

Influence de trois paramètres physiques du sol sur la récolte du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) dans le centre de la Côte d'Ivoire

Amandine Sopie AYEMOU-ALLOU^{1,2*}, Andres TSCHANNEN¹, Désiré ALLOU^{3,5} and Ayémou ASSA⁴

¹Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire. 01 BP 1303 Abidjan 01 ; ²Université Abobo-Adjamé, UFR SN, Laboratoire de Biologie et Amélioration des Productions Végétales ; ³Université de Cocody, UFR Biosciences, Laboratoire de Génétique ; ⁴Université de Cocody, UFR STRM, Laboratoire de Pédologie et Géologie Appliquée ; ⁵Centre National de Recherche Agronomique

*Correspondent (email): amandine.sopie@gmail.com

RESUME

Objectif : En Côte d'Ivoire, l'indisponibilité du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) en saison sèche serait due à la pénibilité de la récolte car elle est encore manuelle. Afin de contribuer à la sécurité alimentaire, une étude a été conduite dans la zone de transition forêt-savane, au Centre du pays. L'objectif est de connaître les différents facteurs physiques qui influencent la récolte des tubercules afin de proposer des solutions, permettant d'augmenter la production des exploitations agricoles et relever la marge bénéficiaire des petits producteurs de manioc.

Méthodologie et résultat : Un dispositif de Fisher a été installé pour tester l'effet de quatre périodes, deux types de sols et quatre variétés sur la récolte du manioc. Les observations ont porté sur l'humidité, la compaction et la résistance du sol, ainsi que sur la proportion de tubercules cassés pendant les récoltes. Les principaux résultats ont montré qu'en saison sèche où l'humidité du sol est basse (3,5 %), la compaction et la résistance du sol ont été très élevées (226,1 kPa et 0,85 kN/m²) engendrant une proportion élevée de tubercules cassés lors des récoltes (44,6 %). Cette proportion a été plus forte particulièrement pour la variété locale "Bonoua", plantée sur le sol à texture sablo-argileuse surtout durant les périodes sèches (février avec 79,9 % de proportion de tubercules cassés et novembre avec 68,3 % de proportion de tubercules cassés).

Conclusion et application : La compaction du sol est un facteur majeur qui contribue à une importante perte post-récolte des tubercules de manioc s'ils sont récoltés en saison sèche. Afin de réduire ces pertes, les petits exploitants pourraient récolter uniquement la variété sélectionnée TME9 dont les caractéristiques morphologiques des tubercules sont plus régulières. Ils gagneraient également à récolter en cette période que les variétés plantées sur les sols à texture sableuse. Ces mesures permettraient de réduire ainsi la pénurie de manioc constatée sur les marchés ivoiriens en saison sèche.

Mots clés: manioc, pénibilité de récolte, sol, période de récolte, Côte d'Ivoire.

Citation : Ayemou-allou AS, Tschannen A, Allou D. and Assa A, 2008. Influence de trois paramètres physiques du sol sur la récolte du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) dans le centre de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 9 (2): 416 - 423.

INTRODUCTION

Le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) est l'une des principales plantes à racines et tubercules amyliacés cultivées dans les tropiques (Donald *et al.*, 1998). Cinquante pour cent de la production mondiale (203 millions de tonnes en 2005) est détenue par l'Afrique (FAO, 2006). En Côte d'Ivoire, c'est la deuxième culture vivrière après l'igname avec une production en 2004 de 2,6 millions de tonnes (Kouabli, 2005). Une des contraintes de la culture du manioc dans le pays est la récolte manuelle des tubercules alors qu'ailleurs, elle est mécanisée (Silvestre & Arraudeau, 1983). La qualité des tubercules récoltés est meilleure lorsque le taux de matière sèche est élevé (Grace, 1977). Un optimum est atteint en saison sèche d'où l'intérêt de récolter le manioc à cette période (Silvestre & Arraudeau, 1983). Cependant, à cette période (janvier-mars), on observe une pénurie des tubercules sur les marchés ivoiriens à cause de la pénibilité du travail de récolte (Bokanga, 1999), ayant pour conséquence une flambée des prix (Kouabli,

