

VALORISATION DE L'HUILE D'ARGAN DE TINDOUF ET ÉTUDE DE L'INFLUENCE DE L'ORIGINE DES FRUITS (ARGANIER / CAPRINS) ET DE LA TORREFACTION SUR SA QUALITÉ ET SA COMPOSITION CHIMIQUE

DROUCHE Imane^{1*}, CASTELLANO José Maria², SAIDI Fairouz¹ et PEREZ-CAMINO Maria del Carmen³

1. Département de Biologie et Physiologie cellulaire, Laboratoire de recherche de Biotechnologie Environnement et Santé, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Blida 1 Algérie.

2. Département de Nutrition et Santé, Institut de la Grasa-CSIS, Conseil Supérieur des recherches scientifiques, Séville, Espagne

3. Département de Caractérisation et Qualité des Lipides, Institut de la Grasa-CSIS, Conseil Supérieur des recherches scientifiques, Séville, Espagne.

Reçu le 07/09/2021, Révisé le 11/12/2021, Accepté le 18/12/2021

Résumé

Description du sujet : Cette étude s'inscrit dans le cadre de la valorisation biochimique de l'huile d'argan Algérienne endémique de la région de Tindouf.

Objectifs : Ce travail nous permet de contrôler la qualité physico-chimique des huiles d'argan Algériennes de Tindouf, de les comparer avec d'autres variétés, d'enrichir les connaissances sur les teneurs en composés bioactifs et d'étudier l'influence de l'origine des fruits d'argan (fruits récoltés directement des arganiers ou fruits dépulés collectés à partir des excréments des caprins) et de la torréfaction des amandons sur la qualité et la composition chimique des huiles d'argan.

Méthodes : La qualité des huiles d'argan a été contrôlée par la détermination de l'acidité, d'indice de peroxyde et des coefficients d'absorbance en UV. L'étude de la composition en acides gras et en phytostérols a été réalisée par chromatographie en phase gazeuse (CG). Le contenu en triglycérides ainsi que la fraction tocophérolique ont été déterminés par la chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC). Le taux des polyphénols totaux a été évalué par la méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu.

Résultats : La qualité extra-vierge de l'huile d'argan Algérienne a été confirmée ainsi que sa richesse en acides gras insaturés, en tocophérols, en phytostérols et en polyphénols, par des teneurs relativement élevées par rapport à ceux rapportés dans la bibliographie. L'origine des fruits a un effet limité sur la qualité et la composition chimique des huiles tandis que la torréfaction des amandons influence positivement sur la teneur en composés phénoliques.

Conclusion : Les résultats de la présente étude ont contribué pour une meilleure connaissance quant à la valorisation de la qualité et de l'originalité de l'huile d'argan Algérienne. Ultérieurement, d'autres aspects de recherches peuvent être développés et approfondis en l'occurrence des fractions triterpénique, des saponines et des hydrocarbures ainsi que l'évaluation des activités biologiques des biomolécules identifiées afin de maîtriser le développement et l'exploitation de l'arganier Algérien actuellement en voie de déperdition.

Mots clés : *Argania spinosa* L. Skeels ; huile d'argan ; qualité physico-chimique ; composition chimique ; origine des fruits ; torréfaction.

VALORIZATION OF ARGAN OIL FROM TINDOUF AND STUDY OF THE INFLUENCE OF THE ORIGIN OF FRUITS (ARGAN TREES/ GOATS) AND THE ROASTING PROCESS ON ITS QUALITY AND CHEMICAL COMPOSITION

Abstract

Description of the subject: This study is part of the biochemical valorization of endemic Algerian oil from Tindouf.

Objective: This work allows us to control the physico-chemical quality of Algerian argan oils from Tindouf, to compare it with other varieties, to enrich our knowledge on the content of bioactive components, and to study the influence of the origin of argan fruits (fruits harvested directly from argan trees or pulped fruits collected from goat excrement) and the roasting of almonds on the quality and chemical composition of argan oils.

Methods: The quality of the argan oils was controlled by the determination of the acidity, peroxide value and UV absorbance coefficients. The composition of fatty acids and phytosterols was carried out by gas chromatography (GC). The triglyceride content and the tocopherol fraction were determined by High-Performance liquid chromatography (HPLC). The level of total polyphenols was evaluated by the colorimetric method of Folin-ciocalteu.

Results: The extra-virgin quality of Algerian argan oil has been confirmed as well as its richness in unsaturated fatty acids, tocopherols, phytosterols and polyphenols, by relatively high contents compared to those reported in the literature. The origin of the fruits has a limited effect on the quality and the chemical composition of the oils while the roasting process of the almonds positively influenced the content of phenolic compounds.

Conclusion: The results of this study have contributed to a better valorization of the quality and originality of Algerian argan oil. Other aspects of research can be developed and deepened such as the study of the triterpene content, saponins and hydrocarbons as well as the evaluation of the biological activities of the bioactive components identified in order to master the development and exploitation of the Algerian argan tree very threatened.

Keywords: *Argania spinosa* L. Skeels., argan oil, physico-chemical quality, chemical composition, origin of argan fruits, roasting process.

*Auteur correspondant: DROUCHE Imane, E-mail: drouche.imane@yahoo.fr

INTRODUCTION

Argania spinosa L. Skeels est une plante arbustive, du phylum des Ebénales de la famille des sapotacées, endémique du sud-ouest Algérien et du Maroc [1, 2]. Cette espèce rustique Xéro-thermophile couvre un territoire de 96940 hectares dans une région biogéographique saharienne au nord de la wilaya de Tindouf [3, 4], dans des conditions climatiques et géographiques assez différentes par rapport à l'arganeraie marocaine [5]. L'importance de cette richesse miraculeuse réside dans sa fameuse huile, extraite à partir de l'amande oléagineuse du fruit de l'arganier [6]. L'huile d'argan alimentaire est produite par extraction artisanale ou par pression à froid des amandons préalablement torréfiés durant quelques minutes alors que l'huile d'argan destinée à l'usage cosmétique est extraite à partir des amandons non torréfiés par l'utilisation de solvants organiques ou par pressage à froid [7]. La composition biochimique spécifique de l'huile d'argan constitue l'énigme de cette richesse naturelle et lui confère des propriétés importantes sur le plan nutritionnel, thérapeutique et cosmétique, caractérisée essentiellement par une insaturation importante de type oléique-linoléique (45.7% et 34.4%, respectivement) [8, 9]. L'acide oléique joue un rôle crucial dans la réduction de la pression artérielle en régulant la structure lipidique membranaire et en inhibant l'activité de la gélatinase A impliquée dans la prolifération des cancers et de la maladie d'Alzheimer alors que l'acide linoléique constitue le précurseur métabolique de l'acide arachidonique et de ses multiples dérivés d'eicosanoïdes bioactifs [10]. L'huile d'argan renferme également des teneurs élevées en tocophérols doués d'activités antioxydantes très intéressantes [8], particulièrement sous forme de γ tocophérol (75%) avec un total plus élevé en comparaison avec les tocophérols contenus dans l'huile d'olive [11]. Quatre dérivés de stigmastane dont le schotténol et le spinastérol sont les phyto-stérols majoritaires ainsi qu'une fraction d'alcools triterpénique sont à l'origine des vertus anticancéreuses et anti-inflammatoires intéressantes de l'huile d'argan [8, 12]. Au Maroc, l'huile d'argan est placée au cœur de la vie sociale et économique de plus de 3 millions de personnes où elle joue un rôle socio-économique capital en créant des milliers d'emplois [13]. L'exemple marocain dans la promotion et la valorisation de l'arganier est édifiant et toute une filière est dédiée à l'huile d'argan. Cette dernière est devenue parmi les huiles les plus chères au monde en très peu de temps [5].

