

Quantification et identification des composés phénoliques extraits de formes variétales d'huiles de palme rouge brute de Côte d'Ivoire

Monde A.A.^{1,3*}, Michel F.², Carbonneau M.A.³, Konan E.⁴, Diabate S.⁴, Sess D.¹, Cristol J.P.^{2,3}.

¹ Laboratoire de Biochimie Médicale, UFR Sciences Médicales, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan-Cocody ; BP V166 Abidjan (Côte d'Ivoire).

² Laboratoire de Biochimie Médicale, Hôpital Lapeyronie, Université Montpellier 1, France.

³ Institut Universitaire de Recherche Clinique (IURC), Université Montpellier 1, France.

⁴ Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Abidjan, Côte d'Ivoire.

Date de réception : 26 janvier 2014 ; Date de révision : 11 juillet 2014 ; Date d'acceptation : 10 août 2014

Résumé :

La présente étude avait pour objectif de déterminer la teneur en polyphénols totaux de quatre variétés de palmier à huile (*Eleais guineensis*), cultivées en Côte d'Ivoire (variétés parentales : HP1 et HP2, variétés hybrides : HP3 et HP4), puis d'identifier les différents composés phénoliques présents dans ces formes variétales. Cette étude a eu pour cadre le Laboratoire de Biochimie de l'UFR des Sciences Médicales de l'Université de Cocody (Abidjan, Côte D'Ivoire), le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), station de Lamé (Alépé, Côte D'Ivoire) et le Laboratoire de Biochimie de la Faculté de Médecine de l'Université de Montpellier 1 (France). La teneur en polyphénols totaux a été déterminée par la technique colorimétrique de Folin Ciocalteu et l'identification des différents composés phénoliques par chromatographie liquide haute performance couplée à un détecteur à barrette de diodes. Les résultats obtenus ont montré une teneur en polyphénols totaux significativement plus élevée dans les variétés HP1 (0,195mM EAG), HP3 et HP4 (0,191mM et 0,2 mM EAG) par rapport à HP2 (0,02mMEAG). Les différents polyphénols identifiés étaient l'acide caféique, l'acide chlorogénique, l'acide coumarique, la rutine et un dérivé non identifié de la quercétine. L'huile de palme rouge brute pourrait ainsi être considérée comme une source sûre de composés polyphénoliques, notamment l'huile issue des formes variétales hybrides, HP3 et HP4.

Mots clés : Huile de palme rouge brute, *Eleais guineensis*, Polyphénols totaux, composés phénoliques

Quantification and identification of phenolic compounds extracts from crude red palm oil varieties of Côte d'Ivoire

Abstract:

The aims of the present study was to determine the total polyphenols contents of four oil palm species issued from the Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), station Lamé (Alépé, Côte d'Ivoire) and resulting from crossings between different varieties of palm oil (*Eleais guineensis*), and then identify different phenolic compounds present in these palm oil varieties (Parental varieties were named HP1 and HP2, and hybrid varieties, HP3 and HP4). This study was conducted at the medical Biochemistry laboratory, Faculty of Medical Sciences of the Felix Houphouet Boigny University (Abidjan-Cocody, Côte d'Ivoire), the Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), and the Laboratory of Biochemistry, Faculty of Medicine, University of Montpellier 1 (France). The total polyphenol content was determined by the Folin Ciocalteu colorimetric technique and the identification of various phenolic compounds by high performance liquid chromatography using a diode array detector. The results showed a significantly higher content of total polyphenols in HP1 varieties (0.195 mM EAG), HP3 and HP4 (0.191 mM and 0.2 mM EAG) compared to HP2 (0.02 mMEAG). Different polyphenols identified were caffeic acid, chlorogenic acid, coumaric acid, rutin and an unidentified quercetin derivative. The red crude palm oil could be considered as a reliable source of polyphenolic compounds, including oil from varietal hybrid forms, HP3 and HP4.

Keywords: Crude red palm oil, *Eleais guineensis*, total polyphenols, phenolic compounds

Introduction

Le palmier constitue une ressource alimentaire et économique croissante qui joue un rôle important dans la satisfaction des besoins en lipides de nombreuses populations. Ainsi, l'huile de palme, extraite du mésocarpe, de la pulpe du fruit du palmier à huile (*Elaeis guineensis*), est une huile d'utilisation très courante et la première production mondiale d'huile devant l'huile de soja (depuis 2003) avec 41 millions de tonnes produite en 2007-2008 (Dronne et Forslund, 2009). L'huile de palme contient 50 % d'acides gras saturés et 50% d'acides gras insaturés, en plus de sa richesse particulière en insaponifiables dont les antioxydants (vitamines A, E,...) (Hartley, 1977; Jacquemard, 1995; Sambanthamurthi et al, 2000). C'est la deuxième

huile la plus consommée dans le monde après l'huile de soja et la plus consommée en Afrique, principalement en Côte d'Ivoire, où la filière « palmier à huile » est très développée avec la création de vastes plantations, permettant l'accroissement et l'amélioration de la production d'huile de palme. Dans ce cadre, le pays s'est doté de structures de recherche comme le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), où un département s'occupe spécialement de la filière palmier à huile, dénommé programme « Amélioration du Palmier à huile ». Le CNRA a mis au point plusieurs sélections variétales de palmier à huile et ces travaux se sont orientés plutôt vers la production de l'huile et non vers les composantes