2005). En effet, en saison sèche, l'humidité du sol décroît fortement (Bonal *et al.*, 2000) et la compaction est forte dans les sols lourds (Leung & Meyer, 2003). Ces difficiles conditions climatiques et édaphiques ont pour effet d'endommager les tubercules récoltés, diminuant ainsi la qualité et la valeur marchande de ceux-ci (Grace, 1977). Pour envisager une maîtrise des dommages causés aux tubercules de manioc en saison sèche, il est essentiel de connaître les facteurs qui influencent leur récolte. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'aptitude à la récolte de quatre variétés de manioc en fonction de trois paramètres physiques du sol dans la zone de transition forêt-savane de Côte d'Ivoire. Un dispositif de Fischer, a été mis en place pour mesurer l'humidité, la compaction et la résistance à la pénétration sur deux sols différents ainsi que la proportion de tubercules cassés à la récolte. Ces mesures ont été effectuées pendant quatre périodes de l'année.

MATERIELS ET METHODES

Milieu d'étude: L'étude a été conduite à la station de recherche du Centre Suisse de Recherches Scientifiques (CSRS) à Bringakro, dans la zone de transition forêt-savane, au Centre de la Côte d'Ivoire. Cette zone est soumise à un climat tropical sub-humide caractérisé par la succession de deux saisons de pluies et de deux saisons sèches (Guillaumet & Adjanohoun, 1971). Les précipitations, peu abondantes, sont irrégulières d'une année à l'autre et varient entre 1000 et 1600 mm (Brou, 2005). Les températures moyennes varient de 26,8 à 30,5°C et la végétation est une forêt secondaire dominée par des fromagers et des rôniers (Girardin, 1996).

Matériel végétal : Le matériel végétal est composé de deux variétés de manioc sélectionnées (TME9 ou Olekanga et TMS4(2)1425) par l'IITA (International Institute of Tropical Agriculture, Nigeria) et deux variétés locales ("IAC" et "Bonoua"). Les variétés sélectionnées sont très performantes vis à vis du rendement et de la résistance aux maladies (IITA, 1982) et les variétés locales sont parmi les plus cultivées en Côte d'Ivoire.

Sol : Deux sols différents ont été retenus pour l'étude. Un sol à texture sablo-argileuse (17,5 % A, 18,3 % L et 63,9 % S) situé en zone de forêt et un sol à texture sableuse (6,8 % A, 22,3 % L et 70,7 % S)

situé en zone de savane. Ils appartiennent à la classe des sols ferrallitiques moyennement désaturés (Ndabalyshe, 1995). Les caractéristiques physico-chimiques de ces sols ont été décrites par Diby (2005).

Protocole expérimental : Sur chaque sol, un dispositif expérimental avec quatre blocs complètement randomisés a été utilisé. Des boutures de manioc de 10 cm de long apparemment saines ont été plantées manuellement de façon oblique sur des buttes d'environ 30 cm de haut. L'espacement entre les plants a été de 1 × 1 m, soit une densité de plantation de 10 000 plants/ha. Le planting a été effectué au mois de mai, au début de la grande saison des pluies. Il n'y a eu aucun apport d'engrais, ni de traitement phytosanitaire sur les parcelles expérimentales. Un désherbage manuel a été effectué quatre fois pendant le cycle de la culture (18 mois). La récolte s'est effectuée manuellement par traction verticale sur des tiges coupées à 25 cm au-dessus du sol pendant quatre périodes de l'année.

Les expérimentations ont été conduites sur deux cycles, mai 2001 - novembre 2002 et mai 2002 - novembre 2003. Les échantillonnages et mesures édaphiques ont été faits à la diagonale sur chaque bloc du dispositif expérimental en fonction de la toposéquence. Trois répétitions ont été effectuées

pour chacune des mesures pendant quatre périodes (février, mai, août et novembre) sur les deux sols.

Paramètres mesurés

Humidité du sol : L'humidité du sol (Hs) a été déterminée lors des récoltes des tubercules sur chaque sol par la méthode thermogravimétrique. Trois échantillons de sol ont été prélevés (carottage) à différentes profondeurs (0 - 10 cm et 10 - 20 cm) à l'aide d'un cylindre métallique. Dans chaque échantillon prélevé, un sous-échantillon de sol a été pesé à l'état frais et après séchage à l'étuve à 105 °C pendant 24 h, ce sous-échantillon a été de nouveau pesé. La perte d'eau après dessiccation a été exprimée en pourcentage du poids initial de l'échantillon.

