

CAPACITE D'ABSORPTION HYDRIQUE DE CINQ GENOTYPES DE PALMIER A HUILE (ELAEIS GUINEENSIS) DANS LA PARCELLE DU CENTRE DE RECHERCHE AGRICOLE SUR LES PLANTES PERENNES (CRA- PA) DE LA REGION DES PLATEAUX AU BENIN.

BATAMOSSI H. Michel¹ et NODICHAO Léifi²

1- Faculté d'Agronomie de l'Université de Parakou, BP 123 Parakou (Bénin)
Tel. : 0022997261252,

E-mail : michel.batamoussi@yahoo.com

2- Chef laboratoire Physiologie de CRA-PP. Cel : 0022997572583

(Reçu le 15 Juin 2009 ; Révisé le 15 Février 2010 ; Accepté le 03 Mars 2010)

RESUME

La saison sèche constitue une période critique pour l'absorption hydrique du palmier à huile au Bénin. De plus en plus les saisons sèches sévères ont des effets négatifs pouvant entraîner la mort du palmier à huile. L'objectif visé par ce travail est d'établir les niveaux de consommation en eau de cinq géotypes de palmier à huile en relation avec le système racinaire durant la saison sèche. L'étude est réalisée sur des palmiers de 11 ans d'âge au champ dans le Centre de recherche Agricole sur le palmier à huile à Pobè (CRA-PP) au Bénin. L'analyse des données statistiques s'est faite avec le logiciel GENSTAT.

Des résultats de l'étude on retient, que l'absorption hydrique augmente avec la matière sèche totale des racines à l'hectare (MSR/ha), que l'absorption de l'eau pendant la saison sèche ne dépend pas seulement de la matière sèche totale des racines à l'hectare mais aussi du degré de ramification des racines primaires RI.

Mots clés : Consommation, eau, palmier, géotype, racine.

ABSTRACT

The dry season is a critical period for water absorption for palm oil tree. Besides, severe dries seasons may affect seriously the plants development. The main objectives of work are to establish the relationship among those genotypes as far as their aptitude for water conception in dry season is concern and the roots systems

The experiment was carried out on palm trees of 11 years. The result show that water absorption increased with the dry roots matter recovered ha (MSR/ha). However, the water absorption by plant seemed not to be only related to root dry matter but also depend on degree of ramification of RI.

Key words: Conception, plant oil, genotype, water, root

INTRODUCTION

Le palmier à huile fait l'objet de plusieurs usages et L'intègre bien la culture béninoise grâce à l'un de ses sous produits, la boisson «Sodabi» qui occupe une place de choix dans les rites socio culturels et coutumiers du Sud- Bénin [1].

Parmi les végétaux oléagineux, le palmier à huile fournit le plus gros rendement d'huile [2]. Il est également le seul qui produit à la fois deux types d'huile : l'huile rouge extraite des pulpes d'amande et celle extraite de l'amande même.

Plusieurs plans de relance du palmier à huile ont été mis en œuvre par les gouvernements successifs depuis l'indépendance en 1960.

La politique de diversification des filières agricoles du gouvernement Béninois a fait du palmier à huile l'une des cultures prioritaires pouvant bénéficier du soutien de l'Etat.

Nonobstant l'importance indéniable de la culture dans la vie socio économique et culturelle du Bénin, la culture du palmier à huile est confrontée à de multiples contraintes parmi lesquelles l'alimentation

hydrique de la culture. C'est une contrainte très prononcée au regard de la pluviosité très marginale et de la très longue saison sèche (4 à 5) qui caractérise les zones élaïcoles du Bénin [3, 4]

Plusieurs travaux ont été réalisés pour contribuer à l'amélioration de la productivité du palmier à huile au Bénin parmi lesquels : la technique d'irrigation localisée [5, 6], les techniques culturales telles que la conduite en sol nu, la castration précoce ou l'association des deux [7], plusieurs travaux sont effectués pour contribuer à la sélection de palmiers tolérants à la sécheresse [8, 1, 9, 10].

L'adoption très limitée par les planteurs des nouvelles techniques du fait de leur coût très élevés, la faible disponibilité des ressources hydriques et phytogénétiques nous imposent une alternative moins coûteuse et plus accessible aux planteurs face au problème de la sécheresse en mettant un accent sur la disponibilité de matériel végétal plus adapté à la culture pluviale.

