



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique

جامعة حسيبة بن بوعلي - الشلف -
Université Hassiba Ben Bouali Chlef
معهد العلوم الفلاحية
Institut des sciences agronomiques

Mémoire de Magister

en sciences agronomiques

Option : Ressources phytogénétiques et développement durable

Thème:

**Identification de la fraction insaponifiable
(stérols, tocophérols, polyphénols,...) de l'huile
d'argan (*Argania spinosa* (L.) Skeels)**

Présenté par :

Mr. NOUI Abdallah

Devant le jury :

Mr. SAIDI D. (Professeur U.H.B Chlef)..... Président.
Mr. SAADI A. (Maitre de conférences -A- U.H.B Chlef).....Encadreur.
Mr. KOUIDRI M. (Maitre assistant -A- U.H.B Chlef).....Co-encadreur.
Mr. BRADA M. (Professeur U. Khemis Meliana).....Examinateur.
Mme. MEDJAHED F. (Maitre assistante -A- U.H.B.Chlef).....Examinatrice.

Année universitaire : 2012/2013

Remerciements

Je tiens tout d'abord à adresser mes sincères remerciements à mon encadreur Mr SAADI Abdelkader. Par son encadrement bienveillant, ses conseils et ses idées, ce travail a pu voir le jour. Grâce à ses qualités humaines, il n'a jamais été avare de remonte-moral. Pour lui je témoigne ma gratitude et mon éternelle reconnaissance, les paroles ne peuvent suffire.

Je remercie sincèrement mon Co-encadreur Mr KOUIDRI Mohamed, qui trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance tant pour m'avoir accordé sa confiance et m'avoir guidé tout au long de ce travail. Ses conseils et ses commentaires mais aussi sa bienveillance et son humour qui m'ont été fort utiles.

J'adresse mes sincères remerciements à Mr SAIDI Djamel pour l'honneur qu'il me fait de présider le jury de ce mémoire.

J'adresse mes vifs remerciements à Mr BRADA Moussa pour son dépêchement de Khemis Miliana à Chlef et d'avoir accepté de juger ce travail en qualité d'examineur.

Que Mme MEDJAHED reçoit mes sincères remerciements les plus chaleureux d'avoir accepter la charge d'examiner ce travail.

Mes salutations à Mr GHARMOUL et tout le personnel du laboratoire de la police scientifique d'Alger, en particulier, Mme BETACHE, Mr KHAZMAT, Mr KIREL, Mr ACHOURI et Mr CHOIRA pour leur chaleureux accueil et l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail.

Mes remerciements à Melle BOURAI et Mme SOUCI et tout le personnel du laboratoire MOBYDAL d'Alger.

Mes salutations vont à tous ceux que m'ont aidé durant ce travail, en particulier, Melle GADOUCHE, Melle MEZIANE, Mme BOUDOUR et tout le personnel de l'institut des sciences agronomiques et la faculté des sciences.

Merci à mon oncle Abdelhadi, Mme AMROUCHE, Mr NEZZAL et Mr DJAADA et tous ceux qui ont participé à ma formation et à l'élaboration de ce mémoire.

Je n'oublierai jamais mes parents qui ont toujours cru en moi et qui ont su me redonner confiance lorsque la motivation n'était plus au rendez-vous.

Dédicaces

A mes chers parents.

A mes frères et mes sœurs.

A mes cousins : Oussama, Abderrahman, Hamza, Anes et Mohamed.

A mes amis et collègues en particulier : Abdelaziz, Houssyen, Kamal, Selman, Mohamed, Salim, Abderrahman, Mahdi, Mourad, Ahmed et Sami.

Liste des abréviations

- AAR** : Activité anti-radicalaire.
- AFNOR**: Association Française de normalisation.
- AG** : Acide gras.
- AGI**: Acide gras insaturé.
- AGS**: Acide gras saturé.
- BHT** : Butylhydroxytoluène.
- cm** : centimètre.
- CPG**: Chromatographie en phase gazeuse.
- DAD** : Détecteur à barrette de diodes.
- Dh**: Dirham.
- DPPH**: 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl.
- EAG**: Equivalent d'acide gallique.
- FID** : Détecteur à ionisation de flamme.
- g**: gramme.
- ha**: Hectare.
- HPLC**: Chromatographie liquide à haute performance.
- ISO** : Organisation internationale de normalisation.
- kg**: Kilogramme.
- Km** : Kilomètre.
- LC-MS**: Chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse.
- LLL**: Trilinoléine.
- LLO**: Oléio-dioléine.
- LPS**: lino-palmito-stéarine.
- m** : mètre.
- mg**: milligramme.
- min** : minute.
- ml**: millilitre.
- N** : normalité.
- nm** : nanomètre.
- OLO**: Oléo-lino-oléine.
- OOL**: Dioléo-linoléine.
- OOO**: Trioléine.

Liste des abréviations

OOP: Palmito-dioléine.

PLL: Palmito-dilonoléine.

POL: Palmito-oléo-linoléine.

POS: Palmito-oléo-stéarine.

PPL: Lino-dipalmitine.

RM : Région de Mostaganem.

RT : Région de Tindouf.

SOL: Stéaro-oléo-linoléine.

SOO: Stéaro-dioléine.

TG : Triglycéride.

Tpm : Tours par minute

UV : Ultraviolet.

W : Wilaya.

% : Pourcentage.

°C: Degré Celsius.

µg: Microgramme.

µl: Microlitre.

Liste des figures

Figure 01 : Arbre adulte de l'arganier de la région de Stidia (W. Mostaganem).

Figure 02 : Aspect des fruits des amandes d'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels).

Figure 03 : Aire de répartition de l'arganier au Maroc.

Figure 04 : Aire de répartition de l'arganier dans la région de Tindouf (Algérie).

Figure 05 : fruits d'arganier.

Figure 06 : différentes formes de noyaux étudiés.

Figure 07 : Dispositif d'extraction de l'huile d'argan (Soxhlet).

Figure 08 : Schéma d'extraction des insaponifiables.

Figure 09 : Schéma d'extraction des composés phénoliques.

Figure 10 : Structure du DPPH et de sa forme réduite.

Figure 11 : variation du rendement en huile.

Figure 12 : Teneurs en insaponifiables des huiles en fonction des régions de provenance et de la formes des noyaux.

Figure 13 : Teneurs en composés phénoliques totaux des huiles d'argan en fonction des régions de provenance et des formes de noyaux.

Figure 14 : Activité antioxydante des extraits phénoliques, de l'acide ascorbique et du BHT dans le système β -carotène/acide linoléique.

Liste des tableaux

Tableau I : Caractéristiques physicochimiques de l'huile d'argan extraite de manière traditionnelle et industrielle.

Tableau II : Pourcentage des acides gras (AG) dans la composition de l'huile d'argan.

Tableau III : Triglycérides de l'huile d'argan (%).

Tableau IV : Composition chimique de la fraction insaponifiable de l'huile d'argan.

Tableau V : Préparation courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

Tableau VI : Composition des huiles d'argan en acides gras (AG) (%) en fonction des régions et des formes de noyaux.

Tableau VII: Composition des huiles d'argan en triglycérides (TG) (%) en fonction des régions et des formes de noyaux.

Tableau VIII : Compositions des huiles en tocophérols (mg / kg) en fonction des régions de provenance et la formes des noyaux.

Tableau IX : Composition des huiles en stérols (%) en fonction des régions de provenance et de la forme des noyaux.

Tableau X : Composés phénoliques identifiés par HPLC-MS dans les huiles d'argan en fonction des régions et la forme des noyaux.

Tableau XI : Valeurs des IC₅₀ (µg / ml) obtenues avec les différents extraits en fonction des régions et de la forme des noyaux.

Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	

Introduction

Partie I : Synthèse bibliographique

Chapitre 1 : Généralités sur l'arganier	4
1.1. Aperçu historique	4
1.2. Classification et description botanique	5
1.2.1. Classification	5
2.2. Description botanique	6
1.3. Caractéristiques écologiques et répartition géographique	8
1.3.1. Au Maroc	8
1.3.2. En Algérie	9
Chapitre 2 : Importances de l'arganier	11
2.1. Importances écologiques et socio-économiques	11
2.1.1. Importance écologique	11
2.1.2. Importance socio-économique	11
2.2. Les produits de l'arganier	12
2.2.1. Le bois	12
2.2.2. La pulpe	13
2.2.3. Les feuilles	13
2.2.4. Le tourteau	13
2.2.5. Les fruits	14
2.2.6. La Graine	14
Chapitre 3 : Huile d'argan	15
3.1. Extraction de l'huile	15
3.1.1. Extraction traditionnelle	15
3.1.2. Extraction semi-artisanal	16

3.1.3. Extraction industrielle	16
3. 2 .Etude analytique de l'huile d'argan	17
3.2.1. Caractéristiques physico-chimiques	17
3.2.2. Les constituants chimiques	17
a. Fraction saponifiable	17
b. Fraction insaponifiable	20
3.3. Utilisations de l'huile d'argan	24
3.3.1. Utilisation diététique	24
3.3.2. Utilisation cosmétique	25
3.3.3. Utilisation en médecine traditionnelle	25
3.4. Intérêts thérapeutiques de l'huile d'argan	25
3.4.1. Dermocosmétique	25
3.4.2. Prévention des maladies cardiovasculaires	26
3.4.3. Prévention des cancers	27

Partie II : Matériel et méthodes

Chapitre 1 : Matériel et méthodes	30
1.1.Matériel végétal	30
1.2. Expérimentation	31
1.2.1. Extraction de l'huile	31
a. Préparation des échantillons	31
b. Extraction de l'huile par soxhlet	31
1.2.2. Etude de la composition chimique de l'huile	32
a. Etude de la fraction saponifiable	32
b. Etude de la fraction insaponifiable	34
1.2.3. Mesure de l'activité antioxydante	40
a. Test DPPH	40
b. Test du blanchissement du β -carotène	41
1.4.Analyse statistique	42

Partie III : Résultats et discussions

Chapitre 1 : Etude analytique de l'huile	44
1.1. Détermination du rendement en huile	44
1.2. Etudes de la composition chimique de l'huile	46

1.2.1. Détermination de la fraction saponifiable	46
a. Détermination des acides gras	46
b. Détermination des triglycérides	50
1.2.2. Détermination des insaponifiables	53
a. Teneur en insaponifiables	53
b. Détermination des tocophérols	54
c. Détermination des stérols	56
d. Dosage et détermination des composés phénoliques	59
Chapitre 2: Etude de l'activité antioxydante	
2.1. Test DPPH	63
3.2. Test de blanchissement du β -carotène	65
Conclusion générale	69
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumé	

Introduction

Introduction

Les ressources génétiques, à côté des sols et des eaux, sont le fondement de l'agriculture et de la sécurité alimentaire mondiale. Parmi ces ressources figurent les ressources phytogénétiques qui constituent la base biologique de cette sécurité alimentaire. La diversité génétique et les multiples espèces qu'elles renferment jouent un rôle de première importance dans le développement socioéconomique et culturel de l'homme. La perte de ces ressources peut compromettre sérieusement, pour ne pas dit dangereusement, le devenir des générations futures. Il est donc, primordial de prendre conscience des enjeux que représentent ces ressources afin de prendre les mesures nécessaires susceptibles de les préserver/conservier et d'en assurer une utilisation rationnelle et durable.

L'Algérie, compte parmi les pays du bassin méditerranéen, les plus riches en ressources phytogénétiques. Sa position biogéographique et ses multiples étages bioclimatiques font de ce pays un gisement relativement important de ressources. En effet, selon QUEZEL et SANTA, 1963, la flore Algérienne est très diversifiée et compte environ 3139 espèces. Parmi ces espèces, on rencontre celles qui sont décrites, par ZERAIA (1983), comme étant assez rares (289), rares (647), très rares (640), rarissimes (35) ou endémiques (168). Malgré leur importance, ces ressources restent, selon les espèces, soit sous-exploitées, soit mal-exploitées. Les espèces végétales, avec toutes les variétés et populations qui les caractérisent, non seulement sont peu connues et peu valorisées mais sont pour certaines en voie d'extinction, voire disparues avec toutes les conséquences négatives que cela entraîne tant sur le plan économique-social qu'écologique (FELIACHI, 2006).

Parmi les espèces végétales qui font la richesse du patrimoine floristique de notre pays et qui se retrouvent malheureusement complètement abandonner, surexploiter et en voie d'extinction, on retrouve l'arganier, *Argania spinosa* (L.)Skeels. L'arbre, appartenant à la famille des Sapotacées, fait partie des espèces endémiques pérennes Algéromarocaines, à intérêt économique et écologique exceptionnel. Il est surtout réputé pour ses fruits riches en huile utilisée dans divers domaines (alimentaire, cosmétique et pharmaceutique). L'arbre est classé parmi les plantes oléagineuses de grandes importances sur le plan économique (CHARROUF et GUILLAUME, 2007). Malgré ces avantages, l'arbre n'a pas fait l'objet d'une attention particulière ni de la part des pouvoirs publics, ni des experts scientifiques ou des producteurs en vue d'assurer sa promotion et sa

valorisation. Pourtant l'exemple donné par certains pays dans ce domaine permet de confirmer que la valorisation des produits agricoles du terroir peut constituer un apport considérable et être un levier de valorisation socioéconomique important de toute une région ou tout un pays. L'expérience du Maroc dans la promotion et la valorisation de l'huile d'argan est édifiante. C'est toute une filière dédiée à l'huile qui a été créée et qui semble faire aujourd'hui le bonheur des régions où sont produites ces huiles. Ainsi, l'huile d'argan est devenue, en très peu de temps, parmi les huiles les plus chères au monde, et demeure très prisée pour ses qualités nutritionnelles et même médicamenteuses. Tout cela n'aurait pas été possible sans la mobilisation des producteurs, des pouvoirs publics et des scientifiques qui ont donné, chacun dans sa spécialité, une labellisation et un plus à cette huile qui était fort méconnue auparavant.

Compte tenu d'une part du rôle important que pourrait jouer, dans notre pays, le développement et la promotion du secteur de l'arganier sur le plan socioéconomique et environnemental et d'autre part de la situation d'abondance et critique dans laquelle se trouve actuellement cet arbre, nous avons jugé utile, d'apporter notre contribution, au moins sur le plan de la recherche scientifique, afin de préserver et valoriser cette espèce.

La présente étude s'inscrit dans le cadre d'un projet de recherche (CNEPRU) dont l'intitulé est : « Préservation et la valorisation de l'arganier ». Notre contribution a porté sur l'extraction et la caractérisation chimique des huiles d'argan extraites d'amandes provenant de deux régions différentes d'Algérie : Tindouf (Oued Elmaa) et Mostaganem (Stidia).

Au cours de ce travail plusieurs aspects liés à cette thématique ont été étudiés. Un premier aspect a trait aux analyses chimiques effectuées sur les différentes huiles extraites. L'accent a été mis essentiellement sur l'étude des fractions saponifiables (composition en acides gras et en triglycérides) et insaponifiables (dosage qualitatif et quantitatif des principaux composés) contenues dans ces huiles en fonction des régions (zone de provenance) et des formes de noyaux. Un second aspect, a consisté à tester l'activité antioxydante des extraits méthanoliques, de la fraction insaponifiable et de l'huile entière.

Synthèse bibliographique

Partie I : Synthèse bibliographique

Chapitre 1 : Généralités sur l'arganier

1.1. Aperçu historique

L'arganier est une espèce qui date de l'ère tertiaire (l'époque où les côtes marocaines étaient liées aux îles Canaries). Il se serait répandu sur une grande partie du Maroc puis, au quaternaire, l'arganier aurait été refoulé au sud-ouest par l'invasion glaciaire, ce qui expliquerait l'existence actuelle de quelques colonies vers la région de Khémisset (du Rabat), et au nord près de la côte méditerranéenne, dans les Beni Snassen (RADI, 2003).

La connaissance et l'utilisation de l'arganier par l'homme est très ancienne. Au X^{ème} siècle, ce sont les phéniciens qui auraient utilisé l'huile d'argan dans leurs comptoirs installés le long de la côte atlantique (M'HIRIT, 1989). La première mention de l'arganier remonte au X^{ème} siècle, où ALI IBN RODHWAN avait décrit l'usage des fruits de cet arbre sans faire sa description (BOUKHABOZA et PICHON-PRUM, 1988).

La première description de l'arbre sous le nom de "arjân" a été faite au XIII^{ème} siècle par le savant égyptien IBN AL-BAYTAR dans son livre "Traité des simples". Il avait consacré trois monographies à cet arbre et à ses différentes parties. Il rapporte que l'arbre est nommé "arjân", son fruit "lûz al-birbir" et son huile "zayt as-soudan" (KHALLOUKI, 2003).

En 1515, EL HASSANE BEN MOHAMED EL WAZZANI EL ZAGYATI (dit JEAN LEON L'AFRICAIN), dans son livre intitulé "Description de l'Afrique" décrit l'arganier comme étant "un arbre épineux produisant des fruits dont on extrait une huile qui sert à l'alimentation et l'éclairage" (BAUMER et ZERAIA, 1999).

En 1737, CARL VON LINNE classe l'arganier, dans son "Hortus chifortianus", dans le genre Rhammus sous le nom de *Sideoxylon spinosun* L.

En 1819, ROEM et SHOULT créent le genre Argania, qui appartient à famille des sapotacées. Ce monotype ne comprend qu'une seule espèce, *Argania spinosa* (ELABED, 2007).

En 1888, COTTON isole un principe actif à partir du tourteau du fruit de l'arganier et l'identifie comme étant un mélange de saponines en lui attribuant le nom arganine (RADI, 2003).

En 1929, BATTINO s'intéresse à l'huile d'argan et à d'autres produits de l'arganier, notamment l'arganine isolée par COTTON et à laquelle il prête une attention hémolytique *in vivo* et *in vitro* (ELABED, 2007).

En 1938, EMBERGER publie "Les chèvres et l'arganier". Tandis qu'en 1965, MONNIER, ingénieur des eaux et des forêts a dénoncé certaines pratiques comme la surexploitation et le défrichement qui menacent l'existence de l'arganier (NOUAIM et *al.*, 1991).

Vu l'importance écologique, économique et sociale que présente l'arganier, certains pays se sont mis à des essais d'introduction de cet arbre dans l'espoir de développer sa culture et l'exploiter en tant qu'espèce à grande valeur ajoutée. Parmi ces pays on peut citer : La Hollande (1697), L'Angleterre (1711), La France (1852), Les Etats Unis (1927), et récemment La Tunisie, La Libye et Israël où il semble avoir donné de bons résultats d'adaptation (ELABED, 2007).

1.2. Classification et description botanique

1.2.1. Classification

Selon QUEZEL et SANTA (1963), l'arganier appartient à :

Division : **Magnliophyta**

Classe : **Magnoliopsida**

Ordre : **Ebénales**

Famille : **Sapotaceae**

Genre : **Argania**

Espèce : **Argania spinosa (L.) Skeels**

L'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels), synonyme de *Sideroxylon spinosum*, est le seul représentant de la famille tropicale des sapotacées en Algérie. Cette famille renferme

environ 600 espèces et 40 genres. Le genre *Argania* Roem et Shoult est monotype, il appartient au phylum des Ebénals, dont plusieurs espèces présentent un grand intérêt alimentaire, économique et écologique (M'HIRIT, 1998).

2.2. Description botanique

L'arganier est un arbre de grande taille pouvant atteindre les 10 m de hauteur à tronc court et tourmenté ayant un suc laiteux (figure 01). Son écorce, rugueuse, est craque. Ses branches et ses rameaux très étalés sont à extrémités épineuses d'où le nom "*spinosa*" (FAOUZI, 2006). Ses feuilles vertes persistantes et alternes sont pâles sur leurs faces inférieures. Son tronc, formé de plusieurs tiges entrelacées, possède une ramification qui commence à environ 1 m du sol (BEZZALA, 2005).



Figure 01 : Arbre adulte de l'arganier de la région de Stidia (W. Mostaganem).

Les fleurs jaunes verdâtre sont monoïques, éclosent au printemps en petits glomérules, à l'aisselle des feuilles. Chaque fleur, porte cinq sépales poilus et cinq pétales verdâtres profondément séparés. L'ovaire velu donne, à maturité, une baie verte de la taille d'une grosse olive (BANI AMEUR et *al.*, 1998 ; CHARROUF, 1998).