Résistance à la pénétration : La résistance à la pénétration du sol (Rs) est la force opposée par ce sol à l'application d'une force portante (Herrick & Jones, 2002). Cette mesure a été effectuée au cours du deuxième cycle de culture avec un pénétromètre (pénétromètre manuel, Eijkelkamp, SA). Le principe a consisté à faire pénétrer une tige graduée (longueur : 45 cm) dans le sol, dont la résistance est mesurée à l'aide d'un ressort qui en fournit directement la valeur sur une échelle graduée en kN/m².

Compaction du sol : La compaction du sol (Cs) est définie comme l'augmentation de la densité de ce sol à une profondeur donnée (Rooney *et al.*, 2005). Elle a été mesurée à l'aide d'un compactomètre (Eijkelkamp field inspection vane tester). Le principe a consisté à implanter verticalement dans le sol la girouette de l'appareil (longueur : 10 cm) puis lui imposer un mouvement de rotation avec une certaine vitesse et force. La force d'arrachage ou compaction

du sol est mesurée au point de rupture du sol et la mesure est lue sur une bague de l'échelle en kPa.

Proportion de tubercules cassés : Pendant les récoltes, le nombre de tubercules cassés a été dénombré sur le total de tubercules récoltés dans chaque parcelle élémentaire. Cela a permis de déterminer les proportions de tubercules cassés (PTc) par plant.

Analyses statistiques : Une analyse statistique élémentaire a permis de décrire par les moyennes, les variables mesurées en fonction de la période de récolte, du type de sol et de la variété. Le test de Student-Newman-Keuls (SNK) a permis de faire le classement des moyennes calculées après une analyse de variances au seuil $\alpha = 5\%$ (Gouet, 1997). La procédure GLM (General Linear Model) a été utilisée pour l'analyse de variance. Le modèle est de type additif à deux facteurs de variation avec interaction (sol \times période) pour les variables édaphiques. Il est à trois facteurs de variation avec interaction à deux niveaux respectivement pour les facteurs type de sol, période de récolte et variété en ce qui concerne la variable agronomique. Afin de rendre applicable à des proportions le test d'analyse de variances, les mesures du nombre de tubercules cassés ont subi une transformation angulaire (Lison, 1968). Un test de normalité a été conduit sur les variables pour valider les résultats des analyses de variances (Thode, 2002). Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel SAS System version 8.02 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 2002). Tous les graphiques ont été réalisés à l'aide du logiciel Microcal Origin version 5.0 (Microcal Software, Inc., Northampton, MA., USA, 1997).

RESULTATS ET DISCUSSION

La figure 1 montre la proportion de tubercules de manioc, les 3 paramètres physiques du sol en fonction de la période de récolte. Les barres au-dessus des histogrammes représentent l'erreur standard.

En février, l'humidité du sol a été basse (3,5 %) tandis que la compaction et la résistance à la pénétration du sol ont été très élevés (226 kPa et 0,85 kN/m²). La proportion de tubercules cassés la plus élevée à la récolte (44,6 %) a été notée à cette même période (figure 1). L'humidité du sol la plus importante (10,6 %) ainsi que la compaction et la résistance à la pénétration du sol les plus bas (respectivement 49,4 kPa et 0,4 kN/m²) ont été observées en mai. C'est à cette période également qu'a été noté la plus faible proportion de tubercules cassés (10,7 %) par plant à la récolte (figure 1).

