et 17. Ils sont exprimés en gramme pour 1 dm .

52 - Commentaires

- Les racines primaires RI sont situées essentiellement en surface (50 % avant 20 cm de profondeur) jusqu'à 50 cm environ.

- Les racines secondaires RII se répartissent tout au long du profil, de façon décroissante progressive, avec une diminution plus sensible en profondeur à partir de 4 mètres environ. Il y a 50 % des RII avant 1,3 m de profondeur.

- Les racines absorbantes tertiaires et quaternaires RIII + RIV sont présentes jusqu'a 4,80 m de profondeur, avec une proportion plus importante en surface (50 % à 50 cm). On observe cependant que ces ordres de racines sont représentés sur l'ensemble du profil.

- La fraction absorbante : RIII+RIV/total (tableau 5 et graphe 17) par horizon de 10 cm, montre peu de variation selon la profondeur et se situe aux alentours de 40 % en moyenne.

- le total des racines présentes sur le profil, soit 31,48 g/dm de surface horizontale, représente un poids de 31 tonnes de racines par hectare, pour une plantation de palmiers à huile.

Notons que nous n'avons pas trouvé de racines au-delà de 4,80 mètres de profondeur, ce qui ne signifie pas qu'il n'en existe pas, mais seulement que nous n'avons pas pu les mettre en évidence. Ce fait est important dans la mesure où, ayant prouvé que nous avions des diminutions du stock d'eau du sol au-delà de cette profondeur (et de 5,15 m également), ces diminutions seraient dues non pas à des prélèvements hydriques, mais à des remontées capillaires pendant la saison sèche.

TABLEAU 3

Profils Radiculaires TOTAL MOYEN POUR 1 DM3

Racines Primaires

Horizon	Poids Horizon	Poids Cumulé	/Total primaires Horizon	Cumulé	/total racines Horizon	Cumulé
			%	%	%	%
-10	0.51	0.51	6.2%	6.2%	1.6%	1.6%
-20	4.17	4.68	50.0%	56.2%	13.2%	14.9%
-30	2.17	6.85	26.1%	82.2%	6.9%	21.8%
-40	1.19	8.05	14.3%	96.6%	3.8%	25.6%
-50	0.10	8.15	1.2%	97.8%	0.3%	25.9%
-60	0.00	8.15	0.0%	97.8%	0.0%	25.9%
-70	0.00	8.15	0.0%	97.8%	0.0%	25.9%
-80	0.00	8.15	0.0%	97.8%	0.0%	25.9%
-90	0.00	8.15	0.0%	97.8%	0.0%	25.9%
-100	0.00	8.15	0.0%	97.8%	0.0%	25.9%
0-110	0.00	8.15	0.0%	97.8%	0.0%	25.9%
0-120	0.07	8.22	0.9%	98.6%	0.2%	26.1%
0-130	0.00	8.22	0.0%	98.6%	0.0%	26.1%
0-140	0.00	8.22	0.0%	98.6%	0.0%	26.1%
0-150	0.00	8.22	0.0%	98.6%	0.0%	26.1%
0-160	0.00	8.22	0.0%	98.6%	0.0%	26.1%
0-170	0.00	8.22	0.0%	98.6%	0.0%	26.1%
0-180	0.04	8.25	0.5%	99.1%	0.1%	26.2%
0-190	0.08	8.33	0.9%	100.0%	0.2%	26.5%
0-200	0.00	8.33	0.0%	100.0%	0.0%	26.5%
0-210	0.00	8.33	0.0%	100.0%	0.0%	26.5%
0-220	0.00	8.33	0.0%	100.0%	0.0%	26.5%
0-230	0.00	8.33	0.0%	100.0%	0.0%	26.5%
0-240	0.00	8.33	0.0%	100.0%	0.0%	26.5%
0-250	0.00	8.33	0.0%	100.0%	0.0%	26.5%
0-260	0.00	8.33	0.0%	100.0%	0.0%	26.5%
0-270	0.00	8.33	0.0%	100.0%	0.0%	26.5%
0-280	0.00	8.33	0.0%	100.0%	0.0%	26.5%
0-290	0.00	8.33	0.0%	100.0%	0.0%	26.5%
0-300	0.00	8.33	0.0%	100.0%	0.0%	26.5%
0-310	0.00	8.33	0.0%	100.0%	0.0%	26.5%
0-320	0.00	8.33	0.0%	100.0%	0.0%	26.5%
0-330	0.00	8.33	0.0%	100.0%	0.0%	26.5%
0-340	0.00	8.33	0.0%	100.0%	0.0%	26.5%
0-350	0.00	8.33	0.0%	100.0%	0.0%	26.5%
0-360	0.00	8.33	0.0%	100.0%	0.0%	26.5%
0-370	0.00	8.33	0.0%	100.0%	0.0%	26.5%
0-380	0.00	8.33	0.0%	100.0%	0.0%	26.5%
0-390	0.00	8.33	0.0%	100.0%	0.0%	26.5%
0-400	0.00	8.33	0.0%	100.0%	0.0%	26.5%
0-410	0.00	8.33	0.0%	100.0%	0.0%	26.5%
0-420	0.00	8.33	0.0%	100.0%	0.0%	26.5%
0-430	0.00	8.33	0.0%	100.0%	0.0%	26.5%
0-440	0.00	8.33	0.0%	100.0%	0.0%	26.5%
0-450	0.00	8.33	0.0%	100.0%	0.0%	26.5%
0-460	0.00	8.33	0.0%	100.0%	0.0%	26.5%
0-470	0.00	8.33	0.0%	100.0%	0.0%	26.5%
0-480	0.00	8.33	0.0%	100.0%	0.0%	26.5%

