

CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU DES FRUITS DE QUATRE CULTIVARS DE COCOTIER (*Cocos nucifera* L.) EN CÔTE D'IVOIRE

R. R. ASSA^{1,2}, J. L. KONAN², N. AGBO¹, A. PRADES³ et J. NEMLIN⁴

¹Unité de Formation et de Recherche (UFR) Biosciences, Laboratoire de Biochimie et Sciences des Aliments ;
Université de Cocody, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire. E -mail : assa_rebecca@yahoo.fr

²CNRA- Station Marc Delorme pour la recherche sur le cocotier de Port- Bouët, 07 BP 13 Abidjan 07, Côte d'Ivoire.

³Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Département des
Cultures Pérennes, 73, Rue J.F. Breton TA 80/16 34398, Montpellier cedex 5, France ;

⁴Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) - Station sur la Recherche Technologique,
08 BP 881 Abidjan 08, Côte d'Ivoire.

RESUME

Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau de coco sont étudiées à cinq stades de la maturation des noix de quatre cultivars de cocotier : le Grand Ouest Africain, le Nain Jaune de Malaisie, le Nain Vert de Guinée Equatoriale et l'hybride PB121 amélioré. Les paramètres étudiés sont le poids de l'eau de coco, le degré Brix, le pH, les teneurs en matière sèche et en sucres. Les résultats obtenus montrent des interactions significatives entre les cultivars et les stades de maturité pour tous les paramètres étudiés. Au cours de la maturation des noix, la diminution du poids de l'eau s'accompagne d'importantes modifications physico-chimiques. Chez le Nain Jaune de Malaisie, la teneur maximale en sucres totaux de l'eau de coco de 53 mg/ml, est atteinte lorsque la noix est âgée de 9 mois. L'analyse chromatographique a permis d'identifier les sucres solubles contenus dans l'eau de coco que sont le glycérol, le sorbitol, le glucose, le galactose, le fructose et le saccharose.

Mots clés : Cocotiers (*Cocos nucifera* L.), eau de coco, technologie, Côte d'Ivoire.

ABSTRACT

*PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF FOUR COCONUT (*Cocos nucifera* L.) CULTIVARS'S WATER IN CÔTE D'IVOIRE*

Physico-chemical characteristics of 4 coconut waters from cultivars were studied at five stages of nuts maturation. The cultivars were West African Tall, Malaysia Yellow Dwarf, Equatorial Guinea Green Dwarf and improved hybrid PB121. Coconut water weights, Brix degree, pH, dry matters and sugar contents were investigated. Results show significant interactions between the cultivars and stages of fruit maturity for the parameters studied. During nuts maturation, the decrease in coconut water's weight was found to be correlated with important physico-chemical changes. For the Malaysia Yellow Dwarf, maximum total sugar content in coconut water was 53 mg/ml for 9 months old fruits. Chromatographic analyses allowed to identify soluble sugar ; glycerol, sorbitol, glucose, galactose, fructose and sucrose in coconut water.

Keys-words : *Coconuts (*Cocos nucifera* L.) palms, water, technology, Côte d'Ivoire.*

INTRODUCTION

La superficie de la cocoteraie ivoirienne est de 46000 hectares (Amrizal, 2003), avec plus de 80 % localisée le long du littoral où le cocotier (*Cocos nucifera* L.) constitue la principale culture de rente des paysans. Plus de 12500 familles villageoises vivent principalement de cette plante (Ouvrier *et al.*, 1995). Dans cette zone, l'intérêt du cocotier réside en sa production en noix.

Le fruit ou noix de coco est une drupe monosperme. Il comporte une cavité contenant de l'eau de coco représentant, en moyenne, 25 % du poids de la noix (Konan, 1997). Dans les noix immatures, elle constitue une délicieuse et nutritive boisson consommée sous les tropiques grâce à sa forte teneur en sucres, en sels minéraux et en vitamines. A maturité, elle perd son goût délicieux au profit de l'amande (Jayalekshmy *et al.*, 1986). Dans une noix saine, l'eau de coco est un liquide stérile qui peut être utilisé en médecine, comme remède pour la réhydratation des enfants souffrant de maladies gastriques (Campos *et al.*, 1996). En microbiologie, l'eau de coco sert également de milieu de culture pour l'identification de nombreux micro-organismes (Osazuwa et Ahonkhai, 1989).

Cependant, les technologies de transformation et de conservation de l'eau de coco sont peu développées malgré son importance naturelle. Les travaux effectués sur ce liquide, qui portent en général sur les fruits immatures ou matures, n'ont pas suffisamment traité les changements physico-chimiques qui interviennent au cours de la maturation du fruit. Les travaux tels que ceux de Jayalekshmy *et al.* (1986) et de Jackson *et al.* (2004) constituent de rares exceptions.

En Côte d'Ivoire, des informations orales obtenues lors d'une enquête dans les zones de production ont montré que les technologies de transformation de l'eau de coco sont peu connues des paysans (Assa *et al.*, 2006). Par ailleurs, les traitements post-récoltes effectués par les producteurs de noix sont indépendants des cultivars dont elles proviennent. Aussi, l'eau de coco n'est-elle pas utilisée sur les sites de fabrication de coprah, où elle constitue un résidu. Toutefois, la maîtrise de ses caractéristiques pourrait permettre sa valorisation et partant améliorer le revenu des planteurs de coco.