Les fruits sont des fausses drupes striées de rouges. Leur mésocarpe contient un suc laiteux qui s'épaissit au contact de l'air (figure 02). Ils ont le plus souvent un seul noyau, plus rarement deux, voire trois, à coque épaisse, dure et très lisse et de couleur brune pâle.

Le noyau se trouve sous différentes formes : fusiforme, ovale apiculée, ovale, goutte, arrondie et globuleuse (FERRADOUS et *al.*, 1996 ; BANI AMEUR et *al.*, 1998). Les noyaux peuvent contenir d'une à trois amandes, dont l'albumen charnu et oléagineux. Le fruit entier est composé de pulpe (43 à 50 %), de coque (50 à 55 %) et d'amande (4,4 à 7,1%) (BANI AMEUR, 2000).

La croissance moyenne en épaisseur (largeur) de l'arbre est de 1,35 à 1,80 cm / an. Le système racinaire, particulièrement profond, est dépourvu des poils absorbants (racines magniloïdes). Pour son alimentation en eau et en sels minéraux, l'arbre profite d'une relation symbiotique qui le lie avec différents types de mycorhizes arbuscules appartenant surtout à l'ordre des Glomales (BENKHEIRA, 2009 ; AIBECHE et FORTAS, 2011).



Figure 02 : Aspect des fruits à l'état frais (a) et sec (b), des noyaux (c) et des amandes (d) d'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels).

1.3. Caractéristiques écologiques et répartition géographique

L'arganier est un arbre robuste, très résistant, pouvant avoir une longévité de 200 ans. Il est aussi très bien adapté aux conditions rigoureuses de son habitat naturel, où il peut en effet supporter des températures allant de 3 à 50 °C et se contenter d'une pluviométrie faible. Il s'adapte à différents types de sol tant superficiel, squelettiques à forte pente, que moyennement profonds à profonds dans les cuvettes. Ainsi, il se développe à des altitudes allant du niveau 0 (niveau de la mer) à 1 500 m sur les versants Sud, et à 700 m sur les versants Nord des montagnes (NOUAIM, 2005).

Des études éco-physiologiques ont montré que l'arganier s'adapte bien aux conditions d'aridité du milieu du fait des mécanismes régulateurs des variations simultanées du potentiel hydrique foliaire et de la transpiration dont il est pourvu. En effet, l'arbre possède des mécanismes physiologiques qui lui permettent de moduler la chute des feuilles. Ainsi l'arbre peut résister à des stress hydriques intenses grâce à sa capacité de défoliation (BEZZALA, 2005 ; MSANDA *et al.*, 2005).

1.3.1. Au Maroc

L'arganier est une espèce endémique du Sud-Ouest Marocain. Il constitue la deuxième essence forestière du pays, après le chêne vert (STUSSI *et al.*, 2005). Son aire géographique principale s'étend entre les embouchures de l'Oued Tensif (au Nord) jusqu'à celles de l'Oued Soussen (au Sud), soit entre 29° et 32° de latitude Nord. Ainsi, elle s'étale dans une grande partie de la plaine du Sousse, sur le versant sud du Haut Atlas et sur le versant Nord de l'Anti-Atlas (figure 03). La limite sud de la forêt d'arganier se situe aux environs de l'Oued Noune (NOUAIM et CHAUSSOD, 1994). D'après RADI (2003), il existe aussi dans la région Nord-Est Marocaine, du côté d'Oujda et dans les routes de Béni-Senassen quelques colonies d'arganier.

La forêt d'arganier occupe une superficie d'environ 828 000 ha (l'équivalent de 7 % de la superficie forestière de Marocaine), et compte plus de 20 millions d'arbres. On note cependant que ces superficies sont en perpétuelle régression à cause surtout de l'intervention de l'homme (surexploitation). A titre indicatif cette régression est présentement de l'ordre de 600 ha/an (TARRIER et BENZIANE, 2003).

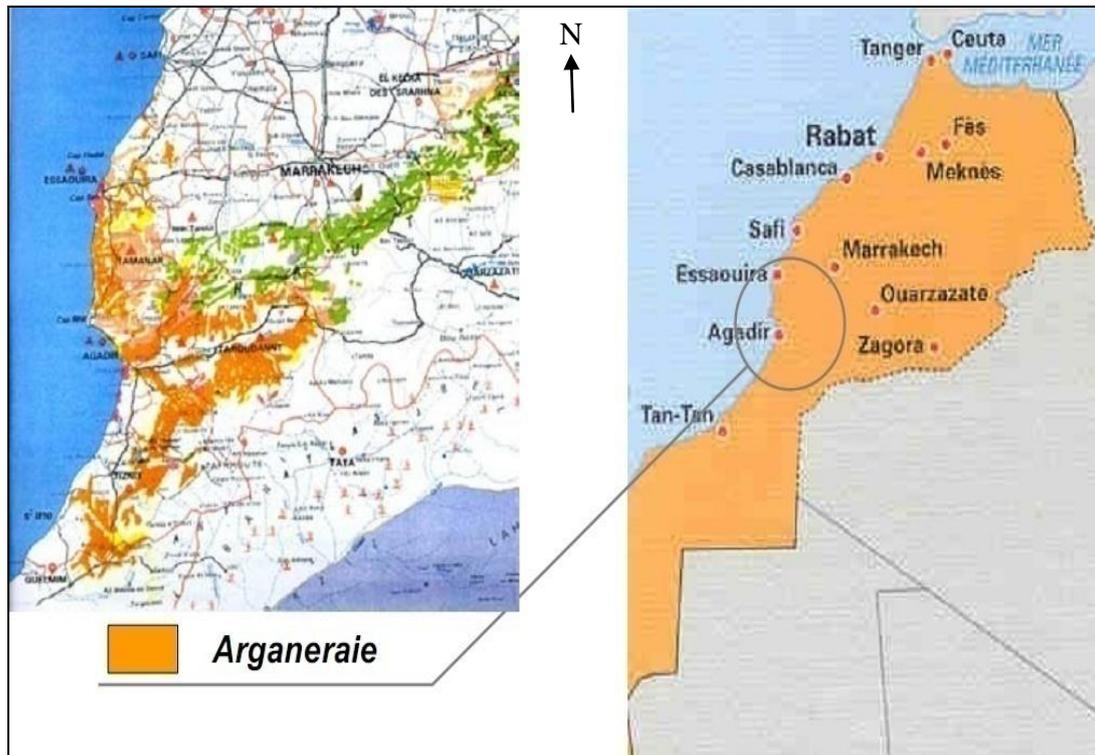


Figure 03 : Aire de répartition de l'arganier au Maroc (TARRIER et BENZIANE, 2003).

1.3.2. En Algérie

En Algérie, l'arganier couvre un territoire relativement important dans le Nord-Ouest de la wilaya de Tindouf où il constitue la deuxième essence forestière après l'*Acacia radianna*. Selon les chiffres rapportés par le service de conservation des forêts de la wilaya de Tindouf, la superficie occupée par l'arganeraie dans cette région est estimée à environ 3 000 ha (figure 04) (MILAGH, 2010). Les quelques populations (d'arganier) qui existent actuellement dans le territoire de Hamada de Tindouf, sont regroupées selon un mode contracté, le long des berges des oueds où il trouve les compensations hydriques nécessaires (MORSLI, 1999).

La situation géographique de l'arganeraie de Tindouf est assez différente comparativement à celle du Maroc. En effet, la région abritant l'arganeraie Algérienne connaît des températures moyennes annuelles pouvant atteindre les 22,9 °C. Les valeurs moyennes des humidités relatives observées dans cette région sont d'environ 37,6 %, couvrant la zone tout au long de l'année (MILAGH, 2010).

Selon LAKHDARI et KHECHAIRI (2011), en plus de la région de Tindouf, il existe quelques arbres qui ont été introduits avec succès dans différentes régions du pays, comme Stidia (W. Mostaganem), Sig (W. Mascara), Chlef, ENSA d'El-Harrach.

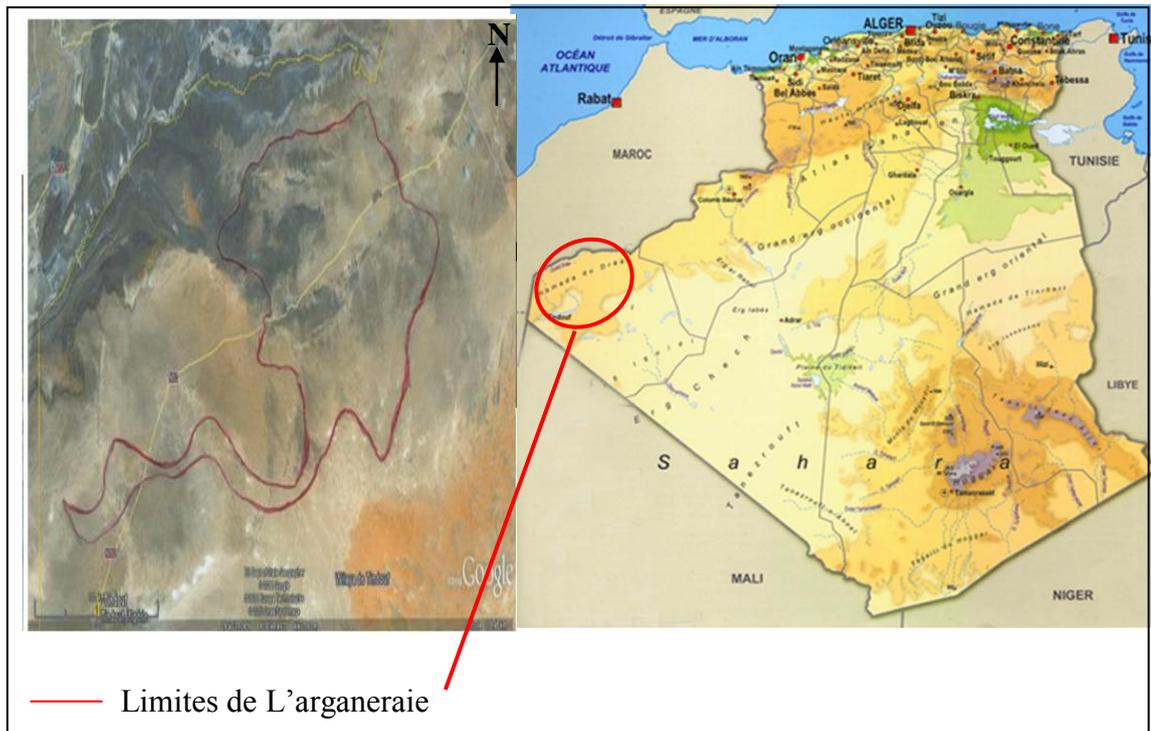


Figure 04 : Aire de répartition de l'arganier dans la région de Tindouf (Algérie) (BENKHEIRA, 2009).

Chapitre 2 : Importance de l'arganier

2.1. Importance écologique et socio-économique

L'arganier est un arbre magique qui peut avoir des usages multiples. Il est qualifié par les autochtones comme étant l'arbre à tout faire. En effet, il peut jouer plusieurs rôles à la fois : écologique, économique et social. Chaque partie de l'arbre est utilisable et constitue une source de revenu ou de nourriture pour l'utilisateur (CHARROUF et GUILLAUME, 1999).

2.1.1. Importance écologique

L'arganier joue un rôle vital dans le maintien de l'équilibre écologique et dans la préservation de la biodiversité. Grâce à son système racinaire puissant, il contribue au maintien du sol et permet de lutter contre l'érosion hydrique et éolienne (TERFAS, 1997). De plus, grâce à son effet ombrage et améliorateur du sol par son enrichissement en matière organique (chute des feuilles), il peut permettre une production agricole non négligeable dans les conditions climatiques délicates (CHARROUF, 2000). Ainsi, l'arbre considéré comme un rempart naturel ou une sorte de barrage vert contre la désertification qui menace une bonne partie du territoire Marocain (OTTMANI, 1995).

Enfin, de nombreux organismes vivants (faune et flore) sont directement liés à sa présence. La disparition de l'arganier entraînerait la disparition de plusieurs espèces, provoquant une diminution de la biodiversité dans la région, donc une réduction du patrimoine génétique, aussi bien pour l'arbre que pour les autres espèces végétales animales, ou microbiennes (TERFAS, 1997 ; CHARROUF, 2000 ; CALONNE, 2007)

2.1.2. Importance socio-économique

En plus de son rôle écologique irremplaçable, l'arganeraie joue un rôle socio-économique remarquable. Au Maroc, l'écosystème « arganier » est intimement lié à la vie quotidienne des populations de la région à travers les produits qu'il procure.

Au Maroc, l'organisation des populations à travers la création des coopératives féminines est initiée autour de la valorisation des produits de l'arganier et plus particulièrement l'huile d'argan. Le revenu familial dont l'arganeraie participe à hauteur de 25 à 45 % selon les zones varie de 9 000 à 15 000 Dh /an / ménage (CHARROUF, 2007).

Selon, ELKHIDER et *al.* (2009), il existe plus de 25 coopératives féminines regroupant près de 1 000 adhérentes. Soit 200 ménages, produisent près de 100 000 litres d'huile par an. Cependant, ces coopératives connaissent une forte concurrence sur l'acquisition de la matière première par des opérateurs privés opérant notamment dans les produits cosmétiques à haute valeur ajoutée. L'amont de la filière est réduit à une économie de cueillette et de subsistance, et la valeur ajoutée est concentrée sur les segments terminaux à profit maximum et à risque minimum.

Selon GUYON (2008), le secteur de l'arganier a permis d'atteindre les objectifs suivants :

- la procuration de 7 millions de journées de travail familial par an ;
- la production de 80 000 tonnes de coques utilisées comme combustible ;
- la production de 5 400 tonnes de tourteau utilisé dans l'engraissement des bovins

L'huile d'argan est considérée actuellement comme l'huile alimentaire la plus chère au monde. Son prix est encore exorbitant lorsqu'elle est vendue sous forme de produit cosmétique (ROMAGNY et GUYON, 2010). Au Maroc, la production d'huile d'argan a été estimée à 4 000 tonnes /an en moyenne (CHAUSSOD et *al.*, 2005). Au tarif actuel de l'huile, sur les marchés internationaux, cela représente au moins un chiffre d'affaire total de 680 millions d'euros à partager entre différents acteurs : producteurs intermédiaires, industriels et commerçants (ROMAGNY et GUYON, 2010).

2.2. Les produits de l'arganier

L'arganier est un arbre à multi-usages. C'est l'unique essence qui fournit une exploitation rationnelle de tous ces produits. En effet, chaque partie de l'arbre est utilisée à des fins économiques. Les divers usages de l'arganier encouragent à la production et à l'exploitation de cette essence (RADI, 2003).

2.2.1. Le bois

Le bois de l'arganier est un bois dur et résistant. De ce fait, il est appelé bois de fer. Il constitue un très bon bois combustible dont le rendement dépasse un quintal de charbon pour une stèle de bois. Il est aussi utilisé pour les besoins de la petite industrie familiale (porte, perches, perchettes,...), et pour la fabrication d'objets ménagers et d'instruments

agricoles (araires, charrues,...). Son étude phytochimique a révélé sa richesse en nombreux saponines triterpéniques (CHARROUF, 2002).

2.2.2. La pulpe

La pulpe du fruit de l'arganier est utilisée comme aliment pour les caprins. Elle est riche en glucides et en protéines. L'extrait de la pulpe est constitué de glycérides, d'un latex (caoutchouc) et d'une fraction insaponifiable. La composition chimique de cette dernière fraction est riche en stérols en alcools triterpéniques tels : L'erythordiol, le lupéol, l' α et la β -amyrine. Ces alcools pourraient subir des transformations par voie chimique ou par bioconversion pour conduire à d'autres produits à forte valeur ajoutée (ZARROUCK et *al.*, 1987).

2.2.3. Les feuilles

Les feuilles servent de pâturage suspendu pour le bétail (caprins et camelins). Elles sont aussi utilisées en médecine traditionnelle pour leurs propriétés anti-inflammatoires (ELKABOUS, 1995). Elles sont très riches en composés triterpéniques similaires à ceux décrites chez la pulpe. Les études portées sur la fraction flavonoïque ont montré la présence de la quercitrine, la myricétine et leurs hétérosides. En plus de leur activité antioxydante, ces deux flavonols présentent des propriétés antifongiques et antibactériennes remarquables (CHARROUF, 2002).

2.2.4. Le tourteau

Les résidus d'extraction de l'huile ou tourteau est utilisé actuellement comme aliment pour les bovins soumis à l'engraissement (KARLESKIND, 1992). Il est riche en glucides et en protéines et renferme un important groupe pharmacodynamique constitué de saponine (M'HIRIT et *al.*, 1998). Sept saponines ont été isolées et identifiées dont l'arganier dont cinq sont de nouvelles substances naturelles identifiées pour la première fois. Les saponines ont un large spectre d'activités biologiques. Certaines activités en thérapeutiques comme, analgésiques, anti-inflammatoires, stimulant diurétiques, anti tumoraux, antifongiques et antibactériennes (CHARROUF, 1991 ; CHARROUF, 2002).

2.2.5. Les fruits

L'arganier fructifie dès l'âge de cinq ans. Les fruits apparaissent vers la fin juillet ou début Août. Ils continuent à croître jusqu'à Septembre. Les fruits mûrs de l'arganier, étant sénescents, ne sont pas récoltés directement de l'arbre mais ils sont collectés sous les arbres. Le fruit de l'arganier est une drupe composée d'un péricarpe et d'un pseudo péricarpe où sont logées les graines (RAHMANI, 1989).

2.2.6. La Graine

Le fruit d'arganier renferme une graine composée, appelée vulgairement noyau. Ce dernier est très dur et contient une à trois amandes. Les amandes du noyau représentent environ 3 % du poids du fruit frais et renferment à leurs tours 50 à 60 % d'huile qui reste la principale richesse de l'arganier

Chapitre 3 : Huile d'argan

L'huile d'argan est extraite, comme nous l'avons signalé précédemment, à partir des amandes. Elle est utilisée depuis des siècles, en médecine traditionnelle, notamment par les femmes du Sud Marocain, pour les soins corporels et capillaires. Dans la pharmacopée Marocaine, l'huile est également recommandée pour traiter l'acné, les vergetures, les gerçures, les brûlures. Ces différentes vertus attribuées à l'huile reviennent en fait à la richesse de cette dernière en certains constituants chimiques tels : les tocophérols, les composés phénoliques et les stérols spécifiques (ADLOUNI, 2010).

Actuellement, vu son importance, l'huile d'argan est devenue l'une des huiles comestibles les plus chères dans le monde. Elle est encore plus chère comme produit cosmétique et fait l'objet de plusieurs brevets cosmétiques aux USA et en Europe (ABOUDRARE et *al.*, 2009).

3.1. Extraction de l'huile

Les cultivateurs se rendent dans les maquis d'arganier avec les troupeaux de mouton, de vaches, de chameaux ou le plus souvent de chèvres. Ils battent les arbres avec des perches pour faire tomber les fruits où laissent monter les chèvres dans les arbres. Les chameaux et les bovidés, eux mangent les fruits tombés et jettent les noyaux au cours de la rumination (RAHMANI, 1989). C'est à partir des amandes de ces noyaux que sera faite l'extraction de l'huile après avoir subi plusieurs traitements nécessaires à cette opération.