Profils Radiculaires TOTAL MOYEN POUR 1 DM3

Racines Secondaires

Horizon cm	Poids Horizon	Poids Cumulé	/Total secondaires Horizon	Cumulé	/total racines Horizon	Cumulé
			%	%	%	%
0 -10	0.81	0.81	7.1%	7.1%	2.6%	2.6%
10-20	0.91	1.72	8.0%	15.1%	2.9%	5.5%
20-30	0.60	2.32	5.3%	20.4%	1.9%	7.4%
30-40	0.37	2.69	3.3%	23.7%	1.2%	8.5%
40-50	0.56	3.25	4.9%	28.6%	1.8%	10.3%
50-60	0.35	3.60	3.1%	31.7%	1.1%	11.4%
60-70	0.44	4.04	3.9%	35.6%	1.4%	12.8%
70-80	0.40	4.44	3.5%	39.1%	1.3%	14.1%
80-90	0.32	4.76	2.8%	41.9%	1.0%	15.1%
90-100	0.25	5.01	2.2%	44.1%	0.8%	15.9%
100-110	0.26	5.27	2.3%	46.4%	0.8%	16.8%
110-120	0.23	5.51	2.0%	48.5%	0.7%	17.5%
120-130	0.21	5.72	1.9%	50.3%	0.7%	18.2%
130-140	0.25	5.96	2.2%	52.5%	0.8%	18.9%
140-150	0.22	6.18	1.9%	54.4%	0.7%	19.6%
150-160	0.24	6.42	2.1%	56.5%	0.8%	20.4%
160-170	0.28	6.70	2.5%	59.0%	0.9%	21.3%
170-180	0.25	6.95	2.2%	61.2%	0.8%	22.1%
180-190	0.32	7.27	2.8%	64.0%	1.0%	23.1%
190-200	0.25	7.52	2.2%	66.2%	0.8%	23.9%
200-210	0.24	7.76	2.1%	68.3%	0.8%	24.7%
210-220	0.18	7.94	1.6%	69.9%	0.6%	25.2%
220-230	0.20	8.14	1.7%	71.7%	0.6%	25.9%
230-240	0.20	8.34	1.8%	73.4%	0.6%	26.5%
240-250	0.19	8.53	1.7%	75.1%	0.6%	27.1%
250-260	0.16	8.69	1.4%	76.5%	0.5%	27.6%
260-270	0.15	8.85	1.4%	77.9%	0.5%	28.1%
270-280	0.19	9.03	1.6%	79.5%	0.6%	28.7%
280-290	0.14	9.17	1.2%	80.7%	0.4%	29.1%
290-300	0.20	9.37	1.7%	82.5%	0.6%	29.8%
300-310	0.23	9.60	2.0%	84.5%	0.7%	30.5%
310-320	0.19	9.79	1.7%	86.2%	0.6%	31.1%
320-330	0.24	10.03	2.1%	88.3%	0.8%	31.9%
330-340	0.13	10.16	1.2%	89.5%	0.4%	32.3%
340-350	0.14	10.31	1.3%	90.7%	0.5%	32.7%
350-360	0.10	10.41	0.9%	91.6%	0.3%	33.1%
360-370	0.13	10.54	1.1%	92.8%	0.4%	33.5%
370-380	0.12	10.66	1.1%	93.8%	0.4%	33.9%
380-390	0.09	10.75	0.8%	94.6%	0.3%	34.1%
390-400	0.07	10.82	0.6%	95.3%	0.2%	34.4%
400-410	0.09	10.91	0.8%	96.1%	0.3%	34.7%
410-420	0.10	11.01	0.9%	96.9%	0.3%	35.0%
420-430	0.09	11.10	0.7%	97.7%	0.3%	35.3%
430-440	0.05	11.15	0.5%	98.1%	0.2%	35.4%
440-450	0.04	11.19	0.4%	98.5%	0.1%	35.5%
450-460	0.05	11.24	0.5%	99.0%	0.2%	35.7%
460-470	0.05	11.29	0.5%	99.4%	0.2%	35.9%
470-480	0.07	11.36	0.6%	100.0%	0.2%	36.1%