Ainsi cette étude se propose de suivre l'évolution de quelques paramètres physico-chimiques de l'eau de coco de différents cultivars de cocotiers au cours de la maturation des noix, afin de fournir des indicateurs pouvant susciter une meilleure valorisation de ce produit.

MATERIEL ET METHODES

MATERIEL VEGETAL

Le matériel végétal est constitué de noix de 4 cultivars de cocotiers localisés sur la station de recherche Marc Delorme du CNRA, Côte d'Ivoire. Il s'agit du Grand Ouest Africain (GOA), du Nain Jaune de Malaisie (NJM), du Nain Vert de Guinée Equatoriale (NVE) et de l'hybride PB121 amélioré (PB121+). Les caractéristiques agronomiques de ces cultivars ont été étudiées respectivement par De Nucé et Wuidart (1979) ; De Nucé et Rognon (1977) et Bourdeix *et al.* (1992).

Ce choix se justifie par le fait que le GOA constitue le cultivar local populaire en milieu paysan, en Côte d'Ivoire. Le NJM et le NVE sont des cultivars nains beaucoup utilisés dans les activités de recherche et souvent rencontrés en milieu paysan. Quant au PB121+, il est l'hybride issu du croisement entre le NJM et le GOA amélioré. C'est l'hybride le plus vulgarisé au monde.

METHODES

Six arbres ont été choisis, au hasard, par cultivar, soit 24 arbres en tout. Sur chacun d'eux, 5 régimes à différents stades de maturité ont été récoltés. Il s'est agi des régimes des rangs 17, 19, 21, 23 et 25 correspondant respectivement aux régimes de fruits âgés de 5, 7, 9, 11 et 13 mois. En effet, les fruits du cocotier atteignent leur maturité entre 12 et 13 mois après fécondation des fleurs femelles.

Sur chaque régime, 3 fruits ont été échantillonnés au hasard pour former un échantillon représentatif. Deux campagnes (années) de récoltes ont été ainsi réalisées sur les mêmes arbres en 2003 et en 2004, à la même période (février à avril). Les fruits récoltés ont été stockés à l'abri du soleil et de la pluie. Les analyses ont été effectuées moins de 24 h après récolte.

Les noix ont été débourrées, cassées et le poids de l'eau a été obtenu par pesée. La teneur en solides solubles totaux exprimée en degrés (°) Brix a été immédiatement mesurée à l'aide d'un réfractomètre et le pH relevé avec un pH-mètre. Les teneurs en matière sèche (MS) ont été évaluées par lyophilisation à une température de - 60 °C, sous une pression de 8,5 millibars pendant 72 h.

Les teneurs en sucres totaux (ST) et sucres réducteurs (SR) de l'eau de coco ont été obtenues respectivement par la méthode au phénol-sulfurique et celle au Dinitro-salicylate (Dubois *et al.*, 1965) à l'aide d'un spectrophotomètre. La teneur en sucres non réducteurs (SNR) en a été déduite par différence. Les résultats ont été exprimés en milligrammes de sucres par millilitres d'eau de coco.

Les principaux sucres solubles ont été déterminés par chromatographie en phase liquide haute performance (HPLC). Après séparation, les sucres ont été détectés par un système à ampérométrie pulsée. Les teneurs en composés identifiés ont été exprimés en pourcentages de sucres solubles totaux de l'eau de coco selon le cultivar et le stade de maturité.

Les données obtenues ont été traitées avec le logiciel GenStat. Une analyse de variances à deux critères de classification (cultivar et stade de maturité) a été effectuée au seuil de 5 %. Les années de récolte ont constitué les blocs.

RESULTATS

Les analyses statistiques des données obtenues n'ont montré aucune différence significative entre les années de récolte et ce, quels que soient les paramètres étudiés. Cependant, une interaction significative a été observée entre les cultivars et les stades de maturité des fruits pour chacun des paramètres étudiés à alpha égale 5 % .

CARACTERISTIQUE PHYSIQUE DE L'EAU DE COCO

Les analyses ont montré que les poids d'eau de coco augmentent du rang 17 (5 mois) au rang 19 (7 mois) avant de diminuer chez le PB121+ et le NVE (Figure 1). La baisse du poids de l'eau a été progressive au cours de la maturation des fruits chez le NJM et le GOA. Le poids d'eau des noix de PB121+ a augmenté de 288,1 g à 479,2 g, respectivement, du stade très immature (rang 17) jusqu'au rang 19. Ce poids a baissé ensuite jusqu'à 275,8 g au rang 25 (stade mature). A partir du rang 23 (11 mois), les baisses d'eau n'ont plus été significatives pour le NJM, le NVE et le GOA. Toutefois, il apparaît que le PB121+ a présenté le poids d'eau le plus élevé, à partir du rang 19 (479,2 g) jusqu'à la fin de la maturation (275,8 g).