La présente étude met en exergue le contexte de la valorisation de l'huile d'argan Algérienne originaire de Tindouf, et vise aussi à étudier l'effet que peuvent avoir l'origine des fruits d'*Argania spinosa* L. Skeels récoltés directement à partir des arganiers ou collectés à partir des excréments des chèvres après leur dépulpage ainsi que l'effet de la torréfaction des amandons sur la qualité physico-chimique et la composition en biomolécules de l'huile d'argan.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Matériel végétal

Des fruits mûrs d'*Argania spinosa* L. Skeels ont été collectés durant le mois de juillet 2018 dans la région de Touaref Bouam, de la wilaya de Tindouf. Des fruits mûrs à pulpe sèche ont été récoltés des arganiers alors que des noix dépulpees ont été collectées à partir des excréments des caprins qui ne les digèrent pas après avoir gobé le fruit entier dont la pulpe est la plus gouteuse.

2. Extraction de l'huile d'argan

Les huiles d'argan ont été extraites au laboratoire à partir des fruits séchés au soleil durant une semaine, puis dépulpés manuellement, le dépulpage ne concerne que les fruits récoltés des arganiers. Les noix ont été concassées par la suite et la moitié des amandons résultants a été torréfiée dans une étuve à 110°C durant 30 minutes. Les poudres obtenues après broyage par un broyeur électrique ont été extraites, pendant 8 heures à l'aide de soxhlet en utilisant l'hexane comme solvant organique. Les extraits hexaniques ont été évaporés par un évaporateur rotatif à 40°C, les huiles sont ainsi obtenues par filtration sous le sulfate de sodium anhydre et par la suite pesées pour calculer les rendements d'extractions. Pour identifier les huiles d'argan obtenues on a utilisé les codes suivants : RNT (huile d'argan extraite à partir d'amandons Non Torréfiés des fruits Récoltés des arganiers), RT (huile d'argan extraite à partir d'amandons Torréfiés des fruits Récoltés des arganiers), CNT (huile d'argan extraite à partir d'amandons Non Torréfiés des fruits dépulpés par des Caprins) et CT (huile d'argan extraite à partir d'amandons Torréfiés des fruits dépulpés par des Caprins). Toutes les huiles ont été conservées à 4°C.

3. Caractérisation physico-chimique des huiles d'argan

L'acidité exprimée en pourcentage d'acide oléique, l'indice de peroxyde exprimé en milléquivalent d'oxygène actif par Kg d'huile d'argan ainsi que les coefficients d'extinction

en UV (K232, K 270 et ΔK) ont été déterminés selon les recommandations rapportées par la réglementation Européenne, annexe II, III et IX (commission régulation EEC, N° 2568/91 de juillet 1991).

4. Analyse du profil d'acides gras :

Le profil d'acides gras des différentes huiles d'argan testées a été déterminé selon la méthode décrite dans IUPAC standard method [14]. Le principe de cette méthode est basé sur la transformation des acides gras en esters méthyliques d'acides gras et de les analyser par la suite par chromatographie en phase gazeuse.

4.1. Préparation des esters méthyliques d'acides gras à partir de l'huile d'argan

Les acides gras ont été trans-méthylés avec l'hydroxyde de potassium dans le méthanol, 0,1 g d'huile d'argan ont été mélangés avec 2 ml d'heptane et agités vigoureusement, 0,2 ml de la solution méthanolique d'hydroxyde de potassium ont été ajoutés au mélange. Après une deuxième agitation, la partie supérieure contenant les esters méthyliques d'acides gras a été prélevée et injectée par la suite dans le système de la chromatographie en phase gazeuse.

4.2. Analyse chromatographique des EMAG (Esters Méthyliques d'Acides Gras)

L'analyse qualitative et quantitative des EMAG est performée par la chromatographie en phase gazeuse sur un équipement de type Agilent 7890B (Agilent technologies, USA), en utilisant une colonne capillaire polaire asp 2380 (60m \times 0,25mm id. ; 0,20 μ m épaisseur du film), couplée à un détecteur à ionisation de flamme (FID). L'hydrogène est le gaz vecteur à un débit de 1.0 ml/mn, la température du four est fixée à 165°C puis augmentée jusqu'à 230°C à 3°C/mn. Le volume injecté était de 1 μ L. les températures de l'injecteur et du détecteur ont été réglées à 225°C et 250°C respectivement. Les données sont acquises et traitées à l'aide d'un système informatisé Open LAB, et reportées comme pourcentages aux lipides totaux.

5. Analyse des triglycérides :

L'étude de la composition des huiles d'argan en triglycérides a été réalisée selon la méthode décrite par Moreda *et al.* [15]. Une prise d'essai d'environ 50 mg/ml de l'huile d'argan dans l'acétone a été analysée par PR-HPLC. Les séparations ont été effectuées sur une colonne Merck Li-Chrospher 100 RP-18 (250 mm \times 4 mm i.d, 4 μ m granulométrie) thermostatée à 20°C. Le chromatographe en phase liquide (Agilent Technologies 1260 Infinity, USA) était équipé d'un système de pompage et de détection RI et utilisait du propionitrile comme une phase

mobile à un débit de 0.6 ml/minute. Le volume injecté était de 10 μ l de la solution de l'huile d'argan dans l'acétone. Les données ont été acquises à l'aide d'un système informatisé Open LAB.

6. Analyse des tocophérols

La composition en tocophérols a été déterminée selon les recommandations mentionnées dans IUPAC Standard Method 2432 [16]. Une solution d'huile d'argan dans l'hexane à une concentration de 10 mg/ml a été préparée et analysée par HPLC, munie d'une colonne Si (250 mm \times 4 mm i.d. 4 μ m granulométrie). L'hexane : 2-propanol (99 : 1, V/V) a été utilisé comme solvant d'élution à un débit de 1ml/mn. La détection a été effectuée par fluorescence (RF-10AXL, détecteur de fluorescence Shimadzu), en réglant l'excitation et l'émission à 290 nm et 330 nm respectivement. Pour la détermination quantitative, des étalons de tocophérols dans l'hexane ont été injectés à des concentrations de 4 à 6 μ g/ml. Les données ont été traitées à l'aide d'un logiciel 32 Karat 5.0 system.