MATERIEL ET METHODES

MATERIEL

Le site expérimental

Les travaux ont été menés au champ, sur la parcelle POPP01 du Centre de Recherches Agricoles sur les Plantes Pérennes (CRA- PP). Le centre est situé au Sud- Est du Bénin dans le Département du Plateau, à 60km au Nord de Porto-Novo. Le sol est relativement constant dans sa morphologie. La texture est sableuse voir sablo argileuse en surface et argilo-sableuse en profondeur. La réserve d'eau disponible par cm³ de sol est plus élevée dans les horizons de surface où la teneur en argile est plus faible [11].

Le climat est soudano-guinéen. La pluviométrie annuelle connaît des variations importantes

A l'installation de la plantation, la pluviométrie moyenne était de 1164,7 mm/an. La pluviosité annuelle est bimodale, la durée de la grande saison

sèche variant de 3 à 5 mois.

Les températures minima mensuelles sont en général supérieures à 18°C, seuil de température inférieure du palmier à huile [12, 3]. Les températures maxima mensuelles sont comprises entre 28,9 et 35,3°C.

Le matériel Végétal

Il est composé de cinq (5) génotypes de palmier à huile, les mêmes qui ont été utilisés par [13]. Il s'agit de : L1 (LM2T x DA115D) ; L2 (LM2T x DA 10D) ; L3 ((L404D x D3D) x LM2TAF); L4 ((DA115D x D3D) x LM10T); L5 ((DA115D x D3D) x LM2TAF).

METHODES

Dispositif expérimental

L'humidité du sol a été mesurée sous deux arbres par génotype par bloc. Chaque arbre retenu, est choisi parmi les 6 arbres voisins de l'arbre qui est retenu pour la caractérisation du système racinaire.

Toutefois pour éviter une influence éventuelle de la fosse ouverte pour l'échantillonnage des racines, les tubes d'accès ont été installés sur un des arbres les plus éloignés de la fosse d'échantillonnage racinaire. En supposant qu'il y a une relation entre la densité racinaire dans le sol et la quantité d'eau extraite du sol, il est jugé plus logique d'installer un tube d'accès par zone définie pour l'échantillonnage des racines.

Ainsi trois tubes d'accès de sonde à neutrons ont été installés dans un triangle élémentaire délimité dans l'espace de « Voronoï » au pied du palmier, et un 4^{ème} tube a été placé au sommet G du triangle élémentaire. Les 4 tubes sont installés à 0,75 m ; 2,25 m et 3,75 m du centre du stipe dans les zones du triangle élémentaire défini pour la caractérisation racinaire et à 5,2 m au point G, centre de 3 palmiers voisins.

Les tubes ont été enfoncés jusqu'à 5,5m de profondeur. Au total 80 tubes d'accès ont été mis en place pour les 5 génotypes. Quatre arbres (4 répétitions) ont été par génotype, soit 16 tubes d'accès ont été installés par génotype.

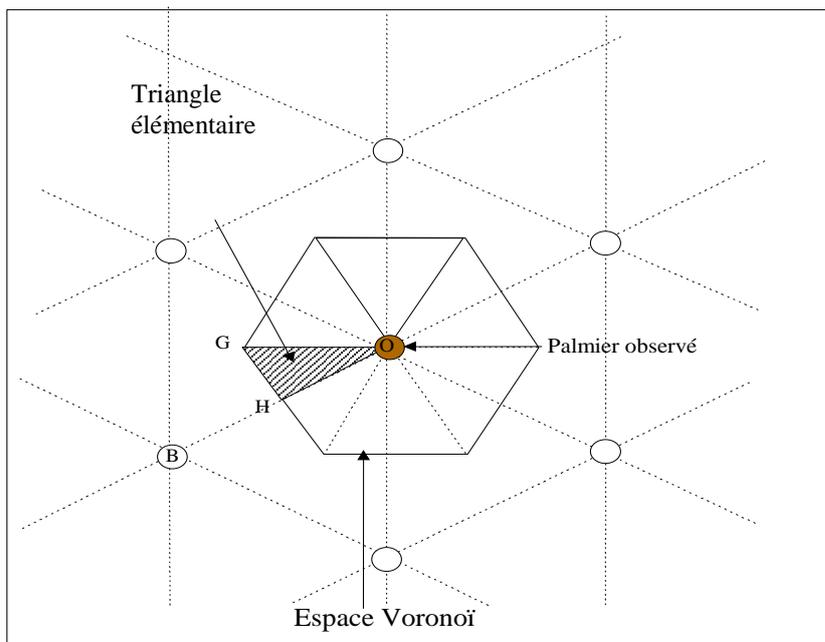


Figure 1 : Espace Voronoï défini par la demi-distance entre le palmier observé et ses voisins immédiats (zone hexagonale).