3.1.1. Extraction traditionnelle

Ce procédé reste le plus commun pour l'extraction de l'huile. Il est purement artisanal et généralement utilisé par la population locale du milieu rural Marocain, principalement les femmes (HILALI et *al.*, 2005). Les fruits mûrs et séchés au soleil, sont soigneusement écosés de leur pulpe. Les noyaux obtenus sont cassés, à l'aide d'une pierre, afin de libérer les amandes qu'ils contiennent. Après torréfaction des amandes (à feu doux en les remuant jusqu'au moment où elles brunissent et refroidissent), elles sont ensuite moulues dans un mortier traditionnel. La pâte obtenue est malaxée manuellement avec de l'eau tiède. Pour extraire l'huile, la pâte est pressée avec les mains jusqu'à ce qu'elle devienne dure. L'huile

obtenue, de couleur brunâtre et au goût de noisette, se conserve dans des flacons secs et étanches et fait l'exception, comparativement à l'huile d'olive, d'être consommée à l'état cru sans raffinage. Le tourteau (résidu d'extraction) contient encore une quantité non négligeable de l'huile résiduelle (plus de 10 %) servant à l'alimentation des bétails (CHARROUF, 2002). Ce procédé d'extraction semble être à la fois lent et peu efficace puisqu'il permet d'obtenir des taux d'extraction qui ne dépassent pas les 45 %. En effet, il faut 100 kg de fruits mûrs pour obtenir 4 kg d'amandes et 8 à 10 heures de travail pour extraire 1, 2 à 2 kg d'huile (CHARROUF et GUILLAUME, 1999).

3.1.2. Extraction semi-artisanal

De nombreux procédés d'extraction ont été expérimentés dans le but d'optimiser le rendement en huile et de réduire en même temps la durée de travail nécessaire à l'extraction. Le procédé d'extraction par presse semble donner de bons résultats. Ces résultats étaient à l'origine de la création des coopératives des femmes au Maroc pour la production d'huile d'argan par mécanisation du processus d'extraction qui ne nécessite pas l'ajout d'eau tiède (CHARROUF, 1998).

Dans le procédé d'extraction semi-artisanal, on emploie un matériel de torréfaction performant dans lequel la durée et la température (de torréfaction) sont rigoureusement contrôlées (RAHMANI, 1994). Le rendement d'extraction a été amélioré comparativement à la méthode d'extraction artisanale. En plus de l'amélioration du rendement, l'huile de presse est de qualité meilleure et se conserve plus longtemps (allant jusqu'à deux ans) sans risque de contamination ou d'oxydation, en gardant son authenticité et sa qualité (ADLOUNI, 2010).

3.1.3. Extraction industrielle

L'huile d'argan extraite par ce procédé est principalement destinée à la cosmétologie (HATINGUAIS et *al.*, 1983). Les amandes sont soigneusement séparées des débris du péricarpe, puis réduite en poudre dans un broyeur à meule ou à cylindre. La poudre est ensuite soumise à une extraction avec un solvant apolaire, dans un appareil d'extraction approprié (de préférence en acier inoxydable) afin de ne pas apporter d'impuretés métalliques risquant de catalyser l'oxydation. Le solvant est ensuite évaporé. Afin d'éviter l'oxydation des acides gras dès le premier stade d'extraction, un antioxydant lipophile est ajouté. Ce procédé permet d'obtenir un extrait lipidique de couleur jaune paille, sans odeur

forte, avec ses principes actifs et surtout avec une bonne stabilité (BOUKHBZA et PICHON-PRUM, 1988).

3. 2 .Etude analytique de l'huile d'argan

3.2.1. Caractéristiques physico-chimiques

A part la coloration jaunâtre et l'odeur caractéristique de l'huile d'argan, les autres caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques de cette huile sont légèrement différentes comparativement à celles de l'huile d'olive. Les techniques d'extraction, l'origine des fruits et le mode de conservation peuvent avoir des influences minimales sur les caractéristiques physico-chimiques de l'huile d'argan extraite (comme l'illustre le tableau I) (HILALI et *al.*, 2005).

Tableau I : Caractéristiques physicochimiques de l'huile d'argan extraite de manière traditionnelle et industrielle.

Auteurs \ Caractères	BELARBI-BENMAHDI et <i>al.</i> , 2009	HILALI et <i>al.</i> , 2005	ZARROUCK et <i>al.</i> , 1987
Masse volumique (g/ml)	0.907	0.906	0.917
Indice d'iode	-	98.1	98.8
Acidité (%)	1.12	1.3	1.10
Indice de peroxyde	-	-	5.2
Indice de saponification	193.57	195.2	191.8
Indice de réfraction	1.4685	1.4685	1.4707

3.2.2. Les constituants chimiques

Comme d'autres huiles végétales, l'huile d'argan est constituée de deux fractions, une fraction saponifiable (ou glycéridique) et une fraction insaponifiable.

a. Fraction saponifiable

a₁. Les acides gras

Les acides gras (AG) sont des molécules organiques comprenant une chaîne carbonée terminée par un groupement carboxyle. Cette chaîne carbonée peut être dépourvue de toute

double liaison carbone-carbone, dans ce cas les acides gras sont dits « saturés » (AGS). Elle peut également contenir une double liaison (acides gras mono-insaturés AGMI) ou plusieurs doubles liaisons (acides gras polyinsaturés AGPI). Pour les acides gras insaturés, ils sont souvent référencés selon la position de la première double liaison par rapport au groupement méthyle terminal. Il existe 2 grandes familles d'AGPI : la série en n-6 (ou oméga 6) et la série n-3 (ou oméga 3).

De nombreuses études se sont intéressées à la quantification des différents AG présents dans l'huile d'argan obtenue via différents procédés d'extraction (tableau II).

La détermination des AG est réalisée par chromatographie en phase gazeuse après transformation des ces derniers par estérification en esters méthyliques (FARINES *et al.*, 1984) ou par chromatographie liquide à haute performance (HPLC) (ADLOUNI, 2010).

Les études de la composition de l'huile en AG révèlent qu'il y a une prédominance des AGI, notamment l'acide oléique et l'acide linoléique qui représentent respectivement des taux de 45 % et de 35 % des AG totaux (CHARROUF, 1984). Ces constituants confèrent à l'huile d'argan une très bonne qualité nutritionnelle et diététique (MAURIN, 1992).

La teneur en AGS est relativement faible (16 - 20 %) par rapport aux AGI. Ils sont représentés essentiellement par l'acide palmitique à 14 % et l'acide stéarique à 6 % (RAHMANI, 2005).

D'une huile à une autre, cette composition peut présenter quelques variations qui pourraient être dues à l'origine des amandes, à la maturation des fruits (BANI AAMEUR *et al.*, 1998), aux méthodes d'extraction, à la conservation de l'huile et aux conditions d'analyse chromatographique (MAURIN, 1992).

Tableau II : Pourcentage des acides gras (AG) dans la composition de l'huile d'argan.

Auteurs Nature des AG	YOUSFI et al., 2009	HILALI et al., 2005
Myristique C14 :0	0.14	0-0.2
Palmitique C16 :0	14.65	-
Stéarique C18 :0	7.06	5.6
Oléique C18 :1	52.86	45.2-46.9
Linoléique C18 :2	25.00	31.6-34.6
Linoléique C18 :3	0.32	0.01
Arachidique C20 :0	0.40	-

Comparativement à l'huile d'olive et d'arachide, l'huile d'argan semble être plus riche en acide palmitique et linoléique et contient moins d'acide oléique. Par contre, sa composition est proche des huiles de soja et de maïs concernant l'acide palmitique (ZARROUCK et al, 1987).

a₂. Triglycérides

Ce sont des composés lipidiques formés d'une molécule de glycérol estérifiée par trois molécules d'acides gras pas toujours identiques. La fraction triglycéridique de l'huile d'argan a été spécifiquement identifiée par chromatographie liquide à haute performance (CHARROUF, 2002 ; DEBBOU et CHOUANA, 2003). Les triglycérides majoritaires identifiés sont représentés par : OOO, LLO, POL, OOL et POO (tableau III) (MAURIN, 1992 ; RAHMANI, 2005 ; YOUSFI et al., 2009).

Tableau III : Triglycérides de l'huile d'argan (%)

Nature des Triglycérides	YOUSFI et al (2009)	RAHMANI (2005)	MAURIN (1992)
LLL	2.11	5.3	7.4
OLL	7.24	12.7	13.6
POL	8.44	13.3	13.6
PPL	0.38	1.5	1.6
OOO	15.42	16.6	12.8
SOO	6.46	5.2	3.4
POS	2.38	-	1.8
OOP	11.42	-	-
OLO	9.78	-	-
SOO	6.46	5.2	3.4
SOL	2.38	4.5	3.0
PLL	-	5.0	6.3

L: acide linoléique **O** : acide oléique **P** : acide palmitique **S** : acide stéarique.

b. Fraction insaponifiable

La fraction insaponifiable d'un corps gras correspond à l'ensemble de ses constituants qui, après hydrolyse basique (saponification), sont très peu soluble dans l'eau et solubles dans les solvants organiques. Généralement, la fraction insaponifiable des huiles contient des molécules de haut poids moléculaire, non volatils, possédant une solubilité faible dans les solvants aqueux. Aussi, son analyse par chromatographie en phase gazeuse nécessite une température assez élevée jusqu'à 300 °C, en plus de sa dérivation. Ces composés sont constitués majoritairement des phytostérols, triterpènes, tocophérols et des pigments (WOLF, 1968).

La fraction insaponifiable représente en moyenne 1 % des constituants totaux de l'huile d'argan. C'est une teneur qui reste suffisante pour attribuer à l'huile des vertus thérapeutiques importantes (CHARROUF, 2002).

b₁. Stérols

Les stérols des plantes, appelés phytostérols, sont des alcools stéroïdes, membres de la famille des terpènes. Les phytostérols sont constitués d'un assemblage tétracyclique cyclopentaphénanthrénique comprenant un groupement hydroxyle en position 3 du premier cycle et une chaîne latérale. Les phytostérols ont une structure chimique similaire au cholestérol (ZHOU et *al.*, 2004).

L'huile d'argan contient une teneur très importante en stérols qui peut atteindre les 295 mg / 100 g d'huile. Les stérols de l'huile d'argan représentent environ 29 % de la fraction insaponifiable (KHALLOUKI et *al.*, 2003).

Les stérols présents dans l'huile d'argan sont uniques au regard de leur combinaison. Il n'existe aucune autre huile végétale possédant une composition comparable (tableau IV).

Tableau IV : Composition chimique de la fraction insaponifiable de l'huile d'argan (KHALLOUKI et *al.*, 2003)

Composants	Teneurs
Stérols (mg / 100 g d'huile)	
Schotténol	142
Spinastérol	115
Stigma-8-22-diène- β -ol	9
Delta-7-avenastérol	29
Total	295
Tocophérols (mg / kg d'huile)	
γ tocophérol	480
δ tocophérol	122
α tocophérol	35
Total	637
Composés phénoliques (μg / kg d'huile)	
Acide férulique	3 147
Acide vanillique	67
Acide syringique	37
Tyrosol	12
Total	3 263
Caroténoïdes (mg / 100 g d'huile)	315
Squalène (mg / 100 g d'huile)	314

Les stérols de l'huile d'argan se composent notamment de schotténol (49 %) et du spinastérol (44 %) et comme stérols minoritaires, il existe le delta-7-avenastérol (7 %) et le stigma-8-22-diène- β -ol (5 %) (KHALLOUKI et *al.*, 2003).

Une étude effectuée par AIT AMI et *al.* (2007) a révélé l'existence d'une corrélation, entre la forme des fruits et la variation quantitative et qualitative des stérols contenus dans l'huile d'argan. En effet, le spinastérol et le schotténol restent majoritaires dans l'huile extraite des fruits de forme arrondie et allongée. Cependant, une différence modérée de concentration en schotténol est observée entre les huiles des fruits de forme arrondie et celle de fruits de forme allongée. D'autre part, la teneur en spinastérol reste toutefois relativement plus homogène entre les deux formes.

b₂. Tocophérols

Les tocophérols sont des dérivés méthyliques du tocol, (structure de base des tocophérols). Cette structure est constituée d'un noyau hydroxychromane sur lequel est fixée une chaîne phytyl entièrement saturée.

L'huile d'argan est connue pour sa richesse en tocophérols. Elle peut renfermer de 600 jusqu'à 900 mg / kg. Cette teneur s'avère considérable, comparativement à l'huile d'olive qui elle renferme jusqu'à 300 mg / kg (ADLOUNI, 2010).

Selon KHALLOUKI et *al.* (2003), environ 75 % des tocophérols de l'huile d'argan sont des γ tocophérols. Les autres tocophérols sont des δ tocophérol (19,18 %) et des α tocophérol (5,5 %).

Les tocophérols possèdent des actions antioxydantes qui permettent une bonne conservation de l'huile et une protection contre les maladies cardiovasculaires (CHERKI et *al.*, 2005).

b₃. Composés phénoliques

La classe des phénols, présente dans l'huile d'argan, regroupe des composés phénoliques simples notamment l'acide férulique, l'acide syringique, l'acide vanillique et le tyrosol (tableau IV) (KHALLOUKI et *al.*, 2003). En plus de ces quatre composés, ROJAS et *al.* (2005) ont révélé la présence d'autres composés phénoliques dans l'huile d'argan alimentaire et à usage cosmétique notamment le catéchol mais avec des teneurs très faibles.

De manière générale, les phénols sont présents en faible concentration dans l'huile alimentaire (3 263 μg / kg) (KHALLOUKI et *al.*, 2003). La teneur en composés

phénoliques totaux de l'huile d'argan Algérien est d'environ 5 010 $\mu\text{g} / \text{kg}$ (BELARBI-BENMEHDI *et al.*, 2009) et celle du Maroc avoisine les 5 620 $\mu\text{g} / \text{kg}$ (CHIMI, 2005). De plus ROJAS *et al.* (2005) ont montré que l'huile d'argan alimentaire est plus riche en polyphénols (13 200 $\mu\text{g} / \text{kg}$) par rapport à l'huile à usage cosmétique (3 100 $\mu\text{g} / \text{kg}$).

Les composés phénoliques, malgré leur faible teneur, jouent un rôle très important dans la caractérisation des huiles et pour leur intérêt nutritionnel (BRENES, 2002 ; VISIOLI et GALLI, 2002). En raison de leur nature chimique, ces composés peuvent agir comme antioxydants et aideront à maintenir les défenses naturelles de l'organisme contre plusieurs maladies liées au stress oxydatif, comme les maladies cardiovasculaires, les cancers et les processus inflammatoires (ROJAS *et al.*, 2005).

b₄. Alcools triterpéniques

Les alcools triterpéniques ou triterpénols représentent environ 20 % de la fraction insaponifiable (FARINES *et al.*, 1984). Ces molécules sont synthétisées à partir du squalène. Les triterpénols peuvent être utilisés pour caractériser les huiles et les graisses végétales. Leur analyse est toutefois plus délicate en raison de la présence possible de nombreux isomères et de l'absence d'étalons (NTSOURANKOUA et ARTAUD, 1997).

Dans l'huile d'argan, 5 alcools triterpéniques ont été identifiés : le tirucallol (27,9 %), le β -amyrine (27,3 %), le butyrospermol (18,1 %), le lupéol (7,1 %) et le 24-méthylène cycloatanol (4,5 %), et deux méthylstérols : le citrostadiénol (4- α -méthylstigma-7,24-28-diène-3 β -ol) (3,9 %) et le cycloeucalénol (≤ 5 %) (RAHMANI, 2005).

Ces composés ont des propriétés thérapeutiques utilisées dans la protection dermatologique, la désinfection, la cicatrisation. Elles possèdent aussi des propriétés anti-tumorales et anti-inflammatoires (ADLOUNI, 2010).

b₅. Caroténoïdes

Les caroténoïdes constituent une importante famille de pigments de nature terpénoïdes. Ce sont les pigments qui confèrent à l'huile sa coloration. Ces composés sont représentés essentiellement par les xanthophylles qui constituent 6,5 % de l'insaponifiable (500 mg / kg). Ce groupe comprend aussi le β carotène qui est précurseur de la vitamine A. la recherche de cette vitamine, sous forme de trans β -carotène dans l'huile d'argan, s'est avérée négative (COLLIER et LEMAIRE, 1974 in ALDOUNI, 2010).

b₆. Squalène

Quoique communément très connu comme hydrocarbure triterpénique et existant dans les huiles végétales, peu de travaux sont effectués sur l'identification et la quantification du squalène dans l'huile d'argan. Il existe cependant, d'après KHALLOUKI et *al.* (2003), de 303 à 321 mg de squalène par 100 g d'huile.

De nombreuses études ont montré l'action du squalène lorsqu'il est appliqué localement ou administré par voie systématique sur des cancers de la peau, du colon et du poumon, chez la souris (RAO et *al.*, 1998 ; SMITH et *al.*, 1998).

3.3. Utilisations de l'huile d'argan

L'huile d'argan est un produit à usage multiple grâce à ses propriétés et vertus très intéressants.

3.3.1. Utilisation diététique

L'huile d'argan est une huile alimentaire connue depuis des millénaires par les populations de Sud-Ouest Marocain. Elle a été depuis longtemps exclusivement réservée à la cuisine traditionnelle berbère, mais depuis 2002, sa consommation a été officiellement agréée par l'état Marocaine (RAHMANI, 2005).

L'huile d'argan constitue un très bon complément lipidique très recherché. Elle assure 25 % de l'apport en corps gras dans la région sud du Maroc (ADLOUNI, 2010). Environ 16 g d'huile sont suffisants pour assurer la totalité des besoins journaliers en acide linoléique. Ses qualités organoleptiques et nutritionnelles en font de l'huile un produit très prisé par les consommateurs et qui se vend nettement plus chère que l'huile d'olive en raison notamment de sa rareté. C'est un élément essentiel à côté du miel et des amandes grillées pour certaines préparations alimentaires artisanales très consommées au Sud de Maroc (RAMMAL et *al.*, 2009).

3.3.2. Utilisation cosmétique

Depuis plusieurs siècles, les femmes marocaines connaissent les vertus de l'huile d'argan. Elle est utilisée traditionnellement pour nourrir le cuir chevelu, la fortification des angles cassants, le dessèchement cutané et le vieillissement physiologique de la peau. Cela a motivé certains laboratoires à l'incorporer dans la fabrication des produits cosmétiques (M'HIRIT *et al.*, 1998). Mais les caractéristiques physicochimiques et organoleptiques de l'huile artisanale notamment son odeur et la difficulté de sa conservation empêchaient son utilisation en cosmétologie jusqu'à ce que le procédé industriel soit mis au point. Ainsi, depuis quelques années, l'huile d'argan est devenue fortement recherchée par l'industrie de cosmétique et figure dans la composition de certaines crèmes et savons (ADLOUNI, 2010).

3.3.3. Utilisation en médecine traditionnelle

En médecine traditionnelle, l'huile d'argan s'est forgée au fil des siècles la réputation d'un remède naturel précieux. Elle est utilisée par les autochtones grâce à ses propriétés multiples : aphrodisiaque, anti-vergeture, anti-acné, anti vieillissement physiologique et pour le traitement de différents maladies (RAMMAL *et al.*, 2009 ; ADLOUNI, 2010).

3.4. Intérêts thérapeutiques de l'huile d'argan

3.4.1. Dermocosmétique

La forte teneur en acide linoléique de l'huile d'argan lui confère des propriétés revitalisantes sur la peau. En effet, l'acide linoléique intervient aussi bien dans l'activité mitotique que dans le maintien de l'intégrité des membranes des kératinocytes épidermiques et de la kératinisation. L'apport équilibré en AG essentiel permet de retarder la sénescence cutanée. Des recherches récentes ont mis en évidence l'importance biologique et pharmacologique du γ tocophérol contenu dans l'huile. La présence de ce constituant confère à l'huile un effet protecteur contre le vieillissement de la peau (CHARROUF *et al.*, 1997 ; JIANG *et al.*, 2000 ; KHALLOUKI *et al.*, 2003).

D'autres essais ont montré que le squalène pris comme supplément en diététique a des effets préventifs contre la carcinogenèse (NEWMARK, 1999). La majorité des phytostérols contenus dans l'huile d'argan sont le schotténol et le spinastérol, ce qui rend

raisonnable de proposer que l'activité observée traditionnellement pour l'huile d'argan, dans le traitement ou la prévention des problèmes cutanés et pileux ainsi que ses indications cosmétologiques soient due à ces stérols (JEON et *al.*, 2005). Ces composés seraient responsables de l'activité cicatrisante et bienfaitrice de l'huile d'argan sur la muqueuse cutanée. Les effets hydratant, régénérant et structurant de cette huile ont été prouvés par des tests cliniques. L'application cutanée de l'huile d'argan restaure la couche hydrolipidique et augmente la teneur en nutriments des cellules cutanées. Elle stimule aussi l'oxygénation intracellulaire, neutralise les radicaux libres et protège le tissu conjonctif (DUKE, 1992).