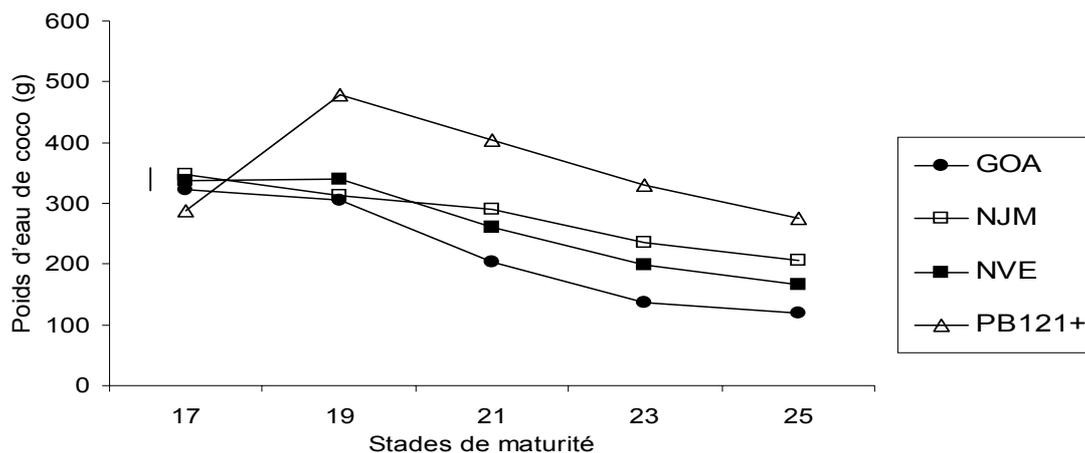


Figure 1 : Evolution de la masse de l'eau de coco des différents cultivars au cours de la maturation des noix.

Evolution of coconut water weight of the different cultivars during nut maturation.

CARACTERISTIQUES BIOCHIMIQUES DE L'EAU DE COCO

Le degré Brix (teneur en solides solubles) de l'eau de coco a augmenté du rang 17 (5 mois) au rang 19 (7 mois) chez le cultivar GOA où il a atteint une valeur moyenne de 5,4 %. Au-delà, les valeurs ont baissé significativement jusqu'au rang 25 à 4,6 %. Quant aux cultivars NJM et NVE, leurs teneurs en solides solubles ont augmenté significativement du rang 17 au rang 21, où elles ont atteint des valeurs respectives de 6,7 % et 6,6 %. Elles baissent ensuite jusqu'au rang 25 (13 mois) respectivement, à 3,9 % et 4,4 %. Chez l'hybride PB121+, l'augmentation a lieu entre le rang 17 (3,4 %) et le rang 23 (6,0 %). A partir de ce stade, le degré Brix a baissé jusqu'à 4,9 % au rang 25 (Figure 2). Entre les rangs 17 et 21, l'eau des noix des cultivars NVE et NJM ont eu les plus fortes teneurs en solides solubles ; alors qu'à partir du rang 23 (11 mois), les valeurs ont été plus élevées chez le PB121+.

En considérant le pourcentage de matière sèche (Figure 3), on observe une croissance significative jusqu'au rang 21 pour les cultivars GOA (5,9 %), NJM (6,8 %) et NVE (7,1 %). Au niveau du PB121+, l'augmentation s'est poursuivie jusqu'au rang 23 (6,9 %) avant de diminuer pour atteindre une valeur de 5,5 % au rang 25. Le niveau atteint par les trois cultivars en fin de maturation a été inférieur à celui du PB121+.

Le pH de l'eau de coco compris entre 4,6 et 4,8 au rang 17, (Tableau 1) a augmenté significativement jusqu'au rang 25 à des valeurs de 5,8 ; 5,5 ; 5,4 et 5,2 respectivement chez les cultivars NJM, GOA, NVE et PB121+.

Les teneurs en sucres totaux (Tableau 1) ont augmenté du rang 17 au rang 19, où elles ont atteint des pics à valeurs 47 et 41 mg/ml respectivement, chez les cultivars NVE et GOA. Chez le NJM, le pic a été obtenu au rang 21 à une valeur de 53 mg/ml. Quant au PB121+, sa teneur maximale en sucres totaux (39 mg/ml) a été obtenue au rang 23. Au delà des pics obtenus à des stades de maturité spécifiques à chaque cultivar, les teneurs en sucres totaux ont baissé jusqu'à atteindre leurs plus bas niveaux, à la fin de la maturation (rang 25), soit

28 mg/ml chez le NJM et le PB121+. Cette teneur a été significativement différente de celles des deux autres cultivars ; NVE (23 mg/ml) et GOA (19 mg/ml).

Les teneurs en sucres réducteurs (Tableau 1) ont crû du rang 17 au 19, où elles ont atteint des valeurs maximales de 45 mg/ml chez les cultivars NJM et NVE et 40 mg/ml chez le GOA. Au niveau du PB121+, la valeur maximale (36 mg/ml) a été obtenue au rang 21. Ces valeurs ont ensuite baissé jusqu'au rang 25 chez PB121+, NVE, NJM, et GOA, respectivement à 15 ; 11 ; 7 et 6 mg/ml.

Contrairement aux sucres réducteurs, la teneur en sucres non réducteurs de l'eau de coco (Tableau 1) a baissé du rang 17 au rang 19 chez les cultivars GOA, PB121+ et NVE avant d'augmenter significativement en fin de la maturation (rang 25) à des valeurs de 13 mg/ml (GOA et PB121+) et 15 mg/ml (NVE). Chez NJM, la teneur en sucres non réducteurs de l'eau de coco, qui a augmenté de façon exponentielle du rang 17 (1 mg/ml) au rang 25 (21 mg/ml) est la preuve qu'elle est significativement plus riche que celle des 3 autres cultivars. En général, il apparaît que les teneurs en sucres totaux et sucres réducteurs ont diminué tandis que celles des sucres non réducteurs ont augmenté.