7. Etude des phytostérols

7.1. Extraction de la fraction insaponifiable

Les fractions insaponifiables des différentes huiles d'argan ont été séparées selon la méthode publiée par le conseil international de l'huile d'olive (COI/T.20/Doc.N°30,2009), par la saponification d'environ 5g de l'huile d'argan avec 50 ml de la solution éthanolique d'hydroxyde de potassium (2N). 1 ml d'une solution de α -cholestanol (1mg/ml) a été ajouté comme un standard interne. Le mélange a été ensuite maintenu à chaud (en ébullition) durant une heure sous reflux. Les fractions insaponifiables ont été extraites par 80 ml d'éther diéthylique après l'ajout de 100 ml d'eau distillée. A la fin d'une série d'extractions et de lavages par l'eau distillée jusqu'à la neutralisation, les phases organiques ont été récupérées par filtration sous sulfate de sodium anhydre, puis évaporées sous vide.

7.2. Analyse des phytostérols

Les stérols contenus dans les huiles d'argan ont été déterminés selon la méthode décrite par la même référence précédente. Cette fraction a été séparée de l'insaponifiable (préalablement dissoute dans 1,5 ml d'acétate d'éthyle) par chromatographie en couche mince sur plaque de gel de silice, puis analysée et identifiée par un chromatographe en phase gazeuse (CG-FID), équipé d'une colonne capillaire Agilent DB-5 (0,25 mm ID \times 30m \times 0,25 μ m épaisseur du film). La température a été maintenue à 260°C, et celle de l'injecteur et du détecteur à 300°C,

l'hydrogène a été utilisé comme gaz vecteur d'un débit de 2ml/min, le volume d'échantillon injecté était de 1 microlitre. Les valeurs des stérols individuels ont été rapportées en pourcentage et le contenu totale en milligramme par 100 g d'huile d'argan (mg/100g d'huile d'argan).

8. Dosage des polyphénols totaux

8.1. Extraction des composés phénoliques

Les fractions phénoliques des différentes huiles d'argan étudiées ont été extraites en adoptant le protocole expérimental de Merouane *et al.* [17]. Environ 2 g d'huile d'argan ont été extraites trois fois avec 1 ml d'hexane et 2 ml de méthanol 60%, après centrifugation durant 5 minutes à 3000 rpm, les fractions méthanoliques (surnageants) contenant les composés phénoliques ont été récupérées, réunies et évaporées à sec sous vide à l'aide d'un évaporateur rotatif à 40°C. Les résidus ont été récupérés par solubilisation dans 1 ml de méthanol 50%.

8.2. Dosage colorimétrique

Les teneurs en composés phénoliques des huiles d'argan ont été déterminées en se basant sur la méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu [18]. 10 µl de chaque fraction méthanolique ou de standard (solution méthanolique d'acide gallique à différentes concentrations, de 0 à 200 mg/ml) et 10 µl du réactif de Folin Ciocalteu dix fois dilué ont été déposés dans des puits d'une microplaque (à 96 puits). Après 3 minutes, 200 µl d'une solution de carbonate de sodium (75g/l) ont été ajoutés et le volume total de chaque puits a été ajusté à 250 µl par l'addition de 30 µl de l'eau milli-Q.

L'absorbance a été mesurée à 765 nm après une incubation d'une heure à température ambiante (25°C). Les résultats ont été exprimés en équivalent d'acide gallique par kilogramme d'huile d'argan (mg EAG/Kg d'huile), calculés à partir de la courbe d'étalonnage d'acide gallique.

9. Analyse statistique

Les résultats ont été présentés sous forme de moyenne±écart type (SD) (n=2 ou n=3, selon les différentes expériences). Le traitement statistique des données a été réalisé par le test d'ANOVA, et le test non paramétrique de Mann Whitney (Lorsque les observations ne répondaient pas aux hypothèses de la normalité), à l'aide d'un logiciel SPSS statistics 26.0. Les différences ont été considérées significatives à $p < 0,05$.

RÉSULTATS

1. Evaluation du rendement d'extraction

Les résultats montrent que les différents fruits d'argan utilisés sont relativement riches en huile. Le meilleur rendement a été obtenu avec les amandons non torréfiés des fruits récoltés des arganiers avec 56,45%, suivi par celui des amandons non torréfiés dépulés par les caprins, avec 56,14% (Tableau 1). Des valeurs de 55,78% et 55,14% ont été enregistrées avec les amandons torréfiés des fruits dépulés par des chèvres ainsi qu'avec des amandons torréfiés récoltés des arganiers respectivement. L'analyse de la variance n'a révélé aucun effet significatif de l'origine des fruits d'argan utilisés ainsi que la torréfaction des amandons sur le rendement d'extraction des différentes huiles d'argan testées ($p > 0,05$).

Tableau 1 : Caractérisation physico-chimique des huiles d'argan.

	Codes des huiles			
	RNT	RT	CNT	CT
Rendement en huile (%)	56,45±1,06	55,14±0,23	56,14±0,89	55,78±1,36
Acidité %	0,53±0,035	0,58±0,007	0,54±0,014	0,53±0,007
Indice de peroxyde (mEq O ₂ /Kg)	6,00±0,035	6,72±0,22	6,96±0,007	7,08±0,078
K 232	1,13±0,05	1,15±0,04	1,13±0,007	1,55±0,06
K270	0,23±0,00	0,22±0,014	0,17±0,00	0,21±0,007
ΔK	0,0015±0,0007	0,0025±0,0007	0,002±0,000	0,003±0,000

2. Qualité physico-chimique des huiles d'argan

La qualité physico-chimique des huiles d'argan a été déterminée par l'analyse des paramètres suivants : acidité, indice de peroxyde et coefficients d'extinction spécifique en UV (K232, K270 et ΔK), constituants l'ossature de la classification des huiles d'argan par la norme marocaine (Tableau 2). Toutes les valeurs enregistrées pour les différentes huiles d'argan ne dépassent pas les limites établies dans la

norme Marocaine (Tableau 1). La distribution de ces paramètres physico-chimiques n'était pas normale, et pour cela un test non-paramétrique (Mann Whitney) a été utilisé pour étudier les différences entre les huiles d'argan de cette étude. La seule différence significative a été détectée concernant les valeurs de l'indice de peroxyde sous l'effet de l'origine des fruits d'argan ($p=0,021$), les huiles produites à partir des fruits d'argan dépulés par des chèvres ont des taux d'indice de peroxyde plus élevés.

Tableau 2 : Classification qualitative des huiles d'argan « vierges », selon la norme marocaine (NM 08.5.090) [8].