Source : [14]

Echantillonnage racinaire

La méthode d'échantillonnage racinaire est celle des triangles rectangles, triangles dits fosse de «Voronoi» [14]. Dans une palmeraie chaque palmier est entouré de six (6) autres qui délimitent autour de lui une zone hexagonale (Figure 1). A l'intérieur de cet espace hexagonal, il a été défini une zone hexagonale plus réduite ; centrée sur l'arbre sur lequel ont été prélevés des échantillons de racines. Cette zone centrée délimitée par la demi distance entre cet arbre central et ses voisins, est appelée espace de « Voronoï ». Ainsi, un espace élémentaire propre à chaque palmier observé est défini. Cet espace est ensuite divisé en 12 petits triangles élémentaires autour du palmier observé. En supposant qu'il y a une symétrie radiale du développement racinaire autour du palmier, un triangle a été choisi et ??? Quelle idée voulez-vous développer ?

Données collectées

- l'humidité et le stock d'eau du sol

L'humidité du sol a été déterminée par conversion des comptages neutroniques en humidité volumique. La technique d'étalonnage utilisée souvent est l'étalonnage gravimétrique avec la sonde CPN 503. Elle consiste à:

Déterminer l'humidité pondérale du sol en prélevant des carottes de sol lors de la pose de tube d'accès de sonde à neutrons,

Faire des comptages dans le tube d'accès juste après sa pose. Parallèlement des échantillons de sol (carottes) sont prélevés dans un rayon immédiat (voisin de 1m) du tube,

Calculer l'humidité volumique suivant l'équation 1, $\theta_v = \theta_p * d_a$ (équation 1) où θ_v = humidité volumique ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)

θ_p = humidité pondérale

Etablir une corrélation entre les valeurs de θ_v et les comptages réalisés avec la sonde à neutrons suivant l'équation 2

$$\theta_v = a C/N + b \quad \text{Eq. 2}$$

où C = comptage à la sonde à la même profondeur que les prélèvements des carottes.

N = moyenne des comptages dans l'eau.

L'humidité pondérale se détermine en calculant la teneur en eau en pourcentage des carottes de sol prélevées après séchage à l'étuve à 105°C pendant 48 heures [13].

Les coefficients d'étalonnage utilisés dans ce travail sont ceux déjà déterminés par Nodichao (communication personnelle).

La densité apparente du sol

Les valeurs de densité apparente ont été déterminées par la méthode des cylindres [13] dans deux fosses de la parcelle d'étude.

Des échantillons de sol sont prélevés dans des fosses de 5 m de longueur et de 3 m de largeur jusqu'à 3 m de profondeur.

La longueur qui mesure 5 m est subdivisée en trois parties

La largeur (3 m) est subdivisée en 2 parties

Puis la fosse est subdivisée en des horizons de 10 cm d'épaisseur à l'aide d'un décimètre et des piquets jusqu'à la profondeur de 3 m.

Les échantillons de sol sont prélevés avec des cylindres.

Les échantillons ainsi récoltés sont conditionnés dans des boîtes et ramenés au laboratoire où ils sont pesés après séchage à l'étuve à 105°C pendant 48 heures pour obtenir le poids sec.

La densité apparente est obtenue en rapportant le poids sec de la terre au volume interne de l'anneau.

$D_a = P/V$ (équation 3) avec

P = poids sec de l'échantillon

V = volume d'eau de l'anneau

D_a = Densité apparente

- Les variations de l'humidité et du stock d'eau du sol

La dynamique de l'humidité du sol a été suivie par des lectures à la sonde à neutrons chaque semaine dans les tubes installés au pied de chaque arbre observé. Les mesures ont été faites tous les 10 cm le long du profil du sol jusqu'à une profondeur de 450 cm. Les coefficients d'étalonnage de la sonde ont été utilisés

pour convertir les comptages neutroniques en humidité volumique. L'équivalent en stock d'eau (mm) est obtenu par simple multiplication de l'humidité volumique ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) par l'épaisseur de l'horizon de mesure. L'épaisseur considérée est de 10 cm soit 100 mm. Le stock d'eau du sol, sur plusieurs horizons de calcul est calculé en faisant une somme glissée des horizons successifs dans une feuille de calcul EXCEL ; suivant l'équation 4 :

$$S = \Delta z \sum_{i=1}^n \theta_{z_i} \quad \text{Eq. 4}$$

Où $\Delta z = Z_i - Z_{i-1}$ dans ce cas $Z_i - Z_{i-1} = 100$ mm ;

n = nombre d'horizons d'épaisseur Δz pour atteindre la profondeur Z_n ;

θ_{z_i} = humidité volumique à la profondeur Z_i .