TABLEAU 4

Profils Radiculaires TOTAL MOYEN POUR 1 DM3

Racines Tertiaires et quaternaires

Horizon cm	Poids Horizon	Poids Cumulé	/Total 3 et 4 Horizon	/Total 3 et 4 Cumulé	/total racines Horizon	/total racines Cumulé
			%	%	%	%
0 -10	1.99	1.99	16.9%	16.9%	6.3%	6.3%
10-20	1.51	3.51	12.8%	29.7%	4.8%	11.1%
20-30	1.41	4.91	11.9%	41.7%	4.5%	15.6%
30-40	0.90	5.81	7.6%	49.3%	2.9%	18.5%
40-50	0.40	6.21	3.4%	52.7%	1.3%	19.7%
50-60	0.35	6.57	3.0%	55.7%	1.1%	20.9%
60-70	0.26	6.82	2.2%	57.9%	0.8%	21.7%
70-80	0.26	7.09	2.2%	60.1%	0.8%	22.5%
80-90	0.23	7.32	2.0%	62.1%	0.7%	23.2%
90-100	0.19	7.51	1.6%	63.7%	0.6%	23.8%
100-110	0.26	7.77	2.2%	65.9%	0.8%	24.7%
110-120	0.21	7.98	1.8%	67.7%	0.7%	25.3%
120-130	0.18	8.16	1.5%	69.2%	0.6%	25.9%
130-140	0.20	8.35	1.7%	70.9%	0.6%	26.5%
140-150	0.16	8.51	1.3%	72.2%	0.5%	27.0%
150-160	0.15	8.66	1.2%	73.4%	0.5%	27.5%
160-170	0.15	8.80	1.2%	74.7%	0.5%	28.0%
170-180	0.12	8.92	1.0%	75.7%	0.4%	28.3%
180-190	0.18	9.10	1.5%	77.2%	0.6%	28.9%
190-200	0.17	9.26	1.4%	78.6%	0.5%	29.4%
200-210	0.14	9.41	1.2%	79.8%	0.5%	29.9%
210-220	0.13	9.54	1.1%	80.9%	0.4%	30.3%
220-230	0.12	9.66	1.1%	82.0%	0.4%	30.7%
230-240	0.16	9.82	1.4%	83.3%	0.5%	31.2%
240-250	0.08	9.91	0.7%	84.0%	0.3%	31.5%
250-260	0.10	10.01	0.8%	84.9%	0.3%	31.8%
260-270	0.09	10.09	0.7%	85.6%	0.3%	32.1%
270-280	0.12	10.21	1.0%	86.6%	0.4%	32.4%
280-290	0.11	10.32	1.0%	87.6%	0.4%	32.8%
290-300	0.11	10.43	0.9%	88.5%	0.3%	33.1%
300-310	0.10	10.53	0.8%	89.3%	0.3%	33.4%
310-320	0.07	10.59	0.6%	89.9%	0.2%	33.7%
320-330	0.08	10.67	0.6%	90.5%	0.2%	33.9%
330-340	0.09	10.75	0.7%	91.2%	0.3%	34.2%
340-350	0.10	10.86	0.9%	92.1%	0.3%	34.5%
350-360	0.11	10.97	1.0%	93.1%	0.4%	34.9%
360-370	0.06	11.03	0.5%	93.6%	0.2%	35.1%
370-380	0.08	11.11	0.7%	94.3%	0.3%	35.3%
380-390	0.07	11.19	0.6%	94.9%	0.2%	35.5%
390-400	0.06	11.25	0.5%	95.4%	0.2%	35.7%
400-410	0.07	11.32	0.6%	96.0%	0.2%	36.0%
410-420	0.08	11.40	0.7%	96.7%	0.3%	36.2%
420-430	0.05	11.45	0.4%	97.1%	0.1%	36.4%
430-440	0.08	11.53	0.7%	97.8%	0.3%	36.6%
440-450	0.06	11.59	0.5%	98.4%	0.2%	36.8%
450-460	0.09	11.68	0.8%	99.1%	0.3%	37.1%
460-470	0.05	11.73	0.4%	99.5%	0.2%	37.3%
470-480	0.05	11.79	0.5%	100.0%	0.2%	37.4%