Le profil chromatographique des sucres solubles de l'eau de coco a été qualitativement identique pour tous les cultivars étudiés (Figures 4). Les sucres identifiés sont, par ordre d'éluion, le glycérol, le sorbitol, le glucose, le galactose, le fructose et le saccharose. En considérant les différentes proportions, celle du glycérol reste faible au cours de la maturation des noix. Chez le GOA (Figure 4a), les teneurs de ce composé sont comprises entre 0,6 % et 1,1 %. Le sorbitol et le saccharose apparaissent après le rang 19. Leurs proportions augmentent jusqu'au rang 25, où elles valent respectivement 31,3 % et 33,1 % chez le NVE (Figure 4c). Le sorbitol est très présent chez le GOA, où ses proportions sont les plus élevées quel que soit le stade de maturité.

Le galactose qui est révélé à la même période, reste en faibles proportions. Chez les cultivars

GOA et NVE, ses proportions diminuent du rang 23 au rang 25 à des valeurs respectives de 3,4 % ; 3,8 %. Elles augmentent par contre, jusqu'au rang 25 chez le NJM (Figure 4b) et le PB121+ (Figure 4d) respectivement à 3,5 % et 4,0 % des sucres totaux. Les proportions en glucose (42,2 %) et en fructose (57,0 %) ne varient pas significativement en début de maturation, aux rangs 17 et 19, chez aucun des cultivars. Au-delà de cette période, les proportions de ces deux sucres diminuent jusqu'au rang 25 chez le PB121+ et atteignent des valeurs respectives de 22,8 % et 32,1 %. Chez le NJM, les proportions en glucose baissent de 40,5 % à 14,1 % quand celles du fructose varient de 58,1 % à 23,5 %. Dans l'eau de coco de GOA, les proportions des deux sucres varient de 44,6 % à 7,6 % (glucose) et

de 56,0 % à 15,7 % (fructose). Au moment où les proportions du fructose et du glucose diminuent, celles du saccharose croissent.

Le tableau 2 montre les corrélations (r) entre les différents paramètres étudiés. Il apparaît qu'au fur et à mesure que le poids de l'eau diminue, la proportion de sorbitol ($r = -0,717$) et de saccharose ($r = -0,604$) augmente. Le degré Brix est positivement corrélé à la teneur en sucres totaux ($r = 0,718$). Quand la quantité de sucres réducteurs diminue, celle des sucres non réducteurs ($r = -0,735$), en particulier, du saccharose ($r = -0,711$) croît. Au contraire, la quantité des sucres non réducteurs augmente avec celle du saccharose ($r = 0,784$). Les teneurs en glucose et saccharose sont corrélées négativement ($r = -0,778$).

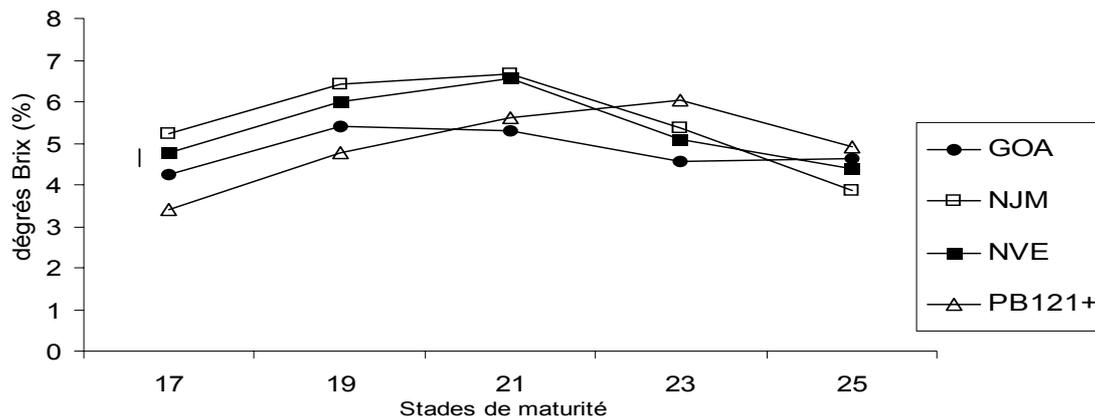


Figure 2 : Evolution du degré de Brix de l'eau de coco des différents cultivars au cours de la maturation des noix.

Evolution of coconut water Brix degree of the different cultivars during the nut maturation.