Selon les résultats ci-dessus, le nombre de tubercules cassés (Tubcas) de manioc dépendrait de la période de récolte des tubercules. L'analyse de variances au seuil alpha égale 5 % a montré un effet période hautement significatif pour les variables humidité, compaction et résistance à la pénétration du sol ainsi que pour la variable proportion de tubercules cassés par plant à la récolte ($p < 0,0001$). Cela signifie que la résistance, la compaction et l'humidité du sol ainsi que la proportion de tubercules cassés par plant ont varié d'une période à l'autre. Bonal *et al.*, (2000) ont montré qu'en saison sèche, l'humidité du sol décroît fortement. Dans notre étude, l'humidité du sol a été très basse (3,5 %) en février qui est un mois situé en pleine grande saison sèche en Côte d'Ivoire. La compaction et la résistance à la pénétration du sol ont été élevées à cette même

période, entraînant une forte proportion de tubercules cassés (44,6 %). Par contre en mai (grande saison des pluies), l'humidité du sol a été relativement élevée (10,6 %) et la compaction et la résistance à la pénétration du sol ont été faibles avec pour conséquence une faible proportion de tubercules cassés (10,7 %). La forte proportion de tubercules cassés en février expliquerait donc pourquoi les producteurs ne récoltent pas le manioc en saison

sèche car elle réduit la qualité et la valeur marchande des tubercules. Une solution à la difficulté de récolte du manioc en saison sèche serait d'humecter chaque pied de manioc, ce qui pourrait réduire la proportion de tubercules cassés. Une telle situation occasionnerait cependant des coûts supplémentaires pour l'exploitant à cause du coût d'eau et de la main d'œuvre complémentaire qu'elle va entraîner.