3.4.2. Prévention des maladies cardiovasculaires

Des enquêtes épidémiologiques au Maroc, comparant une population consommant régulièrement l'huile d'argan avec une autre ne la consommant pas, ont mis en évidence un risque inférieur à 50 % de développer une hypertension artérielle chez la population consommatrice d'huile (BERROUGUI et *al.*, 2006). De plus, la valeur moyenne des chiffres tensionnels des hypertendus, consommant régulièrement l'huile d'argan, trouvée inférieure à celle observée chez les sujets hypertendus n'ayant jamais consommé l'huile d'argan.

Une autre enquête épidémiologique a permis de mettre en évidence un taux plasmatique élevé de vitamine E chez les sujets consommateurs d'huile d'argan (DRISSI et *al.*, 2004). Cette vitamine joue un rôle antioxydant et aide généralement à réguler le niveau de cholestérol plasmatique. Des taux inférieurs en lipides plasmatiques et en lipoprotéine de petite densité (LDL) ont systématiquement été observés chez les populations consommatrices d'huile d'argan (DEROUICHE et *al.*, 2005).

Dans son étude menée sur l'effet de l'huile sur la contracture ischémique chez le rat recevant un régime enrichi en fructose (33 %) et en huile d'argan (5 ml/kg/jour), BENADJIBA et *al.* (2002) ont montré une action bénéfique de l'huile sur la glycémie ainsi qu'une nette amélioration de la vulnérabilité cardiaque à l'ischémie. L'huile d'argan administré à une dose de 5 ml/kg/jour chez des rats spontanément hypertendus pendant dix jours, a permis la normalisation de leurs pressions artérielles et une diminution de leurs taux de cholestérol sanguin (BERROUGUI et *al.*, 2003).

CHARROUF et *al.* (1997) ont montré que la consommation de deux cuillerées à soupe par jour d'huile d'argan induit une baisse du taux de cholestérol de 7,9 % pour les femmes et de 13,1 % pour les hommes à la fin du traitement. Parallèlement à la baisse du taux de cholestérol total, une diminution du taux des triglycérides a été observée. De plus si l'huile d'argan et l'huile d'olive ont induit une augmentation des taux de lipoprotéines de haute densité (HDL) plasmiqes, seule la consommation de l'huile d'argan entraîne une diminution significative (17,5 %) du taux des triglycérides plasmatiques (DEROUICHE et *al.*, 2005).

Plus récemment, OULD MOHAMEDOU et *al.* (2011)_a ont montré que la consommation d'huile d'argan améliore le statut lipidique chez les patients qui n'ont jamais traité la dyslipidémie et peut donc être recommandé dans la prévention nutritionnelle et la gestion de la dyslipidémie. Elle peut aussi avoir un effet antiathérogène par l'amélioration des lipides et la susceptibilité des LDL à l'oxydation chez les patients atteints du diabète de type 2 avec dyslipidémie (OULD MOHAMEDOU et *al.*, 2011)_b.

3.4.3. Prévention des cancers

L'une des principales caractéristiques de l'huile d'argan est la spécificité de son fraction insaponifiable riche en composés mineurs notamment les antioxydants (UCHIDA et *al.*, 1983). Bien qu'elles soient présentes en petite quantité, ces substances confèrent à l'huile d'argan des propriétés pouvant jouer un rôle remarquable dans la prévention du vieillissement tissulaire, de l'athérosclérose et aussi du cancer (BENNANI et *al.*, 2007 ; CHARROUF et *al.*, 2007 ; EL BABILI et *al.*, 2009).

Le schotténol et le spinastérol sont les stérols majoritaires de l'huile d'argan. On les rencontre qu'exceptionnellement dans d'autres huiles végétales et sont surtout spécifiques à l'huile d'argan dans des proportions significatives (YAGHMUR et *al.*, 2001 ; BENZARIA et *al.*, 2006). Ces deux constituants semblent avoir des effets thérapeutiques très importants. Selon VILLASENOR et DOMINGO, 2000, le spinastérol possède un rôle anti-tumoral. Tandis que le schotténol, il semble avoir un effet anti-cancérigène avec un potentiel cytotoxique prononcé (SALEEM et *al.*, 2009).

L'effet antiprolifératif des composés phénoliques, des tocophérols et des stérols contenus dans l'huile d'argan a été évalué *in vitro* sur les cellules épithéliales prélevées sur un adénocarcinome prostatique (BENNANI et *al.*, 2007). Cette étude a montré que les

polyphénols contenus dans l'huile d'argan auraient, à une concentration de 40 mg / ml, un effet inhibiteur de 30 % sur la prolifération cellulaire. Sur ce même type cellulaire, les stérols de l'huile d'argan auraient une activité inhibitrice de 20 % à une concentration de 20 mg / ml. De plus, la composition chimique spécifique de l'huile d'argan fait que la combinaison des différents facteurs qui la composent pourrait permettre une action antiproliférative (KHALLOUKI et *al.*, 2003). Ces résultats corroborent avec les conclusions d'autres études scientifiques qui confirment l'action anti-prolifératrice des antioxydants sur les cellules tumorales (HAFEEZE et *al.*, 2008 ; BENNANI et *al.*, 2009 ; SALEEM et *al.*, 2009).

Matériel et méthodes

Partie II : Matériel et méthodes

Chapitre 1 : Matériel et méthodes

L'ensemble des expériences entreprises, dans le cadre de ce travail, a été effectué dans le laboratoire de biotechnologie végétale, département de biologie, université Hassiba Benbouali, Chlef. Les analyses des huiles par HPLC et CPG ont été effectuées dans le laboratoire de la police scientifique d'Alger et dans le laboratoire de MOBYDAL à Dar El beida, Alger.

1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal ayant servi à cette étude est constitué de fruits (ou noyaux) récoltés, durant le mois de juillet 2010, à partir d'arbres situés dans deux régions d'Algérie : Oued Elmaa (W. Tindouf) et Stidia (W. Mostaganem) (figure 05). Lors de l'échantillonnage, nous avons noté que la forme des fruits (ou noyaux) récoltés diffère selon les arbres. Certains arbres donnent des noyaux de forme arrondie, d'autres de forme ovale et d'autres de forme fusiformes (figure 06). Lors de cette étape, nous avons tenu à séparer les fruits de chaque arbre à part afin de mettre en évidence l'effet génotypique sur la composition chimique et l'activité antioxydante des huiles extraites.



Figure 05 : fruits d'arganier (A : fruits de Mostaganem, B : fruits de Tindouf).

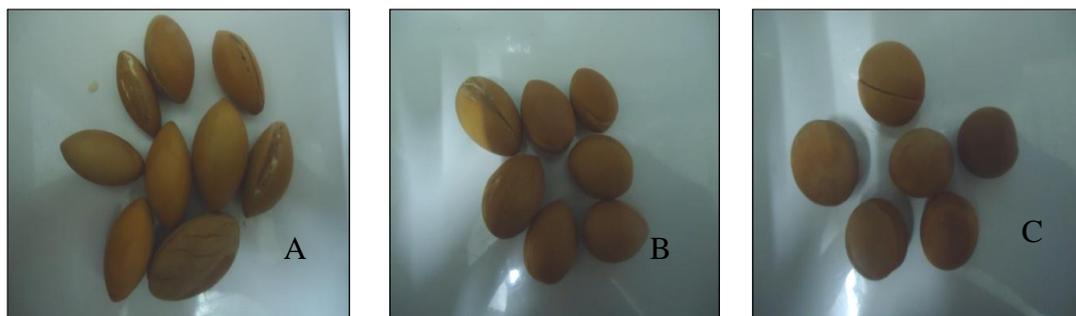


Figure 06 : différentes formes de noyaux étudiés (A : Fusiforme, B : Ovale, C Arrondie).

1.2. Expérimentation

1.2.1. Extraction de l'huile

a. Préparation des échantillons

L'obtention de l'huile nécessite un traitement des fruits mûrs, qui passe par plusieurs étapes distinctes à savoir :

- *Le dépulpage* : Epluchage manuel des fruits secs pour les débarrasser de leurs pulpes sèches.

- *Le concassage* : Récupération des amandes après concassage des noyaux à l'aide de marteau.

- *la torréfaction* : Séchage des amandes à 40 °C dans le but d'éliminer l'eau et favoriser ainsi l'extraction de l'huile.

- *Trituration* : Broyage manuel des amandes à l'aide d'un mortier.

b. Extraction de l'huile par soxhlet

La méthode normée du Soxhlet (NF EN ISO 659) a servi de référence pour l'extraction et la détermination de la teneur en huile. Cette méthode consiste en une extraction de l'huile par un solvant organique (Hexane) sur une matrice solide (broyat d'amandes) pendant 8 heures. L'extraction a été réalisée dans une enceinte fermée selon un processus semi continu à partir de 20 g de broyat (figure 07). L'hexane contenant les lipides dissous, est ensuite évaporé à l'évaporateur rotatif afin de récupérer l'huile.

Le rendement en huile est déterminé après l'extraction. Il exprime le pourcentage d'huile obtenu par rapport à la quantité d'amande utilisée pour l'extraction. Le rendement est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Rendement (\%)} = (H/A) \times 100$$

H : quantité (g) d'huile obtenue après extraction ; A : Prise d'essai (g) d'amande utilisée.



Figure 07 : Dispositif d'extraction de l'huile d'argan (Soxhlet).

1.2.2. Etude de la composition chimique de l'huile

a. Etude de la fraction saponifiable

a₁. Détermination de la teneur en acides gras

La teneur en AG a été déterminée selon la norme AFNOR NF 60-233. Le principe de cette technique est basé sur la transformation des acides gras en dérivés d'esters d'acides gras ou esters méthyliques et leur analyse par chromatographie en phase gazeuse (CPG).

- **Préparation des esters méthyliques**

L'extraction des acides gras correspond à la solubilisation des triglycérides contenus dans l'huile dans un solvant organique. Cette étape est suivie d'une méthyl-trans-estérification qui consiste à ajouter un alcool aux acides gras libérés pour former des esters méthyliques d'acides gras dont la séparation sera facilitée. En effet, cette dérivation permet de rendre les acides gras plus volatils garantissant la stabilité nécessaire à l'analyse par CPG. L'extraction et la méthylation des acides gras ont été effectuées directement sur

l'huile extraite. Les différentes étapes de l'estérification peuvent être résumées comme suit:

Dans un tube en verre de 5 ml.

- Introduire 2 gouttes d'huile.
- Ajouter 1 ml d'hexane et agiter 2 secondes.
- Introduire 0,2 ml de soude méthanolique (2N) et agiter pendant 10 secondes.
- Porter au bain-marie à 50 °C pendant 20 secondes et agiter pendant 10 secondes.
- Ajouter 0,2 ml d'acide chlorhydrique méthanolique (2N), agiter et laisser décanter.
- Prélever la phase surnageante puis injecter l'échantillon dans le CPG.

L'analyse des esters méthyliques a été effectuée par un CPG de marque THERMO FINNIGAN muni d'un détecteur à ionisation de flamme (FID) dans les conditions opératoires suivantes :

- Colonne capillaire de longueur : 30 m.
- Phase stationnaire : BPX70.
- Gaz vecteur : azote ; débit 30 ml/min.
- Volume injecté : 1 µl.
- Température de la colonne : 180 °C.
- Température d'injection : 240 °C.
- Température de détecteur FID : 230 °C.

a₂. Détermination des triglycérides

La composition en triglycérides des huiles a été déterminée selon la norme CEE N°2568/91 apparue dans le journal officiel européen N° 248 du 05/09/91 du règlement de la commission du 11 juillet 1991. Le principe de cette méthode est basé sur la séparation des différents triglycérides par chromatographie liquide à haute performance (HPLC).

L'analyse des triglycérides a été effectuée par un HPLC de marque WATERS muni d'un détecteur UV-Visible à partir d'une solution d'acétone contenant 5 % d'huile dans les conditions opératoire suivante :

- Colonne en acier de longueur de 25 cm.
- Phase stationnaire : C₁₈.

- Solvant d'éluion : acétonitrile / acétone (50/50).
- Débit : 1,5 ml/min.
- Longueur d'onde $\lambda = 292$ nm.
- Boucle d'injection : 20 μ l.
- Détecteur : UV-Visible.

b. Etude de la fraction insaponifiable

b₁. Dosage de la fraction l'insaponifiable

L'insaponifiable d'un corps gras correspond à l'ensemble des constituants qui, après hydrolyse basique (saponification), sont peu solubles dans l'eau et solubles dans les solvants organiques (WOLF, 1968).

Le dosage de l'insaponifiable a été réalisé suivant la norme AFNOR NF t 60-206. Le principe de cette méthode repose sur la saponification d'une prise d'essai de 5 g d'huile par 50 ml d'une solution de potasse éthanolique (2N) à chaud, sous reflux pendant 20 min. Après l'ajout de 50 ml d'eau distillée, les substances insaponifiables sont extraites par l'éther diéthylique suivi d'un lavage avec l'eau distillée jusqu'à réaction neutre de lavage. La phase organique est ensuite filtrée sur le sulfate de sodium anhydre et évaporée sous vide par un évaporateur rotatif. Le résidu ainsi obtenu est séché à 103 °C puis laissé refroidir dans un dessiccateur. Ce résidu constitue la fraction insaponifiable qui va servir pour la détermination des phytostérols ainsi que l'évaluation de l'activité antioxydante (figure 08).

La teneur des insaponifiables est déterminée par la relation suivante :

$$\text{Insaponifiable (\%)} = (m_1/m_0) \times 100$$

m_1 : La masse (g) du résidu séché.

m_0 : La masse (g) de la prise d'essai.

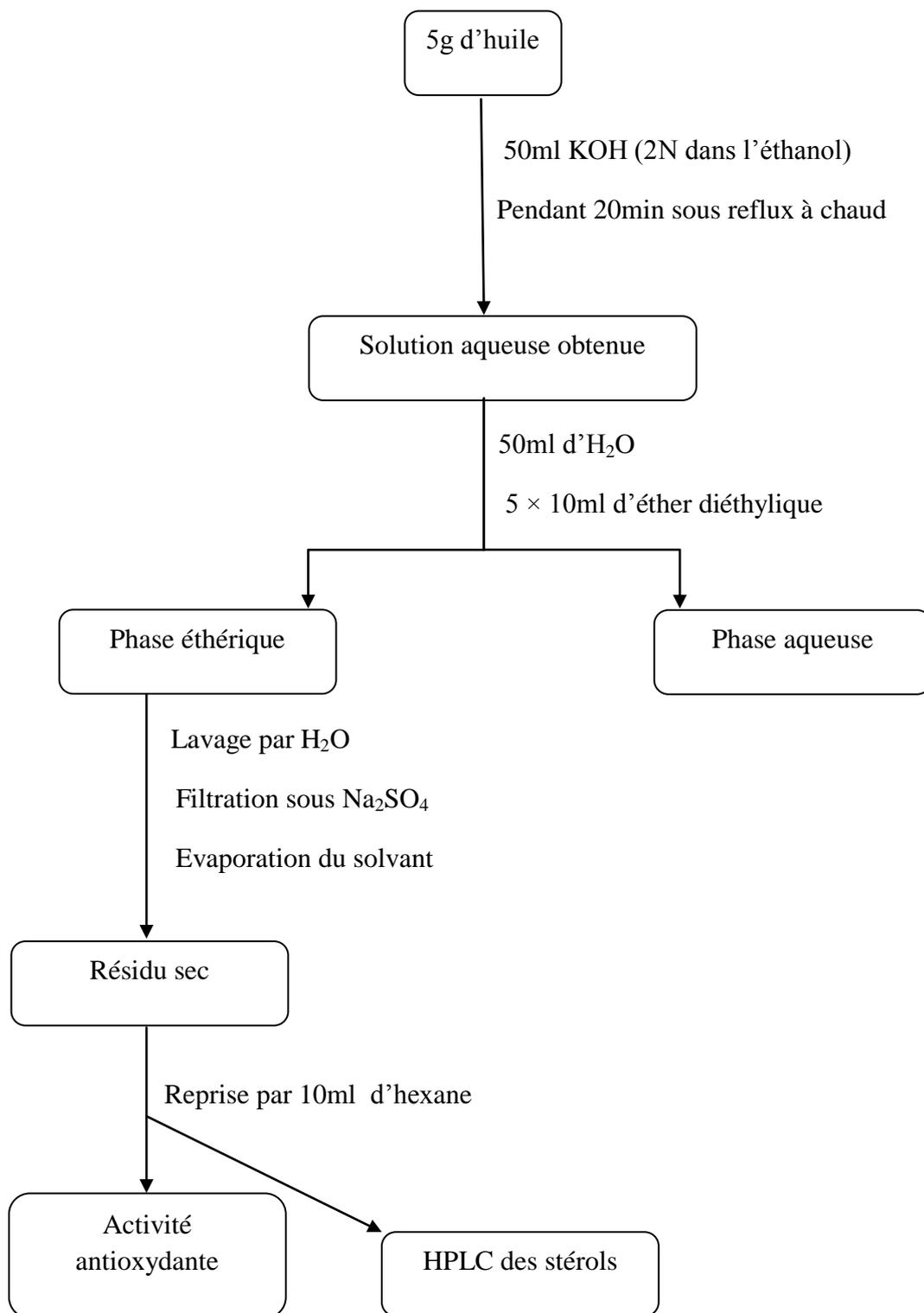


Figure 08 : Schéma d'extraction des insaponifiables

b₂. Détermination des tocophérols

Les tocophérols sont des composés contenus dans les insaponifiables. Ils sont connus par leur pouvoir antioxydant (DRISSI et *al.*, 2004).

Parmi les différentes méthodes d'analyse des tocophérols, l'HPLC est la plus recommandée (TAN et BRZUSKIEWICZ, 1989). L'identification et la détermination des différents vitamère (α -, β -, γ -, et δ -) ont été effectuées selon la méthode prescrite par la norme ISO 9936. Le principe de la manipulation consiste à dissoudre une prise d'essai de 0,2 g d'huile dans 4 ml d'hexane. La séparation des tocophérols a été effectuée par un HPLC de marque WATERS muni d'un détecteur UV-Visible. L'identification (des différents tocophérols) se fait en comparant les temps de rétention des molécules obtenues avec les temps de rétention des solutions standards.

• Préparation des solutions étalons

La préparation d'une solution standard mère (α -, γ -, et δ - tocophérol) en faisant dissoudre 10 mg de l'étalon dans 100 ml d'hexane. Partant de cette solution mère, des solutions standards de travail ont été préparées. Pour cela, 10 ml de la solution mère sont transversés dans un évaporateur rotatif afin d'éliminer l'hexane. Une fois évaporé, l'hexane est immédiatement remplacé par 10 ml de méthanol.

Après cette préparation, un volume de 20 μ l sera prélevé de la solution puis injecté dans l'HPLC dans les conditions suivantes :

- La colonne en acier de longueur de 25 cm.
- Phase stationnaire C₁₈.
- Solvant d'élution : solution à 0,5 % d'isopropanol dans l'hexane.
- Débit : 1,5 ml/min.
- Longueur d'onde : 292nm.
- Boucle d'injection : 20 μ l.
- Détecteur : UV-Visible.

b₃. Détermination et dosage des stérols

Les stérols ont été identifiés selon SANCHEZ-MACHADO et *al.* (2004). Après saponification et récupération des insaponifiables par l'hexane (figure 08). Les stérols ont été mesurés par un HPLC de marque WATERS équipé d'un détecteur UV-Visible. L'analyse s'effectue selon les conditions opératoires :

- La colonne en acier de longueur de 25 cm.
- Phase stationnaire C₁₈.
- Solvant d'élution : méthanol/acétonitrile (30/70 V/V).
- Longueur d'onde : 205 nm.
- Boucle d'injection : 20 µl.
- Détecteur UV-Visible.

b₄. Dosage et identification des composés phénoliques

➤ *Extraction des composés phénoliques*

L'extraction des composés phénoliques a été effectuée, selon le protocole d'OWEN et *al.* (2000) (figure 09). 2 g d'huile sont soumises à l'extraction trois fois à l'aide de 10 ml d'une solution de méthanol/eau (80/20), après avoir agité (2 min) et centrifugé (5 000 tpm pendant 30 min) à chaque extraction. Les extraits méthanoliques sont réunis et évaporés à l'aide d'un évaporateur rotatif à pression réduite, puis repris par 2 ml d'acétonitrile et extrait trois fois par l'hexane (1 ml). La fraction acétonitrile est séchée, le résidu sec est repris par 2 ml de méthanol. Cet extrait sert au dosage colorimétrique, à l'analyse chromatographique et à la détermination du pouvoir antioxydant des composés phénoliques.