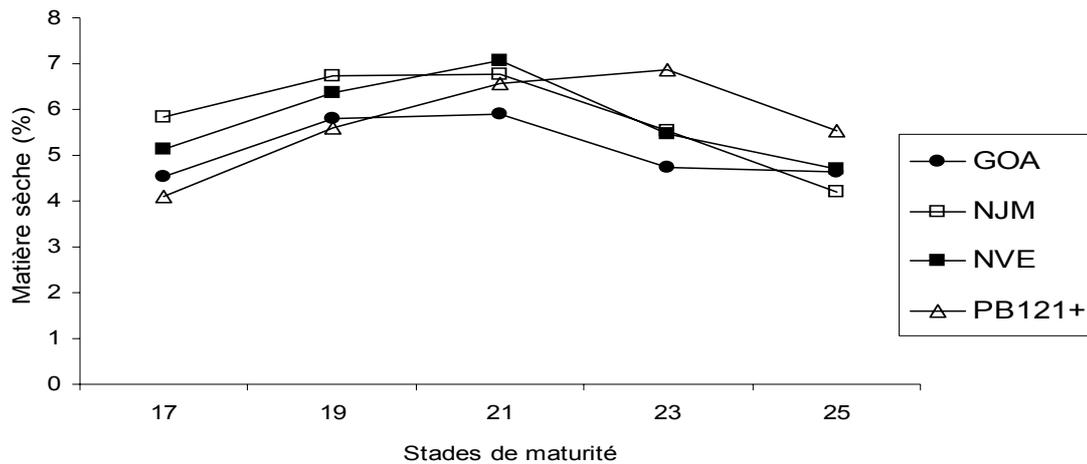


Figure 3 : Evolution du pourcentage en matière sèche de l'eau de coco des différents cultivars au cours de la maturation des noix.

Evolution of coconut dry matter contents of the differents cultivars during nut maturation.

Tableau 1 : Evolution du pH et des teneurs en sucres de l'eau de coco des différents cultivars au cours de la maturation des noix.

Variation of pH and sugars contents of coconut water from the differents cultivars during nut maturation.

Cultivars	Stades de maturité	pH	Sucres Totaux (mg/ml)	Sucres réducteurs (mg/ml)	Sucres non réducteurs (mg/ml)
GOA	17	4,8	32	31	1
	19	5,1	41	40	1
	21	5	39	35	4
	23	5	23	12	11
	25	5,5	19	6	13
NJM	17	4,8	44	43	1
	19	5,2	52	45	7
	21	5,4	53	35	18
	23	5,3	37	18	19
NVE	25	5,8	28	7	21
	17	4,6	39	35	4
	19	5	47	45	2
	21	5,3	41	38	3
PB121+	23	5	33	19	14
	25	5,4	23	11	12
	17	4,8	24	23	1
	19	4,9	35	34	1
PPDS (LSD)	21	5,2	37	36	1
	23	5	39	30	9
	25	5,2	28	15	13
CV		0,18	0,56	0,66	0,32
		4,5	0,3	29,9	53,1

PPDS : Plus Petite Différence Significative / LSD : Little Significant Difference