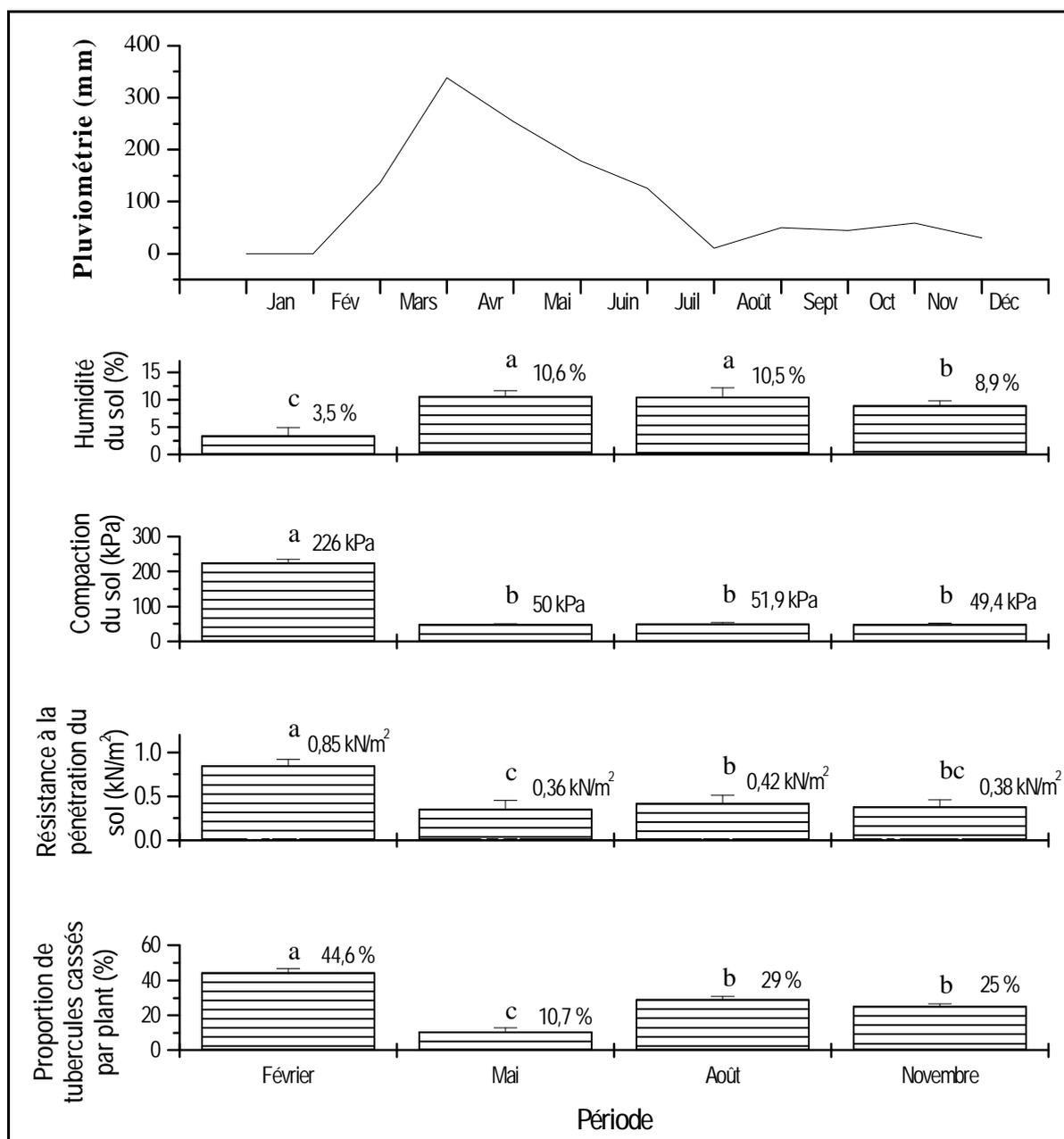


Figure 1 : Tubercules cassés de manioc par plant, résistance à la pénétration, compaction et humidité du sol en fonction de la période de récolte. (Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes. $F < 0,0001$; $ddl = 81$; $Pval = 6,86$ (Tubercules cassés par plant). $F < 0,0001$; $ddl = 31$; $Pval = 53,04$ (Résistance à la pénétration du sol). $F < 0,0001$; $ddl = 31$; $Pval = 89,73$ (Compaction du sol). $F < 0,0001$; $ddl = 31$; $Pval = 37,05$ (Humidité du sol).