(*) Correspondance : A. Absalome Monde ; e-mail : monde_abs@yahoo.fr ; tel. : (+225) 05 73 70 67.

nutritives de cette huile (Durand-gasselin *et al*, 2000). Ainsi, nous avons déterminé la composition en acides gras, en caroténoïdes et en vitamine E de quatre variétales d'huiles de palme rouge brute de Côte d'Ivoire sélectionnées au CNRA (Mondé *et al*, 2009). En dehors de Tan *et al* (2001) qui ont mis en évidence dans les effluents liquides (broyats) des fruits du palmier à huile d'autres micro-constituants comme les flavonoïdes et les acides phénoliques, peu de travaux se sont intéressés aux composés phénoliques de l'huile de palme. Les polyphénols jouent un rôle important de part leur biodisponibilité, leurs propriétés

Méthodologie :

Cette étude, pluridisciplinaire, a été principalement menée d'une part en Côte D'Ivoire, au laboratoire de Biochimie Médicale de l'UFR des Sciences Médicales de l'Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan-Cocody, et au Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), station de Lamé, Alépé ; d'autre part au laboratoire de Biochimie Médicale du CHU Lapeyronie de l'Université de Montpellier I, France. L'identification et la quantification des composés phénoliques ont été réalisées au CTCPA (Centre Technique de Conservation des Produits Agricoles) d'Avignon, France. Le CNRA a fourni les échantillons d'huiles de palme issus des différentes formes variétales de palmier à huile.

Matériel végétal : Les huiles de palme rouges brutes utilisées sont issues de quatre variétés de palmiers dont deux variétés de base (« Lamé » de Côte d'Ivoire et « Deli » de Malaisie) et deux variétés hybrides provenant du programme « palmier à huile » du CNRA, respectivement dénommées HP1 et HP2. Les variétés hybrides sont le résultat de croisements génétiques entre les plants de la variété de base. L'huile issue du croisement « Lamé » x « Deli » qui est le matériel de premier cycle de sélection a été appelée HP3 et celle du croisement « Lamé » avec « Lamé » x « Deli » qui est le matériel de second cycle de sélection, HP4 (Mondé *et al*, 2009).

Réactifs et appareillage : Le réactif de Folin Ciocalteu 2N (Sigma Aldrich), l'acide gallique (Sigma Aldrich), l'éthanol (96%) (Carlo Erba, Val De Reuil, France), le carbonate de sodium (Prolabo, France), le Chloroforme (Mallinckrodt, USA), ont été utilisés. L'appareillage était constitué par un Spectrophotomètre cinétique UV-VIS (Uvikon, Biotek Instruments), un Néphélomètre (Behring Nephelometer) pour la mesure de l'apoB, et une Ultracentrifugeuse (Centrikon T 1075, Beckmann). Un chromatographe liquide haute performance (CLHP) couplée à un détecteur à barrette de diodes, pour l'identification des extraits polyphénoliques. Nous avons dans un premier temps déterminé la teneur en polyphénols totaux des différents extraits

antioxydantes, et leur absorption digestive, leur rôle de « scavenger » des radicaux libres, de même que leurs effets potentiels sur la santé humaine par action sur les processus dégénératifs (Satoh *et al*, 1996 ; Jefremov *et al*, 2007 ; Lan *et al*, 2007). Le présent travail se propose d'étudier la composition éventuelle en polyphénols totaux de quatre formes variétales d'huile de palme rouge brute et d'identifier les différents composés phénoliques présents dans ces formes variétales.

d'huile de palme brute, puis identifié les composés phénoliques.

Technique d'extraction des polyphénols : Les graines mures de palmier des quatre variétés ont été sélectionnées, lavées à l'eau puis dépulées. 50 g de ces graines dépulées sont broyées à l'aide d'un mixeur électrique. Le broyat a été récupéré dans 100 ml d'un mélange éthanol-eau (70-30; v/v), puis porté à ébullition sous vide pendant 30 min. Après refroidissement, le mélange alcoolique obtenu a été récupéré, filtré puis séché sous vide à l'aide d'un évaporateur rotatif (rotavapor) à 40°C. Le résidu a été repris avec 10 ml du mélange éthanol-eau (70-30; v/v). L'extrait obtenu a été conservé au réfrigérateur à 4°C avant les dosages (Diabaté *et al*, 2010).