METHODES D'ANALYSE DES RESULTATS

A partir d'une feuille de calcul du logiciel EXCEL les quantités de MS obtenues à partir des échantillons racinaires ont été converties en tonnes de MS par ha. Les données d'humidité du sol ont été également traitées dans EXCEL en utilisant les équations 2 et 4 pour les calculs respectifs de l'humidité volumique et du stock d'eau. Ces différents calculs ont été réalisés en respectant les différents profils du sol et les zones de mesures. L'option tableau croisé dynamique de EXCEL a été utilisée pour le calcul des moyennes ou des valeurs totales.

Les résultats obtenus sont regroupés sous forme de moyennes. Ils ont servi à réaliser des tableaux ou des graphiques en EXCEL. Les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel GENSTAT. L'analyse des variances (ANOVA) est faite pour les différents paramètres (quantité de matière sèche de racines, humidité volumique du sol) en faisant une stratification en tenant compte des profondeurs, distances, génotypes et arbres, pour l'appréciation des différences entre traitements. Les données d'évapotranspiration ont été analysées suivant la méthode d'analyse des mesures répétées avec le logiciel GENSTAT. Une relation a été établie entre l'extraction hydrique racinaire totale et la quantité de matière sèche de racines totales, ou l'indice de degré de ramification.

RESULTATS ET DISCUSSION

Consommation en eau des génotypes

Les mesures d'humidité du sol ont été effectuées dans 4 zones :

Capacité d'absorption hydrique de cinq génotypes de palmier à huile (*Elaeis guineensis*) dans la parcelle du Centre de Recherche Agricole sur les plantes pérennes (CRA-PA) de la région des plateaux au Bénin.

- zone 1, située entre 0 - 1,5 m du stipe ;
- zone 2, située entre 1,5 - 3 m du stipe ;
- zone 3, qui s'étend de 3 m à 4,5 m du stipe ;
- zone 4, dite centrale qui se trouve au centre de 3 palmiers voisins, appartenant à un même triangle équilatéral de 9 m de côté. Elle se situe à 5,2 m du stipe.

Variation de l'humidité du sol

La figure 1 présente les profils d'humidité du sol à différentes distances du stipe sur l'ensemble des

parcelles étudiées.

A tous les points de mesures, l'humidité est inférieure à celle de la capacité au champ. Ceci est une conséquence du démarrage précoce de la saison sèche. Par ailleurs, le profil d'humidité a varié de façon hautement significative selon la distance du stipe (Figure 2) et la profondeur du sol (Figure 3). Après 10 cm de profondeur jusqu'à 60 cm de profondeur, l'humidité du sol a été plus élevée à 5,2 m du stipe, qu'à 3-4,5 m du stipe.

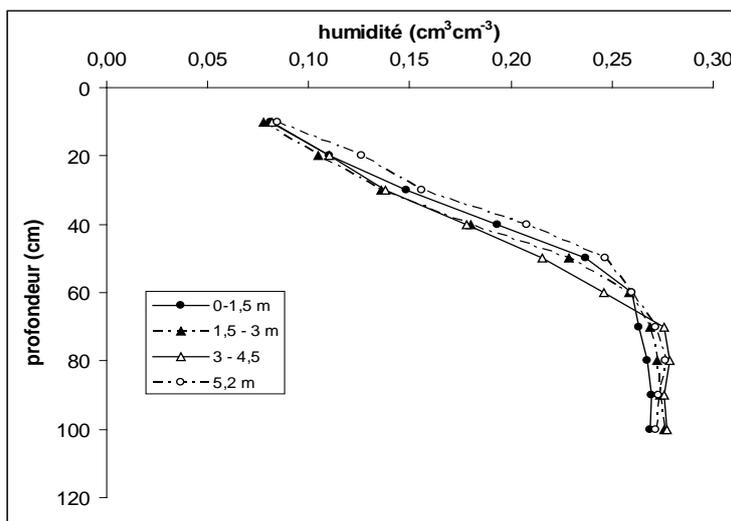


Figure 2. Profil d'humidité du sol à différentes distances du stipe sous 5 génotypes de palmier