Critères physico-chimiques	Huile d'argan « vierge extra »	Huile d'argan « vierge fine »
Acidité libre (% en poids, exprimée en acide oléique)	≤ 0,8	≤ 1,5
Indice de peroxyde (meq O/kg)	≤ 15	≤ 20
K 270	≤ 0,35	≤ 0,35
Δ K	≤ 0,01	≤ 0,01

3. Composition en acides gras

L'analyse et l'identification chromatographique par CG-FID du contenu en acides gras des différentes huiles d'argan testées représentées par le tableau 3, ont montré que les acides gras majoritaires dans tous les types des huiles d'argan testées sont : l'acide oléique (C 18 :1), l'acide linoléique (C 18 :2), l'acide palmitique (C 16 :0) et l'acide stéarique (C 18 :0)). Le test de Mann Whitney a montré que l'origine des

fruits a une influence significative sur la teneur des huiles d'argan en acide myristique (C14 :0), en acide palmitique (C16 :0), en acide stéarique (C18 :0), en acide oléique (C18 :1), en acide α-linolénique (C18 :3) et en acide gadoléique (C20 :1) (p égale à 0,021 pour les trois premiers acides gras cités, 0,037 et 0,02 respectivement) mais ces valeurs restent dans les limites établies par la norme marocaine de valorisation des huiles d'argan.

Tableau 3 : Composition des huiles d'argan en acides gras

AG (%)	RNT	RT	CT	CNT	NM 08.5.090 [22, 23]
C 14:0	0,1±0,003	0,1±0,003	0,15±0,02	0,14±0,003	≤0,2
C 16:0	13,07±0,3	13,27±0,22	14,37±0,85	13,74±0,12	11,5-15
C 16:1	0,14±0,004	0,15±0,004	0,16±0,02	0,15±0,003	≤0,2
C 17:0	0,08±0,002	0,08±0,002	0,08±0,01	0,07±0,00	traces
C 17:1	0,02±0,001	0,02±0,007	0,02±0,002	0,02±0,00	/
C 18:0	7,11±0,08	7,11±0,024	6,00±0,14	6,18±0,014	4,3-7,2
C 18:1	47,51±0,19	47,76±0,003	47,97±0,29	48,13±0,08	43-49,1
C 18:2	30,63±0,00	30,12±0,12	29,93±0,39	30,17±0,03	29,3-36
C 18:3	0,07±0,00	0,06±0,00	0,06±0,00	0,06±0,00	≤0,3
C 20:0	0,38±0,03	0,39±0,01	0,36±0,05	0,4±0,005	≤0,5
C 20:1	0,06±0,00	0,063±0,01	0,05±0,00	0,06±0,00	≤0,5
C 22:0	0,09±0,01	0,1±0,63	0,11±0,03	0,13±0,005	≤0,2
∑ AGS	20,88±0,23	21,51±0,85	21,08±0,68	20,66±0,12	
∑ AGMI	47,74±0,18	48,03±0,014	48,22±0,26	48,38±0,07	
∑ AGPI	30,69±0,007	30,18±0,13	29,99±0,39	30,23±0,03	
AGPI/AGS	1,47±0,007	1,40±0,007	1,42±0,01	1,46±0,00	

AG : Acide Gras, ∑ AGS : somme d'acides gras saturés, ∑ AGMI : somme d'acides gras mono-insaturés, ∑ AGPI : somme d'acides gras poly-insaturés.

4. Détermination des triglycérides

L'analyse qualitative et quantitative des triglycérides des huiles d'argan de Tindouf par HPLC, nous a permis d'identifier 11 composés de cette fraction, dont les cinq majoritaires sont : OOO (15,01-16,38%), LOO (13,35-13,82%), POO (12,36-13,57%), LLO (11,77-12,33%), LOP (9,55-10,55%), comportant principalement trois résidus d'acides gras : acide oléique, acide linoléique et acide palmitique. Les autres composants minoritaires sont : LLL (6,75-7,41 %), LLP (5,03-5,99%), SOL (4,4-5,34%), SOO (5,12-5,88%), POP

(2,67-3,51%) et SOP (2,17-2,8%) (Tableau 4). Le traitement statistique des données a montré que les teneurs en triglycérides SOL et SOO, sont plus élevées dans les huiles issues des fruits récoltés des arganiers, résultats confirmés par l'analyse de variance ($p=0,002$ et $p=0,014$, respectivement). Par contre les teneurs en POO, semblent être plus élevées pour les huiles d'argan issues des fruits dépulvés par les caprins et également mis en évidence par le test d'ANOVA ($p=0,023$). La torréfaction n'a aucun effet significatif sur la composition des huiles d'argan en triglycérides ($p>0,05$).

Tableau 4 : Analyse des triglycérides des huiles d'argan

TG (% au total)	codes des huiles			
	RNT	RT	CNT	CT
LLL	7,41±0,34	7,15±0,32	6,83±0,24	6,75±0,1
LLO	12,33±0,24	11,77±0,47	12,05±0,37	11,83±0,73
LLP	5,99±0,78	5,03±0,06	5,39±0,15	5,58±0,24
LOO	13,6±0,05	13,35±0,14	13,82±0,06	13,62±0,08
LOP	9,55±0,22	10,01±0,74	10,55±0,23	10,39±0,19
OOO	15,57±0,37	15,01±1,5	16,38±0,23	15,95±1,47
SOL	5,27±0,007	5,34±0,27	4,59±0,08	4,4±0,17
POO	12,36±0,5	12,93±0,18	13,1±0,14	13,57±0,01
POP	2,67±0,27	3,32±0,11	3,51 ± 0,33	3,29±0,21
SOO	5,88±0,33	5,69±0,04	5,36±0,14	5,12±0,07
SOP	2,65±0,06	2,8±0,48	2,17±0,13	2,74±0,42

TG : triglycérides, L : linoléique, O : oléique, P : palmitique, S : stéarique.

5. Détermination des tocophérols

Les résultats de l'analyse qualitative et quantitative des tocophérols contenus dans les huiles d'argan par HPLC, ont été représentés dans le tableau 5. La teneur totale en tocophérols varie de 628,36 à 751,37 mg/kg d'huile avec un maximum enregistré dans l'huile d'argan extraite à partir d'amandons non torréfiés des fruits dépulés par les caprins (CNT), suivi par la valeur enregistrée avec l'huile d'argan de type RT 709,09 mg/kg d'huile. Des valeurs de 691,93 mg/kg d'huile et 628,36 mg/kg d'huile ont été enregistrées avec les huiles produites à partir des amandons torréfiés des fruits dépulés par les caprins (CT) ainsi qu'avec les huiles produites par des amandons non torréfiés des fruits récoltés des arganiers (RNT) respectivement. Cette étude nous a permis également d'identifier et de quantifier trois isomères de tocophérols dans les

différentes huiles d'argan testées : α -tocophérols, γ -tocophérol et δ -tocophérol. Le γ -tocophérol constitue le viamère majoritaire dans toutes les huiles d'argan étudiées (555,49–617,8 mg/kg) avec un maximum de 617,8 mg/kg enregistré pour la catégorie CNT de l'huile d'argan. Le reste de la fraction tocophérolique des huiles étudiées est constitué de l' α -tocophérol (teneur moyenne maximale de 73,54 mg/kg pour les huiles de type RT) et de δ -tocophérol (teneur moyenne maximale de 62,83 mg/kg pour les huiles de type CNT). L'analyse statistique de variance montre que l'origine des fruits d'argan a un effet significatif sur la teneur des huiles d'argan étudiées en tocophérols : totale, γ -tocophérol et δ -tocophérol, et que les huiles produites par des amandons des fruits dépulés par des caprins ont les concentrations les plus élevées ($p=0,01$, $p=0,005$ et $p<0,0001$ respectivement).