Méthode de dosage des polyphénols totaux : Les polyphénols totaux ont été déterminés par la méthode colorimétrique selon Folin-Ciocalteu (Waterhouse, 2001). Nous avons effectué une séparation des extraits polyphénoliques au chloroforme à partir des extraits bruts éthanoliques d'huiles de palme, afin d'éliminer les autres insaponifiables (vitamine E, caroténoïdes,...). Nous avons obtenu un extrait aqueux polyphénolique à partir duquel nous avons quantifié la teneur en polyphénols totaux par spectrophotométrie à une longueur d'onde de 765 nm (Lopez *et al*, 2001 ; Schlesier *et al*, 2002). La gamme d'étalonnage a été réalisée à partir de l'acide gallique utilisé comme standard. Les résultats étaient exprimés en Equivalent d'acide gallique (EAG). Ces standards ont été dilués au 1/10^{ème} dans l'éthanol (100µL de la solution stock d'acide gallique à 50 mg/mL pour 900µL d'éthanol à 96%) pour préparer le réactif de travail. Les concentrations trouvées ont été multipliées par le facteur de dilution.

Méthode d'identification des polyphénols : L'identification des différents composés phénoliques a été réalisée par CLHP qui comprend un détecteur à Barrette de Diodes (CLHP Agilent 1200). Les conditions d'analyse étaient les suivantes: le débit de la phase mobile était de 1ml/min, le volume d'injection de 20µl, et une colonne C18, AIT ACE

(250 mm x 4,6 mm en 5 μ m). Le solvant A était constitué d'eau + 0,8% acétonitrile à pH 3,8 et le solvant C est l'acétonitrile. La répartition des gradients de solvants en fonction du temps se définit comme suit : à 0 min, le mélange contenait 90% de A et 10% de C ; à 45 min il contenait 65% de A contre 35% de C, entre 48 et 50 min il contenait 0% de A contre 100% de C et entre 51 et 60 min le mélange renfermait 90% de A contre 10% de C. L'acide gallique a été utilisé comme étalon (Mondé *et al*, 2011).

Résultats

Quantification des polyphénols totaux par colorimétrie selon Folin-Ciocalteu : Le taux de polyphénols totaux est élevé dans la variété HP4 mais sans différence significative avec les variétés HP1 et HP3, tandis que la teneur de la variété HP2

Analyses statistiques : Chaque détermination a été faite au moins trois fois par variété et les résultats rapportés en valeur moyenne avec les écarts types. Les différences parmi les moyennes des différentes variétés ont été testées par le test d'ANOVA au seuil alpha de 5%. Le test de comparaison de Tukey-Kramer (Rafter *et al*. 2002) a été également utilisé pour tester les différences entre les différentes variétés d'huile de palme rouge brute.

est significativement plus basse (tableau I). Les variétés HP1, HP3 et HP4 présentent des taux significativement plus élevés de polyphénols totaux que la variété HP2 (tableau I).

Tableau I : Teneur en Polyphénols totaux des formes variétales d'huile de palme brute de Côte d'Ivoire (résultats exprimés en mEq Acide Gallique/L).

Formes variétales	Extraits aqueux	Polyphenols totaux Extraits éthanoliques	(mM EAG) HP rouge brute
HP1	0,195 \pm 0,0067 ^a	1,035 \pm 0,0185 ^c	3,26 \pm 0,13 ^e
HP2	0,095 \pm 0,0055 ^b	0,505 \pm 0,015 ^d	1,47 \pm 0,06 ^f
HP3	0,191 \pm 0,00787 ^a	1,014 \pm 0,0216 ^c	3,33 \pm 0,07 ^e
HP4	0,200 \pm 0,0092 ^a	1,063 \pm 0,025 ^c	3,61 \pm 0,15 ^e

HP : Huile de Palme.

Résultats exprimés en mmol/L d'Equivalent Acide gallique (mM EAG/L) dans les extraits éthanoliques et d'huiles de palme brutes. Moyenne \pm Ecart Type (n = 3). Différences significatives sont indiquées par les lettres différentes ($p < 0,05$).

Identification des polyphénols par CLHP /DAD :

Les principaux composés phénoliques identifiés dans nos extraits aqueux sont des acides phénoliques et des flavonoïdes. Les acides phénoliques identifiés sont les acides coumarique, caféique, chlorogénique ; les principaux flavonoïdes retrouvés sont la rutine et un dérivé non identifié de la quercétine (figures 1 à 4). L'acide coumarique est retrouvé en très faible quantité (< 4%) dans les trois variétés HP1, HP2, HP4, et n'était pratiquement pas détecté dans la variété HP3. Les acides caféique et chlorogénique sont les acides phénoliques majoritaires retrouvés dans nos variétés avec une prédominance dans la variété HP1 (23,5% et 19,7% respectivement) (figure 1). La rutine et le dérivé non identifié de la quercétine prédominent dans la variété HP2 (54,9% et 31,4% respectivement) (figure

2). D'autre part, les deux variétés hybrides, HP3 et HP4 ont une composition phénolique se rapprochant de la variété parentale HP1 (figures 3 et 4). La rutine est le constituant majeur dans les quatre variétés avec une forte prédominance dans la variété HP3 (54,96%). Le dérivé de la quercétine isolé est également présent dans les quatre variétés à des taux importants mais inférieurs à ceux de la rutine et prédominant également dans la variété HP3 (31,29%). Les acides caféique et chlorogénique prédominent dans les variétés HP1, HP3 et HP4. L'acide coumarique et ses dérivés sont des constituants mineurs dans les extraits des quatre variétés polyphénoliques d'huile de palme voire même indétectable dans la variété HP3 (tableau II).