CV : Coefficient de variation / Coefficient of variation

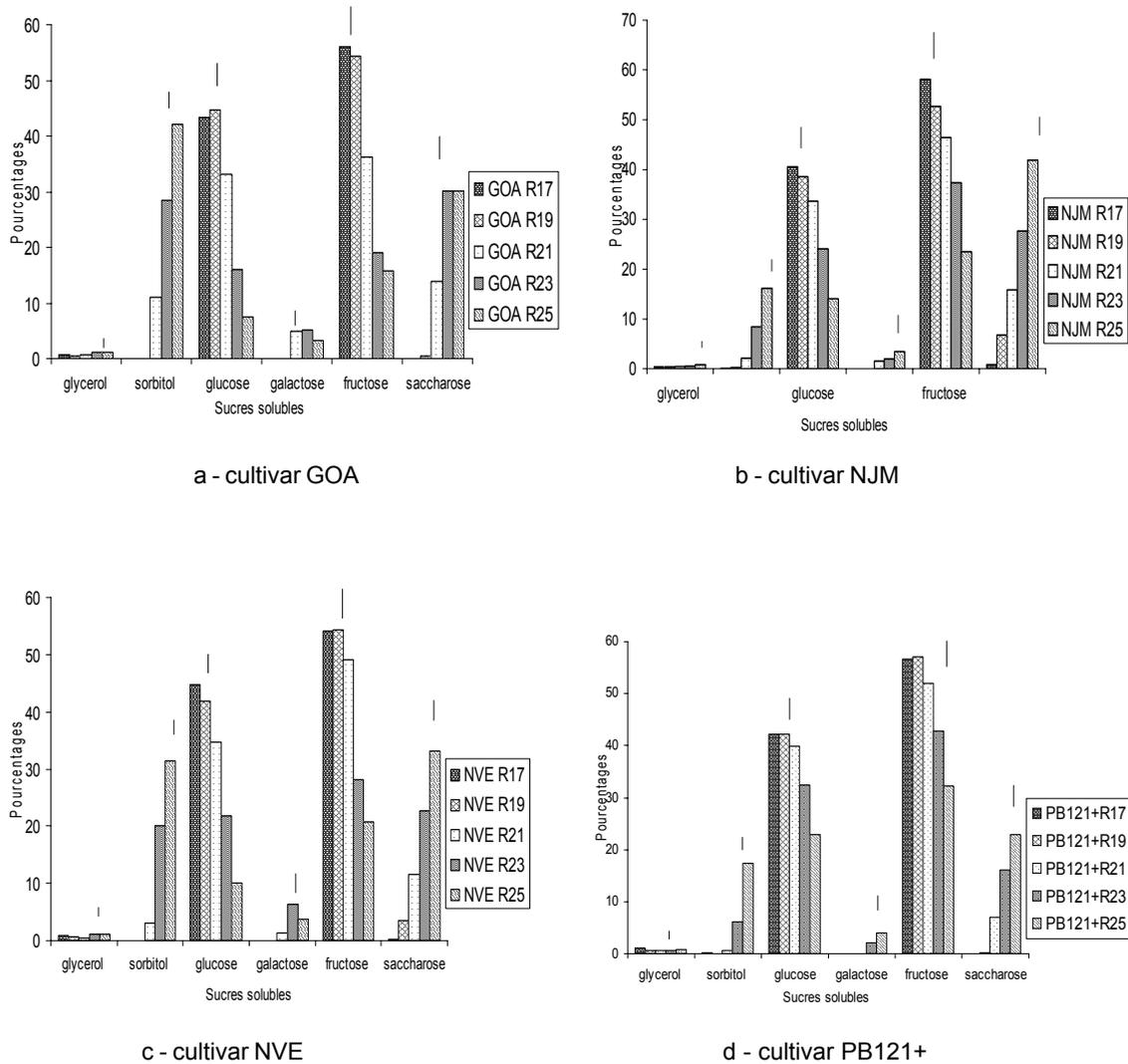


Figure 4 : Profils chromatographiques des sucres solubles de l'eau de coco au cours de la maturation des noix chez les cultivars GOA (a), NJM (b), NVE (c) et PB121+ (d).

Chromatographic profiles of soluble sugars in the coconut waters during the nut maturation of cultivars WAT (a), MYD (b), EGD (c) and PB121+ (d).

Tableau 2 : Corrélations entre les paramètres physico-chimiques de l'eau de coco issue de 4 cultivars (GOA, NJM, NVE et PB 121+).

Correlations between coconut water physico-chemicals parameters from the 4 cultivars (WAT, MYD, EGD and PB121+).

Paramètres	Poids	°Brix	pH	MS	SR	SNR	ST	Glycérol	Sorbitol	Glucose	Galactose	Fructose
° Brix	0,247											
pH	-0,262	-0,010										
MS	0,339	0,882	-0,002									
SR	0,578	0,614	-0,321	0,692								
SNR	-0,564	-0,201	0,484	-0,230	-0,735							
ST	0,434	0,718	-0,143	0,800	0,900	-0,383						
Glycérol	-0,462	-0,585	0,060	-0,621	-0,675	0,543	-0,553					
Sorbitol	-0,717	-0,379	0,326	-0,380	-0,818	0,714	-0,668	0,520				
Glucose	0,570	0,455	-0,314	0,452	0,759	-0,685	0,711	-0,378	-0,790			
Galactose	-0,126	-0,163	-0,120	-0,137	-0,081	0,052	-0,093	0,119	0,122	-0,399		
Fructose	0,617	0,211	-0,358	0,177	0,598	-0,727	0,311	-0,552	-0,699	0,525	-0,491	
Saccharose	-0,604	-0,303	0,493	-0,272	-0,711	0,784	-0,463	0,495	0,675	-0,778	0,473	-0,862

SR : sucre réducteur ; SNR : sucre non réducteur , ST : sucres totaux

DISCUSSION

Selon Jayalekshmy *et al.* (1986), la décroissance du poids de l'eau de coco à partir du rang 19 (7 mois) pourrait s'expliquer par le fait que l'amande (albumen solide) de coco se forme progressivement au détriment de l'eau. Au stade mature, le poids de l'eau ne varie plus statistiquement parce que l'amande est totalement formée. C'est pourquoi l'eau de coco immature est aussi appelée albumen liquide. A maturité, il reste toujours une petite quantité de "soluté physiologique" dans la noix, qui serait indispensable à sa germination. En effet, ce soluté contribue, avec l'amande, à la formation de l'haustorium, à partir de l'embryon. Les réserves nutritives qui vont se constituer seront stockées dans l'haustorium et progressivement utilisées par la plantule pour son développement (Assy, 1986).

Les volumes d'eau des fruits sont différents de ceux de Nadanasabapathy et Kumar (1999), pour les mêmes cultivars étudiés. Nos valeurs de pH obtenues en début de maturation, pour les noix de NJM âgées de 5 mois, sont inférieures à celles des mêmes auteurs dont les études ont été réalisées en Inde. Le milieu aurait

donc une influence sur la quantité d'eau de la noix de coco. L'évolution croissante du pH au cours de la maturation a été également observée par Jackson *et al.* (2004).

Les valeurs du degré Brix (solides solubles) se situent légèrement au dessus de celles des teneurs en sucres totaux. Ceci s'expliquerait par le fait que les sucres solubles constituent la quasi-totalité (70 % à 99 %) des solides solubles de l'eau de coco. Les protéines, les lipides et les autres constituants y sont en faibles proportions (Campos *et al.*, 1996).

Les valeurs de pH montrent que l'eau de coco est moins acide chez le NJM à partir du rang 19. Or, l'eau de coco est consommée quand les noix sont âgées de 7 à 9 mois (entre les rangs 19 et 21) (Nadanasabapathy and Kumar, 1999). L'eau des noix de GOA et de PB121+ est plus acide ; sa consommation pourrait entraîner des troubles gastriques. Heureusement, elle n'a pas de teneurs élevées en sucres pouvant susciter une forte consommation contrairement aux NJM et NVE.

L'évolution des sucres réducteurs, d'allure contraire à celle des sucres non réducteurs traduit le fait que les sucres réducteurs, en forte concentration dans l'eau des noix immatures, se transformeraient progressivement en sucres

non réducteurs au cours de la maturation, par des processus biochimiques.