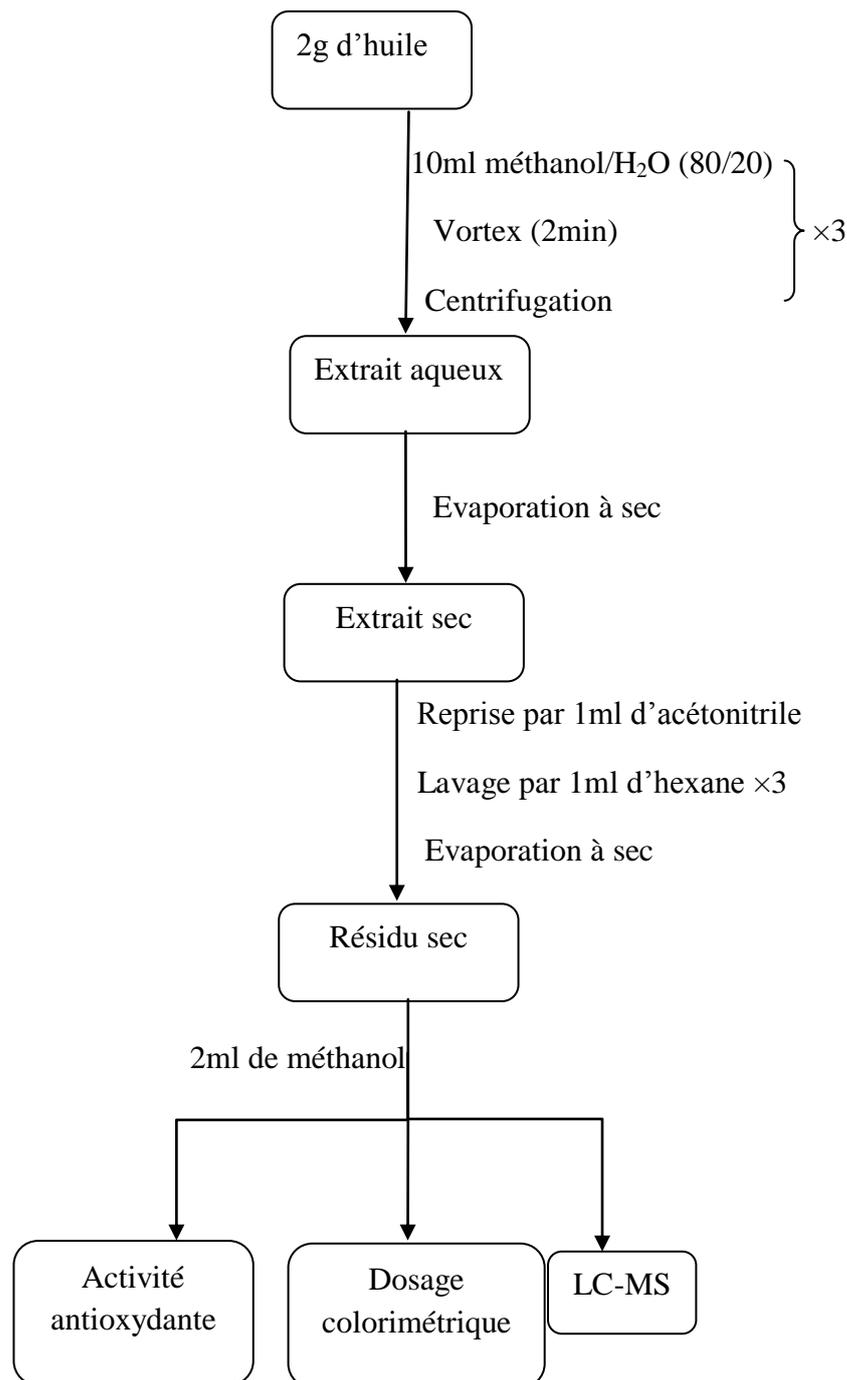


Figure 09 : Schéma d'extraction des composés phénoliques

➤ *Dosage colorimétrique*

La teneur en composés phénoliques des différents extraits de l'huile d'argan a été mesurée par la méthode de Folin-Ciocalteu selon MONTEDORO *et al.* (1992). Cette technique est basée sur la réduction en milieu alcalin de la mixture phosphotungstique (WO₄²⁻) phosphomolybdique (MoO₄²⁻) de réactif de Folin par les groupements oxydables des composés phénoliques, conduisant à la formation de produits de réduction de couleur

bleue. Ces derniers présentent un maximum d'absorption à 765 nm dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de polyphénols présente dans l'échantillon.

1 ml de réactif de Folin (10 fois dilué) est ajouté à 200 µl d'échantillon ou standard (préparés dans le méthanol) avec des dilutions convenables. Après 3 min, 800 µl d'une solution de carbonate de sodium (75 mg / ml) sont additionnés au milieu réactionnel. Après 1 h. d'incubation à température ambiante l'absorbance est mesurée à 765 nm.

La concentration des polyphénols totaux est calculée à partir de l'équation de régression de la gamme d'étalonnage établie avec l'acide gallique (tableau V ; annexe 01) et est exprimée en mg d'équivalent d'acide gallique par kilogramme d'huile (mg EAG / Kg d'huile).

Tableau V : Préparation courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

Tube	Acide gallique 0.1 mg / ml (µl)	Folin-Ciocalteu (ml)	Na₂CO₃ (75 g / L)	Eau distillée (µl)	Acide gallique (µg)
Blanc	00	1	800	1000	00
01	40	1	800	960	02
02	80	1	800	920	04
03	120	1	800	880	06
04	160	1	800	840	08
05	200	1	800	800	10

➤ **Identification et quantification par LC-MS**

La séparation des composés phénoliques par HPLC a été réalisée par un appareil de marque PERKIN ELMER muni d'un détecteur DAD. La quantification a été effectuée par étalonnage externe en utilisant l'acide gallique comme standard et l'identification par couplage à la spectroscopie de masse.

L'analyse a été effectuée sous les conditions suivantes :

- Phase stationnaire C₁₈ (Longueur 15cm).
- Phase mobile : système binaire
A : Eau distillée à 2% d'acide acétique.
B : méthanol.
- Programmation du gradient :
0 min : 95 % (A) ; 5 % (B).
15 min : 75 % (A) ; 25 % (B).
20 min : 60 % (A) ; 40 % (B).
24 min : 50 % (A) ; 50 % (B).
De 25 à 50 min 0 % (A) ; 100 % (B).
- Débit : 0,8 ml/min.
- Boucle d'injection : 20 µl.
- Température du four : 30 °C.
- longueur d'onde $\lambda = 280$ nm.
- Détecteur : DAD.

L'identification par MS a été effectuée selon les conditions suivantes :

- Mode d'ionisation: Impact électronique
- Energie: 70 eV
- Analyseur: quadripôle
- Délai de solvant: 5.9 mn
- Mode : Balayage full scan entre 20.00 et 470.00 dalton.

1.2.3. Etude de l'activité antioxydante

a. Test DPPH

L'activité anti radicalaire des différents extraits méthanoliques, de la fraction insaponifiable et de l'huile entière a été évaluée par la mesure de piégeage du radical DPPH, selon le protocole décrit par FERNANDEZ-OROZC *et al.* (2011).

Dans ce test les antioxydants réduisent le DPPH de couleur violette en un diphenylpicryl-hydrazine de couleur jaune, dont l'intensité de la couleur est inversement

proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à donner des protons (figure 10) (SANCHEZ-MORENO, 2002).

La solution du DPPH est préparée par solubilisation de 4 mg de DPPH dans 100 ml de méthanol pour les extraits méthanoliques (composés phénoliques) et dans 100 ml d'hexane pour l'insaponifiable et l'huile. 10 μ L des solutions d'extraits ou du standard (acide ascorbique ou BHT) à différentes concentrations sont ajoutés à 1ml de la solution du DPPH (0,004 %), le mélange est laissé à l'obscurité pendant 30 min à 25 °C et la décoloration par rapport au contrôle négatif contenant uniquement la solution de DPPH est mesurée à 517 nm. L'activité antioxydante, qui exprime la capacité de piéger le radical libre est estimée par le pourcentage de décoloration du DPPH selon l'équation:

$$IC (\%) = [(Abs_{contrôle} - Abs_{échantillon}) / Abs_{contrôle}] \times 100$$

IC (%) : Le pourcentage d'inhibition du DPPH.

Abs : L'absorbance à la longueur d'onde 517 nm.



Figure 10 : Structure du DPPH et de sa forme réduite (SANCHEZ-MORENO, 2002).

b. Test du blanchissement du β -carotène

Dans ce test la capacité antioxydante des extraits est déterminée en mesurant l'inhibition de la dégradation oxydatif du β -carotène (décoloration) par les produits d'oxydation de l'acide linoléique selon la méthode décrite par KARTAL et al (2007). L'émulsion de β -carotène /acide linoléique est préparée par solubilisation de 2 mg de β carotène dans 1 ml du chloroforme, 2mg de l'acide linoléique et 200 mg de Tween 40 sont additionnés, le chloroforme est complètement évaporé au rotavapeur, par la suite 100 ml d'eau distillée saturée en oxygène sont ajoutés, l'émulsion résultante est agitée vigoureusement. 350 μ L de solution d'extraits ou d'antioxydants de référence (Acide

ascorbique et BHT) solubilisé dans du méthanol (2 mg/ml) sont additionnés à 2,5 ml de l'émulsion précédente.

Les absorbances ont été lus à 490 nm après 48 heures. L'activité antioxydante relative des extraits (AAR) est calculée selon l'équation suivante :

$$AAR = [Abs\ t=48h\ (échantillon) / Abs\ t=48h\ (BHT)] \times 100$$

1.4. Analyse statistique

Les analyses de la variance ont été réalisées par le logiciel XL-STAT Pro 7.5. Quelques expériences ont été faites en double et d'autres en triple. Les résultats ont été présentés par la moyenne avec son écart type (n= 2 ou 3) pour chaque cas. Les différences entre les huiles, par test ANOVA à deux facteurs (forme de fruite et région) suivi du test Tukey. Les différences ont été considérées significatives à $P < 0,05$.

Résultats et discussions

Partie III : Résultats et discussions

Les résultats que nous avons obtenus seront présentés et discutés comme suite :

Dans une première partie, nous présenterons les résultats obtenus des analyses de la fraction saponifiable des huiles (acides gras triglycérides) et de la fraction insaponifiable (tocophérols, stérols et composés phénoliques).

La deuxième partie sera réservée aux résultats ayant trait à l'activité antioxydante des extraits méthanoliques, de la fraction insaponifiable et de l'huile entière.

Chapitre 1 : Etude analytique de l'huile

1.1. Détermination du rendement en huile

L'huile d'argan extraite des amandes a une couleur dorée ambrée (jaune pâle) et une odeur caractéristique de noisette.

Les rendements obtenus en fonction des régions de provenance et de la forme des noyaux, sont représentés dans la figure 11.

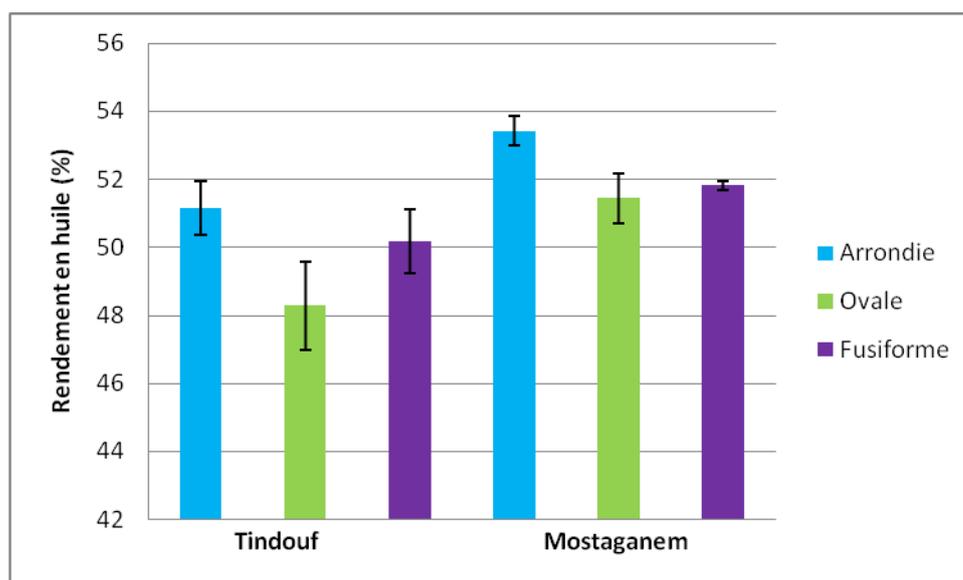


Figure 11 : Variation du rendement en huile en fonction de la région de provenance et de la forme des noyaux.

Nous constatons que les meilleurs rendements sont obtenus avec les amandes des noyaux de la RM. Quelle que soit leurs formes, ce sont toujours les noyaux RM qui fournissent les meilleurs rendements comparativement à ceux de la RT. Le meilleur rendement (53,42 %) a été obtenu avec les noyaux de forme arrondie, suivis des formes fusiformes (51,93 %) puis ovales (51,03 %). Les bonnes performances des formes arrondies se manifestent aussi avec les noyaux RT (51,16 %). L'analyse de la variance a révélé un effet hautement significatif de la forme et de la provenance géographique des noyaux ($P < 0,0001$) sur les rendements en huile.

La comparaison de nos résultats avec ceux rapportés par la littérature montre que les différences varient d'une étude à une autre. En effet, certains auteurs, ayant travaillé sur l'arganier algérien, évoquent des rendements allant de 33,98% (BELARBI-BENMAHDI et *al.*, 2009) à 36 % (YOUSFI et *al.*, 2009). D'autres travaux conduits sur l'arganier marocain rapportent des rendements maximaux de l'ordre de 52 % (MOUNTASSER et El HADEK, 1999) à 55 % (CHARROUF, 1998).

Les différences de rendement enregistrées entre les noyaux de la RM et ceux de la RT peuvent être attribuées aux conditions climatiques dans lesquelles évoluent les arbres producteurs de fruits. En effet, les noyaux RM dont les rendements étaient meilleurs sont produits par des arbres qui poussent dans un climat semi-aride (littoral de Mostaganem), favorable aux plantes. Les noyaux RT, quant à eux, sont produits dans un climat désertique aride (Tindouf), très déficient en eau et par voie de conséquence, cela se répercute négativement sur l'activité métabolique de la plante. L'influence de l'humidité relative et des précipitations sur les rendements est signalée par El ABOUDI et *al.* (1991) et PELTIER et *al.* (1992). A cela, s'ajoute aussi le facteur génotypique qui peut jouer un rôle déterminant sur le rendement en huiles.

L'effet génotypique se manifeste clairement lorsque les rendements obtenus sont comparés en fonction des formes de noyaux. Les bonnes aptitudes des noyaux arrondis par rapport aux autres formes étaient très visibles. Selon HILALI et *al.* (2005), les différences de rendements enregistrées étaient dues à l'effet génotypique existant entre les arbres sur lesquels les fruits ont été récoltés, ainsi qu'à l'origine géographique.

1.2. Etudes de la composition chimique de l'huile

L'huile d'argan est, comme toute huile végétale, composée principalement de deux fractions : une, saponifiable, constituées d'acides gras (AG) organisés sous forme de triglycérides et une autre insaponifiable regroupant des proportions mineures de substances diverses (FELLAT-ZARROUCK *et al.*, 1987).

1.2.1. Détermination de la fraction saponifiable

a. Détermination des acides gras

L'identification de la composition en AG des huiles d'argan a été réalisée par CPG. Les résultats présentés dans le tableau VI et ceux figurant dans les profils chromatographiques (annexe 2), montrent que les AG majoritaires présents dans tous les échantillons d'huiles analysées sont représentés par ordre d'importance par : l'acide oléique, l'acide linoléique, l'acide palmitique et l'acide stéarique.

Tableau VI : Composition des huiles d'argan en acides gras (AG) (%) en fonction des régions et des formes de noyaux.

Forme AG	RT			RM		
	Arrondie	Ovale	Fusifforme	Arrondie	Ovale	Fusifforme
C14 :0	0,11 ± 0,02	0,14 ± 0,02	0,10 ± 0,03	0,13 ± 0,04	0,11 ± 0,03	0,12 ± 0,05
C16 :0	13,08 ± 0,007	13,66 ± 0,522	13,41 ± 0,97	12,93 ± 0,40	12,81 ± 0,06	11,88 ± 0,18
C16 :1	0,14 ± 0,02	0,11 ± 0,02	0,13 ± 0,01	0,13 ± 0,05	0,08 ± 0,008	0,07 ± 0,001
C18 :0	6,53 ± 0,06	5,45 ± 1,00	6,25 ± 0,16	6,28 ± 0,05	5,30 ± 0,21	4,88 ± 0,21
C18 :1	49,48 ± 0,20	48,85 ± 0,70	49,00 ± 0,96	48,69 ± 0,63	46,16 ± 0,59	47,72 ± 0,35
C18 :2	29,00 ± 0,008	30,10 ± 0,37	29,28 ± 0,10	29,97 ± 0,67	34,31 ± 0,11	34,32 ± 0,19
C18 :3	0,07 ± 0,002	0,09 ± 0,002	0,06 ± 0,009	0,06 ± 0,002	0,09 ± 0,003	0,11 ± 0,002
C20 :0	0,37 ± 0,005	0,35 ± 0,09	0,38 ± 0,02	0,39 ± 0,01	0,29 ± 0,02	0,29 ± 0,04
C20 :1	0,12 ± 0,04	0,33 ± 0,03	0,28 ± 0,09	0,32 ± 0,04	0,34 ± 0,03	0,40 ± 0,02
AGS	20,09 ± 0,48	19,60 ± 1,65	20,14 ± 0,89	19,73 ± 1,12	18,51 ± 0,98	17,28 ± 1,31
AGI	79,91 ± 2,51	80,40 ± 2,45	79,86 ± 1,49	80,27 ± 2,02	81,49 ± 1,89	82,72 ± 1,78

Les résultats du tableau VI montrent que les acides gras insaturés (AGI) totaux représentent les constituants dominants chez toutes les huiles analysées quelles que soit leurs provenances ou la forme de leurs noyaux. Leurs teneurs oscillent entre 79,86 et 82,72%. L'analyse de la variance ne révèle aucune différence significative entre les teneurs en AGI des huiles RT et RM ($P = 0,170$). De même, l'analyse montre que la forme des noyaux ne semble pas influencer significativement les teneurs en AGI des huiles quelle que soit leur provenance ($P = 0,813$ pour la RT et $0,98$ pour la RM). Les teneurs en AGI de nos huiles ne sont pas assez différentes des huiles Marocaines (CHARROUF, 1998 ; AFSSA, 2002 ; HILALI *et al.*, 2005) ou Algériennes (YOUSFI *et al.*, 2009 ; BELARBI-BENMAHDI *et al.*, 2009).

Les acides gras insaturés (AGI) sont représentés principalement par l'acide oléique (Oméga 9) et l'acide linoléique (Oméga 6) dans l'ensemble des huiles analysées. Les huiles RT se révèlent légèrement plus riches en acide oléique (48,85 à 49,48 %) comparativement aux huiles RM (46,16 à 48,69 %) et cela quelle que soit les formes de fruits. Ces différences sont confirmées par l'analyse de variance ($P=0,003$). Nous avons noté aussi que les huiles dérivant de noyaux arrondis des deux régions sont les plus riches en acide oléique que celles des autres formes. Malgré les quantités appréciables en cet acide dans nos huiles, sa teneur reste légèrement en deçà des résultats signalés par KOUIDRI (2008) (50,30 %) ; BELARBI-BENMAHDI *et al* (2009) (52,6 %) et YOUSFI *et al* (2009) (52,86 %) sur des huiles de Tindouf.