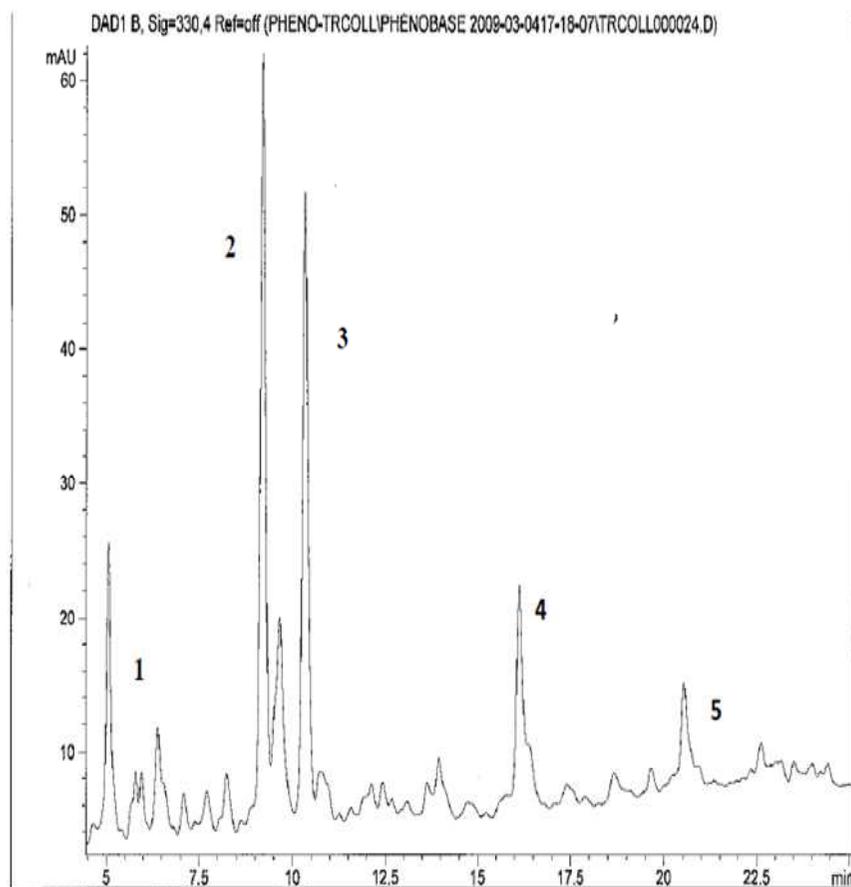


Figure 1 : Profil chromatographique (réalisée par CLHP/DAD) des extraits polyphénoliques de la variété HP1. Les pics ont été réalisés entre 330 et 360 nm et identifiés comme suit : 1: acide coumarique et dérivés (temps de rétention = 5 min); 2: acide caféique (temps de rétention= 9,2 min) ; 3: acide chlorogénique (temps de rétention= 10,3 min) ; 4: rutine (temps de rétention = 16,1 min) ; 5: dérivé de la quercétine (temps de rétention = 20,5 min).