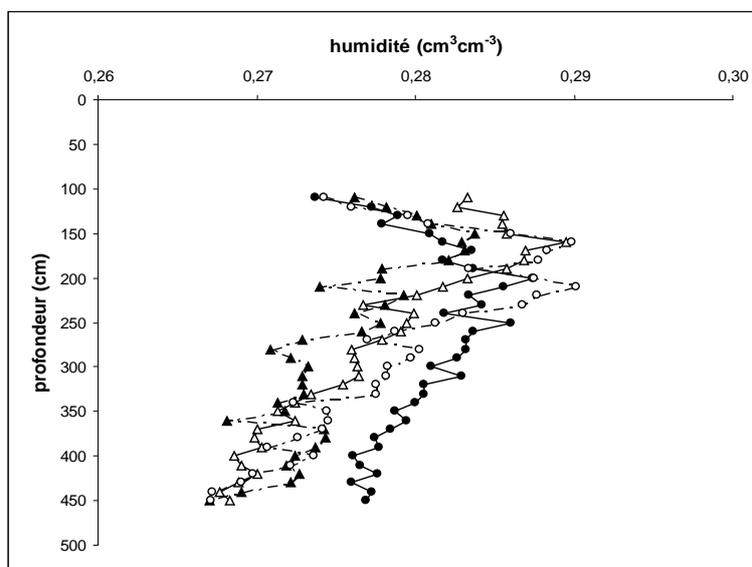


Figure 3. Profil d'humidité du sol à différentes profondeurs sous 5 génotypes de palmier.

Par rapport à ces deux distances du stipe, la position du profil d'humidité dans les zones 1 (0-1,5 m) et 2 (1,5-3 m), varie selon la profondeur. Par exemple le profil d'humidité dans la zone 1 apparaît plus sec que le profil d'humidité au centre de 3 palmiers dans les horizons de surface. Cependant, il est devenu le profil le plus humide après 250 cm de profondeur (figure3). Les palmiers ont donc plus asséché le sol dans la zone 1 en surface qu'en profondeur (après 250 cm) durant le premier mois de sécheresse. Toutefois le sol a été plus sec en plusieurs points du profil du sol dans les zones 2 et 3 qu'en zone 1 entre 60 et 250 cm de profondeur (Figure 3). Les horizons 60 à 250 sont des horizons de transition pour les 4 zones de mesures.

Extraction hydrique racinaire par les génotypes.

En début de campagne, l'ANOVA a révélé des différences de comportement significatives entre génotypes en fonction de la profondeur du sol. La

figure 4 permet de visualiser cette variation de comportement des génotypes. En surface (0-20 cm) il n'y a pas de différence entre les génotypes. Entre 20-60 cm de profondeur, l'état de dessèchement du sol a varié en fonction des génotypes et de la profondeur du sol. Le sol a été plus humide chez les génotypes L4, L5 et L1 que chez les génotypes L2 et L3. Après 60cm de profondeur on note une zone de transition qui s'est prolongée jusqu'à 240 cm de profondeur. La différence entre les génotypes L1 et L2 a aussi varié selon la profondeur. Toutefois on note une nette démarcation entre le génotype L5 et les génotypes L2 et L3. A partir de 200 cm de profondeur l'humidité du sol chez les génotypes L3 et L2 a été plus élevée que chez le génotype L5 sur tout le profil du sol jusqu'à 450 cm où nous avons arrêté les observations. Les génotypes L4 et L1 qui ont eu globalement un comportement intermédiaire ont eu parfois des points d'humidité plus proches de ceux des 3 génotypes L3, L2 et L5 selon la profondeur.