La confrontation de nos résultats avec ceux de la bibliographie révèlent que nos huiles (particulièrement celles de Tindouf) sont légèrement plus riches (49,48 %) en acide oléique que celles du Maroc (46,4 %) CHARROUF (1998). La richesse d'une huile en acide oléique lui confère d'excellentes valeurs nutritionnelles et nutraceutiques (MOULIN, 2007).

Concernant l'acide linoléique, ce sont les huiles RM extraites des noyaux fusiformes qui fournissent les meilleures teneurs (34,32 %) (Tableau VI). Quant aux huiles RT, les meilleurs résultats ont atteint les 31,10 % avec la forme ovale. L'analyse statistique a mis en évidence une différence hautement significative entre les huiles RT et RM ($P = 0,003$) en terme de teneur en acide linoléique. Ces valeurs sont en accords avec celles obtenues sur les huiles RM (36,80 %) et RT (28,99 %) lors d'une étude conduite par KOUIDRI (2008). Par rapport à d'autres études conduites sur les huiles de Tindouf, nos huiles

paraissent plus riches en acide linoléique. En effet, selon BELARBI-BENMAHDI *et al.* (2009) le taux d'acide linoléique a atteint seulement les 18,1 % alors que YOUSFI *et al.* (2009) évoquent un taux de 25 %. Il y a lieu de noter que ces études n'ont pas pris en considération l'influence que peut avoir la forme des noyaux sur la composition chimique des huiles.

Les oméga-6 sont des acides gras très importants pour l'organisme. Ils serviront au fonctionnement du système nerveux et cardiaque, ainsi qu'au maintien des membranes cellulaires. Les acides gras insaturés jouent un rôle essentiel dans la prévention contre les maladies cardiovasculaires et la famille des omégas 6 est indispensable à la croissance de l'enfant (CHARROUF, 2002).

S'agissant des autres composés tels que l'acide palmitoléique, l'acide linoléique et l'acide gadoléique, ils sont présents dans nos huiles en faibles quantités. Les meilleurs taux enregistrés sont de l'ordre de 0,14 % (l'acide palmitoléique), 0,11 % (l'acide linoléique) et 0,40 % (l'acide gadoléique). Selon l'analyse de variance, les teneurs de ces trois acides gras changent de manière significative selon l'origine des huiles (la provenance) ($P = 0,009$; $0,014$; $0,011$) et aussi selon la forme des noyaux surtout pour l'huiles RM.

Pour ce qui est du groupe des acides gras saturés (AGS) totaux, nous constatons à travers les résultats (Tableau VI) que leurs teneurs dans les différentes huiles analysées varient selon l'origine (provenance) et pour une même huile, selon la forme des noyaux. En effet, les taux en AGS varient entre 19,60 et 20,14 % dans l'huile RT et entre 17,28 et 19,73 % dans l'huile RM. L'analyse de variance confirme ces différences de manière significative entre les huiles des deux régions ($P = 0,027$). Cependant les formes de noyaux semblent n'avoir aucun effet significatif sur les teneurs en AGS totaux ($P = 0,813$ pour RT et $0,088$ pour RM).

Selon les résultats du tableau VI, nous relevons, chez l'ensemble des huiles analysées, la prédominance de deux constituants majoritaires des AGS qui sont : l'acide palmitique et l'acide stéarique. Ces mêmes constituants ont été signalés, dans plusieurs autres études, comme majoritaires dans la composition des huiles d'argan d'Algérie (KOUIDRI, 2008 ; BELARBI-BENMAHDI *et al.*, 2009 ; YOUSFI *et al.*, 2009) et du Maroc (YEGHMUR *et*

al., 2001 ; CHARROUF, 2002 ; KHALLOUKI et *al.*, 2003 ; CHARROUF et GUILLAUME, 2008).

A propos de l'acide palmitique, son meilleur taux (13,66 %) a été enregistré avec les huiles RT. L'effet forme des noyaux ne semble pas influencer de façon significative la teneur en cet acide gras. Avec les huiles RM, le meilleur taux (12,93 %) a été enregistré avec les formes arrondies. Les teneurs en acide palmitique présentes dans nos huiles ne sont pas aussi différentes de celles rapportées par de nombreux auteurs notamment CHARROUF (2002) : 13,9 % et YOUSFI et *al* (2009) : 14,6 5%.

Quant à l'acide stéarique, les meilleures réponses ont atteint 6,53% avec les huiles RT et 6,28 % avec les RM (Tableau VI). On note cependant que l'analyse de variance montre qu'il n'existe aucun effet significatif de la provenance des huiles sur les teneurs en cet AGS ($P = 0,083$). Les teneurs en acide stéarique de nos huiles sont en accord avec celles citées dans d'autres travaux : 5,6 % (CHARROUF, 2002) ; 6,00 %.(BELARBI-BENMAHDI et *al.*, 2009).

Pour le reste des composés identifiés, lors de cette étude, comme l'acide mystérique et l'acide arachidique, ils se présentent en faibles quantités qui ne dépassent guère les 0,38 % sans aucune différence significative entre les régions ou les formes des noyaux.

De manière générale, les variations notables dans la composition en acides gras des différentes huiles d'argan pourraient être attribuées à divers facteurs, notamment, à l'origine géographique ou à l'environnement dans lequel poussent les arbres qui produisent ces huiles. En effet, certains chercheurs ont noté que les teneurs en acide palmitique et en acide linoléique des huiles d'argan augmentent avec l'altitude. Même l'acide oléique semble augmenter avec la pluviométrie (FELLAT-ZARROUK et *al.*, 1987 ; MAURIN, 1992). Le facteur génotypique et les procédés d'extraction des huiles peuvent être aussi à l'origine de ces variations dans la composition chimiques des huiles (CHARROUF, 1998 ; HILALI et *al.*, 2005 et RAHMANI, 2005).

b. Détermination des triglycérides

L'identification des triglycérides (TG) contenus dans nos huiles a été effectuée par HPLC. L'étude nous a permis d'identifier neuf composés qui représentent plus de 97% de la fraction des triglycérides. Les cinq composés majoritaires sont la trioléine (OOO) (17,23 - 21,22 %) ; le dioléo-linoléine (OOL) (18,12 - 20,94 %), l'oléo-dilinoléine (LLO) (13,64 - 16,32 %) ; la lio-palmito-stéarine (LPS) (9,09 - 12,95 %) et la palmito-dioléine (POO) (9,46 - 11,51 %) (Tableau VII et annexe 3).

Tableau VII: Composition des huiles d'argan en triglycérides (TG) (%) en fonction des régions et des formes de noyaux.

TG \ Forme		RT			RM		
		Arrondie	Ovale	Fusifforme	Arrondie	Ovale	Fusifforme
LLL		5,11 ± 0,23	4,92 ± 0,05	4,62 ± 0,27	5,51 ± 0,09	3,93 ± 0,03	4,34 ± 0,04
LLO		13,64 ± 0,61	13,68 ± 0,11	13,81 ± 0,22	16,32 ± 0,06	14,11 ± 0,05	15,06 ± 0,12
OOL		18,35 ± 0,37	18,12 ± 0,56	18,22 ± 0,34	20,94 ± 0,04	19,40 ± 0,20	20,26 ± 0,13
POL		5,99 ± 0,67	5,86 ± 0,31	6,14 ± 0,07	8,63 ± 0,03	8,55 ± 0,06	8,85 ± 0,05
OOO		18,43 ± 0,15	17,68 ± 0,15	17,23 ± 0,23	19,40 ± 0,40	21,07 ± 0,07	21,22 ± 0,10
POO		10,24 ± 0,72	11,51 ± 0,01	11,24 ± 0,40	9,46 ± 0,04	9,75 ± 0,07	9,75 ± 0,09
LPS		12,69 ± 0,81	12,04 ± 0,03	12,08 ± 0,11	9,09 ± 0,02	12,13 ± 0,07	12,95 ± 0,05
SOO		3,49 ± 0,20	3,95 ± 0,06	3,25 ± 0,33	2,77 ± 0,01	3,60 ± 0,05	4,35 ± 0,39
POS		3,12 ± 0,03	3,03 ± 0,05	2,91 ± 0,20	1,17 ± 0,01	1,34 ± 0,02	1,14 ± 0,02

Les résultats du tableau VII montrent que les huiles RM sont riches en OOL, OOO et en LLO que celles de la RT. Cela est confirmé par l'analyse de variance ($P < 0,0001$). Dans la RM, les teneurs en ces trois TG semblent varier selon la forme des noyaux. Ce sont les formes arrondies avec l'OOL et LLO et les formes fusiformes et ovales avec l'OOO qui fournissent les meilleurs taux. Avec la RT, les formes des noyaux n'ont pas eu d'effet significatif sur les teneurs en OOL et LLO. C'est plutôt avec l'OOO qu'elles ont été influentes. Les huiles des formes arrondies donnent les meilleures teneurs.

En ce qui concerne la POO, les huiles RT (10,24 - 11,51 %) sont plus riches que celles de la RM (9,46 - 9,75 %) pour les trois formes des noyaux. C'est avec les huiles dérivant des formes ovales et fusiformes que les meilleurs pourcentages de POO ont été décelés. L'analyse de variance a mis en évidence une différence hautement significative entre les deux régions. L'effet forme des noyaux sur le rendement en POO est très significatif avec les huiles RM ($P = 0,002$) et insignifiant avec RT ($P = 0,037$).

Le seul constituant parmi les TG qui se rencontre à des concentrations identiques dans l'ensemble des huiles quelles que soient leurs provenances, est le LPS ($P = 0,171$). Sa teneur varie de 12,04 à 12,69% dans la RT et de 9,09 à 12,95 % dans la RM.

Les triglycérides non majoritaires sont présentés essentiellement par : trilinoléine (LLL) (3,93 - 5,51%), palmito-oléo-linoléine (POL) (5,86 - 8,85 %), stéaro-dioléine (SOO) (2,77 - 4,35 %) et palmito-oléo-stéarine (POS) (1,14 - 3,12 %).

La composition de nos huiles en TG, surtout en termes de constituants, n'est pas aussi différente des autres huiles d'argan selon les résultats de nombreuses études (FARINES et *al.*, 1984); FELLAT-ZARROUCK, 1987; MAURIN, 1992; CHARROUF, 1998; HILALI et *al.*, 2005; KOUIDRI, 2008 et YOUSFI et *al.*, 2009). Les variations, sont enregistrées surtout dans les proportions des constituants qui semblent varier d'une huile à une autre. Nos huiles semblent être plus riches par exemple en OOL, OOO, LPS et LLL par rapport aux autres huiles (FELLAT-ZARROUK, 1987; MAURIN, 1992; CHARROUF, 1998; KOUIDRI, 2008; YOUSFI et *al.*, 2009).

Comme pour les autres constituants, la présence des triglycérides dans les huiles est tributaire de deux facteurs essentiels qui sont : le facteur génotypique et le facteur

environnemental. A cela s'ajoute aussi d'autres facteurs secondaires comme les procédés d'extraction des huiles (MAURIN, 1992 ; CHARROUF, 1998 ; HILALI et *al.*, 2005 et RAHMANI, 2005).

Conclusion

Les résultats de la composition de la fraction saponifiable ont permis de conclure que nos huiles sont très riches en AGI (79,86 - 82,72 %). Ces derniers sont représentés principalement par l'acide oléique (Oméga 9) et l'acide linoléique (Oméga 6). Nos huiles sont donc de type oléique - linoléique. Les AGI minoritaires ($\leq 0,40$ %) sont représentés par l'acide palmitoléique, l'acide linoléique et l'acide gadoléique.

La fraction des AGS ne représente que 17,28 à 20,14 % des AG totaux. L'acide palmitique et l'acide stéarique sont les deux principaux AGS. Alors que l'acide mystérique et l'acide arachidique ne sont présents qu'en faibles quantités ($\leq 0,38$ %).

La composition en TG de nos huiles, n'est pas aussi différente des autres huiles d'argan selon les résultats rapportés par de nombreuses études. Les différences sont notables surtout sur le plan quantitatif et non qualitatif. En effet, nos huiles semblent être plus riches par exemple en OOL, OOO, LPS et LLL par rapport aux autres huiles.

1.2.2. Détermination des insaponifiables

a. Teneur en insaponifiables

Malgré sa faible teneur dans l'huile, la fraction insaponifiable revêt une importance capitale à cause des composés nobles (tocophérols, stérols et composés phénoliques) qu'elle contient (RAHMANI, 2007). Les meilleures teneurs en insaponifiables ont atteint les 1,57 % avec les huiles RM et 1,30 % avec la RT (figure 12).

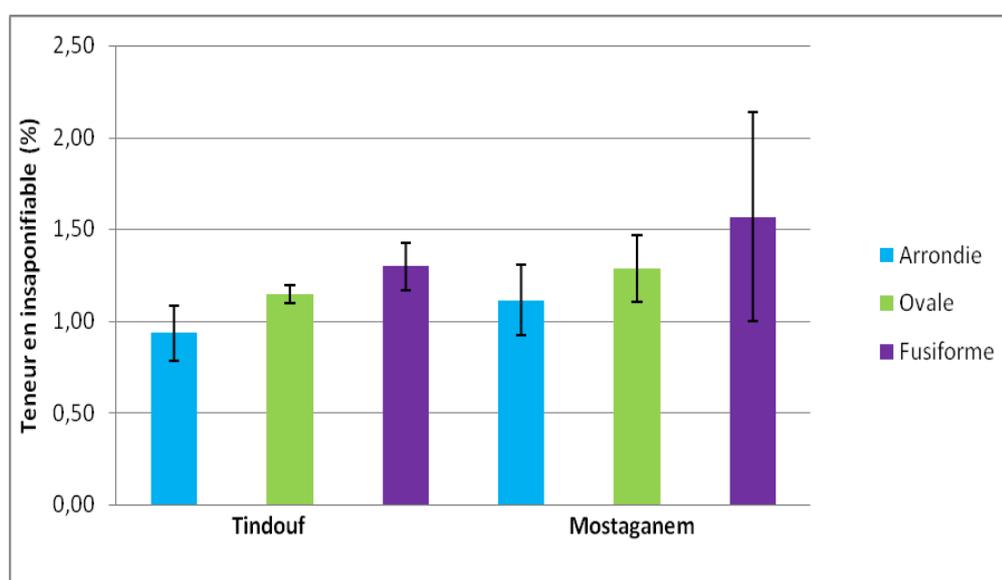


Figure 12 : Teneurs en insaponifiables des huiles en fonction des régions et des formes des noyaux.

Le paramètre région n'a pas eu un effet significatif sur les rendements en insaponifiable ($P = 0,176$). Par ailleurs, pour les huiles d'une même région, la composition en insaponifiables est faiblement influencée ($P = 0,026$) (cas de la RT) ou pas du tout influencé (cas de la RM) par l'effet forme.

La comparaison de nos résultats avec ceux obtenus par KOUIDRI (2008) confirme la similitude entre les teneurs en insaponifiables trouvées chez les huiles des deux régions. Nos résultats sont aussi proches des taux en insaponifiables trouvés chez d'autres huiles d'argan et qui varient : de 0,36 à 1,1 % (MAURIN, 1992), de 1,03 % (CHARROUF, 1998), de 0,3 à 1,1 % (YAGHMUR et *al.*, 2001), de 0,34 à 0,56 % (HILALI et *al.*, 2005), de 1,46 à 1,71 % (KOUIDRI, 2008).

b. Détermination des tocophérols

Les tocophérols comptent parmi les constituants essentiels de la fraction insaponifiable. Ce sont des composés antioxydants largement distribués dans les plantes et qui confèrent aux huiles une grande valeur nutritive.

L'analyse chimique effectuée par HPLC, nous a permis de déterminer qualitativement les tocophérols totaux présents dans nos huiles. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau VIII et les profils chromatographiques (annexe 04).

Tableau VIII : Compositions des huiles en tocophérols en fonction des régions de et des formes des noyaux.

Provenance des huiles		Tocophérols	α -tocophérol (mg/kg)	γ -tocophérol (mg/kg)	δ -tocophérol (mg/kg)	Total (mg/kg)
RT	Arrondi		5,63 ± 0,41	555,37 ± 28,68	108,72 ± 4,20	669,71 ± 16,57
	Ovale		4,12 ± 0,74	553,84 ± 17,69	89,29 ± 6,57	647,25 ± 15,54
	Fusifforme		5,07 ± 0,13	619,65 ± 6,81	100,21 ± 5,57	724,94 ± 13,38
RM	Arrondi		72,92 ± 8,64	622,03 ± 11,92	60,46 ± 0,96	755,46 ± 12,34
	Ovale		82,04 ± 8,11	593,39 ± 14,53	43,70 ± 3,22	719,14 ± 06,23
	Fusifforme		45,00 ± 3,72	702,26 ± 4,76	33,47 ± 1,50	780,78 ± 12,98

Nous relevons que les huiles RM, quelle que soit la forme des noyaux, contiennent des concentrations plus importantes (719,14 à 780,78 mg/kg) en tocophérols totaux comparativement aux huiles RT (647,25 à 724,94 mg/kg). L'analyse de variance montre un effet significatif dans la concentration en tocophérols des huiles selon les régions ($P < 0,013$).

Les concentrations en tocophérols totaux de nos huiles sont presque identiques avec les taux annoncés par KOUIDRI (2008) sur des huiles extraites de la RM. Selon YOUSFI et al (2009) les huiles RT sont plus fournies en tocophérols que les notre. On note par ailleurs que certaines études conduites sur des huiles Marocaines montrent que les

concentrations en tocophérols sont moins importantes par rapport à nos résultats. En effet, les concentrations rapportées par la bibliographie oscillent généralement entre 629 et 660 mg/kg (KHALLOUKI et *al.*, 2003 ; RAHMANI, 2005).

L'huile d'argan est relativement riche en tocophérols (700 mg/kg) comparativement à huile d'olive (320 mg/kg) (RAHMANI, 1989 ; CHARROUF, 1998). Cette teneur s'avère considérable et constitue une spécificité de l'huile d'argan comparativement à d'autres huiles.

En plus du dosage des tocophérols totaux, l'analyse de nos huiles par HPLC nous a permis d'identifier et de quantifier les différents vitamères des tocophérols. Trois isomères ont été clairement séparés, il s'agit de : γ - tocophérol ; α - tocophérol (vitamine E), et δ - tocophérol.

Le γ -tocophérol constitue le vitamère majoritaire avec des concentrations allant de 553,84 mg/kg (85,46 %) à 619,65 mg/kg (85,4 9%) pour la RT, et de 593,39 mg/kg (82,65%) à 702,26 mg/Kg (89,94%) pour la RM. L'analyse de variance montre que la région n'a pas un effet significatif sur la teneur en ce constituant ($P = 0,032$). Il est à signaler que la forme fusiforme présente toujours les meilleurs taux en γ -tocophérols dans les deux régions.

La comparaison de nos résultats avec ceux rapportés par la littérature sur des huiles d'origines marocaines, montre que nos huiles sont plus riches en γ -tocophérols. En effet KHALLOUKI et *al.* (2003) ont signalé un taux de 480 mg/kg (75 %). Selon CHARROUF, (2002) le γ -tocophérol représente 83 % des tocophérols totaux.

Cependant nos résultats confirment les études menées sur l'huile d'argan Algérienne notamment KOUIDRI (2008) : de 555,83 mg/kg (84,6 %) pour la RT à 689 mg/kg (92 %) pour la RT et YOUSFI et *al.* (2009) : 700 mg/kg (68 %).

En ce qui concerne l' α - tocophérol, l'analyse révèle sa présence en quantité importante surtout dans les huiles RM. En effet, ce vitamère représente de 5,76 à 11, 26 % des tocophérols totaux (avec des teneurs allant de 45 à 82,04 mg/kg) alors qu'il ne représente chez les huiles RT que 0,7 à 0,84% (4,12 à 5,63 mg/kg). D'après l'analyse de variance, la différence en vitamine E est hautement significative entre les huiles des deux régions et c'est les huiles RM qui semblent l'emporter ($P < 0,0001$). Le paramètre forme

des noyaux chez les huiles RM n'a pas eu d'effet significatif sur la composition en α -tocophérol ($P = 0,173$).