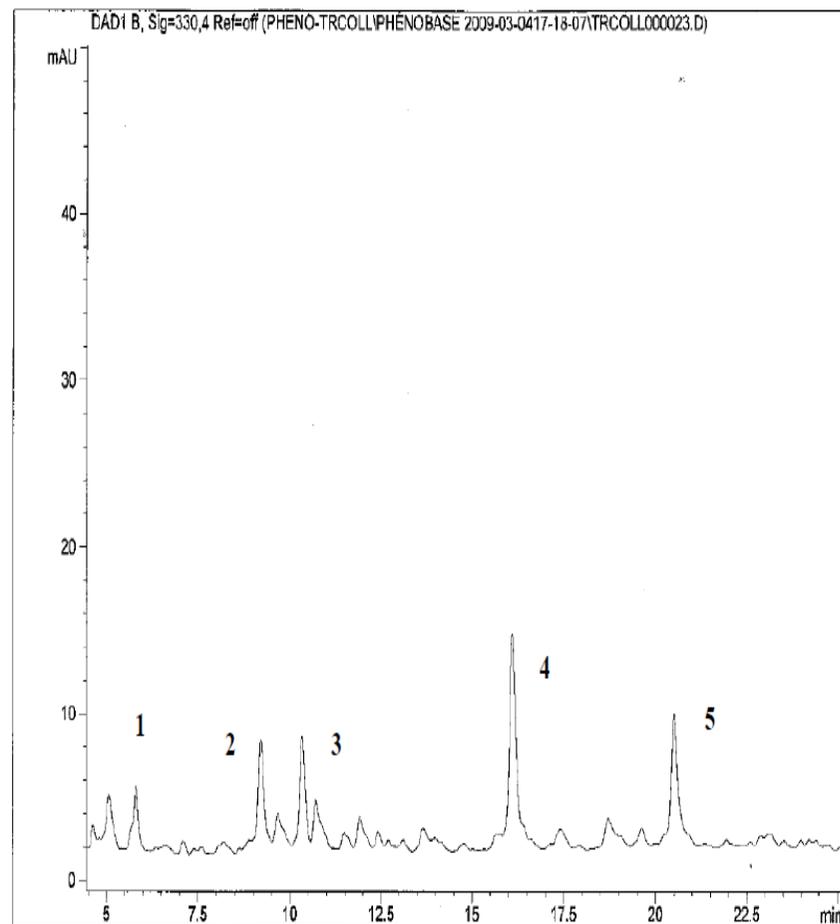


Figure 2 : Profil chromatographique (réalisée par CLHP/DAD) des extraits polyphénoliques de la variété HP2. Les pics ont été identifiés comme précédemment définis à la **Figure 1**.

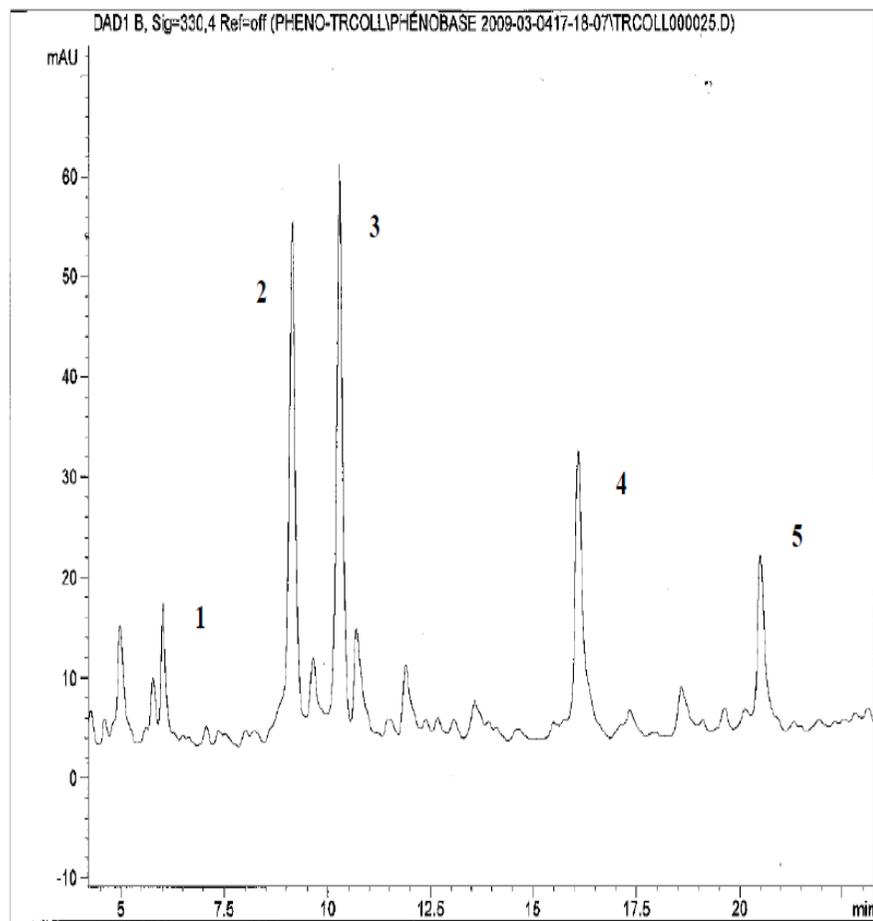


Figure 3 : Profil chromatographique (réalisée par CLHP/DAD) des extraits polyphénoliques de la variété HP1 Profil chromatographique (réalisée par CLHP/DAD) des extraits polyphénoliques de la variété HP3. L'identification des différents pics à été réalisés comme précédemment définis à la **Figure 1.**

