

## ÉVALUATION PAR SPECTROSCOPIE PROCHE INFRAROUGE DE LA COMPOSITION LIPIDIQUE DES HUILES ALIMENTAIRES COMMERCIALISÉES À ABIDJAN

Isabelle Linda HE, Germain Amani BROU, Mariette Désirée YEHE, Kaosara Abiodun Mojisola ASHIRU-ATANDA et Gildas Komenan GBASSI\*

*Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Sciences Pharmaceutiques et Biologiques, Département des Sciences Analytiques et Santé Publique, Abidjan, Côte d'Ivoire*

(reçu le 26 Octobre 2025 ; accepté le 08 Décembre 2025)

\* Correspondance, e-mail : [gbassi.gildas@ufhb.edu.ci](mailto:gbassi.gildas@ufhb.edu.ci)

### RÉSUMÉ

Les huiles comestibles constituent une source essentielle d'acides gras indispensables, de vitamines liposolubles et d'antioxydants. En Côte d'Ivoire, malgré la diversité des huiles végétales disponibles sur le marché, leur composition en acides gras demeure peu documentée. Cette étude vise à évaluer le profil lipidique de douze huiles comestibles commercialisées à Abidjan à l'aide de la spectroscopie proche infrarouge (NIR). Les échantillons ont été collectés entre novembre 2023 et avril 2024 dans différents points de vente et analysés au Laboratoire National de Santé Publique à l'aide d'un spectromètre BRUKER MPA II. Les spectres obtenus ont été traités avec le logiciel OPUS afin de déterminer les teneurs en acide oléique (C18:1), acide linoléique (C18:2) et acide  $\alpha$ -linolénique (C18:3). Une analyse multivariée incluant une classification hiérarchique a été appliquée pour regrouper les huiles selon leur composition lipidique, en référence aux normes du Codex Alimentarius. Les résultats révèlent une variabilité significative des profils en acides gras, permettant d'identifier trois groupes distincts dominés respectivement par les acides oléique, linoléique et  $\alpha$ -linolénique. La majorité des huiles analysées présentait une composition conforme aux normes internationales. Ces résultats confirment l'intérêt de la NIR comme outil rapide et non destructif pour l'évaluation de la qualité des huiles alimentaires et soulignent l'importance de la diversification des sources lipidiques pour un apport équilibré en acides gras essentiels et la promotion de la santé humaine.

**Mots-clés :** *huiles comestibles, acides gras, BRUKER MPA II, codex Alimentarius, Abidjan.*

## ABSTRACT

### Evaluation by near-infrared spectroscopy of the lipid composition of edible oils sold in Abidjan

Edible oils are an essential source of essential fatty acids, fat-soluble vitamins, and antioxidants. In Côte d'Ivoire, despite the diversity of vegetable oils available on the market, their fatty acid composition remains poorly documented. This study aims to evaluate the lipid profile of twelve edible oils sold in Abidjan using near-infrared spectroscopy (NIR). Samples were collected between November 2023 and April 2024 from various points of sale and analyzed at the National Public Health Laboratory using a BRUKER MPA II spectrometer. The spectra obtained were processed using OPUS software to determine the oleic acid (C18:1), linoleic acid (C18:2), and  $\alpha$ -linolenic acid (C18:3) contents. A multivariate analysis including hierarchical classification was applied to group the oils according to their lipid composition, with reference to Codex Alimentarius standards. The results reveal significant variability in fatty acid profiles, allowing three distinct groups to be identified, dominated respectively by oleic, linoleic, and  $\alpha$ -linolenic acids. The majority of the oils analyzed had a composition that complied with international standards. These results confirm the value of NIR as a rapid and non-destructive tool for assessing the quality of edible oils and highlight the importance of diversifying lipid sources.

**Keywords :** *edible oils, fatty acids, BRUKER MPA II, codex alimentarius, Abidjan.*

## I - INTRODUCTION

Les huiles comestibles constituent une source essentielle d'énergie et de nutriments dans l'alimentation humaine, fournissant acides gras essentiels, vitamines liposolubles et antioxydants [1, 2]. Leur qualité nutritionnelle est déterminée par la composition en acides gras, l'origine botanique et les procédés de fabrication [3, 4]. En Côte d'Ivoire, le marché des huiles est diversifié : palme, arachide, soja, tournesol et noix, avec une prédominance de l'huile de palme pour sa disponibilité et son faible coût. L'évaluation des profils lipidiques des huiles commercialisées est cruciale pour guider les choix alimentaires et renforcer la sécurité nutritionnelle [5]. De plus, la présence de composés mineurs tels que les stérols, tocophérols et antioxydants insaponifiables contribue à la valeur nutritionnelle globale des huiles [6]. Traditionnellement, la caractérisation des profils d'acides gras est réalisée par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) ou par des méthodes chimiques classiques, mais ces approches