Profils Radiculaires TOTAL MOYEN POUR 1 DM3

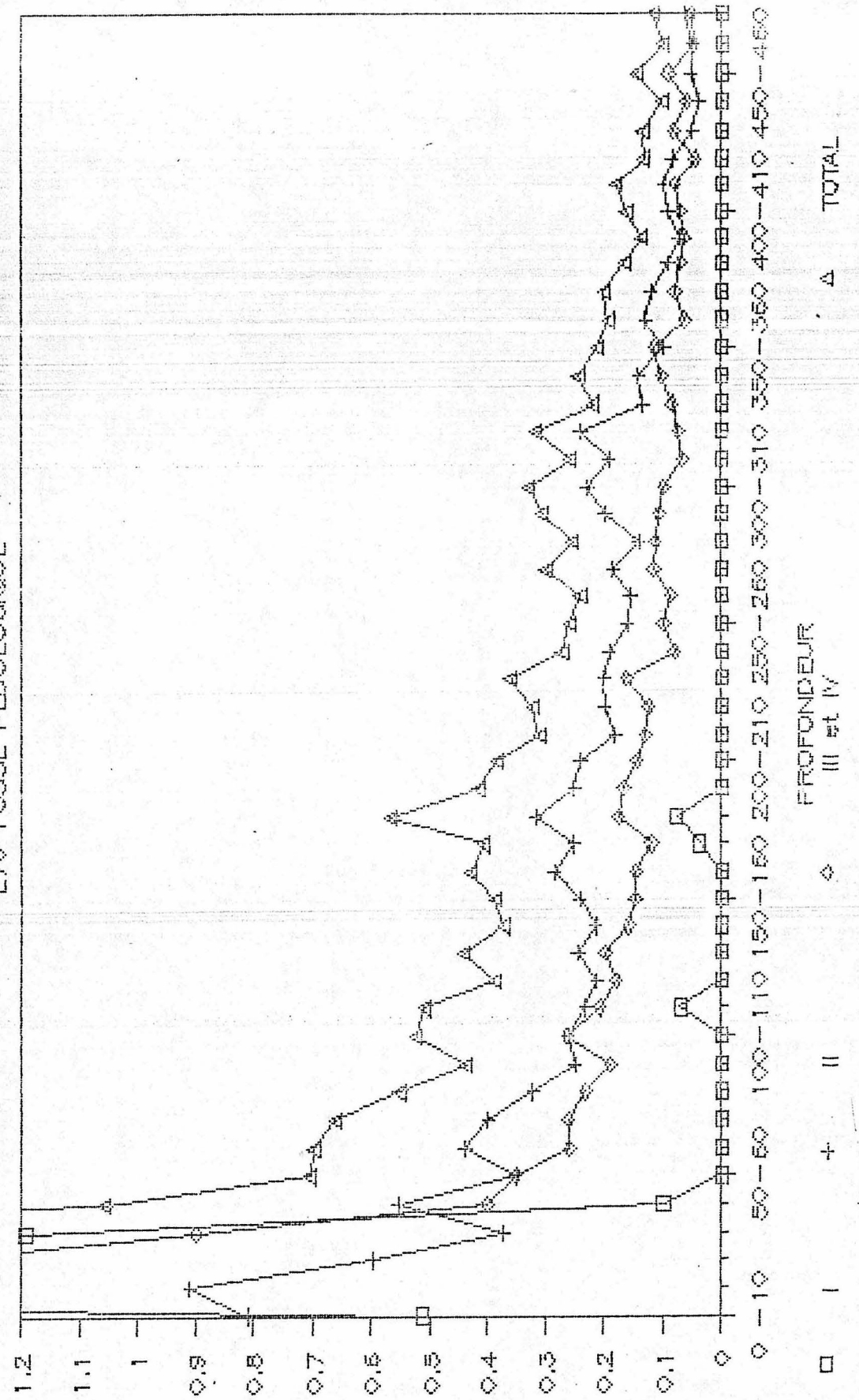
Racines Totales

Horizon cm	Nombre Horizon	Poids Horizon	Poids Cumulé	/Total Racines Horizon	/Total Racines Cumulé
				%	%
0 -10	3.31	3.31	10.5%	10.5%
10-20	6.59	9.90	20.9%	31.5%
20-30	4.17	14.08	13.3%	44.7%
30-40	2.47	16.55	7.8%	52.6%
40-50	1.06	17.60	3.4%	55.9%
50-60	0.71	18.31	2.2%	58.2%
60-70	0.70	19.01	2.2%	60.4%
70-80	0.66	19.67	2.1%	62.5%
80-90	0.56	20.23	1.8%	64.3%
90-100	0.44	20.66	1.4%	65.6%
100-110	0.53	21.19	1.7%	67.3%
110-120	0.51	21.70	1.6%	68.9%
120-130	0.39	22.09	1.2%	70.2%
130-140	0.44	22.53	1.4%	71.6%
140-150	0.37	22.90	1.2%	72.8%
150-160	0.39	23.29	1.2%	74.0%
160-170	0.43	23.72	1.4%	75.4%
170-180	0.41	24.13	1.3%	76.7%
180-190	0.57	24.70	1.8%	78.5%
190-200	0.42	25.12	1.3%	79.8%
200-210	0.39	25.50	1.2%	81.0%