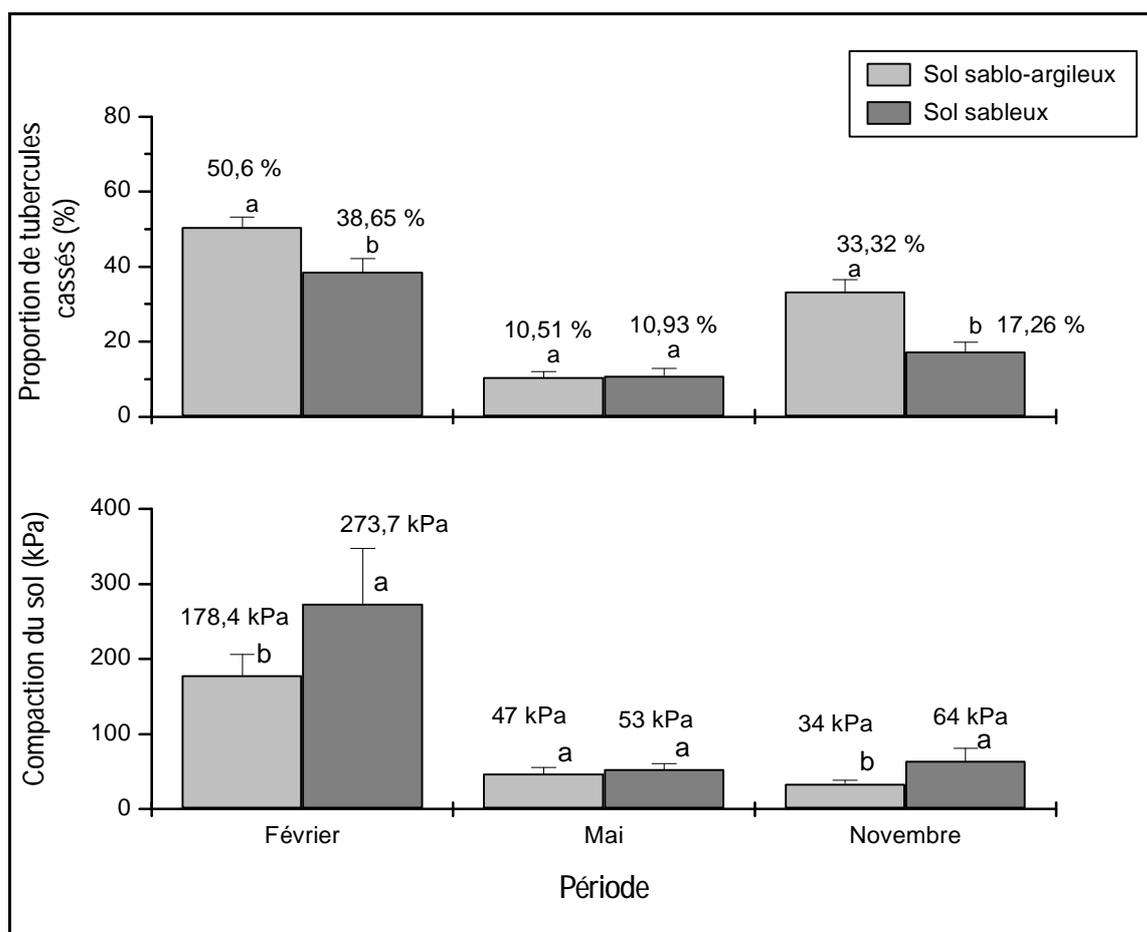


Figure 2 : Tubercules cassés de manioc par plant et compaction du sol par période en fonction du type de sol. (Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes. Tubercules cassés : F = 0,014 ; ddl = 31 ; Pvalue = 3,14 (Février) ; F = 0,017 ; ddl = 31 ; Pvalue = 2,98 (Mai) ; F = 0,0002 ; ddl = 31 ; Pvalue = 3,14 (Novembre). Compaction du sol : F < 0,0001 ; ddl = 35 ; Pvalue = 6,99 (Février) ; F = 0,021 ; ddl = 35 ; Pvalue = 2,22 (Mai) ; F = 0,003 ; ddl = 35 ; Pvalue = 3,36 (Novembre).

Il a été observé sur le sol à texture sablo-argileuse, une forte proportion de tubercules cassés (50,6 %) tandis que la compaction du sol était faible (178,4 kPa) en février. Par contre sur le sol à texture sableuse, la proportion de tubercules cassés a été relativement faible (38,6 %) alors que la compaction du sol était élevée (273,7 kPa). Figure 2. C'est la même tendance qui est observée au mois de Novembre mais avec des valeurs plus faibles. La proportion de tubercules cassés (33,31 %) est élevée sur le sol à texture sablo-argileuse pour une faible compaction du sol (34 kPa) tandis que sur le sol à texture sableuse c'est le contraire qui est noté avec 17,2 % de tubercules cassés pour une compaction de 64 kPa. En Mai, il n'y a pas eu de différence de compaction de sol ni de proportion de tubercules cassés pour les deux types de sol (Figure 2).

Vue ces résultats, la récolte du manioc dépendrait aussi du type de sol.

En effet, l'analyse de variances au seuil alpha égale 5 % a indiqué un effet type de sol hautement significatif pour les variables compaction du sol et proportion de tubercules cassés par plant (respectivement $p < 0,0001$ et $p < 0,01$). Il faut surtout noter les effets d'interaction période de récolte \times type de sol qui sont très significatifs pour les variables compaction du sol et proportion de tubercules cassés par plant (respectivement $p < 0,0001$, $p = 0,005$). Cependant pour les variables humidité et résistance à la pénétration du sol, l'effet d'interaction a été non significatif ($p = 0,2145$ et $p = 0,1437$). La différence des résultats de la compaction pour le facteur type de sol, pourrait s'expliquer par la divergence des principes de mesure de chacun des appareils utilisés. Le pénétromètre mesure la

compaction verticalement jusqu'à une profondeur d'environ 45 cm alors que le compactomètre réalise des mesures rotatives sur seulement 10 cm de profondeur dans le sol. De plus, la différence de compaction observée sur les deux types de sols pourrait se justifier aussi par la différence de leurs propriétés physiques (texture et structure). Généralement, un sol à texture sableuse est sujet au tassement qu'un sol à texture sablo-argileux à cause de sa structure. En effet dans la structure particulaire, les éléments n'ont pas de liens entre eux (Beauchamp, 2001) ; c'est à dire qu'il n'y a pas de ciment (argile et/ou matière organique). Les vides

dans un tel sol sont ainsi très réduits et de faibles dimensions (Leung & Meyer, 2003 ; Tsague, 2005). Sa densité apparente est donc plus élevée que celle du sol à texture sablo-argileuse. Cela pourrait être une des raisons pour laquelle la compaction du sol est plus élevée sur le sol à texture sableuse. Dans un sol à structure massive, les particules sont liées par un ciment (Beauchamp, 2001). Un tel sol est peu poreux, et cela pourrait être à l'origine de l'augmentation de la proportion de tubercules cassés sur le sol sablo-argileux. Cultiver le manioc sur le sol sableux pourrait résoudre en partie le problème de la difficulté de récolte du manioc.