peuvent être longues, coûteuses et nécessiter l'emploi de solvants organiques [7]. Les techniques spectroscopiques vibratoires, notamment la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FT-IR) et la spectroscopie proche infrarouge (FT-NIR), ont gagné en popularité pour l'analyse rapide et non destructive des huiles alimentaires, permettant de distinguer les huiles selon leur degré d'insaturation, leur composition en acides gras et même de détecter des mélanges ou adultérations [8 - 10]. Des études récentes montrent que des modèles de spectroscopie visible infrarouge et proche infrarouges combinés à des algorithmes multivariés peuvent estimer avec précision des fractions d'acides gras saturés et insaturés, ainsi que d'autres composants critiques, ouvrant de nouvelles perspectives pour la surveillance rapide de la qualité des huiles alimentaires [11, 12]. Toutefois, peu d'études ont été consacrées à l'application de ces techniques spectroscopiques pour l'évaluation des huiles comestibles commercialisées en Côte d'Ivoire, en particulier dans le contexte urbain d'Abidjan. Cette étude vise à caractériser la composition en acides gras des huiles comestibles commercialisées à Abidjan, à comparer les profils lipidiques obtenus aux standards internationaux, et à établir une classification des huiles à l'aide de la spectroscopie infrarouge (BRUKER MPA II), afin de contribuer à l'amélioration des choix alimentaires et des politiques de santé nutritionnelle.

## II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

### II-1. Cadre de l'étude

L'étude a été menée sur une période de six mois, de novembre 2023 à avril 2024, au Laboratoire National de Santé Publique (LNSP), plus précisément au laboratoire de contrôle des aliments.

### II-2. Méthode d'échantillonnage

Les échantillons étaient constitués d'huiles comestibles collectées dans différents points de vente d'Abidjan. Les huiles retenues étaient destinées à la consommation humaine avec un étiquetage clair mentionnant la source, la composition et la nature de l'huile. Ont été exclues de l'étude, les huiles avec une origine ou une traçabilité non identifiée, les huiles altérées et celles non disponibles. Les douze huiles sont représentées dans le *Tableau 1*.

**Tableau 1 : Échantillons, marques et lieux d'achat**

Échantillons	Marques	Lieux d'achat
Huile de soja	Oleor®	Casino Anono
Huile de tournesol	Excella®	Casino Anono
Huile de colza	Casino®	Casino Anono
Huile d'arachide	Casino®	Casino Anono
Huile d'olive	Saffy®	Paradis des prix Anono
Huile de sésame	Sélection®	Playce Marcory
Huile de noix	Casino®	Casino Anono
Huile de noisette	Tourangelle®	Cap nord de la riviera 2
Huile de lin	Boni sélection®	Cap nord de la riviera 2
Huile de pépins de raisin	Classic®	Playce Marcory
Huile d'avocat	Tourangelle®	Cap nord de la riviera 2
Huile de palme	Aya®	Casino Anono

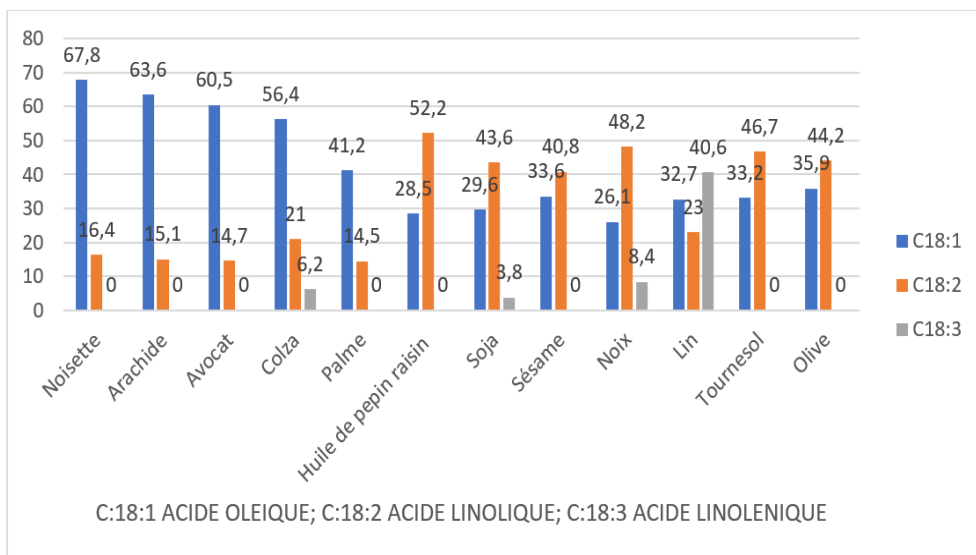
## II-2. Méthode d'analyses au laboratoire