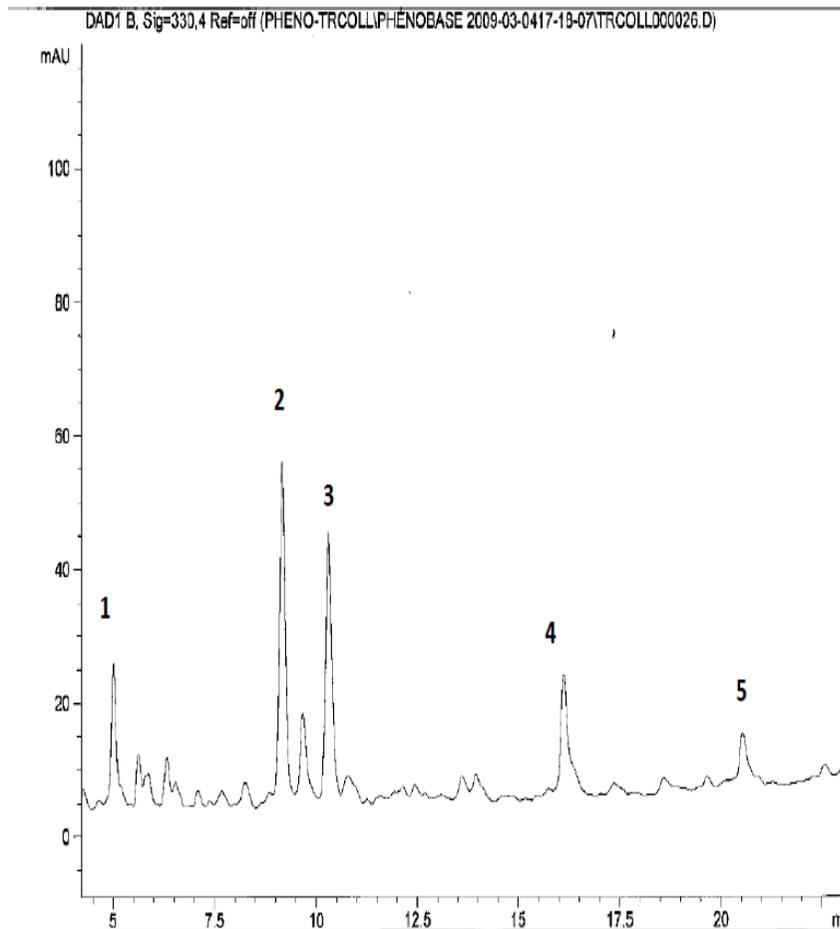


Figure 4 : Profil chromatographique (réalisée par CLHP/DAD) des extraits polyphénoliques de la variété HP4. L'identification des différents pics a été réalisée comme précédemment défini à la **Figure 1.**

Tableau II : Principaux composés phénoliques identifiés dans les extraits polyphénoliques d'HP par CLHP/DAD.

Composés phénoliques (%)	HP1	HP2	HP3	HP4
Acide coumarique	1,22	3,86	1,01	nd
Acide caféique	23,45	4,97	21,44	17,19
Acide caféoyl-3-quinique	19,70	4,92	17,32	15,88
Rutine	39,29	54,96	43,49	43,20
Dérivé de quercétine	16,34	31,29	16,73	23,73
Total	100	100	100	100

nd : non déterminé.

Les acides caféique et chlorogénique étaient prédominants dans les variétés HP1, HP3 et HP4, tandis que la rutine et le dérivé de la quercétine étaient majoritaires en HP2.

Discussion :

La teneur en polyphénols totaux est élevée dans les extraits issus des variétés hybrides HP3 et HP4, et de la variété parentale HP1. Le profil des composés phénoliques identifiés dans les extraits des formes variétales est similaire à celui rapporté par Tan *et al* (2001 et 2007) dans les effluents liquides rejetés de l'huile de palme lors des processus de moulinage, et constitué par les acides phénoliques tel que l'acide caféique et son dérivé d'ester quinique représenté par l'acide chlorogénique, l'acide coumarique, les flavonoïdes comme la rutine et un dérivé non identifié de la quercétine. Un couplage de nos analyses chromatographiques avec la spectrométrie de masse nous aurait permis de mettre en évidence les pics non identifiés dont celui de la quercétine. Les composés phénoliques présents dans les effluents liquides de l'huile de palme ont été ignorés jusqu'à maintenant comme source potentielle de substances phénoliques hydrosolubles biologiquement actives. La rutine, dérivé glycosylé de la quercétine, est un rutinoside appartenant à la famille des flavonols et représente un des polyphénols majeurs exerçant une forte activité antioxydante; elle pourrait jouer un rôle dans la prévention de l'athérogenèse et la réduction de la cytotoxicité des LDL oxydées (Tan *et al*, 2007). Le profil des composés phénoliques dans les aliments pourraient être influencé par divers paramètres tels que le cultivar, les variations saisonnières, les conditions climatiques et les pratiques agronomiques (Aherne *et al*, 2002 ; Cardoso *et al*, 2005 ; Patumi *et al*, 1999). De plus, le stress hydrique est requis pour promouvoir la production des polyphénols et ce stress augmente l'activité enzymatique, notamment de la

L-phénylalanine ammonia-lyase, responsable de la synthèse des composés phénoliques (Patumi *et al*, 1999 ; Dag *et al*, 2008). En comparant le profil phénolique de nos extraits avec celui de l'huile d'olive, nous constatons une grande différence par rapport aux polyphénols de l'huile d'olive, où l'oleuropéine et ses dérivés sont prédominants (Cardoso *et al*, 2005 ; Baccouri *et al*, 2007). Ainsi en plus des caroténoïdes et des vitamines E présentes dans l'huile de palme brute, notre étude a mis en évidence la présence de composés phénoliques dans les extraits issus des formes variétales d'huile de palme brute. Ces polyphénols sont les antioxydants les plus abondants de l'alimentation et jouent le rôle de piègeurs radicalaires efficaces, ou d'inhibiteurs enzymatiques, notamment sur la modulation de la NADPH oxydase : élément clé dans la défense contre les radicaux libres (Videla et Fernández, 1988; Fang *et al*, 2002; Sies *et al*, 2005). Ce d'autant plus qu'une alimentation riche en antioxydants diminuerait le risque de survenue de pathologies, telles les cancers (Sies et Cadenas, 1985; Jacob et Burri, 1996 ; Duthie *et al*, 2000), les affections cardiovasculaires et d'autres maladies chroniques (Curin *et al*, 2005; Zern *et al*, 2005 ; Kaliora *et al*, 2006 ; Jefremov *et al*, 2007).