La richesse des huiles RM par rapport aux huiles RT en α -tocophérols a été signalée par KOUIDRI (2008). Cependant les teneurs enregistrées chez les huiles de la RT restent faibles par rapport à ceux rapportées par la littérature. Les taux signalés par ces auteurs varient de 45 mg/kg (7 %) à 57 mg/kg (6,5 %) pour KHALLOUKI et al (2003) et HILALI et al (2005) respectivement.

Quant au δ -tocophérol, l'analyse révèle qu'il est présent dans nos huiles mais à des concentrations variable selon les régions. Les meilleurs résultats sont obtenus avec les huiles RT. Les concentrations varient de 13,8 % à 16,16 % (89,29 à 108,72 mg/kg) chez les huiles RT contre 4,29 % à 8 % (33,47 à 60,46 mg /kg) chez les huile RM. L'analyse statistique a montré un effet hautement significatif de l'origine géographique mais pas de la forme des noyaux ($P = 0,194$).

Les taux avancés par la bibliographie concernant le δ -tocophérol varient d'un auteur à un autre. Certains auteurs avancent des taux de 18 % (122 mg/kg) (KHALLOUKI et al, 2003), de 0,9 % à 2,5 % (5,64 à 18,66 mg/kg) (KOUIDRI, 2008), de 0,28 % (2,86 mg/kg) (YOUSFI et al., 2009).

Les tocophérols sont des antioxydants naturels, rencontrés dans les huiles végétales sous quatre formes, l' α -tocophérol, le β -tocophérol, le γ -tocophérol et le δ -tocophérol. Si l' α -tocophérol (vitamine E) a la plus grande activité biologique (vitaminique), le γ -tocophérol a le pouvoir antioxydant le plus élevé. Riche en gamma-tocophérol, l'huile d'argan est un nutraceutique de grande valeur.

c. Détermination des stérols

Le fractionnement des stérols par HPLC, nous à déceler quatre (04) phytostérols qui sont par ordre d'importance : le schotténol, le spinastérol, le stigmastérol-8-22-diène- β -ol et le delta-7-avenastérol (tableau IX et annexe 5).

Tableau IX : Composition des huiles en stérols (en %) en fonction des régions de et des formes des noyaux.

Forme Composés	RM			RT		
	Arrondie	Ovale	Fusifforme	Arrondie	Ovale	Fusifforme
Schotténol	46,54 ± 1,31	49,02 ± 1,59	47,64 ± 1,23	46,69 ± 1,87	47,12 ± 1,48	46,76 ± 1,76
Spinastérol	41,45 ± 1,42	39,82 ± 1,12	42,34 ± 0,98	39,97 ± 1,34	39,62 ± 1,43	39,76 ± 1,32
Stigma-8-22-diène- β -ol	5,50 ± 0,12	4,50 ± 0,21	5,19 ± 0,22	10,14 ± 0,54	8,47 ± 0,58	7,67 ± 0,43
Delta-7-avenastérol	4,95 ± 0,14	6,24 ± 0,20	4,23 ± 0,16	3,18 ± 0,13	4,38 ± 0,18	5,22 ± 0,19

Selon les résultats du tableau IX, le schotténol constitue le stérol majoritaire dans les différentes huiles d'argan analysées. Les meilleures concentrations sont atteintes avec les huiles RM et 47,12 % avec les RT. On note, cependant, qu'il n'existe aucune différence significative entre les teneurs du schotténol des huiles des deux régions ($P = 0,465$).

Le spinastérol est le second stérol identifié dans nos huiles. Il compte parmi les constituants majoritaires des stérols puisqu'il a enregistré des teneurs de l'ordre de 42,34 avec les huiles RM et 39,97 % avec les huiles RT. Comme pour le stérol précédent, le spinastérol ne semble être influencé ni par l'origine des huiles ($P = 0,155$) ni par les formes des noyaux ($P = 0,984$) selon les résultats de l'analyse de variance.

Quant aux stigma-8-22-diène- β -ol, les huiles de la RT sont plus riches en ce composé que les huiles de la RM et les différences sont hautement significatives ($P < 0,0001$). Les meilleures teneurs enregistrées sont de 10,14 % avec les huiles RT et de 5,50 % avec RM. En effet, dans la RT, la meilleure teneur a été observée avec les noyaux arrondis suivis par les noyaux ovales et fusiformes avec des teneurs moyennes de 8,47 et 7,67 %. Cependant dans la RM, la meilleure teneur a été obtenue avec les noyaux ovales suivis par les noyaux arrondies et fusiformes avec des taux de 4,50 et 5,19 % respectivement. L'analyse statistique a révélé que les formes des noyaux, que ce soit avec les huiles RT ($P = 0,092$) ou RM (0,066) n'a aucun effet significatif sur la teneur en stigma-8-22-diène- β -ol.

S'agissant du constituant « δ -7-avenastérol », sa présence est légèrement plus importante dans les huiles RM (6,24 %) que les RT (5,22 %). L'analyse statistique a mis en évidence une différence hautement significative entre RT et RM ($P = 0,0001$) concernant le delta-7-avenastérol. Pour chaque huile, les proportions en ce stérol varient selon la forme des noyaux. Les trois formes sont statistiquement différentes en termes de ce stérol ($P = 0,011$ pour RT et 0,008 pour RM).

D'après la bibliographie, les études conduites sur les huiles d'argan évoquent toutes la présence de ces quatre stérols. En effet, selon GHARBY et *al.* (2011), la fraction stérolique de l'huile marocaine est composée de 49 % de schotténol, 44 % de spinastérol, 7 % de δ -7-avenastérol et de 5 % du stigma-8-22-diène- β -ol. Ces mêmes composés ont été identifiés par KHALLOUKI et *al.* (2003) et AIT AMI et *al.* (2007). Une de ces études a mis en exergue l'existence d'une corrélation entre la forme des noyaux et la variation quantitative et qualitative des stérols contenus dans l'huile d'argan (AIT AMI et *al.*, 2007).

D'après la bibliographie, la fraction stérolique des huiles d'argan est composée principalement de spinastérol et du schotténol (FARINES et *al.*, 1984). Ce sont des δ -7-stérols, qu'on rencontre rarement dans les huiles végétales. Ces biomolécules sont performantes aussi bien dans le domaine de la revitalisation et de la protection anti-radicalaire de l'épiderme que dans le relancement de l'activité des cellules (JIANG et *al.*, 2000).

Selon CHARROUF (2002), les δ -7-stérols, dont fait partie aussi le δ -7-avenastérol, sont des inhibiteurs de l'enzyme 5 α -réductase, qui convertissent les hormones mâles (testostérone) en dihydrotestostérone (DHT). Les concentrations élevées de DHT peut entraîner des problèmes comme l'acné, la pilosité excessive, la calvitie, et l'hypertrophie de la prostate. L'usage de ce constituant dans la fabrication des produits cosmétiques peut aider à lutter contre l'acné juvénile, la séborrhée et en médicament contre l'hypertrophie bénigne de la prostate (CHARROUF, 2002).

La richesse d'une huile en un de ces constituants est un paramètre qui reste tributaire du facteur génotypique et environnemental. En effet KHALLOUKI (2003) a montré que parmi les facteurs, qui influent sur la teneur en stérols figurent probablement la région d'origine des fruits, la variété des amandes et leur degré de maturité.

d. Dosage et détermination des composés phénoliques

d₁. Dosage colorimétrique

Le dosage des composés phénoliques totaux dans les différentes huiles d'argan a été réalisé par spectrophotométrie, selon la méthode au réactif de Folin Ciocalteu. La teneur en composés phénoliques a été alors calculée à partir de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique (annexe 1), et exprimée en mg d'équivalent d'acide gallique par kilogramme d'huile (mg EAG/kg d'huile).

Les résultats de l'analyse colorimétrique des composés phénoliques totaux sont représentés dans la figure 13.

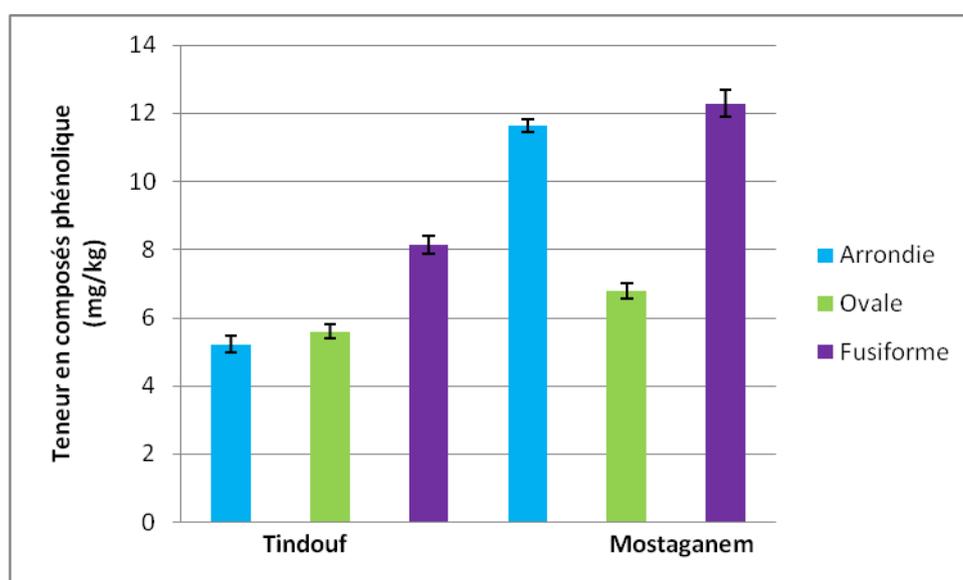


Figure 13 : Teneurs en composés phénoliques totaux des huiles d'argan en fonction des régions et des formes de noyaux.

Les résultats de la figure 13, montrent que nos huiles sont pourvues en composés phénoliques totaux. Ces constituants sont plus abondants dans les huiles RM que RT. Pour une même huile, les teneurs varient aussi en fonction des formes de noyaux. En effet, les niveaux les plus élevés en composés phénolique dans les huiles RM sont issues de noyaux fusiformes (12,29 mg / kg). Les meilleurs résultats avec les huiles RT sont obtenus aussi avec les noyaux fusiformes (8,13 mg/kg). L'analyse statistique a montré des effets hautement significatifs de la région de provenance ($P = 0,001$) et de la formes des noyaux sur les teneurs en composés phénoliques des huiles ($P < 0,0001$).

La présence de composés phénoliques dans les huiles d'argan est aussi rapportée par d'autres auteurs. Leurs concentrations dans l'huile changent selon les auteurs : 3,26 mg/kg (KHALLOUKI *et al.*, 2003), 5,62 mg/kg (CHIMI, 2005), 3,10 à 13,20 mg/kg (ROJAS *et al.*, 2005), 5,01mg/kg (BENARBI-BENMAHDI *et al.*, 2009).

d₂. Dosage chromatographique

L'analyse des composés phénoliques des huiles s'est réalisée par HPLC-MS. Les résultats de cette analyse sont présentés dans le tableau X et dans l'annexe 6 (profils chromatographiques des composés phénoliques).

Tableau X : Composés phénoliques (mg / kg) identifiés par HPLC-MS dans les huiles d'argan en fonction des régions et des formes des noyaux

Forme Composés	RM			RT		
	Arrondie	Ovale	Fusifforme	Arrondie	Ovale	Fusifforme
Hydroxytyrosol	2,61 ± 0,02	1,59 ± 0,05	-	-	-	-
Tyrosol	0,93 ± 0,01	0,70 ± 0,07	0,60 ± 0,02	2,17 ± 0,06	0,77 ± 0,09	0,52 ± 0,12
Acide vanillique	1,50 ± 0,07	0,95 ± 0,16	-	0,93 ± 0,06	1,28 ± 0,1	1,04 ± 0,13
Acide syringique	-	0,29 ± 0,03	1,19 ± 0,07	-	-	-
Vanilline	0,38 ± 0,05	0,37 ± 0,09	0,12 ± 0,03	0,72 ± 0,12	0,52 ± 0,07	0,61 ± 0,10
Acide férulique	0,42 ± 0,12	0,38 ± 0,06	2,33 ± 0,40	0,43 ± 0,04	0,47 ± 0,07	0,44 ± 0,08
Total	5,84 ± 0,82	4,28 ± 0,13	4,24 ± 0,11	4,25 ± 0,12	3,03 ± 0,7	2,61 ± 0,28

D'une manière générale, toutes les huiles analysées sont pourvues de composés phénoliques. La nature des composés phénoliques identifiés et leurs concentrations changent d'une huile à une autre selon l'origine de sa provenance et la forme des noyaux.

Sans tenir compte de la forme des noyaux, le nombre maximal de composés phénoliques identifiés dans les huiles RM est de six (Tableau X). Il s'agit de : l'hydroxytyrosol, le tyrosol, l'acide vanillique, l'acide syringique, la vanilline et l'acide férulique, Ils représentent une concentration totale égale à 4,28 mg/kg. Cependant, ces six

constituants phénoliques ne sont pas forcément présents dans la composition de toutes les huiles RM. En effet, 5 des six composés ont été décelés dans les huiles RM des formes fusiformes et 4 seulement dans les huiles RM des formes arrondies, avec des teneurs totales de 5,84 et 4,14 mg/kg respectivement (Tableau IX). Il est à noter aussi, que l'hydroxytyrosol est le composé majoritaire dans les huiles RM (particulièrement chez les arrondies et ovales).

Dans les huiles RT, seulement 4 composés phénoliques ont été identifiés : le tyrosol, l'acide vanillique, la vanilline et l'acide férulique. Ils représentent des concentrations totales qui varient selon la forme des noyaux : 4,25 mg/kg (fusiforme), 3,03 mg/kg (ovale) et 2,61 mg/kg (arrondie).

Le tableau X montre que les composés phénoliques majoritaires des huiles RT varient selon la forme des noyaux. C'est l'acide vanillique (avec les formes ovales et fusiformes) et le tyrosol (avec les formes arrondies) qui sont dominants.

Les composés phénoliques que nous avons identifiés lors de cette étude sont signalés par de nombreux auteurs. KHALLOUKI et *al.* (2003) signalent la présence de l'acide vanillique, l'acide syringique, le tyrosol et l'acide férulique. D'autres analyses révèlent la présence d'autres composés comme l'acide caféique et l'oleuropéine (CHIMI, 2005). Les différences entre nos résultats et ceux de la littérature peuvent être attribuées à l'origine géographique des fruits (HILALI et *al.*, 2005) mais aussi à l'effet génotypique. Selon ROJAS et *al.* (2005), le procédé d'extraction de l'huile pourrait aussi être à l'origine des variations dans les composés phénoliques des huiles.

Conclusion

La fraction insaponifiable de nos huiles ne représente en fait que 1,57 % avec les huiles RM et 1,30 % avec la RT. L'analyse effectuée sur cette fraction nous a permis de déceler la présence de plusieurs classes de composés chimiques dans nos huiles.

- **Classe des tocophérols totaux:** Ils sont présents à des concentrations importantes allant de 719,14 à 780,78 mg/kg chez les RM et de 647,25 à 724,94 mg /kg chez les RT. Les principaux représentants de cette classe sont : γ - tocophérol ; α - tocophérol (vitamine E), et δ - tocophérol. Le γ -tocophérol constitue le vitamère majoritaire avec des concentrations allant de 553,84 mg/kg (85,46 %) à 619,65 mg/kg (85,4 9

%) pour la RT, et de 593,39 mg/kg (82,65 %) à 702,26 mg/Kg (89,94 %) pour la RM.

- **Classe des stérols** : L'analyse des huiles par HPLC nous a permis d'identifier quatre (04) phytostérols qui sont par ordre d'importance : le schotténol, le spinastérol, le stigmastérol-8-22-diène- β -ol et le δ -7-avenastérol. Le composé schotténol constitue le stérol majoritaire dans les différentes huiles d'argan analysées.

- **Classe des composés phénoliques** : Les résultats du dosage par colorimétrie des composés phénoliques totaux ont montré que les huiles RM en sont plus riches (12,29 mg/kg) que les huiles RT (8,13mg/kg). Les analyses effectuées par HPLC nous ont permis de déceler six composés phénoliques représentants de cette classe. Il s'agit de : l'hydroxytyrosol, le tyrosol, l'acide vanillique, l'acide syringique, la vanilline et l'acide férulique. Cependant, un ou de deux de ces constituants phénoliques sont absents chez certaines huiles.

Chapitre 2 : Etude de l'activité antioxydante

2.1. Activité antioxydante des extraits phénoliques, de la fraction insaponifiable et des huiles entières par le Test DPPH

Le radical DPPH, est l'un des substrats les plus utilisés pour une évaluation directe, rapide et fiable de l'activité antioxydante en raison de sa stabilité et la simplicité de l'analyse. Ce test a été réalisé sur des extraits méthanoliques, des insaponifiables et des huiles entières. L'activité antioxydante se détermine par une analyse spectrophotométrique à 517 nm en suivant la réduction du DPPH qui se traduit par le passage de la couleur violette à la couleur jaune. Les valeurs obtenues ont permis de tracer les courbes de la variation de la réduction du DPPH (en sa forme non radicalaire) en fonction de la concentration en extrait ou en antioxydant de référence (annexe 7). Les valeurs IC_{50} (présenté au tableau XI) ont été calculées à partir de ces courbes.

Tableau XI : Valeurs des IC_{50} (mg / ml) obtenues avec les différents extraits en fonction des régions et des formes des noyaux.

Extrait \ Forme	RT			RM		
	Arrondie	Ovale	Fusifforme	Arrondie	Ovale	Fusifforme
Extrait méthanolique	6,91 ± 1,51	6,58 ± 1,20	6,91 ± 1,31	6,41 ± 1,17	6,19 ± 1,43	6,57 ± 1,12
Insaponifiable	5,45 ± 1,12	5,32 ± 1,63	4,80 ± 1,34	5,22 ± 1,56	5,00 ± 1,76	4,67 ± 1,82
Huile entière	15,33 ± 2,32	16,85 ± 1,42	15,66 ± 1,58	15,22 ± 2,59	15,65 ± 1,77	14,20 ± 1,98
Acide Ascorbique	4,89 ± 0,13					
BHT	17,55 ± 0,35					

A travers les résultats d' IC_{50} , présentés dans le tableau XI nous pouvons dire que l'activité antioxydante varie en fonction de la nature des extraits. En effet, les résultats montrent que les extraits phénoliques des huiles RM se caractérisent par une meilleures AAR (IC_{50} égale à 6,19 mg / ml) par rapport à ceux de la RT (IC_{50} égale à 6,58 mg/ml).

De même pour la fraction insaponifiable, les meilleures ARR sont celles des huiles de la RM (IC_{50} varie de 4,67 à 4,22 mg / ml). Les fractions insaponifiables de la RT ont données des IC_{50} varient de 4,80 à 5,45 g / ml. Malgré ces valeurs, l'analyse statistique montre qu'il n'existe pas de différence significative entre les extraits des deux régions vis-à-vis de l'activité antioxydante ($P = 0,066$). Même remarque, pour les formes de noyaux que ce soit avec les extraits phénoliques ou les fractions insaponifiables de la RM ou de la RT, elles n'affichent aucune différence significative à l'égard de l'ARR.

S'agissant des ARR des huiles entières, les résultats du tableau XI montrent qu'elles sont faibles comparativement aux autres extraits (extraits phénoliques et insaponifiables) et aux antioxydants de références (l'acide ascorbique et le BHT). En effet l'ARR des huiles entières est environ 3 à 4 fois plus faible que les extraits méthanoliques et les insaponifiables. Les IC_{50} des huiles entières de la RT varient de 15,33 à 16,85 mg / ml et celles de RM de 14,20 à 15,65 mg / ml. De plus, l'analyse statistique a montré des différences hautement significatives entre les trois formes et les deux régions.