Deux millilitres d'huile ont été transférés à l'aide d'une pipette dans des flacons en verre de 8 mm de diamètre intérieur servant de cellules de mesure. Les flacons ont été positionnés dans le compartiment dédié de l'appareil (BRUKER MPA II) pour enregistrement du spectre. Le spectre obtenu a été interprété par le logiciel OPUS et a abouti à la détermination du profil en acides gras de l'échantillon. Les résultats sont exprimés en moyennes  $\pm$  écart type et comparés aux normes du Codex Alimentarius (2019). Une classification multivariée par dendrogramme et ACP (Analyse en Composante Principale) a été réalisée pour regrouper les huiles selon leur profil lipidique.

## III - RÉSULTATS

### III-1. Profil en acides gras des huiles comestibles

L'analyse des spectres infrarouges obtenus a permis d'identifier trois principaux acides gras insaturés dans l'ensemble des douze huiles végétales étudiées : l'acide oléique (C18:1), l'acide linoléique (C18:2) et l'acide  $\alpha$ -linoléique (C18:3). Les résultats mettent en évidence une variabilité significative des profils lipidiques selon l'origine botanique des huiles, traduisant une diversité marquée de leur composition nutritionnelle. La **Figure 1** illustre la distribution relative des acides gras insaturés dans chaque échantillon. Les huiles d'avocat, d'arachide et de noisette se caractérisent par des teneurs élevées en acide oléique, témoignant de leur richesse en acides gras mono-insaturés (AGMI). À l'inverse, les huiles de pépin de raisin, de noix et de tournesol présentent des proportions importantes d'acide linoléique, principal acide gras poly-insaturé oméga-6. L'huile de lin se distingue nettement par sa forte teneur en acide linoléique, confirmant son statut de source majeure d'oméga-3 parmi les huiles analysées.



**Figure 1 : Répartition des acides gras insaturés dans les huiles**

### III-2. Teneurs en acides gras dans les huiles comestibles

#### III-2-1. Teneur en acide oléique (C18 :1)

Les teneurs moyennes en acide oléique des douze huiles étudiées sont présentées dans le **Tableau 2**, accompagnées des plages de valeurs recommandées par le Codex Alimentarius. Parmi les huiles analysées, sept (palme, colza, tournesol, soja, avocat, lin et arachide) présentent des concentrations conformes aux normes internationales.

**Tableau 2 : Teneur en acide oléique (C18 :1)**

Échantillons	C18 :1 (% moyen)	Norme Codex (%)
Huile de sésame	33,60 ± 0,05	34,4-45,5
Huile de palme	41,20 ± 0,05	39,8-46
Huile d'avocat	60,50 ± 0,08	42-75
Huile de lin	32,70 ± 0,05	9,8-36
Huile d'arachide	63,60 ± 0,05	35-80
Huile de pepin de raisin	28,50 ± 0,06	12-28
Huile de soja	29,60 ± 0,14	17-30
Huile de noisette	67,80 ± 0,05	74,2-86,7
Huile de noix	26,10 ± 0,14	14-23
Huile de colza	56,40 ± 0,05	8-60
Huile de tournesol	33,20 ± 0,05	14-43
Huile d'olive	35,90 ± 0,17	55-83

### III-2-2. Teneur en acide linoléique (C18 :2)

Les résultats relatifs à l'acide linoléique sont consignés dans le **Tableau 3**. Huit huiles, à savoir tournesol, colza, noix, pépin de raisin, sésame, lin, avocat et arachide, présentent des teneurs situées dans les intervalles de référence du Codex Alimentarius.

**Tableau 3 : Teneur en acide linoléique (C18 :2)**

Échantillons	C18 :2 (% moyen)	Norme Codex (%)
Huile de sésame	40,80 ± 0,24	36,9-47,9
Huile de palme	14,50 ± 0,12	10-13,5
Huile d'avocat	14,70 ± 0,12	7,8-19
Huile de lin	23,00 ± 0,12	8,3-30
Huile d'arachide	15,10 ± 0,09	4,0-43
Huile de pépin de raisin	52,20 ± 0,14	58-78
Huile de soja	43,60 ± 0,05	48-59
Huile de noixette	16,40 ± 0,12	5,2-18,7
Huile de noix	48,20 ± 0,12	54-65
Huile de colza	21,00 ± 0,05	11,0-23
Huile de tournesol	46,70 ± 0,05	45,4-74
Huile d'olive	44,20 ± 0,12	3,5-21

### III-2-3. Teneur en acide $\alpha$ -linoléique (C18 :3)

Le **Tableau 4** présente les teneurs en acide  $\alpha$ -linoléique (des huiles étudiées). L'huile de lin affiche la valeur la plus élevée, confirmant son rôle de source privilégiée d'oméga-3. En revanche, plusieurs huiles (palme, tournesol, olive, noixette, arachide et pépin de raisin) présentent des teneurs nulles ou très faibles, mais néanmoins conformes aux plages de référence du Codex. Au total, sept huiles satisfont aux exigences réglementaires, attestant de leur conformité nutritionnelle et réglementaire.