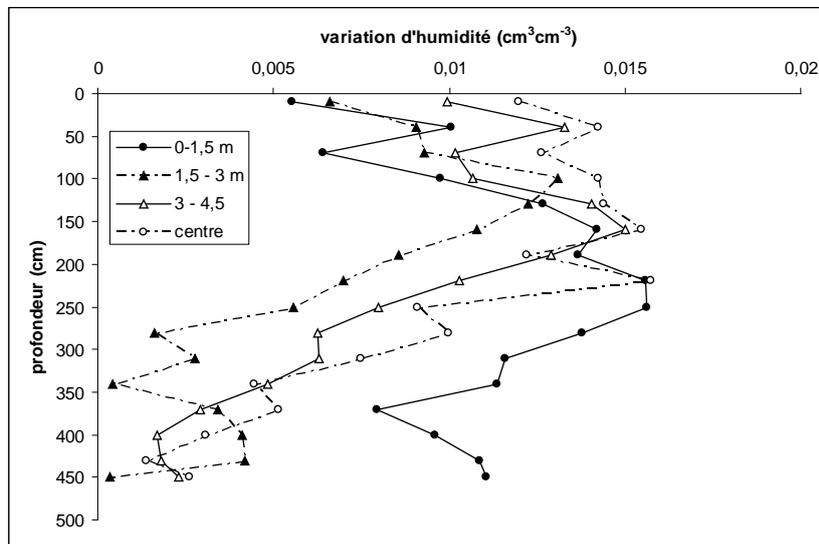


Figure 4 : Extraction hydrique ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$) entre 5/12/2007 en fonction de la profondeur et la distance du stipe sous les palmiers.

Il n'y a pas toujours pas de différence entre génotypes à la surface du sol (0-20cm). On note une différence importante dans la position relative des profils d'humidité du sol par rapport à l'état hydrique du sol en début de la campagne (Figure 4). Le sol sous le génotype L5 est devenu plus sec entre 20 et 50 cm, par

rapport aux génotypes L4 et L1. Aussi le sol reste toujours plus sec chez le génotype L3 par rapport au génotype L1 dans les horizons sous jacents à la surface (20-100 cm). Au-delà de 100 cm de profondeur le profil du sol sous le génotype L3 est devenu plus humide par rapport au génotype L4.

Cependant, on a observé un plus grand dessèchement du sol chez L3 par rapport à l'état du sol en début de campagne, notamment entre 100 et 300 cm de profondeur (figure 3, 4). Contrairement à ce qui est observé en surface, le génotype L1 a beaucoup plus asséché le sol en profondeur que le génotype L3, surtout après 300 cm de profondeur. Le génotype L4 a également asséché plus le sol en profondeur que le génotype L3. Toutefois la différence entre les génotypes L4 et L3 s'est étendue à une couche de sol beaucoup plus grande (150-450 cm). Le génotype L2 a mieux asséché le sol après 100 cm de profondeur que le génotype L3. Son profil d'humidité a été beaucoup plus proche de celui du génotype L4 en profondeur.

Ces différents comportements des génotypes ont des répercussions sur le stock d'eau dans le sol (figure 5). On peut retenir qu'en début de campagne, les génotypes L2 et L3 ont asséché plus le sol dans les horizons de surface (20-60 cm), tandis qu'ils ont

moins asséché les horizons plus profonds (au-delà de 200 cm). Par contre les génotypes L4 et L5 ont par rapport aux génotypes L2 et L3 plus asséché les horizons intermédiaires et de profondeur (au-delà de 100 cm). Ils ont moins asséché les horizons de surface (20-60cm). Le génotype L1 a moins asséché le sol en surface mais à un comportement intermédiaire après 200 cm de profondeur.

Après 3 mois de sécheresse, le génotype L4 a moins asséché les horizons de surface (20-60 cm), pendant qu'il a un sol plus sec que la plupart des génotypes après 150 cm de profondeur. Le phénomène contraire a été observé chez le génotype L3. Le génotype L5 a un profil hydrique très proche de celui du génotype L3 en surface (<50 cm) et intermédiaire entre celui de L4 et L3 sur le reste du profil du sol. Quant aux génotypes L2 et L1 ils ont eu un profil hydrique très variable sur l'ensemble du profil du sol (figure 5).