Tableau 1: Analyse de variance pour la variable proportion de tubercules cassés.

Modalité	ddl	F value	Pr > F
Période de récolte	3	60,78	< 0,0001***
Variété	3	11,91	< 0,0001***
Type de sol	1	29,13	< 0,0001***
Période x variété	9	2,36	0,0203*
Période x type de Sol	3	11,44	< 0,0001***
Variété x type de sol	3	0,48	0,6981 ns
Période x variété x type de sol	9	0,89	0,5405 ns

(*) : Significatif ; (***) : Hautement significatif ; ns : non significatif

L'analyse de variance au seuil alpha égale à 0,05 a indiqué un effet variété, un effet période de récolte, un effet type de sol et un effet d'interaction type de sol × période de récolte hautement significatif avec des probabilités $p < 0,0001$ pour la variable proportion de tubercules cassés par plant (tableau 1). Cela signifie que d'une période à l'autre, les sols ne

se sont pas comportés de la même façon. Elle a aussi indiqué un effet d'interaction période de récolte × variété qui est significatif pour la même variable proportion de tubercules cassés par plant ($p = 0,0203$), ce qui sous-tend que les variétés de manioc sont différentes entre elles pour cette variable à chaque période donnée.

Tableau 2 : Tubercules cassés par plant des variétés de manioc en fonction de la période de récolte et du type de sol.

Variétés	Période de récolte							
	Février		Mai		Août		Novembre	
	SSA*	SS*	SSA	SS	SSA	SS	SSA	SS
Bonoua	79,9 a	48 b	19,7 a	22,5 a	47,5 a	40,7 a	68,3 a	41,5 b
TMS4(2)1425)	34,3 a	30 a	14,5 a	5,6 a	28,9	32,5 a	13,1 a	11,1 a
TME9	36,5 a	35,3 a	3,1 a	3,1 a	11,7 a	13,5 a	19,8 a	11 a
IAC	51,5 a	41,3 a	4,7 b	12,5 a	19,5 b	38,6 a	32 a	5,4 b

* Les valeurs suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes (comparer les variétés par rapport au type de sol). SSA : Sol à texture sablo-argileuse ; SS : Sol à texture sableuse

Dans le tableau 2, la variété Bonoua a été celle qui a le plus de tubercules cassés et cela à toutes les périodes et sur les deux types de sol. L'aptitude à la récolte du manioc serait alors liée à la variété plantée. En effet, la variété locale Bonoua a présenté le plus de tubercules cassés quels que soient le type de sol et la période de récolte. Quant à la variété TME9, elle a été la variété la plus facile à récolter cependant elle n'est pas significativement différente

de la variété locale IAC (tableau 2). L'hypothèse selon laquelle la difficulté de récolte du manioc serait liée à la variété se retrouve chez une autre espèce, l'igname (*Dioscorea spp.*). Doumbia *et al.*, (2004) ont montré que la facilité de récolte de l'igname sélectionnée Florido est liée à la forme régulière et arrondie de ses tubercules. La variété sélectionnée TME9 possèderaient des caractéristiques morphologiques avantageuses qui faciliteraient la

récolte de ses tubercules. La culture de cette variété serait une solution pour avoir des tubercules moins endommagés et de meilleure valeur marchande en période sèche. L'adoption d'une telle solution par les exploitants pourrait réduire en période sèche la pénurie de manioc en Côte d'Ivoire.

CONCLUSION

Notre étude a montré que la période de récolte, la nature du sol (texture et structure) et le type de

variété sont d'une importance capitale dans la récolte du manioc. En saison sèche où les conditions climatiques sont défavorables (faible humidité du sol, forte compaction et résistance à la pénétration du sol), les petits exploitants pourraient récolter uniquement la variété sélectionnée TME9 ou Olékanga, plantée sur un sol à texture sableuse. Ils réduiraient ainsi la pénurie de manioc constatée sur les marchés ivoiriens en saison sèche.