**Tableau 4 : Teneur en acide  $\alpha$ -linoléique (C18 :3)**

Échantillons	C18 :3 (% moyen)	Norme Codex (%)
Huile de sésame	0	0,2-1
Huile de palme	0	0-0,6
Huile d'avocat	0	0,5-2,1
Huile de lin	40,60 ± 0,05	43,8-70
Huile d'arachide	0	0-0,5
Huile de pépin de raisin	0	0-1
Huile de soja	3,80 ± 0,05	4,5-11
Huile de noixette	0	0-0,6
Huile de noix	8,40 ± 0,05	9-15,4
Huile de colza	6,20 ± 0,05	5,0-13
Huile de tournesol	0	0-0,3
Huile d'olive	0	0

### III-3. Classification multivariée des huiles comestibles

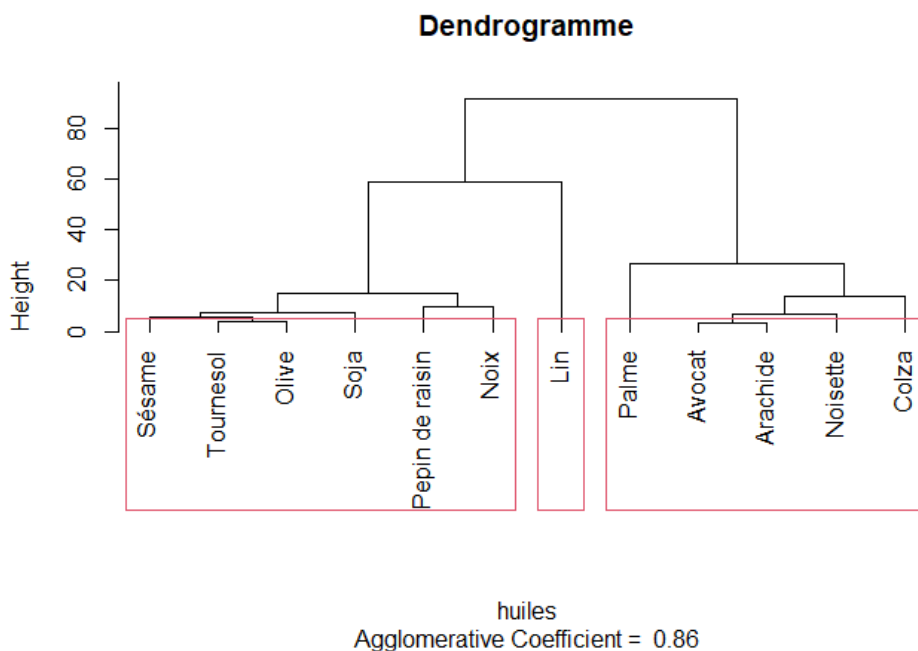
L'analyse de classification hiérarchique, illustrée par le dendrogramme de la **Figure 2**, a permis de regrouper les huiles comestibles en trois grandes catégories sur la base de leurs profils en acides gras insaturés.

- Catégorie 1 : huiles de colza, d'avocat, de palme, d'arachide et de noixette, caractérisées par des profils riches en acide oléique.

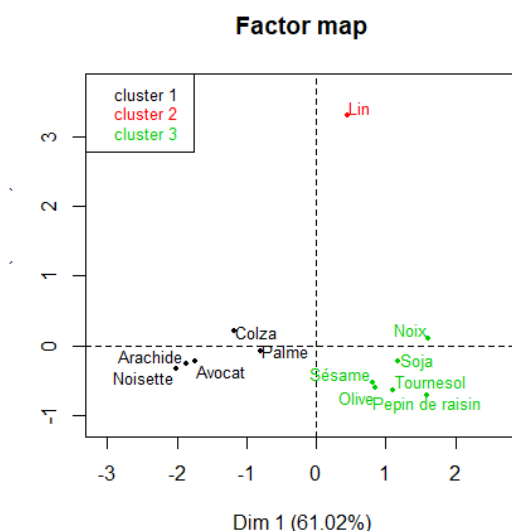
- Catégorie 2 : représentée exclusivement par l'huile de lin, dont la composition lipidique, dominée par l'acide  $\alpha$ -linolénique, est nettement distincte.