Tableau 5 : Teneurs des huiles d'argan en tocophérols

Tocophérols (mg/kg)	Codes des huiles			
	RNT	RT	CNT	CT
α -tocopherol	57,28±1,39	73,54±4,09	70,75±1,56	52,16±3,23
γ -tocophérol	555,49±10,47	593,42±6,76	617,8±3,48	583,58±1,33
δ -tocopherol	41,94±0,91	42,14±2,07	62,83±1,21	56,2±0,42
Total	628,36±10,11	709,09±12,92	751,37±6,25	691,93±4,14

6. Détermination des stérols

L'analyse de la composition de la fraction stérolique des huiles d'argan par la CG-FID a montré les résultats représentés par le tableau 6. Le contenu total en stérols dans les différentes fractions insaponifiables de cette étude varie de 139,68 mg/100g d'huile (pour la catégorie CNT d'huile d'argan) à 211,42 mg/100g d'huile (pour la catégorie RT). Les catégories CT et RNT des huiles d'argan ont un total de stérols de 141,58 et 201,06 respectivement. Le schoténol représente le composant stérolique majoritaire dans tous les échantillons analysés, avec un maximum de pourcentage enregistré pour la catégorie CT de l'huile d'argan (47,85%), suivie par le spinastérol, 40,02%

enregistré pour la catégorie RNT. Aucune différence significative n'a été enregistrée sous l'effet de l'origine des fruits d'argan et de la torréfaction des amandons entre les teneurs stéroliques suivantes : le schoténol ($p=0,11$ et $p=0,85$, respectivement), le stigma-8,22-diène- β -ol ($p=0,86$ et $p=0,32$), Δ 5-avenastérol ($p=0,34$ et $p=0,28$) et le Δ 7-avenastérol ($p=0,15$ et $p=0,57$). en ce qui concerne la teneur en spinastérol et le contenu total en stérols, les meilleures valeurs ont été enregistrées avec les huiles d'argan extraites à partir d'amandons des fruits récoltés des arganiers, résultat confirmé par l'analyse de la variance ($p=0,019$ et $p=0,014$ respectivement).

Tableau 6 : Composition des huiles d'argan en stérols

Composant stérolique	Codes des huiles			
	RNT	RT	CNT	CT
stigma-8,22-diène- β -ol (%)	3,10 \pm 1,39	3,04 \pm 0,76	3,75 \pm 0,82	3,03 \pm 0,66
Spinastérol (%)	40,02 \pm 0,61	37,32 \pm 4,29	32,33 \pm 0,11	32,07 \pm 2,11
Δ 5-avenastérol (%)	2,72 \pm 1,34	2,84 \pm 0,35	3,59 \pm 0,23	3,36 \pm 0,74
Schottérol (%)	43,28 \pm 2,21	41,79 \pm 5,03	47,35 \pm 0,22	47,85 \pm 4,38
Δ 7-avenastérol (%)	3,8 \pm 0,47	3,74 \pm 0,1	3,48 \pm 0,16	3,27 \pm 0,38
Contenu total (mg/100g d'huile)	201,06 \pm 18,02	211,42 \pm 37,03	139,68 \pm 14,68	141,58 \pm 10,72

7. Quantification de la fraction phénolique

La teneur en composés phénoliques des différentes huiles d'argan de cette étude a été calculée à partir de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique. Les résultats ont été exprimés par milligramme d'équivalent d'acide gallique par kilogramme d'huile et représentés dans le tableau 7. Les huiles d'argan de la catégorie RT étaient les plus riches en composés phénoliques avec un total d'une moyenne de 173,4 mg d'AG/Kg d'huile, suivi par le total enregistré avec les huiles CT de 163,79 mg d'AG/Kg

d'huile et la valeur de 137,3 mg d'AG/Kg d'huile obtenue avec les huiles CNT. La valeur de la moyenne minimale a été enregistrée avec la catégorie RNT des huiles d'argan 126,8 mg d'AG/Kg. L'analyse de variance n'a montré aucun effet significatif de l'origine des fruits sur les teneurs en polyphénols totaux ($p=0,95$), tandis que la différence est hautement significative sous l'effet de la torréfaction d'amandons ($p<0,0001$), et cette dernière a permis d'augmenter le taux des polyphénols dans les huiles d'argan étudiées.

Tableau 7 : Taux des polyphénols totaux des huiles d'argan

	codes des huiles			
	RNT	RT	CNT	CT
Polyphénols totaux (mg d'AG/Kg d'huile)	126,75 \pm 5,3	173,4 \pm 3,39	137,3 \pm 2,62	163,79 \pm 1,43

DISCUSSION

Les fruits d'*Argania spinosa* L. Skeels, renferment jusqu'à trois amandes blanches oléagineuses desquelles est extraite l'huile d'argan avec un rendement de 30 à 55 % selon la méthode d'extraction. Pour une extraction au laboratoire à l'aide de solvant organique, les rendements varient de 50 à 55 % [19]. L'huile d'argan Tunisienne extraite dans les mêmes conditions a enregistré un rendement de 61,3% [20]. Nos résultats sont similaires avec ceux obtenus par l'étude de Kouidri [13], pour une même variété d'argan de Tindouf qui a enregistré un rendement de 55,94% et plus appréciables par rapport à ceux rapportés dans l'étude de Noui [5], qui s'ajuste à 51,16%. Cependant, l'étude de Yousfi et al. [21], qui a signalé un rendement d'extraction de 36%. La variabilité des rendements d'extraction d'une étude à l'autre peut être attribuée aux conditions climatiques et environnementales ainsi qu'aux effets génotypiques existants entre les différentes variétés [13, 5].

La détermination de l'acidité nous renseigne sur la classification et l'état d'altération des huiles d'argan [7], l'indice de peroxyde détecte et mesure la présence des produits d'oxydation primaire, les valeurs de K232 nous indique sur la teneur en diènes conjugués produits des hydroperoxydes des acides gras saturés et les valeurs de K270 permettent d'évaluer les produits d'oxydation secondaire résultant de la

décomposition des hydroperoxydes [23, 24]. L'analyse des résultats obtenus dans cette étude nous a permis de classer les huiles d'argan dans la catégorie des huiles extra vierges selon la norme marocaine de qualité des huiles d'argan [8], quel que soit l'origine des fruits et le type des huiles (alimentaire préparées à partir des amandons torréfiés ou cosmétique préparées à partir des amandons non torréfiés). Nos résultats corroborent à ceux obtenus par Kouidri [13] et Ben mansour et al. [3]. Selon Hilali [25], l'huile d'argan préparée à partir des fruits déulpés par les chèvres, maintient un niveau bas de peroxyde, cela peut être attribué à la coque du fruit d'argan qui protège les amandons contre les agressions digestives des chèvres. Les valeurs de l'indice de peroxyde, des K270 et des K232 présentent une légère hausse en fonction de la torréfaction des amandons, probablement due à la formation des diènes et des triènes au cours de la torréfaction, mais restent inférieurs aux seuils limités indiqués pour une huile d'argan extra-vierge comme l'a souligné également Harhar et al. [26].