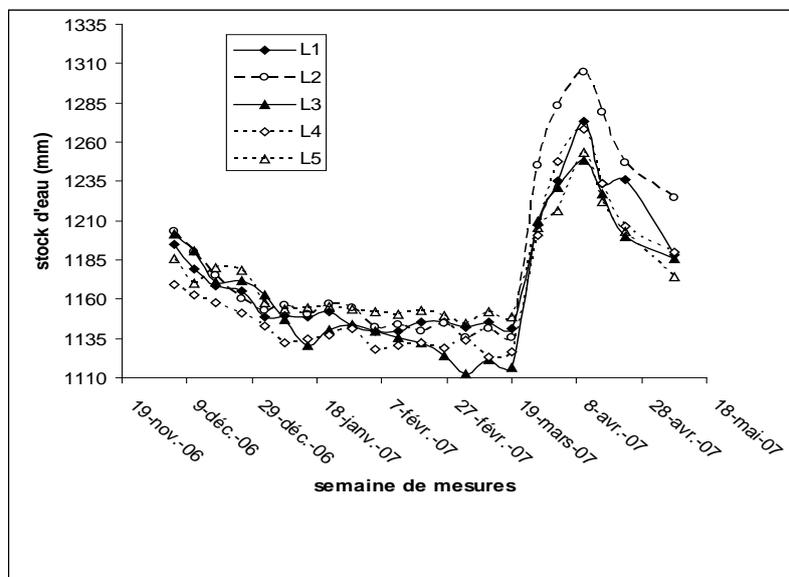


Figure 5. Evolution temporelle du stock d'eau du sol sous 5 génotypes de palmier à huile jusqu'à 450 cm de profondeur

DISCUSSIONS

A partir du démarrage de la campagne, les palmiers n'ont pas bénéficié de pluies pendant une longue période (pas avant le 9 février 2007). Ils ont donc

continué de puiser directement dans le stock d'eau du sol. L'ANOVA de l'humidité du sol, a révélé une interaction zone x profondeur très significative. Ce résultat est illustré par la figure 2. Ce résultat montre que le palmier à huile est capable d'extraire l'eau des

couches profondes lorsque son système racinaire le permet. Le résultat concorde donc avec les observations de [15, 16]. Ces auteurs ont montré que les palmiers à huile adultes continuent d'extraire l'eau

jusqu'à une profondeur de 5 m pendant la saison sèche. Par ailleurs les résultats ne concordent pas avec la conclusion selon laquelle l'alimentation en eau du palmier à huile est essentiellement superficielle et que les racines profondes n'ont qu'un rôle d'ancrage [17]. En conséquence, la pratique qui consiste à limiter la réserve d'eau disponible au palmier à huile à une profondeur de 2 m du sol [2], surestime le déficit hydrique calculé par la méthode de l'IRHO [18]. Pourtant cette méthode continue d'être utilisée à cause de sa simplicité.

L'ampleur du dessèchement du sol dans les différentes zones de mesures varie avec la profondeur et la différence entre les profils d'humidité à la date de démarrage des mesures permet de mieux comprendre le comportement des différentes zones au cours de la saison sèche. La variation de l'humidité du sol en fonction de la distance du stipe et de la profondeur du sol. Il montre qu'en surface (0-100 cm) l'assèchement du sol a été plus important dans la zone 3 et au centre. La zone 1 a connu moins de dessèchement au cours de cette période. Dans les horizons de profondeur (> 150 cm) l'assèchement du sol en zone 1 a été plus important pendant que la zone 2 continue d'être une zone moins asséchée.

CONCLUSION

Les génotypes L2 et L3 ont absorbé beaucoup d'eau malgré leur densité racinaire plus faible que celui des

génotypes L1, L4 et L5. Pendant que le génotype L3 s'est comporté comme un gaspilleur d'eau, le génotype L2 a bien rentabilisé l'eau puisée du sol.

Un autre point important est que les génotypes L4 et L5, malgré une production racinaire un peu plus élevée que celle des génotypes L1, L2 et L3, ont extrait moins d'eau du sol. Il est possible qu'au-delà des différences de degré de ramification entre les génotypes que des différences de régulation stomatique ou de transpiration cuticulaire existent également entre eux.

Une bonne relation existe entre la biomasse totale de racines par ha sous le palmier et la quantité totale d'eau extraite du sol durant la saison sèche. Cependant, nos résultats ont confirmé que la gestion de l'eau du sol pendant la saison sèche ne dépend pas que de la densité de racines (production de racines par hectare). Des travaux ont mis en évidence que le degré de ramification des RI est très important. Néanmoins il y a un degré de ramification racinaire au-delà duquel l'absorption hydrique maximale diminue. Pour des palmiers de 11 ans et dans les conditions de cette étude ce degré de ramification serait de 0,6 avec une production de biomasse racinaire de 11 tha⁻¹.

Il est souhaitable que les études futures intègrent certains aspects de gestion de l'eau du sol durant la saison sèche comme la régulation stomatique, la transpiration cuticulaire.