- Catégorie 3 : huiles de noix, de sésame, d'olive, de pépin de raisin et de tournesol, présentant des similitudes marquées en acides gras poly-insaturés.

La projection des huiles dans l'espace factoriel (**Figure 3**) confirme cette structuration en trois clusters distincts, reflétant les proximités et dissimilarités entre les profils en acides gras insaturés. Cette classification met en évidence la diversité nutritionnelle des huiles commercialisées à Abidjan et souligne l'intérêt des approches spectroscopiques couplées aux analyses multivariées comme outils rapides d'aide à la décision pour l'évaluation de la qualité lipidique des huiles alimentaires.



**Figure 2 :** Dendrogramme des huiles comestibles



**Figure 3 :** *Regroupement des huiles comestibles*

## IV - DISCUSSION

Les résultats obtenus dans cette étude montrent une diversité marquée des profils en acides gras des huiles comestibles commercialisées à Abidjan, ce qui reflète à la fois l'hétérogénéité des espèces botanique et l'influence des procédés technologiques.

### IV-1. Variabilité des profils lipidiques

Des études ont montré que les effets bénéfiques ou néfastes des huiles végétales dépendent fortement de leur profil en acides gras, notamment du type et de la proportion d'acides gras présents [13]. Les huiles riches en oméga 6 sont celles de tournesol, de noix et de pépins de raisin avec une prépondérance d'acide linoléique [14]. L'huile de lin se distingue nettement des autres huiles végétales par sa teneur exceptionnellement élevée en acide linoléique représentant généralement 40 à 60 % de l'ensemble des acides gras, ce qui en fait l'une des principales sources alimentaires d'oméga-3 d'origine végétale [15, 16]. La présence dominante d'acide oléique dans les huiles d'avocat, d'arachide et de noisette observée dans cette étude est conforme à d'autres analyses spectroscopiques [17 - 19].



#### **IV-2. Conformité aux normes du Codex Alimentarius et qualité nutritionnelle**

La comparaison avec les normes du Codex révèle que la majorité des huiles analysées respectent les intervalles de référence pour les acides gras majeurs (AGMI, AGPI). Ces résultats indiquent que les huiles analysées sont généralement conformes aux standards internationaux de qualité lipidique, ce qui est crucial pour l'évaluation nutritionnelle et la sécurité alimentaire [9]. Cette conformité est consonante avec des études comparatives récentes qui montrent que la plupart des huiles commerciales respectent les plages de concentration en acides gras lorsque des méthodes spectroscopiques fiables sont appliquées [9].

#### **IV-2. Classification des huiles et implications pour la santé et l'alimentation**

La classification des huiles en trois clusters distincts indique que les huiles peuvent être regroupées non seulement selon leur composition chimique, mais aussi selon leurs caractéristiques nutritionnelles générales. Cette structuration s'accorde avec les tendances identifiées dans la littérature où les analyses multivariées (ACP, dendrogrammes) mettent en évidence des regroupements cohérents pour les huiles utilisées dans différentes pratiques alimentaires [20]. Au-delà de l'intérêt scientifique, cette classification présentait un enjeu pratique et économique : elle permettait de substituer une huile par une autre du même groupe en cas de pénurie ou de variation de prix, sans altérer la qualité nutritionnelle. L'hypothèse du lien entre alimentation et santé cardiovasculaire suggère que le dépôt de cholestérol sur la paroi artérielle peut être réduit par la modification des lipides alimentaires, notamment par le remplacement des acides gras saturés par des huiles végétales riches en acides gras insaturés [21, 22]. Les recommandations nutritionnelles préconisent la substitution des acides gras saturés par des acides gras insaturés, notamment les huiles végétales, afin d'améliorer la santé [23]. Ceci est cohérent avec les effets bénéfiques observés sur la santé cardiométabolique et la longévité dans les études de cohortes prospectives utilisant l'huile de colza et l'huile d'olive [24, 25]. Des études ont montré que les effets bénéfiques ou néfastes des huiles végétales dépendent fortement de leur profil en acides gras, notamment du type et de la proportion d'acides gras présents [13]. Par exemple, les huiles composées principalement d'acides gras mono-insaturés, comme l'huile d'olive, l'huile de colza, l'huile d'arachide et l'huile de son de riz, sont associées à des propriétés anti-inflammatoires et hypolipémiantes [26 - 28]. De plus, des recherches ont mis en évidence le rôle des huiles contenant des Acides Gras polyinsaturés (AGPI) tels que l'acide  $\alpha$ -linoléique (ALA) oméga-3 et l'acide linoléique (LA) oméga-6, notamment l'huile de lin (environ 50 % d'ALA), l'huile de tournesol traditionnelle (environ 60-70 % de LA), l'huile de soja (environ 51 % de LA), l'huile de sésame (environ 43 % de LA) et l'huile