En effet, au stade immature, le saccharose de la sève de l'inflorescence pénètre dans le fruit et induit sa conversion totale en glucose et en fructose sous l'action de l'invertase présente dans le pédoncule (Nathanael, 1952). La dégradation du saccharose en glucose obéit à un "effet sink" déclenché par les besoins en chaînes carbonés (acétyl coenzyme A) et en cofacteurs NADPH (Nicotinamide Adénine Phosphate) qui sont les produits résultant du catabolisme glucidique empruntant la voie "glycolytique" et la voie des "pentoses phosphates" (Coutouly *et al.*, 1991). Ces matériaux notamment, l'acétyl coenzyme A et le NADPH sont nécessaires à l'anabolisme lipidique (Koutou, 1990) qui est amorcé à partir du rang 19, correspondant approximativement à 7 mois, stade de maturité à partir duquel commence l'élaboration progressive de l'amande. Aussi, à partir de ce stade, les sucres de l'eau de coco seraient-ils progressivement convertis en polysaccharides de l'amande. Ceux-ci sont utilisés comme précurseurs de la synthèse lipidique (Pillai *et al.*, 1959 ; Jayalekshmy *et al.*, 1986). Le fructose est réduit en glucose et suit la même voie de dégradation.

Le galactose, sucre mineur de l'eau de coco, apparaît après le rang 19, au moment de la formation de l'amande. Il pourrait être synthétisé, comme dans les cellules animales, à partir du glucose sous l'action d'une enzyme (Polonovski *et al.*, 1973).

Les travaux de Enonuya (1988) ont également montré la faible teneur en galactose de l'eau de coco mature, avec une différence entre les cocotiers de type Grand et les Nains pour ce paramètre. En effet, selon ses résultats, l'eau des noix de cocotiers Grands contient significativement plus de galactose que celle de cocotiers Nains. Par contre, les présents résultats montrent une différence significative entre les nains (NJM, NVE) et le grand. Ces résultats convergent néanmoins avec ceux de Enonuya (1988) qui a révélé des différences inter-variétales pour ce paramètre.

Le glycérol, un polyol mineur de l'eau de coco, est en faible proportion, sensiblement croissante du stade immature (5 mois) à la maturité complète des noix (13 mois). Il est l'accepteur

préférentiel des acides gras synthétisés. Sa présence traduirait sa participation à ce mécanisme lipidique. En effet, plusieurs auteurs ont montré la présence de lipides dans l'eau de coco (Campos *et al.*, 1996) et ont identifié les acides gras constitutifs à différents stades de la maturation des noix (Jayaleksmy *et al.*, 1986).

Comme le fructose et le glucose, le sorbitol proviendrait du métabolisme de polymères de la feuille et/ou du pédoncule. Il est utilisé par les cocotiers pour supporter les périodes de stress comme la sécheresse. D'où sa présence en plus grande quantité chez le GOA (cultivar local) qui est plus adapté aux conditions édapho climatiques que les autres cultivars (Pomier et de Taffin, 1982).

Lemordant (1988) a montré que le sorbitol peut être obtenu industriellement par la réduction catalytique d'une partie du glucose. Ce sucre est naturellement présent dans de nombreux fruits tels que la pomme et le pruneau. Il est également utilisé comme source d'énergie dans le traitement des troubles digestifs et du métabolisme, en particulier en cas de stress et de la baisse de la tolérance au glucose (Apria, 1985).

Les sucres solubles identifiés ici l'ont également été lors des travaux de Del Rosario *et al.* (1984) sur l'analyse chromatographique de l'eau de coco mature, à l'exception du glycérol.

Ainsi, au vu de tout ce qui précède, les fruits de rang 19 du cultivar NVE et de rang 21 du NJM peuvent être valorisés comme des noix à boire. Toutefois, l'eau du NJM sied davantage à cette valorisation car elle demeure la plus sucrée (forte teneur en sucres totaux de 53 mg/ml) des 4 cultivars étudiés. En effet, des informations orales obtenues auprès des consommateurs lors d'une enquête sur le littoral ivoirien ont révélé que le goût sucré est un critère d'appréciation de l'eau de coco (Assa *et al.*, 2006).

CONCLUSION

Les résultats obtenus montrent que les paramètres étudiés ont une évolution globalement identique au cours de la maturation des noix chez tous les cultivars.

Ainsi, quel que soit le cultivar, la teneur en sucres réducteurs de l'eau de coco est positivement corrélée à celle des sucres totaux. Elle est négativement liée à la teneur en sucres non réducteurs. Cette étude montre que l'eau des fruits de NJM a la plus forte teneur en sucres totaux quel que soit le stade de maturité. Ce qui fait de ce cultivar le plus adéquat à la consommation pour les noix à boire au stade immature. Entre les rangs 23 et 25, le PB121+ rejoint le NJM avec des teneurs en sucres totaux comprises entre 39 et 28 mg/ml.

Pour une utilisation efficiente de l'eau de coco, il serait souhaitable de former les planteurs de cocotier sur la phyllotaxie de cette plante. Par ailleurs, sur les sites de fabrication de coprah, l'eau des noix mures pourrait être utilisée pour la fabrication d'alcool et de vinaigre. Une technologie pourrait être également mise en place pour l'extraction du sorbitol de l'eau de coco mature afin de le valoriser en l'utilisant comme ingrédient dans la fabrication des produits pharmaceutiques ou alimentaires. Cette étude devrait être poursuivie afin de connaître les caractéristiques nutritionnelles des différents sucres de l'eau de coco. La diversification des usages des sous-produits du cocotier au regard des présents résultats, permettrait de revaloriser la filière et d'augmenter les revenus des planteurs, en particulier en Côte d'Ivoire où le marché de l'eau de coco présente un bon potentiel de développement.