Le renforcement du potentiel antioxydant de cette huile pourrait en partie expliquer d'une part, les effets bénéfiques de la consommation d'HP dans la prévention des risques liés aux maladies cardiovasculaires (Das *et al*, 2012), et d'autre part, les effets protecteurs de ces extraits PP dans la prévention d'autres pathologies (Sambanthamurthi *et al*, 2011).

Conclusion

Les huiles de palmes rouges brutes issues des formes variétales étudiées sont caractérisées par leur teneur en polyphénols totaux élevée dans les extraits issus des variétés hybrides HP3 et HP4, et celle de la variété parentale HP1. Cette étude a montré pour la première fois la présence de composés phénoliques en quantité non négligeable dans les extraits issus des formes variétales d'huile de palme, en plus des antioxydants classiques (vitamine E, caroténoïdes), ce qui contribue au renforcement du potentiel antioxydant de cette huile. Le profil des composés phénoliques identifiés

dans les extraits des formes variétales était constitué par les acides phénoliques tels que l'acide caféique, l'acide chlorogénique, l'acide coumarique, les flavonoïdes comme la rutine et un dérivé de la quercétine. L'huile de palme brute pourrait ainsi être considérée comme une source sûre de composés polyphénoliques, notamment l'huile issue des formes variétales hybrides HP3 et HP4. L'huile de palme rouge brute de Côte d'Ivoire, par sa richesse en antioxydants présente un intérêt croissant pour une utilisation plus diversifiée.

Remerciements

Nous adressons toute notre gratitude à la direction du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) Abidjan, Côte D'Ivoire pour les échantillons d'huile de

palme et notre sincère reconnaissance à tout le personnel du laboratoire de Biochimie du CHU Lapeyronie de l'Université de Montpellier I, France.