La composition en acides gras est un indicateur essentiel de la valeur nutritionnelle des huiles, et constitue un critère de qualité comme celui établie par la norme marocaine 08.5.090 de la qualité des huiles d'argan avec les limites de référence suivantes : acide oléique de 43-49,1%, acide linoléique de 29-36%,

l'acide palmitique de 11,5-15% et l'acide stéarique de 4,3-7,2% [3]. Les résultats obtenus au cours de cette étude répondent à la norme marocaine et sont cohérents avec d'autres travaux sur la même variété de l'huile d'*Argania spinosa* L. Skeels de Tindouf [13, 5, 3] ainsi qu'avec d'autres travaux réalisés sur des variétés marocaines ou tunisiennes des huiles d'argan [20, 7, 25]. La torréfaction des amandons n'a pas d'effets sur la composition des huiles d'argan testées en acides gras déjà signalé par Cayuela et al. [27], et d'après Belcadi-Haloui et al. [24] cela était dû à l'effet protecteur des tissus des amandons en limitant le contact entre les acides gras insaturés et l'oxygène responsable des processus d'oxydation, en plus de l'effet protecteur exercé par les antioxydants naturels présents dans les tissus d'amandons tels que les polyphénols et les tocophérols contre l'oxydation des acides gras insaturés. Le rapport de la somme des acides gras polyinsaturés à celle des acides gras saturés obtenus dans cette étude varie de 1,4 à 1,47, et reste dans la fourchette recommandée par les nutritionnistes d'après Rahmani [8].

Un autre paramètre important pour l'évaluation de l'identité d'une huile végétale comestible est sa composition en triglycérides, la distribution d'acides gras dans les molécules des triglycérides est très spécifique que la composition en acides gras seuls [28]. D'après Charouf & Guillaume [29], Les principaux triacylglycérols constituant la fraction glycéridique de l'huile d'argan comprennent deux ou plusieurs résidus d'acide oléique (OOO, OOL), autres fréquemment rencontrés, comprennent deux résidus d'acide linoléique et un résidu oléique (LLO) ou deux résidus d'acide oléique et un acide palmitique(OOP). Les résultats de l'analyse de la composition des huiles d'argan testées en triglycérides est compatible avec les données de littérature et montre une certaine similarité avec les travaux réalisés par Benmansour et al. [3] et l'étude de Kouidri [13] sur une même variété Algérienne de l'huile d'argan (de Tindouf) ainsi qu'avec ceux de Hilali et al. [25], et Charouf [12]. Selon l'étude de Rezanka & Rezankova [30], l'huile d'*Argania spinosa* L. Skeels se caractérise par la présence exceptionnelle d'une molécule de triglycéride : PSO (avec un pourcentage d'environ 1,8%), la teneur de nos huiles en triglycéride PSO varie de 2,17 à 2,80%, ce qui est relativement comparable avec l'étude précédente. Nos résultats confirment que la composition de triacylglycérol est une caractéristique très stable pour la confirmation de l'identité de l'huile d'argan pure comme l'a signalé Matthaus & Bruhl [28].

En plus de l'étude de la fraction saponifiable, la composition en tocophérols est une caractéristique importante pour bien décrire les avantages potentiels des huiles végétales pour la santé. Ces constituants de la fraction insaponifiable, ont une action vitaminique et antioxydante intéressante et jouent un rôle central dans le corps humain autant que nutriment liposolubles essentiels [2]. La composition en tocophérols peut être utilisée comme un critère pour évaluer la qualité et la pureté d'une huile d'argan qui est riche en tocophérols dont la teneur est deux fois supérieure à celle de l'huile d'olive. La richesse inhabituelle de l'huile d'argan en γ -tocophérol constitue un ajout pour les propriétés thérapeutiques et antioxydantes de l'huile d'argan en comparaison avec les autres huiles végétales car des études récentes ont prouvé que le γ -tocophérol possède une activité antioxydante supérieure à celle de l' α -tocophérol (vitamine E, constituant principal des tocophérols de l'huile d'olive, de tournesol et de soja) [22]. Pour la même variété d'*Argania spinosa* L. Skeels de Tindouf, les teneurs en tocophérols totaux des huiles d'argan de notre étude sont très proches de celles obtenues dans l'étude de Noui [5], de Benmansour et al. [3], et de Kouidri [13]. En comparaison avec les résultats d'autres études des tocophérols de l'huile d'argan pour des variétés différentes, on trouve que nos résultats sont meilleurs par rapport à ceux rapportés dans l'étude menée par Zarrouk et al. [31], par Matthaus & Bruhl [28], par Cayuela et al. [27], Badreddine [2], et présentent une certaine similarité avec ceux obtenus par Hilali et al. [25], et inférieurs à ceux cités par Kamal et al. [23]. Les différences significatives enregistrées sous l'effet de l'origine des fruits d'argan peuvent être attribuées à l'effet génotypique existant entre les fruits d'argan utilisés. L'absence de β -tocophérol dans les huiles d'argan a été déjà signalée par Hilali et al. [25], Gharby [7], Badreddine [2], Belcadi-Haloui et al. [24], Matthaus & Bruhl [28].

La teneur totale en stérols de la fraction insaponifiable de l'huile d'argan est d'environ 20%, contenant comme composant majoritaire le spinastérol et le schoténol (40% et 48% respectivement) qui sont rarement rencontrés dans les huiles végétales [32]. Nos résultats sont cohérents avec ceux obtenus par l'étude de Noui [5], Hilali et al. [33], Kamel et al. [23], Hilali et al. [25] et de Zarrouk et al. [31]. L'étude de Gharby [7] et de Hilali et al. [25], ont montré que l'origine géographique ainsi que le mode d'extraction des huiles d'argan n'influent pas sur la composition en phytostérols,

les différences des teneurs en un des composants précédents (tel que le spinastérol) peuvent être attribuées aux facteurs génotypiques et environnementaux d'après Noui [5].