210-220	0.31	25.81	1.0%	82.0%
220-230	0.32	26.13	1.0%	83.0%
230-240	0.36	26.50	1.2%	84.2%
240-250	0.27	26.77	0.9%	85.0%
250-260	0.26	27.03	0.8%	85.9%
260-270	0.24	27.27	0.8%	86.6%
270-280	0.30	27.57	1.0%	87.6%
280-290	0.25	27.82	0.8%	88.4%
290-300	0.31	28.13	1.0%	89.4%
300-310	0.33	28.46	1.0%	90.4%
310-320	0.26	28.71	0.8%	91.2%
320-330	0.32	29.03	1.0%	92.2%
330-340	0.22	29.25	0.7%	92.9%
340-350	0.25	29.50	0.8%	93.7%
350-360	0.21	29.71	0.7%	94.4%
360-370	0.19	29.90	0.6%	95.0%
370-380	0.20	30.10	0.6%	95.6%
380-390	0.17	30.27	0.5%	96.2%
390-400	0.14	30.40	0.4%	96.6%
400-410	0.16	30.57	0.5%	97.1%
410-420	0.18	30.74	0.6%	97.7%
420-430	0.13	30.88	0.4%	98.1%
430-440	0.14	31.01	0.4%	98.5%
440-450	0.10	31.11	0.3%	98.8%
450-460	0.15	31.26	0.5%	99.3%
460-470	0.10	31.36	0.3%	99.6%
470-480	0.12	31.48	0.4%	100.0%