d'arachide (environ 30 % de LA) [29]. L'ALA et le LA sont importants car ils fournissent des acides gras essentiels que l'organisme humain ne peut synthétiser, et présentent des effets cardioprotecteurs [30]. Au contraire, l'huile de palme présente un rapport équilibré entre acides gras saturés (AGS) et acides gras insaturés (environ 50 % d'acide palmitique et stéarique, et environ 40 % d'acide oléique) [31]. La teneur en acide palmitique contribue à la thermostabilité de l'huile de palme, mais son degré élevé de saturation a été associé à une augmentation du cholestérol Low-Density Lipoprotein (LDL) [32]. Une carence sévère en LA entraîne des problèmes cutanés, tels qu'une peau rugueuse, sèche et squameuse [33]. L'acide linoléique abaisse le cholestérol total et le cholestérol LDL par rapport aux acides gras saturés et aux glucides [34]. Un apport alimentaire en acide linoléique est associé à une réduction du risque de mortalité cardiovasculaire et de mortalité toutes causes confondues [35]. En 2021, une méta-analyse de 47 essais contrôlés randomisés a montré que l'apport alimentaire en acide linoléique améliore le profil lipidique sanguin en réduisant les concentrations de triglycérides (TG), de cholestérol total (CT), de LDL et de cholestérol Very-Low-Density Lipoprotein (VLDL), démontrant ainsi qu'un apport accru en acide linoléique pourrait potentiellement prévenir le risque de maladies cardiovasculaires. [36] De nombreuses études scientifiques ont examiné l'effet d'une supplémentation en acide linoléique sur les facteurs de risque cardiovasculaire dans des populations présentant différents états de santé [37 - 41]. En effet une supplémentation modérée en noix (15 g/j) pendant 6 semaines améliorait le profil lipidique et l'inflammation systémique chez des hommes entraînés de 65 ans [41]. A l'opposé il n'y avait aucun effet bénéfique de la supplémentation en acide linoléique sur la réduction des marqueurs inflammatoires [38].

## V - CONCLUSION

Douze huiles comestibles commercialisées à Abidjan ont été analysées par spectroscopie proche infrarouge (NIR) à l'aide d'un spectromètre BRUKER MPA II, dans le but de caractériser leur composition en acides gras. L'analyse a permis d'identifier trois profils lipidiques distincts, classés selon l'acide gras majoritaire : les huiles riches en acide oléique (catégorie 1 : noisette, arachide, olive), les huiles riches en acide linoléique (catégorie 2 : tournesol, pépins de raisin, noix) et les huiles caractérisées par une teneur élevée en acide linoléique (catégorie 3 représentée essentiellement par l'huile de lin). La majorité des huiles analysées présentait une composition conforme aux normes du Codex Alimentarius, attestant de leur qualité nutritionnelle. Ces huiles peuvent ainsi être recommandées dans le cadre d'une alimentation équilibrée et diversifiée, en raison de leur contribution significative à l'apport en acides gras essentiels et à la promotion de la santé humaine.