L'aspect physiologie des racines comme l'efficacité d'absorption hydrique des racines (EAH), mérite d'être pris en compte.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. HOUSSOU M., 1985.- *Amélioration du palmier à huile en zone peu humide. Résultats récents obtenus au Bénin*. Thèse de docteur Ingénieur. Université de Paris-Sud Orsay, Paris. 119 p.
2. CORLEY R. H. V. and TINKER P. B., 2003.- *The Oil Palm*. Blackwell Science Ltd, Oxford OX42DQ. 562 p.
3. CORNAIRE B., DANIEL C., ZUILY-FODIL Y. et LAMADE E., 1994.- Le comportement du palmier à huile sous stress hydrique. Données du problème, premiers résultats et voies de recherche. *Oléagineux*, 49: 1-12.
4. NOUY B., BAUDOUIN L., DJEGUI N. et OMORE A., 1999.- Le palmier à huile en conditions hydriques limitantes. *Plantations, recherche, développement*, pp. 31-40.
5. de TAFFIN G. et DANIEL C., 1974.- Conduite des jeunes plantations de palmier à huile en zones sèches au Dahomey. *Oléagineux*, pp. 227-232.
6. CHAILLARD H., DANIEL C., et HOUETO V., 1983.- Irrigation du palmier à huile et du cocotier.

Capacité d'absorption hydrique de cinq génotypes de palmier à huile (*Elaeis guineensis*) dans la parcelle du Centre de Recherche Agricole sur les plantes pérennes (CRA-PA) de la région des plateaux au Bénin.

- "Expérience" sur 900 ha en République Populaire du Bénin. *Oléagineux*, 38: 519-533.
7. BENARD G. et DANIEL C.. 1971.- Economie de l'eau en jeunes palmeraies sélectionnées au Dahomey. Castration et sol nu. *Oléagineux*, 26: 225-232.
8. ADJAHOSSOU D. F., 1983.- *Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le palmier à huile (Elaeis guineensis Jacq.)*. Thèse de doctorat d'Etat. Paris VII, Paris. 203 p.
9. REIS DE CARVALHO C. J., 1991.- *Mécanismes de résistance à la sécheresse chez des plantes jeunes et adultes de palmier à huile (Elaeis guineensis Jacq.)*. Thèse de doctorat. Paris-Sud, Orsay. 203 p.
10. NODICHAO L., AKÉ S. et JOURDAN C., 2005.- *Caractères morphophysologiques racinaires et comportement phénologique du palmier à huile en saison sèche au champ*. P. 380-394 in A.
11. YOUSSEF I., 1998.- *Caractérisation milieu physique du site d'expérimentation physiologique – SRPH POBE*. Etude n° 332. Rapport décembre. 18 p.
12. Hartley, C. W. S. 1988. *The oil palm*. Longman Singapore Publishers (Pte) Ltd, Singapore. 761 p.
13. SISSINTO E., 2000.- *Etude de la consommation en eau de cinq croisements de palmier à huile (Elaeis guineensis Jacq.)*. Thèse d'Ing. Agro. FSA. Université National du Bénin, Abomey-Calavi 110 p.
14. NODICHAO L., 2007.- *Biodiversité racinaire absorption potassique et résistance à la sécheresse chez le palmier à huile (Elaeis guineensis) au Bénin*. Thèse de doctorat unique. UFR Biosciences. Cocody, Abidjan. p. (en évaluation).
15. REY H., QUENCEZ P., DUFRENE E. et DUBOS B.. 1998.- Profils hydriques et alimentation en eau du palmier à huile en Côte d'Ivoire. *Plantations, recherche, développement* 5: 47-53.
16. DUFRENE E., 1989.- *Photosynthèse, consommation en eau et modélisation de la production chez le palmier à huile (Elaeis guineensis Jacq.)*. Thèse de doctorat. Paris-Sud, Orsay. 156 p..IRHO-CIRAD. 1992. Palmier à huile. *Oléagineux*, 47(6): 289-328.
17. RUER P., 1968.- *Contribution à l'étude du système racinaire du palmier à huile*. Thèse de docteur ingénieur. Université de Paris, Paris 117 p.
18. Surre C. 1968._ Les besoins en eau du palmier à huile - Calcul du bilan de l'eau et ses applications pratiques. *Oléagineux. Conseils de l'IRHO n° 71*. 23: 165-167.