Profils Radiculaires TOTAL MOYEN POUR 1 DM3

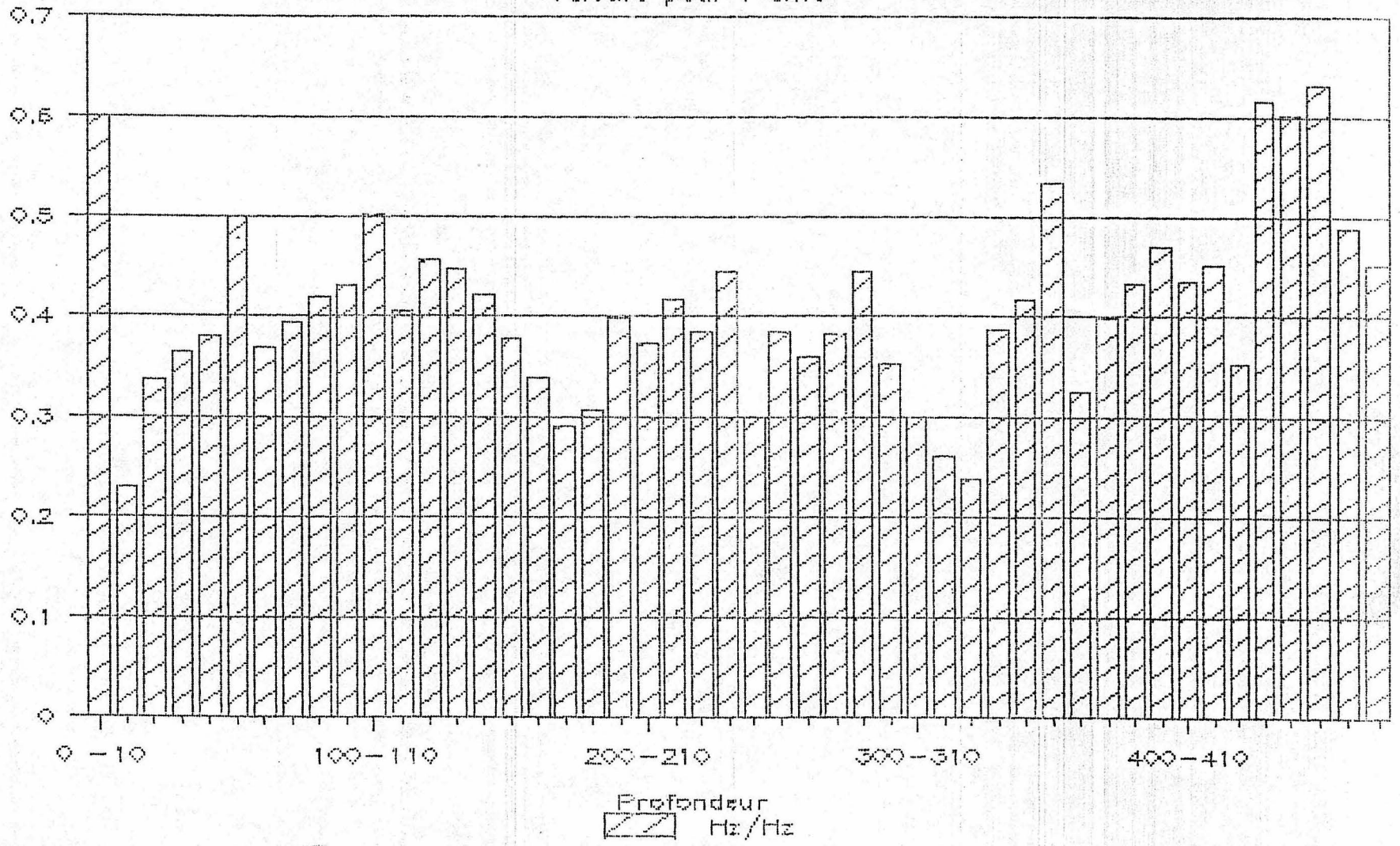
	Fraction absorbante			
Horizon cm	R 3 + R 4/Racines totales Hz/Hz	cml/cml	Hz/Ttl	Cml/ttl
	%	%	%	%
0 -10	60.1%	60.1%	6.3%	6.3%
10-20	23.0%	35.4%	4.8%	11.1%
20-30	33.7%	34.9%	4.5%	15.6%
30-40	36.5%	35.1%	2.9%	18.5%
40-50	38.0%	35.3%	1.3%	19.7%
50-60	50.0%	35.9%	1.1%	20.9%
60-70	37.0%	35.9%	0.8%	21.7%
70-80	39.5%	36.0%	0.8%	22.5%
80-90	41.9%	36.2%	0.7%	23.2%
90-100	43.0%	36.3%	0.6%	23.8%
100-110	50.2%	36.7%	0.8%	24.7%
110-120	40.5%	36.8%	0.7%	25.3%
120-130	45.7%	36.9%	0.6%	25.9%
130-140	44.6%	37.1%	0.6%	26.5%
140-150	42.3%	37.2%	0.5%	27.0%
150-160	37.8%	37.2%	0.5%	27.5%
160-170	33.9%	37.1%	0.5%	28.0%
170-180	29.2%	37.0%	0.4%	28.3%
180-190	30.7%	36.8%	0.6%	28.9%
190-200	39.9%	36.9%	0.5%	29.4%
200-210	37.4%	36.9%	0.5%	29.9%