## RÉFÉRENCES

- [1] - C. MELENDRERAS, A. SOLDADO, J. M. COSTA-FERNANDEZ, A. LOPEZ, M. VALLEDOR, J. C. CAMPO et F. FERRERO, An Affordable NIR Spectroscopic System for Fraud Detection in Olive Oil, *Sensors*, 23 (3) (2023) 1728
- [2] - A. ZIELINSKA et I. NOWAK, Fatty acids in vegetable oils and their importance in cosmetic industry, *Chemik*, 68 (2) (2014) 103 - 110
- [3] - F. GUNSTONE, *Fatty acid and lipid chemistry*, Ed. Springer, Boston, (1996)
- [4] - M. AÏSSI, S. MOHAMED, F. TCHOBO et D. KIKI, Etude comparative de la qualité des huiles végétales alimentaires raffinées en usage au Bénin, *Bulletin d'Informations de la Société Ouest Africaine de Chimie*, (2009) 25 - 37
- [5] - C. JANNOT, Emplois, économie, environnement : le développement de la filière palmier à huile en Côte-d'Ivoire, *OCL*, 17 (2010) 393 - 399
- [6] - B. CHEN, D. J. MCCLEMENTS et E. A. DECKER, Minor components in food oils: A critical review of their roles on lipid oxidation chemistry. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51 (10) (2011) 901 - 916
- [7] - W. W. CHRISTIE, *Lipid analysis : Isolation, separation, identification and structural analysis of lipids*, The Oily Press, London, (2003)
- [8] - A. ROHMAN et Y. B. CHE MAN, Application of FTIR spectroscopy for analysis of edible fats and oils. *Journal of Food Science*, 77 (1) (2012) 1 - 13
- [9] - F. VAN DE VOORT, J. SEDMAN, R. A. COCCIARDI et D. PINCHUK, FTIR spectroscopy for edible oil analysis. *Trends in Food Science & Technology*, 12 (7) (2001) 193 - 200
- [10] - V. BAETEN, J. A. FERNANDEZ PIERNA, P. DARDENNE, M. MEURENS and D. L. GARCIA-GONZALEZ, Application of NIR spectroscopy in the assessment of olive oil adulteration. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (16) (2005) 6201 - 6206
- [11] - A. ROHMAN and A. WINDARSIH, The application of chemometrics in combination with vibrational spectroscopy for edible oil authentication. *Applied Spectroscopy Reviews*, 55 (9) (2020) 726 - 749
- [12] - N. SINELLI, E. CASIRAGHI and G. DOWNEY, Application of NIR and MIR spectroscopy in food analysis. *Food Research International*, 43 (3) (2010) 681 - 695
- [13] - F. M. SACKS, Coconut Oil and Heart Health : Fact or Fiction ? *Circulation*, 41 (10) (2020) 815 - 817
- [14] - T. MEHANY, J. M. GONZALEZ -SAIZ and C. PIZARRO, The Quality Prediction of Olive and Sunflower Oils Using NIR Spectroscopy and Chemometrics : A Sustainable Approach. *Foods*, 14 (13) (2025) 2152
- [15] - V. GANDOVA, O. TENEVA, Z. PETKOVA, I. IIIIEV and A. STOYANOVA, Lipid Composition and Physicochemical Parameters of

- Flaxseed Oil (*Linum usitatissimum* L.) from Bulgaria. *Applied Sciences*, 13 (18) (2023) 10141
- [16] - Y. NIE, Y. WANG, J. HUI, D. SHAO, R. CHEN, Q. DENG, Y. CHEN, X. WANG and D. ZHU, The Impact of Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) Oil Supplementation on Human Health : A Human-Centric Evidence-Graded Approach. *Nutrients*, 17 (11) (2025) 1791
- [17] - C. NASRI, Y. HALABI et A. HAJIB, Proximate composition, lipid and elemental profiling of eight varieties of avocado (*Persea americana*). *Scientific Reports*, 13 (2023) 22767
- [18] - K-M. YANG, M-C. CHENG, Z-S. YE, L-P. CHU and H-C. CHEN, Chemical Properties of Peanut Oil from *Arachis hypogaea* L. 'Tainan 14' and Its Oxidized Volatile Formation. *Molecules*, 27 (20) (2022) 6811
- [19] - K. KROL, M. GANTNER and A. PITROWSKA, The Quality Characteristic and Fatty Acid Profile of Cold-Pressed Hazelnut Oils during Nine Months of Storage. *Agronomy*, 11 (10) (2021) 2045
- [20] - M. ELBIR, Caractérisation et classification des huiles d'olives monovariétales de deux régions au Maroc (Meknès-Tafilalet et Marrakech-Tensift-Al Haouz), *Journal of Materials and Environmental Science*, 5 (2) (2014) 565 - 570
- [21] - C. E. RAMSDEN, D. ZAMORA, S. MAJCHRZAK-HONG, K. R. FAUROT, S. K. BROSTE and R. P. FRANTZ, Re-evaluation of the traditional diet-heart hypothesis : analysis of recovered data from Minnesota Coronary Experiment (), *British Medical Journal*, 353 (2016) 1968 - 1973
- [22] - R. DUBROFF et M. DE LORGERIL, Fat or fiction : the diet-heart hypothesis, *British Medical Journal Evidence-Based Medicine*, 26 (1) (2021) 3 - 7
- [23] - P. T. VOON, C. M. NG, Y. T. NG, Y. J. WONG and S. Y. YAP, Health Effects of Various Edible Vegetable Oils: An Umbrella Review, *Advances in Nutrition*, 15 (9) (2024) 100276
- [24] - Y. ZHANG, P. ZHUANG, F. WU, W. HE, L. MAO and W. JIA, Cooking oil/fat consumption and deaths from cardiometabolic diseases and other causes : prospective analysis of 521,120 individuals, *BioMed Central Medicine*, 19 (1) (2021) 92
- [25] - M. GUASCH-FERRE, Y. LI, W.C. WILLETT, Q. SUN, L. SAMPSON and J. SALASSALVADO, Consumption of olive oil and risk of total and cause- specific mortality among U.S. adults, *Journal of the American College of Cardiology*, 79 (2) (2022) 101 - 112
- [26] - C. SAYON-OREA, S. CARLOS and M. A. MARTINEZ-GONZALEZ, Does cooking with vegetable oils increase the risk of chronic diseases ? A systematic review, *British Journal of Nutrition*, 113 (2) (2015) 36 - 48