REFERENCES

- Amrizal I. 2003. Coconut Statistical Yearbook. Asian and Pacific Coconut Community (APCC), Jakarta (India), 233 p.
- Apria. 1985. Polyols et polydextrose : Nouveaux ingrédients glucidiques au service des industries alimentaires, Actes de séminaire, Paris (France), 268 p.
- Assa R. R., J. Nemlin, J. L. Konan, A. Prades, N. Agbo et R. Sié. 2006. Diagnostic de la cocoteraie paysanne du littoral ivoirien. Sc. et Nat. 3 (sous presse).
- Assy B. 1986. Culture *in vitro* d'embryons zygotiques de cocotiers. Oléagineux 41 (7) : 321 - 328.
- Bourdeix R., Y. P. N'cho, A. Sangaré, L. Baudoin, L. De Nuce. 1992. L'hybride de cocotier PB121 amélioré, croisement du Nain jaune malais et de géniteur Grand Ouest Africain sélectionnés. Oléagineux 47 (11) : 619 - 633.
- Campos C. F., P. Souza, A. Eduardo, J. C. Virgilio M. Beatriz and A. Gloria. 1996. Chemical composition, enzyme activity and effect of enzyme inactivation on flavour quality of green coconut water. J. Food Processing Preservation 20 (6) : 487 - 500.
- Coutouly G., E. Klein, E. Meyer. 1991. Travaux dirigés de biochimie. 2^e édition, Doin (Eds.), Paris, France, 279 p.
- Del Rosario E. J., H. A. Bergonia, M. E. Flavier, Samonte and E. M. T. Mendoza. 1984. Chromatographic analysis of carbohydrates in coconut water. Trans. Nat. Acad. of Sci. Technol. 6 : 127 - 151.
- De Nuce de L. et F. Rognon. 1977. Les cocotiers Nains à Port-Bouët. Oléagineux 32 (8 - 9) : 367 - 373.
- De Nuce de L. et W. Wuidart. 1979. Les cocotiers Grands à Port-Bouët. Oléagineux 34 (7) : 339 - 347.
- Dubois M., K. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers and F. Smith. 1965. Colorimetric methods for determination of sugars and related substances. Anal. chem. 28 : 350 - 356.
- Enonuya D. O. M. 1988. High performance Liquid Chromatographic analysis of nut water syrup fractions from two varieties of Nigerian coconuts. Niger. J. palms and Oils Seeds 9 : 48 - 58.
- Jackson J. C., A. Gordon, G. Wizzard, M. C. Kayanne and R. Rolle. 2004. Changes in the chemical composition of coconut (*Cocos nucifera*) water during maturation of the fruit. J. Sci. Food Agric. 84 (9) : 1049 - 1052.
- Jayalekshmy A., C. Arumughan, C. S. Narayanan and A. G. Mathew. 1986. Changes in the chemical composition of coconut water during maturation. J. Food Sci. Technol. 23 : 203 - 207.
- Konan K. J. L. 1997. Etude de la tolérance à la sécheresse chez le cocotier (*Cocos nucifera* L.): Evaluation de quelques caractères biologiques et physiologiques. Thèse de Doctorat, Université d'Abidjan, Côte d'Ivoire, 110 p.
- Koutou A. 1990. Recherche de marqueurs enzymatiques liés à la teneur en huile de la pulpe chez le palmier à huile (*Elaeis guineensis* JACQ). Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, France, 213 p.
- Lemordant D. 1988. Le sucre, les sucres, les édulcorants : leurs diverses utilisations. J. Agric Trad. Bota. Appliq. 35 : 147 - 157.

- Nadanasabapathy S. and R. Kumar. 1999. Physico-chemical constituents of tender coconut. *Indian J. Agric. Sci.* 69 (10) : 750 - 751.
- Nathanael R. 1952. The sugars of coconut water. *Ceylon Coconut Quart.* 3 : 193 - 197.
- Osazuwa O. E. and I. Ahonkhai. 1989. Coconut water as growth medium for micro-organisms. *Niger. J. Palms and Oil Seeds* 10 - 11 : 91 - 95.
- Ouvrier M., N. Zakra, A. Sangaré, Y. P. N'cho. 1995. Inventaire de la cocoteraie Ivoirienne. IDEFOR / DPO, Station Marc Delorme. Rapport de mission, 37 p.
- Pillai N. G., C. K. Sukumaran and K. M. Pandalai. 1959. Studies on the changes in the chemical composition during different stages in the developing coconut. *Proceedings of the first conference of coconut workers, Ernakulam (India)*, 132 p.
- Polonovski M., P. Boulanger, J. Polonovski, F. Tayeau, P. Mandel et G. Biserte, 1973. *Biochimie médicale, fascicule II : Enzymes et Métabolismes*. Masson et Cie (Eds), 431 p.
- Pomier M., G. De Taffin 1982. Tolérance à la sécheresse de quelques hybrides de cocotiers. *Oléagineux* 37 : 55 - 62.