210-220	41.8%	37.0%	0.4%	30.3%
220-230	38.5%	37.0%	0.4%	30.7%
230-240	44.6%	37.1%	0.5%	31.2%
240-250	30.0%	37.0%	0.3%	31.5%
250-260	38.6%	37.0%	0.3%	31.8%
260-270	36.0%	37.0%	0.3%	32.1%
270-280	38.3%	37.0%	0.4%	32.4%
280-290	44.6%	37.1%	0.4%	32.8%
290-300	35.2%	37.1%	0.3%	33.1%
300-310	30.0%	37.0%	0.3%	33.4%
310-320	26.1%	36.9%	0.2%	33.7%
320-330	23.9%	36.8%	0.2%	33.9%
330-340	38.8%	36.8%	0.3%	34.2%
340-350	41.8%	36.8%	0.3%	34.5%
350-360	53.5%	36.9%	0.4%	34.9%
360-370	32.5%	36.9%	0.2%	35.1%
370-380	40.0%	36.9%	0.3%	35.3%
380-390	43.4%	37.0%	0.2%	35.5%
390-400	47.0%	37.0%	0.2%	35.7%
400-410	43.6%	37.0%	0.2%	36.0%
410-420	45.1%	37.1%	0.3%	36.2%
420-430	35.4%	37.1%	0.1%	36.4%
430-440	61.7%	37.2%	0.3%	36.6%
440-450	60.2%	37.3%	0.2%	36.8%
450-460	63.2%	37.4%	0.3%	37.1%
460-470	48.8%	37.4%	0.2%	37.3%
470-480	45.1%	37.4%	0.2%	37.4%