- [27] - S. HAJIAHMADI, K. MARYAM, E. HOSSEINZADEH and M. HOSSEINZADEH, Flaxseed and its products improve glycemic control : A systematic review and meta-analysis, *Obesity Medicine*, 22 (2021) 100311
- [28] - B. J. SHEA, B. C. REEVES, G. WELLS, M. THUKU, C. HAMEL and J. MORAN, AMSTAR 2: A critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both, *British Medical Journal* 358 (2017)
- [29] - R. FOSTER, C.S. WILLIAMSON and J. LUNN, Briefing paper: culinary oils and their health effects, *Nutrition Bulletin*, 34 (1) (2009) 4 - 47
- [30] - G. GUYATT, A. D. OXMAN, E. A. AKL, R. KUNZ, G. VIST and J. BROZEK, GRADE guidelines : 1. Introduction—GRADE evidence profiles and summary of findings tables, *Journal of Clinical Epidemiology*, 64 (4) (2011) 383 - 394
- [31] - S. GHOBADI, Z. HASSANZADEH-ROSTAMI, F. MOHAMMADIAN, A. NIKFETRAT, N. GHASEMIFARD and H. RAEISI DEHKORDI, Comparison of blood lipidlowering effects of olive oil and other plant oils: A systematic reviewand meta-analysis of 27 randomized placebo-controlled clinical trials, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59 (13) (2019) 2110 - 2124
- [32] - L. SCHWINGSHACKL, M. CHRISTOPH and G. HOFFMANN, Effects of olive oil on markers of inflammation and endothelial function-A systematic review and meta-analysis, *Nutrients*, 7 (9) (2015) 7651 - 7675
- [33] - C. R. FLEMING, L. M. SMITH and R. E. HODGES, Essential fatty acid deficiency in adults receiving total parenteral nutrition. *American Journal of Clinical Nutrition*, 29 (1976) 976 - 983
- [34] - K. H. JACKSON, W. S. HARRIS, M. A. BELURY, P. M. KRIS-ETHERTON and P. C. CALDER, Beneficial effects of linoleic acid on cardiometabolic health : an update. *Lipids Health Disease*, 23 (1) (2024) 296
- [35] - S. NAGHSHI, D. AUNE, J. BEYENE, S. MOBARAK, M. ASADI and O. SADEGHI, Dietary intake and biomarkers of alpha linolenic acid and risk of all cause, cardiovascular, and cancer mortality: systematic review and dose-response meta-analysis of cohort studies. *British Medical Journal*, 375 (2021) 2213
- [36] - H. YUE, B. QIU, M. JIA, W. LIU, X.F. GUO and N. LI, Effects of  $\alpha$ -linolenic acid intake on blood lipid profiles : a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61 (17) (2021) 2894 - 2910
- [37] - A. M. DE ABREU, C. L. COPETTI, D. B. HAUSCHILD, P. F. DI PIETRO and E. WAZLAWIK, Effects of supplementation with vegetable sources of alpha-linolenic acid (ALA) on inflammatory markers and lipid profile in individuals with chronic kidney disease : a systematic review and metaanalysis, *Clinical Nutrition*, 41 (6) (2022) 1434 - 1444

- [38] - H. SU, R. LIU, M. CHANG, J. HUANG, Q. JIN and X. WANG, Effect of dietary alpha-linolenic acid on blood inflammatory markers : a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials, *European Journal of Nutrition*, 57 (3) (2018) 877 - 891
- [39] - G. Y. REN, C. Y. CHEN, G. C. CHEN, W. G. CHEN, A. PAN and C. W. PAN, Effect of flaxseed intervention on inflammatory marker C-reactive protein: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials, *Nutrients*, 8 (3) (2016) 136
- [40] - M. RAHIMLOU, N. B. JAHROMI, N. HASANYANI and A. R. AHMADI, Effects of flaxseed interventions on circulating inflammatory biomarkers : a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials, *Advances in Nutrition*, 10 (6) (2019) 1108 - 1119
- [41] - A. KAMOUN, O. HAMMOUDA, M. TURKI, R. MAALLOUL, M. CHTOUROU and M. BOUAZIZ, Moderate walnut consumption improved lipid profile, steroid hormones and inflammation in trained elderly men: a pilot study with a randomized controlled trial, *Biology of Sport*, 38 (2) (2021) 245 - 252