REFERENCES CITEES

- Beauchamp J, 2001. Eléments de pédologie et d'hydrologie. Université de Picardie Jules Verne. En ligne www.u-picardie.fr.
- Bokanga M, 1999. Cassava: Post-harvest Operations. In: Post-Harvest Operation Compendium, n°12, AGSI/FAO, Rome.
- Bonal D, Barigah TS, Granier A, Guehl JM, 2000. Late stage canopy tree species with extremely low ¹³C and high stomatal sensitivity to seasonal soil drought in the tropical rainforest of French Guiana. *Plant, Cell and Environment* 23: 445-459.
- Brou Y. T., 2005. *Climat, mutations socio-économiques et paysages en Côte d'Ivoire*. Thèse d'Habilitation à diriger des recherches en Géographie, Université des Sciences et Technologies de Lille (Lille-I), France. 211 pp.
- Diby LN, 2005. *Etude de l'élaboration du rendement chez deux espèces d'igname (Dioscorea spp.)*. Thèse, Université de Cocody, Abidjan. 165 pp.
- Donald IP, Philipps PT, Kagbo BR, 1998. Stratégie mondiale de promotion du manioc. Transformation d'une plante à racine tropicale traditionnelle. Lancer le développement industriel rural et augmenter les revenus des agriculteurs les plus pauvres. FAO. 34 pp.
- Doumbia S, Tshiunza M, Tollens E, Stessens J, 2004. Rapid spread of the Florido yam variety (*Dioscorea alata*) in Ivory Coast. *Outlook on Agriculture* 33 (1): 49-54.
- FAO, 2006 *Online Statistical Database*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Web Site www.fao.org.
- Girardin O, 1996. *Technologie après-récolte de l'igname : Etude de l'amélioration du stockage traditionnel en Côte d'Ivoire*. Thèse de doctorat en sciences techniques, Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich, Suisse. 136 pp.
- Gouet JP, 1997. *Comment interpréter les résultats d'une analyse de variance*. Paris: ITCF.
- Grace MR, 1977. Cassava processing. *FAO Plant Production and Protection Series* 3.
- Guillaumet JL. and Adjanooun E, 1971. La végétation. In: Le milieu naturel de la Côte-d'Ivoire. Mémoire n° 50 Paris : ORSTOM. pp 161 – 262.
- Herrick JE. and Jones TL, 2002. A dynamic cone penetrometer for measuring soil penetration resistance. *Soil Science Society of America Journal* 66: 1320-1324.
- IITA, 1982. Root and tuber improvement program. Annual report. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. pp 89 - 114.
- Kouabé N, 2005. Présentation SIM-OCPV/CI. In: 6^{ème} conférence régionale sur « La situation agricole et alimentaire et les opportunités d'échanges dans le Sahel et en Afrique de l'Ouest » du 16 au 18 mars. Rapport final, CILSS, IFDC/MISTOWA, Bamako, Mali. 37 pp.
- Leung YF. and Meyer K, 2003. Soil compaction as indicated by penetration resistance: a comparison of two types of penetrometers: 370 – 375. In: *Protecting our diverse heritage: The role of parks, protected areas, and cultural sites*. (Harmon D., Kilgore B. M. & Vietzke G. E. eds), The George Wright Society.
- Lison L, 1968. *Statistique appliquée à la biologie expérimentale. La planification de l'expérience et l'analyse des résultats*. Collection Sciences et techniques d'aujourd'hui. Edition Gauthier-Villars. 346 pp.
- Ndabalyshe I, 1995. *Agriculture vivrière ouest-africaine à travers le cas de la Côte d'Ivoire*. Monographie. Côte d'Ivoire: Institut des savanes. 383 pp.

Rooney D, Stelford M, Landolt D, (Undated). Site-Specific Soil compaction mapping using a digital soil penetrometer. Site-Specific Management Guidelines (SSMG) – 34. Potash and Phosphate Institute www.ppi-far.org/ssmg (accessed on July 9th 2005).

Silvestre P. and Arraudeau M, 1983. *Le manioc. Techniques agricoles et productions tropicales*. Edition G. P. Maisonneuve et Larose, ACCT. 263 pp.

Thode HC, 2002. *Testing for normality*. New York, USA: Marcel Dekker. 479 pp.

JABS-Iss.9 (2) - 08 ©