Afin de mieux valoriser les huiles d'argan, il était intéressant de déterminer la teneur en polyphénols totaux. Cette famille avec sa grande diversité structurale a un effet bénéfique sur la santé en protégeant les cellules contre les radicaux libres, et elle est également susceptible d'être douée d'autres propriétés pharmacologiques (anti-bactérienne, anti-inflammatoire, analgésiques) [34]. Des études épidémiologiques récentes ont montré que les régimes alimentaires riches en composés phénoliques sont associés à un risque réduit de mortalité cardiovasculaire [35]. Les composés phénoliques simples de l'huile d'argan tels que l'acide vanillique, ferulique, syringique, p-hydroxybenzoïque et 18-protocatéchiques sont présents à une faible concentration dans l'huile alimentaire et presque nulle dans l'huile destinée à l'usage cosmétique [34]. Les teneurs totales en composés phénoliques des huiles d'argan de la présente étude sont beaucoup plus élevées que ceux obtenus par Noui [5] avec un maximum de 12,29 mg d'AG/Kg d'huile et en harmonie relative avec les valeurs rapportées dans l'étude de Ben mansour et al. [3] pour une même variété Algérienne originaire de Tindouf. En comparaison avec des huiles d'argan marocaines, les huiles d'argan de Tindouf sont riches en matière phénolique, un maximum de 120,05 mg d'AG/Kg d'huile d'après Kamal et al. [23], et de 152,04 mg d'AG/Kg d'huile selon Marfil et al. [36], cette variabilité de valeurs peut être attribuée à l'influence de la situation géographique comme l'a souligné Rojas et al. [37]. L'effet de la torréfaction des amandons sur le contenu phénolique a été déjà mis en évidence par Ben mansour et al. [3], Harhar et al. [26]. Selon Marfil et al. [36] et Harhar et al. [38], cette augmentation est probablement due à la réaction de Maillard ou à une libération des polyphénols associés aux parois au cours de la torréfaction. Les facteurs génétiques, environnementaux et technologiques tels que la température et le temps de torréfaction d'amandons, les quantités d'eau ajoutées durant l'extraction et les conditions de stockage, sont à l'origine des variations du contenu phénoliques des différents échantillons de l'huile d'argan [36].

CONCLUSION

La valeur de la surprenante huile d'argan, le produit végétale actuellement en vogue, est maintenant certifiée par les études et les recherches scientifiques dans les domaines nutritionnels, cosmétiques et thérapeutiques. A travers ce travail qui avait pour but la caractérisation de la qualité physico-chimique et l'identification de la composition de l'huile d'argan Algérienne, endémique de la région de Tindouf on a pu montrer que le fruit de la variété Algérienne d'*Argania spinosa* L. Skeels est très riche en huile comparativement à d'autres variétés d'arganier et également classer nos huiles d'argan dans la catégorie des huiles extra-vierges. Selon l'étude comparative des différents paramètres physico-chimiques des huiles testées, l'origine du fruit et le traitement d'amandons par torréfaction n'ont aucun effet sur la qualité des huiles d'argan. Sur le plan de la composition chimique en biomolécules cette étude nous a permis de confirmer l'importance de l'insaturation oléique-linoléique de nos huiles (un maximum de 48,13% et 30,63% respectivement) et que le contenu de la fraction saponifiable (acides gras et triglycérides) répond fortement à la norme marocaine de valorisation de l'huile d'argan. L'analyse de la fraction insaponifiable montre la richesse des huiles d'argan de Tindouf en tocophérols, particulièrement en γ -tocophérol, en phytostérols et en polyphénols. En général l'origine des fruits d'argan n'a pas un effet sur la qualité et la composition chimique des huiles d'argan testées (sauf l'odeur désagréable des huiles produites), la seule différence enregistrée sur le taux des tocophérols est fortement attribuée à l'effet génotypique existant entre les fruits d'*Argania spinosa* L. Skeels. La torréfaction des amandons a une influence significative sur la teneur de la fraction phénolique de l'huile d'argan et permet d'augmenter sa concentration. Les résultats issus de cette étude sont très encourageants et il sera très utile d'analyser encore d'autres composants tels que la fraction triterpénique. L'utilisation de cette biomasse pour enrichir la production de composants bioactifs à haute valeur dans le domaine alimentaire et thérapeutique aide à augmenter la rentabilité des cultures d'arganiers et constitue une manière intelligente de contribuer à la préservation et à la survie ainsi qu'à une valorisation durable de l'arganeraie Algérienne très menacée.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. **Ould Safi Mohammed., (2014).** Caractérisation et Etat Sanitaire de l'Arganeraie de Tindouf. Thèse de Magister en Foresterie, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie.
- [2]. **Asmaa Badreddine., (2016).** Préparation et caractérisation d'extraits d'Argania spinosa et d'Huile d'Argan et évaluation de leurs effets neuroprotecteurs In Vivo et In Vitro. Thèse de Doctorat en cotutelle en biochimie, biologie cellulaire et moléculaire, Université HASSAN I – Settat – Maroc et Université de Bourgogne Franche-Comte – Dijon – France.
- [3]. **Ben Mansour R., Haifa Ben Slema., Hanen Falleh., Mofida Tounsi., Mohamed Seif Allah Kechebar., Riadh Ksouri. & Wided Megdiche-Ksouri. (2018).** Phytochemical characteristics, antioxidant, and health properties of roasted and unroasted Algerian argan (*Argania spinosa*) oil. *Journal of Food Biochem* 42:e12562.
- [4]. **Kechebar Mohamed Seif Allah., (2016).** Caractérisation de l'Arganier (*Argania spinosa* L.) en Algérie et impact de la salinité. Thèse de Doctorat en écologie et environnement, Université Des Frères Mentouri Constantine.
- [5]. **Noui Abdallah., (2013).** Identification de la fraction insaponifiable (stérols, tocophérols, polyphénols,...) de l'huile d'argan (*Argania spinosa* (L.)Skeels). Thèse de magister en sciences agronomiques, Université Hassiba Ben Bouali, Chlef.
- [6]. **Agouzzal Imane., (2019).** Les vertus thérapeutiques de l'huile d'Argan : enquête menée à la région de Sous Massa au Maroc. Thèse de Doctorat en pharmacie, Université Mohammed V, Rabat.
- [7]. **Gharby Said., (2012).** Contribution à la valorisation de l'huile d'Argan et de la méthode d'extraction sur la composition chimique, les caractéristiques organoleptiques et la stabilité de l'huile d'Argane. Thèse de Doctorat en phytochimie, Université Mohammed V, Agadir, Rabat.
- [8]. **Rahmani M. (2005).** Composition Chimique de L'huile d'argane d'origine Algérienne. *Journal of Food Science and Technology*, 38(4): 464-469.
- [9]. **Dubois V., Breton S., Linder M., Jacques Fanni. & Michel Parmenion. (2007).** Fatty acid profiles of 80 vegetable oils with regard to their nutritional potential. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 109: 710-712.
- [10]. **Hanae El Monfalouti., Dom Guillaume., Clément Denhez. & Zoubida Charrouf. (2010).** Therapeutic potential of argan oil: a review. *Journal of pharmacy and pharmacology* 62: 1669–1675.
- [11]. **K Alaoui. (2009).** L'arganier ou la richesse d'un patrimoine. *Phytothérapie* (2009) : 7: 150–156.
- [12]. **Charrouf Z. (1998).** Valorisation de l'huile d'argan par des groupements de femmes, Colloque international sur les ressources végétales "L'arganier et les plantes des zones arides et semi-aride" (p. 195-209), Agadir 23-25 Avril.
- [13]. **Kouidri Mohammed., (2008).** Extraction et caractérisation physico-chimique de l'huile d'argan provenant d'arbres cultivés dans deux régions de l'Algérie. Thèse de Magister en sciences alimentaires, Université Hassiba Ben Bouali, Chlef.
- [14]. **IUPAC Standard Method 2.301.** Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives. In Preparation of Fatty Acid Methyl Ester, Blackwell Scientific: Oxford, UK, 1987.
- [15]. **Moreda W., Pérez-Camino M C. & Cert A. (2003).** Improved method for the determination of triacylglycerols in olive oils by high performance liquid chromatography. *Grasas y Aceites.*, 54:175–179.
- [16]. **IUPAC Standard Method 2.432.** Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives. Determination of tocopherol and tocotrienols in vegetable oils and fats by HPLC. Blackwell Scientific: Oxford, Great Britain, 1987.
- [17]. **Abdelaziz Merouane, Abdellah Noui., Housseyne Medjahed., Kamel Nedjari Benhadj Ali. & Abdelkader Saadi. (2014).** Activité antioxydante des composés phénoliques d'huile d'olive extraite par méthode traditionnelle. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 8(4): 1865-1870.
- [18]. **Ascension Rueda Robles., (2015).** Estudio de la composición y de las propiedades antioxidantes del aceite de Argan virgen extra. Comparación con otros aceites vegetales comestibles. Thèse de Doctorat en nutrition humaine, Université de Granada, Espagne.
- [19]. **Charrouf Z. & Guillaume D. (1999).** Ethnoeconomical, ethnomedical, and phytochemical study of *Argania spinosa* (L.) Skeels. *Journal of Ethnopharmacology* 67 :7 – 14.
- [20]. **Mohsen Hanana. ; Hadjer Mezgheni. ; Rayda Ben Ayed.; Ali Ben Dhiab.; Slim Jarradi.; Bassem Jamoussi. & Lamia Hamrouni. (2018).** Nutraceutical potentialities of Tunisian Argan oil based on its physicochemical properties and fatty acid content as assessed through Bayesian network analyses. *J. Lipids in Health and Disease.* 17:138.
- [21]. **Yousfi M., Bombarda I., Hamia C., Djeridane A., Stocker P. & Gaydou I. (2009).** Fatty acid, triglyceride and tocopherol composition of Algerian Argan (*Argania spinosa*) fruit seed lipids. *Mediterr J Nutr Metab.*, 2:197–203.
- [22]. **Gharby S., Harhar H., Kartah B., El Monfalouti H., Haddad A. & Charrouf Z. (2011).** Analyse chimique et sensorielle de l'huile d'argane. *Les Technologies De Laboratoire.*, Volume 6, N° 22 : 13-23.
- [23]. **Kamal R., Kharbach M., Heyden Y. V., Doukkali Z., Ghchime R., Bouklouze A., Cherrah Y. & Agaoui K. (2019).** L'origine du fruit (tamary) respone aux caractéristiques organoleptiques et la stabilité de l'huile d'Argan. *Actes du 1er Congrès International de l'Arganier* (p. 1-10), Agadir, Maroc.
- [24]. **Belcadi Malou K., Zekhnini A., EL-Alem Yassin. & Hatimi A. (2018).** Effects of roasting temperature and time on the chemical composition of Argan oil. *International Journal of Food Science.*, ID 7683041 : 1-8.
- [25]. **Hilali M., Charrouf Z., Souli A., Hachimi L. & Guillaume D. (2005).** Influence of origin and extraction method on argan oil physico-chemical characteristics and composition. *J. Agric. Food Chem.* 53 : 2081-2087.
- [26]. **Harhar H., Gharby S., Kartah B., Guillaume D. & Charrouf Z. (2013).** Influence de la manipulation des fruits sur la qualité de l'huile d'argan, Actes du 2ème congrès international de l'Arganier (p. 239-243), Agadir, Maroc.
- [27]. **Cayuela, J. A., Rada, M., Pérez-Camino, M. C., Benaissa, M., Abdelaziz, E. & Guinda, A. (2008).** Characterization of artisanally and semiautomatically extracted argan oils from Morocco. *European Journal of lipids science and Technology*, 110: 1159-1166.
- [28]. **Matthaus, B. & Bruhl, L. (2015).** Quality parameters for the evaluation of cold-pressed edible argan oil. *J. Verbr. Lebensm.*, 10:143–154.
- [29]. **Charrouf, Z. & Guillaume D. (2008).** Argan oil: Occurrence, composition and impact on human health. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 110 : 632–636.
- [30]. **Rezanka, T. & Rezankova, H. (1999).** Characterization of fatty acids and triacylglycerols in vegetable oils by gas chromatography and statistical analysis. *Analytica Chimica Acta.*, 398 : 253–261.