GRAPHE 16


PROFIL RADICULAIRE
E70 FOSSE PEDOLOGIQUE
POIDS g/dm3
1.2
1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0 — 10 50 — 60 100 — 110 150 — 160 200 — 210 250 — 260 300 — 310 350 — 360 400 — 410 450 — 460
PROFONDEUR
□ I + II ◇ III et IV △ TOTAL

FRACTION ABSORBANTE

Valeurs pour 1 dm3



GRAPHE 17

53 - Relation racines/consomation de l'eau du DED

Les conclusions du chapitre 3 (page 35) sont à mettre en relation avec ces résultats de profils radiculaires.
Il semble, dans l'état actuel de nos connaissances, que la consommation préférentielle en surface, malgré des tensions d'eau plus fortes en surface qu'en profondeur pendant le début de la saison sèche, soit directement à mettre en relation avec les quantités plus importantes de racines absorbantes en surface qu'en profondeur.

CHAPITRE 6

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

61 - Deux types d'observations peuvent être entreprises avec la sonde neutronique et gammamétrique SOLO 40 :

- La détermination des HV du sol et le suivi de profils hydriques pour la détermination du bilan d'une culture de palmiers à huile in situ selon les périodes de l'année.

- La détermination des Das du sol in situ, la comparaison de diverses situations et/ou le suivi de l'évolution éventuelle dans le temps.

62 - Les résultats de nos études d'étalonnages ont montré par ailleurs qu'il n'était pas possible d'utiliser les formules intégrées dans le logiciel de la tête de SOLO 40, couplées aux étalonnages neutroniques de CADARACHE peu fiables.

Les étalonnages gravimétriques préalables sont donc indispensables in situ pour toute zone nouvelle à étudier

les 2 équations d'étalonnages gravimétriques une fois déterminées, répondront alors au double objectif précédemment présenté.

63 - Nous avons vu qu'il était toujours nécessaire de connaître la densité sèche des différents horizons d'un sol pour déterminer leur HV. Or, les mesures sur prélèvements d'échantillons de sol non remanié (méthode des cylindres ou anneaux, densitomètre à membrane) sont lourdes, difficiles à mettre en oeuvre (surtout aux grandes profondeurs) et parfois imprécises (densitomètre à membrane).
Elles sont destructives, ne permettent donc pas d'effectuer facilement d'études de variabilité spatiale et interdisent par conséquent l'étude de l'évolution dans le temps de la densité, sous l'effet de techniques culturales par exemple.
Par contre, le gammadensimètre offre la facilité d'une mesure CG rapide pour tous les horizons, pour tous les tubes mis en place (variations spatiales) et répétitives dans le temps aux mêmes emplacements (évolution dans le temps) parce que non destructive.

64 - La connaissance préalable des équations d'étalonnage pour un site donné, suppose homogène (connaissance pédologique préalable également), nous permet donc d'envisager l'utilisation de SOLO 40

- pour le suivi des HV et du bilan hydrique de la palmeraie, grâce aux comptages réduits CN stockés en mémoire, méthode pratique d'utilisation grâce à l'automatisme programmable de la tête ;

- pour le suivi des DAS, grâce aux comptages CG qui permettent de déduire la densité individuelle de chaque tube (couplage CN et CG en même temps) dans le site considéré et de pouvoir suivre ainsi de façon non destructive les évolutions des DAS ou de comparer diverses situations entre elles.

65 - Enfin, l'exploitation du tube T13 de 6 mètres montre principalement de bonnes relations entre les bilans hydriques obtenus, les profils physico-chimiques des sols étudiés et les profils radiculaires de la palmeraie étudiés sur fosse.
Il reste cependant à étudier plus avant le problème des consommations et/ou remontées capillaires suspectées au-delà de 5,15 mètres à la suite de cette étude et de quantifier si possible leur effet sur l'alimentation hydrique du palmier.