Références

- Aherne S.A., O'Brien N.M., 2002. Dietary flavonols: chemistry, food content, and metabolism. *Nutrition*; **18**: 75-81.
- Baccouri B., Temime S.B., Taamalli W., Daoud D, M'Sallem M. And Zarrouk M., 2007. Analytical characteristics of virgin olive oils from two new varieties obtained by controlled crossing on Meski variety. *Journal of Food Lipids* **14**: 19-34.
- Cardoso S.M., Guyot S., Marnet N., Lopes-Da-Sylva J., Renard C.M.G.C., Coimbra A., 2005. Characterisation of phenolic extracts from olive pulp and olive pomace by electrospray mass spectrometry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **85**: 21-32.
- Cocharde B., Adon B., Kouame K. R., durand-gasselini T., Amblard P., 2001. Intérêts des semences commerciales améliorées de palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Oléagineux Corps Gras Lipides* **8** (6) : 654-658.
- Curin Y., Andriantsitohaina R., 2005. Polyphenols as potential therapeutic agents against cardiovascular diseases. *Pharmacological Reports*; **57**: 97-107.
- Dag A., Ben-Gal A., Yermiyahu U., Basheer L., Nir Y., Kerem Z., 2008. The effect of irrigation level and harvest mechanization on virgin olive oil quality in a traditional rain-fed 'Souri' olive orchard converted to irrigation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **88**: 1524-1528.
- Das S., Lekli L., Das M., Szabo G., Varadi J., Juhasz B., Bak L., Nesaretam K., Tosaki A., Powell S.R., Das D.K., 2012. Cardioprotection with palm oil tocotrienols: comparison of different isomers. *American Journal of Physiology: Heart and Circulatory Physiology*, **302**(11): H2449.
- Diabaté S., Aké S., Kouamé K.R., Coulibaly O.A., N'guessan W.P., 2010. Phenolic diversity in the defense reaction of the oil palm against vascular wilt disease. *Agriculture and Biology. Journal of North America*, **1** (3): 407-415.
- Dronne Y., Forslund A., 2009. Le rôle croissant des huiles tropicales sur les marchés internationaux : principaux acteurs et produits. *Oléagineux Corps Gras Lipides*; **16** (4): 184-192.
- Durand-Gasselini T., Kouame R.K., Cocharde B., Adon B., Amblard P., 2000. Diffusion variétale du palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Oléagineux Corps Gras Lipides*, **7** (2) : 207-214.
- Duthie S.J., Ma A., Ross M.A., Collins A.R., 1996. Antioxidant supplementation decreases oxidative DNA damage in human lymphocytes. *Cancer Research*, **56**: 1291-1295.
- Fang Y.Z., Yang S., Wu G., 2002. Free radicals, antioxidants, and nutrition. *Nutrition*; **18**(10): 872-879.
- Hartley C.W.S., 1977. The oil palm *Elaeis guineensis* Jacq. Tropical Agriculture serie 2. 1. p806.
- Jacquemard J-C., 2012. Le palmier à huile. Coll. Agricultures tropicales de poche. Ed: Quae/Cta/Presses agronomiques de Gembloux ; 240 p.
- Jacob R.A., Burri B.J., 1996. Oxidative damage and defense. *American Journal of Clinical Nutrition*; **63** (6): 985-990.
- Jefremov V., Zilmer M., Zilmer K., Bogdanovic N., Karelson E., 2007. Antioxidative effects of plant polyphenols: from protection of G protein signaling to prevention of age-related pathologies. *Annals of the New York Academy of Sciences*; **1095**: 449-457.
- Kaliora A.C., Dedoussis G.V.Z., Schmidt H., 2006. Dietary antioxidants in preventing atherogenesis. *Atherosclerosis*; **187**: 1-17.
- Lan Su, Jun-Jie Yin, Denys Charles, Kequan Zhou, Jerrey Moore, Liangli (Lucy) Yu., 2007. Total phenolic contents, chelating capacities, and radical-scavenging properties of black peppercorn, nutmeg, rosehip, cinnamon and oregano leaf. *Food Chemistry* **100**: 990-997.
- Lopez M., Martinez F., Del Valle C., Orte C., Miro M., 2001. Analysis of phenolic constituents of biological interest in red wines by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*; **922**: 359-363.
- Monde A.A., Michel F., Carbonneau M.A., Tiahou G., Vernet M.H., Duvernay-Eymard S., Badiou S., Adon B., Konan E., Sess D., Cristol J.P., 2009. Comparative study of fatty acid composition, vitamin E and carotenoid contents of palm oils from four varieties of oil palm from Côte D'Ivoire. *Journal of the Science Food and Agriculture*, **89**: 2535-2540.
- Monde A., Carbonneau M-A., Michel F., Lauret C., Diabate S., Konan E., Sess D., Cristol J-P., 2011. Potential health implication of in vitro human low-density lipoprotein vitamin E oxidation modulation by polyphenols derived from Côte d'Ivoire's oil palm species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **59**: 9166-9171.
- Patumi M., d'Andria R., Fontanazza G., Morelli G., Giorio P., and Sorrentino G., 1999. Yield and oil quality of intensively trained trees of three cultivars of olive (*olea europaea* L.) under different irrigation regimes. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, **74**: 729-737.
- Rafter J.A., Abell M.L., and Braselton J.P., 2002. Multiple comparison methods for means. *SIAM REVIEW* **44**: 259-278.
- Sambanthamurthi R., Sundram K., and Tan Y.A., 2000. Chemistry and biochemistry of palm oil. *Progress in Lipid Research*, **39**: 507-558.
- Sambanthamurthi R., Tan Y., Sundram K., Hayes K.C., Abeywardena M., Leow S.S., Sekaran S.D., Sambandan T.G., Rha C., Sinskey A.J., Subramaniam K., Fairus S., Wahid M.B., 2011. Positive outcomes of oil palm phenolics on degenerative diseases in animal models. *British Journal of Nutrition*, **106**(11): 1664-1675.
- Satoh K., Sakagami H., 1996. Ascorbyl radical scavenging activity of polyphenols. *Anticancer Research*, **16**(5A):2885-2890.
- Schlesier K., Harwat M., Bohm V., Bitsch R., 2002. Assessment of antioxidant activity by using different in vitro methods. *Free Radical Research* **36** (2): 177-187.
- Sies H., Cadenas E., 1985. Oxidative stress: damage to intact cells and organs. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B Biological Sciences*; **311**(1152): 617-631.
- Sies H., Stahl W., and Sevanian A., 2005. Nutritional, dietary and postprandial oxidative stress. *Journal of Nutrition*; **135**: 969-972.
- Tan Y.A., Sundram K., Sambanthamurthi R., 2001. Water soluble phenolics from the palm oil industry. In Biologically-active Phytochemicals in Food: Analysis, Metabolism, Bioavailability and Function. Pfannhauser W, Fenwick GR, Khokhar S, eds. Cambridge: *The Royal Society of Chemistry*; **269**: 548-551.
- Tan Y.A., Sambanthamurthi R., Sundram K., Wahid M.B., 2007. Valorisation of palm by-products as functional components. *European Journal of Lipid Science and Technology* **109**: 380-393.
- Waterhouse A.L., 2001. Determination of total phenolics, In: Current protocols in food analytical chemistry, Wrolstad, RE, Wiley; I1.1.1-I1.1.8.
- Videla L.A., Fernández V., 1988. Biochemical aspects of cellular oxidative stress. *Archivos de Biología y Medicina Experimental (Santiago)*, **21**(1): 85-92.
- Zern T.L., Fernandez M.L., 2005. Cardioprotective effects of dietary polyphenols. *Journal of Nutrition*, **135**(10): 2291-2294.