- [31]. Zarrouk, A., Martine, L., Grégoire, S., Nury, T., Meddeb, W., Camus, E., Badreddine, A., Durand, P., Namsi, A., Yammine, A., Nasser, B., Mejri, M., Bretilon, L., Mackrill, J.J., Cherkaoui-Malki, M., Hammami, M. & Lizard, G. (2019). Profile of fatty acids, tocopherols, phytosterols and polyphenols in mediterranean oilq (Argan oils, Olive oils, Milk Thistle seed oils and Nigella seed oil) and Evaluation of their antioxidant and cytoprotective activities. *Current Pharmaceutical Design.*, 25:1791-1805.
- [32]. El Abassi, A., Khalid, N., Zbakh, H. & Ahmad, A. (2014). Physicochemical Characteristics, Nutritional Properties And Health Benefits Of Argan Oil: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(11):1401-1414.
- [33]. Hilali, M., Charrouf, Z., Soulhi, A., Hachimi, L. & Guillaume, D. (2007). Detection of argan oil adulteration using quantitative campesterol GC-analysis. *J. Amer. Oil Chem Soc.*, 84:761—764.
- [34]. El Monfalouti H., (2013). Contribution à la détermination des propriétés photo-protectrices et anti-oxydantes des dérivés de l'Arganier : Etudes chimiques et physiologiques. Thèse de Doctorat en cotutelle en chimie thérapeutique, Université Mohammed V Agdal Rabat & Université de Reims Champagne Ardennes France.
- [35]. Berrougui, H., Cloutier, M., Maxim, I. & Khalil, A. (2006). Phenolic-extract from argan oil (*Argania spinosa* L.) inhibits human low-density lipoprotein (LDL) oxidation and enhances cholesterol efflux from human THP-1 macrophages Atherosclerosis. *Atherosclerosis.*, 184 : 389–396.
- [36]. Marfil, R., Giménez, R., Martínez, O., Bouzas, P. R., Rufian-Henares, J. A., Mesias, M. & Cabrera-Vique, C. (2011). Determination of polyphenols, tocopherols, and antioxidant capacity in virgen argan oil (*Argania spinosa*, Skeels). *European journal of lipid science and technology.*, 113(7): 886-893.
- [37]. Rojas, L., Quideau, S., Pardon, P. & Charrouf, Z. (2005). Colorimetric evaluation of phenolic content and GC-MS haracterizas of phenolic composition of alimentary and cosmetic argane oil and press cake. *J. Agric. Food Chem.*, 53 : 9122-9127.
- [38]. Harhar, H., Gharby, S., Kartah, B., El Monfalouti, H., Guillaume, D. & Charrouf, Z. (2011). Influence of Argan kernel roasting-time on virgin Argan oil composition and oxidative stability. *Plant Foods Hum Nutr.*, 66:163–168.