Pour conclure, les fractions insaponifiables donnent les meilleures réponses quant à l'activité antioxydante, suivies des extraits phénoliques et des huiles entières en dernier. C'est selon ce même ordre que l'activité antioxydante a été déterminée par KHALLOUKI, 2003 et HAMIA, 2007. La forte activité antioxydante de la fraction insaponifiable est expliquée par sa susceptibilité de contenir un taux élevé de composés antioxydants. Parmi ces composés figure le γ tocophérol, constituant connu pour ses propriétés pharmacologiques. Il valorise l'endémicité et le pouvoir bénéfique de l'huile d'argan pour ses utilisations alimentaires et cosmétiques (KHALLOUKI, 2003). Ce qui est confirmé par l'existence d'une corrélation négative entre la teneur en γ tocophérol et les IC_{50} (autrement dit corrélation positive avec l'activité antioxydante) des insaponifiables ($R^2 = -0,609$ pour la RT $R^2 = -0,705$ dans la RM).

Le pouvoir antioxydant est aussi dû à la présence des composés phénoliques dans la fraction insaponifiable. Selon BRENES (2002) et de VISIOLI et GALLI (2002), les composés phénoliques, malgré leur faible teneur, jouent un rôle très important dans la caractérisation des huiles et pour leur intérêt nutritionnel et pour leurs actions antioxydants. Ces composés phénoliques aident à maintenir les défenses naturelles de l'organisme contre une série de maladies liées au stress oxydatif, comme les maladies cardiovasculaires, les cancers et les processus inflammatoires (ROJAS *et al.*, 2005).

La faible activité antioxydante de l'huile entière comparativement aux autres extraits peut être expliquée du fait que les composés phénoliques sont masqués par les lipides. Cet effet justifie que les composés phénoliques sont les espèces moléculaires possédant la plus grande activité antioxydante vis-à-vis du radical stable DPPH (HAMIA, 2007).

2.2. Test de blanchissement du β -carotène

Le principe de ce test repose sur l'oxydation de l'acide linoléique qui, suite à l'abstraction des atomes d'hydrogène à partir de groupements méthylènes diallyliques, génère des radicaux peroxydes. Ces radicaux libres vont, par la suite oxyder, le β -carotène hautement insaturé de couleur rouge entraînant ainsi la disparition de cette couleur. Cependant, la présence d'un antioxydant pourrait neutraliser les radicaux libres dérivés de l'acide linoléique et donc prévenir l'oxydation et le blanchissement du β -carotène.

Contrairement au test DPPH, le test de blanchissement du β -carotène est réalisé uniquement sur les extraits phénoliques à cause du problème de solubilité (miscibilité) des fractions insaponifiables et des huiles entières dans la solution d'eau saturée en oxygène. Les résultats du blanchissement du β -carotène en présence des extraits phénoliques et des antioxydants standards (acide ascorbique et BHT) sont représentés dans la figure 14.

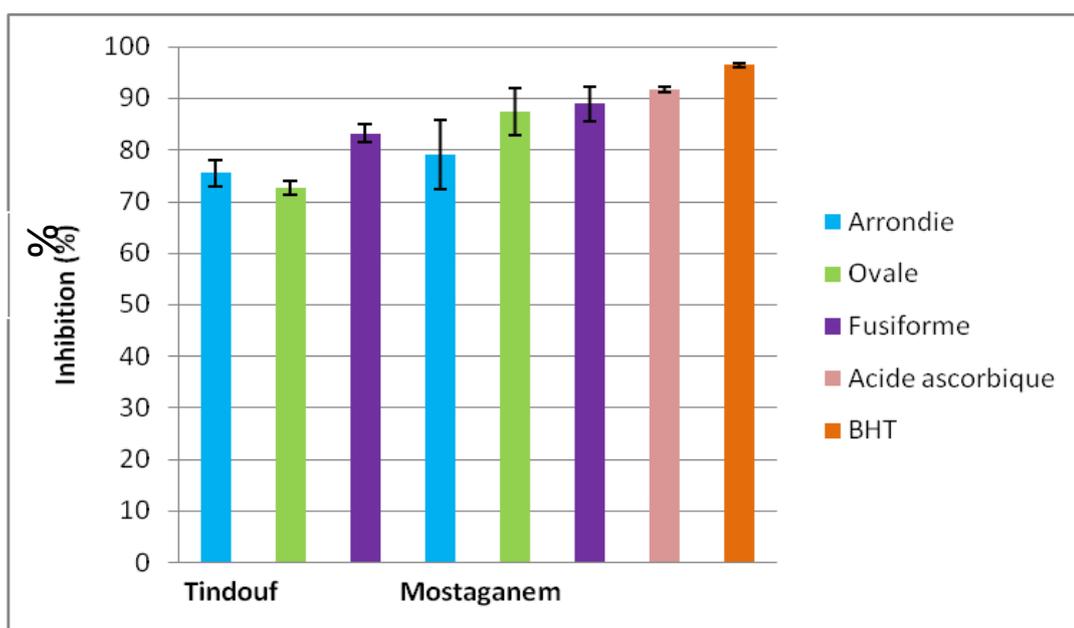


Figure 14 : Activité antioxydante des extraits phénoliques, de l'acide ascorbique et du BHT dans le système β -carotène/acide linoléique.

A travers les résultats de la figure 15, nous constatons que les ARR varient en fonction des régions de provenance des extraits. Les meilleures réponses sont obtenues avec les extraits RM quelle que soit la forme des noyaux. Le pourcentage d'inhibition a pu atteindre les 88,90 % avec les extraits RM des noyaux fusiformes, suivi des noyaux ovales (87,43%) puis des arrondis (79, 12 %). L'analyse statistique a mis en évidence des différences hautement significatives entre les ARR des extraits des trois formes de noyaux ($P < 0,0001$).

Quant aux extraits de la RT, ils présentent des ARR faibles par rapport à ceux de la RM. En effet, la meilleure inhibition a été observée avec l'extrait phénolique de l'huile des noyaux fusiformes (83,23 %) suivie des noyaux arrondis (75,75 %) et ceux de forme ovale (72,74 %). Aussi pour les RT, les ARR des extraits phénoliques varient de manière hautement significative selon les formes des noyaux ($P < 0,0001$).

Il y a lieu de signaler que l'effet des régions sur l'ARR des extraits phénoliques, est aussi confirmé par l'analyse de variance ($P = 0,002$).

Il est à noter aussi, à travers les résultats trouvés, que malgré la présence d'une activité antioxydante de nos extraits, celle-ci reste en deçà des résultats obtenus avec les solutions de références.

La forte activité des extraits peut être attribuée à la richesse des extraits en composés phénoliques. En effet, il existe une très forte corrélation entre l'ARR et la teneur en composés phénoliques totaux ($R^2 = 0,987$ dans la RT $R^2 = 0,998$ dans la RM). Ces résultats corroborent avec ceux signalés par BENNANI et *al.* (2007). L'action des composés phénoliques en tant que composants antioxydants est signalée par de nombreux auteurs tels : BRENES (2002) et VISIOLI et GALLI (2002).

Conclusion

L'étude de l'activité antioxydante a montré que la fraction insaponifiable (dont IC_{50} varie de 46,79 à 54,56 $\mu\text{g} / \text{ml}$) se caractérise par un pouvoir anti radicalaire plus fort que les extraits phénoliques ainsi que les huiles entières. De plus les AAR des huiles de la RM sont plus importantes que celles de la RT pour l'ensemble des extraits (phénoliques, insaponifiables ou huiles entières).

D'autre part les extraits méthanoliques peuvent inhiber jusqu'à 88,90 % des produits d'oxydation couplé du système β -carotène / Acide linoléique. Les meilleurs pouvoirs antioxydants ont été toujours observés avec les extraits de la RM.

Conclusion générale

Conclusion générale

La présente étude s'inscrit dans le cadre d'un projet de recherche CNEPRU qui vise la valorisation et la préservation de l'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels) d'Algérie, arbre endémique Algéro-marocain, connu surtout pour ses huiles à grande valeur ajoutée et dont l'existence est carrément menacée dans notre pays. Le thème ayant fait l'objet de ce mémoire de magistère est l'étude de la composition chimique et de l'activité antioxydante des huiles d'argan provenant de deux régions d'Algérie (Tindouf et Mostaganem). Même l'effet de la forme des noyaux a été étudié. Les conclusions que nous avons pu faire à travers cette étude peuvent être résumées comme suit :

- En ce qui concerne **le rendement en huile**, les résultats obtenus sont proches et parfois meilleurs à ceux rapportés par la bibliographie. En effet, les rendements ont atteints des taux de 46,81 à 51,17 % pour les huiles de Tindouf et de 51,53 à 53,42 % pour ceux de Mostaganem.
- L'analyse de la **fraction saponifiable** a révélé la richesse de nos huiles en AGI notamment **l'acide oléique** (Omega 9) et **l'acide linoléique** (Omega6). Nos huiles sont donc de type oléique - linoléique. Quant aux acides gras saturés, ils sont représentés essentiellement par **l'acide palmitique** et **l'acide stéarique**. L'analyse de nos huiles a permis aussi l'identification de 09 composés appartenant aux triglycérides dont 05 sont majoritaires **LLO**, **OOL**, **OOO**, **POO** et **LPS**. La composition de nos huiles en TG n'est pas aussi différente des autres huiles d'argan selon les résultats de nombreuses études. Elle l'est surtout sur le plan quantitatif de ces constituants puisque nos huiles semblent être plus riches par exemple en OOL, OOO, LPS et LLL par rapport aux autres huiles.
- **La fraction insaponifiable** des huiles a atteint des taux de 1,57 % pour les huiles de la RM et 1,30 % pour ceux des la RT. Les constituants majoritaires de cette fraction sont les tocophérols, les stérols et les composés phénoliques. Les tocophérols sont présents dans nos huiles en quantités appréciables et sont représentés essentiellement par : le **γ - tocophérol** (majoritaire), le **α - tocophérol** (vitamine E) et le **δ - tocophérol**.

Quant à la classe des stérols, elle est représentée par quatre constituants : **le schotténol** (composé majoritaires, **le spinastérol**, **le stigmastérol-8-22-diène- β -ol** et **le δ -7-avenastérol**. Pour les composés phénoliques, six constituants ont été décelés. Il s'agit de : **l'hydroxytyrosol**, **le tyrosol**, **l'acide vanillique**, **l'acide syringique**, **la vanilline** et **l'acide férulique**. ».

- Les tests du DPPH et du blanchissement du β -carotène ont permis de mettre en évidence l'existence d'un pouvoir antioxydant des différentes solutions testées. Les meilleures activités anti-radicalaires sont celles enregistrées avec les insaponifiables et les extraits phénoliques. Le pouvoir antioxydant des huiles totales existe mais reste faible comparativement aux autres extraits. Cela, confirme davantage la richesse de nos huiles en composés à fort pouvoir antioxydant tels : les tocophérols, les stérols et les composés phénoliques.

De manière générale, nous pouvons dire que la présente contribution nous a permis de mieux connaître la composition chimique de nos huiles et de leur pouvoir antioxydant. Elle a permis aussi de confirmer les résultats trouvés préalablement par KOUIDRI (2008) sur les huiles d'argan d'Algérie. En effet, nous savons maintenant que sur le plan qualité nutritionnelle (du moins en ce qui concerne la partie composition chimique) certaines de nos huiles paraissent meilleures que les huiles marocaines. La richesse de nos huiles en certains composés comme les tocophérols, les stérols et les composés phénoliques les prédispose à être des produits de grande qualité nutritionnelle et par voie de conséquence très compétitifs sur le marché international que ce soit pour un usage alimentaire ou pour une utilisation à des fins médicales ou cosmétiques.

Cette étude nous a montré aussi que la composition des huiles varie selon les régions et aussi selon la forme des noyaux (autrement dit selon les génotypes). Ces paramètres peuvent nous aider à choisir des individus performants sur le plan production (qualitative et quantitative) qui peuvent être cultivés.

Les résultats obtenus sont donc très encourageants et nous ont permis d'atteindre les objectifs que nous nous étions fixés. Cependant, il existe d'autres paramètres qui auraient dû être analysés tels les composés terpéniques ou les pigments des huiles. Entreprendre une étude moléculaire peut être aussi très utile pour confirmer l'existence d'une variabilité génotypique sur la composition chimique de nos huiles. Même une analyse organoleptique

Conclusion générale

mérite d'être conduite sur nos huiles. Il serait aussi intéressant de valoriser d'autres produits de l'arganier notamment la pulpe, le tourteau et les feuilles.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. **ABOUDRARE A., TRAVIS J., LYBBERT et MAGNAN N., 2009.** Le marché de l'huile d'argan et son impact sur les ménages et la forêt, Transfert de technologie en agriculture, Vol 175, 4p.
2. **ADLOUNI A., 2010.** L'huile d'argan, de la nutrition à la sante, article de synthèse, Nutrition, N : 8, Pp 89-97.
3. **AFNOR, 1984.** Recueil de normes françaises des corps gras, graines oléagineuses et produits dérivés, 3^e édition, Paris.
4. **AFSSA N., 2002.** Rapport relatif à l'équivalence en substance de l'huile d'argan (*Argania spinosa* L. Skeels) avec d'autres huiles alimentaires conformément à l'article 5 du règlement CE 258/97 relatif aux nouveaux aliments et nouveaux ingrédients, 8p.
5. **AIBECHE C. et FARTAS Z., 2011.** Les endomycorhises arbusculaires de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) du nord ouest Algérien, Le premier séminaire international d'étude : Agriculture biologique et développement durable (AGRIBIO 2011), Oran, 12-15 Février 2011.
6. **AIT AMI K., HAFIDI A. et GHADI C.A., 2007.** composition chimique liée à la variabilité phénotypique des fruits d'*Argania spinosa* L., IV^{ème} journée nationale de biodiversité, Tétouan, Maroc, 26-27 Octobre 2007.
7. **BANI AAMEUR F., LOUALI L. et DUPUIS P., 1998.** maturation et chute des fruits de l'arganier, Actes de l'institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Vol : 18 (3), Pp 137, 144.
8. **BANI AAMEUR F., 2000.** Phenological phases of *Argania spinosa* (L.) Skeels flower, For genetics, Vol 7, Pp 333-338.
9. **BAUMER M. ET ZERAIA L., 1999.** La plus continentale des stations de l'arganier en Afrique du Nord, Rev For Fr, Vol 3, Pp 446-450.
10. **BELARBI-BENMAHDI M., KHALDI D., BEGHAD C., GOUZI H., BENDIMERAD N. and HAMMOUTI B., 2009.** physicochemical and nutritional study of argan oil (*Argania spinosa* L.) in south-western Algeria, Emerald, Vol: 38 (2), Pp 96-99.
11. **BENADJIBA N., DE LEIRIS J., LYAN B., DEROUICHE A., MOKHTAR N., et AGUENAOU H., 2002.** Effet de l'huile d'argan sur la contractilité de l'aorte : susceptibilité au stress oxydatif, oléagineux, corps gras, lipides, Vol 13, Pp 76-80.
12. **BENKHEIRA A., 2009.** L'arganeraie Algérienne, Bultin d'information -la conservation de la biodiversité et gestion durable des ressources naturelles-, N : 09, 16p.

13. **BENNANI H., DRISSI A., GITON F., KHEUANG L., FIET J. and ADLOUNI A., 2007.** Antiproliferative effect of polyphenols and sterols of virgin argan oil on human prostate cancer cell lines, *Cancer Investigation*, Vol 24 (6), Pp 588-592.
14. **BENNANI H., FIET J. AND ADLOUNI A., 2009.** Impact de l'huile d'argan sur le cancer de la prostate : étude de l'effet antiprolifératif des polyphénols, *Rev Fr Lab* , Vol 416 (1), Pp 23-26.
15. **BENZARIA A., MESKINI N., DUBOIS M., CROSET M., NÉMOZ G., LAGARDE M. and PRIGENT A., 2006.** Effect of dietary argan oil on fatty acid composition, proliferation, and phospholipase D activity of rat thymocytes, *Nutrition*, Vol 22, Pp 628–637.
16. **BERROUGUI H., CLOUTIER M., MAXIM I. and 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*, Vol 184, Pp 389–396
17. **BEZZALA A., 2005.** Essai d'introduction de l'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels) dans la zone M'doukel et évaluation de quelques paramètres de résistance à la sécheresse, Mémoire de magistère en science agronomiques –option : Forêt et conservation des sols, Université Hadj Lakhdar Batna, 143p.
18. **BOUKHOBZA M. et PICHON- PRUM N., 1988.** L'arganier : ressource économiques et médicinales pour le Maroc, *phytotherapy*, N :27, Pp 21-26.
19. **BRENES M., GARCIA A., RIOS J. J., GARCIA P. and GARRIDO A., 2002.** Use of 1-acetoxypinoresinol to authenticate Picual olive oils, *The International Journal of Food Science and Technology*, Vol 37 (6), Pp 615-625.
20. **CALONNE C., 2007,** Maroc : l'huile d'argan, une affaire de femmes, magazine de voyage reçu (*Absolue travail Mag*), N :88.
21. **CEE N°2568/91.** Le journal officiel européen N° 248 du 05/09/91 du règlement de la commission du 11 juillet 1991.
22. **CHARROUF Z., 2000.** L'arganier est vital à l'économie du sud-ouest de Maroc, *Biofutur*, Mars, N : 220, Pp 54-57.
23. **CHARROUF Z. and GUILLAUME D., 1999.** Ethno economical, ethnomedical, and phytochemical study of *Argania spinosa* (L.)Skeels, *JEthnopharmacol*, Vol 67, Pp7–14.
24. **CHARROUF Z. and GUILLAUME D., 2007.** Phenols and polyphenols from *Argania spinosa*, *American Journal of Food Technology*, Vol 2, Pp679–683.
25. **CHARROUF Z. and GUILLAUME D., 2008.** Argan oil: Occurrence, composition and impact on human health, *Eur. J. Lipid Sci. Techno*, Vol 110, Pp632–636.
26. **CHARROUF Z., 1984.** Contribution à l'étude chimique de l'huile d'*Argania spinosa* (L.) (Sapotaceae), Thèse Sciences Univ. de Perpignon, France.

27. **CHARROUF Z., 1991.** Valorisation d'*Argania spinosa* (L.) Sapotaceae : étude de la composition chimique et de l'activité biologique du tourteau et de l'extrait lipidique de la pulpe. Thèse sciences, université Mohammed-V, Rabat.
28. **CHARROUF Z., 1995.** L'arganier, patrimoine marocain et mondial à sauvegarder et à protéger: mini-review sur la composition chimique de ses produits et sur les essais de valorisation. *Al Biruniya Rev. Mar, Pharm.*1995; Vol 11, N 2, 119-126.
29. **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", Agadir 23-25 Avril.
30. **CHARROUF Z., 2002.** L'huile d'argan, une prodigieuse vitalité née au désert, *Espérance médicale*, Tom 9, N : 87.
31. **CHARROUF Z., 2007.** 20 ans de recherche-action pour faire de l'arganier un levier du développement durable du milieu rural marocain, Colloque internationale : L'arganier – Levier du développement humain du milieu rural marocain -, 27-28 Avril 2007, Rabat.
32. **CHARROUF Z., BENOMAR M. et GUILLAUME D., 2007.** Huile d'argan et système cardiovasculaire, revue, *Cœur et vaisseaux*, Vol 4, Pp 50-55.
33. **CHARROUF Z., EL KABOUSS A., NOUAIM R., BENSOUDA Y., YAMEOGO R. et AL BIRUNIYA, 1997.** Etude de la composition chimique de l'huile d'argan en fonction de son mode.
34. **CHARROUF, Z. and GUILLAUME, D., 2007.** Huile d'argan une production devenue adulte. *Les technologies de laboratoire*, Vol 6, Pp 4-7.
35. **CHERKI M., DEROUICHE A., DRISSI A., EL MESSAM.B, BAMOU Y., IDRISSE-OUADGHIRI A., KHALIL A. and ADLOUNI A, 2005.** Consumption of argan oil may have an antiatherogenic effect by improving paraoxonase activities and antioxidant status: Intervention study in healthy men, *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, Vol 15, Pp 352-360.
36. **CHIMI H., 2005.** Conservations comparés de l'huile d'argan et de l'huile d'olive, *Cahiers Agricultures*, Vol 14 (5), Pp 467-471.
37. **COLLIER A. et LEMAIRE B., 1974.** Etude des caroténoïdes de l'huile d'argan, *Cah Nutr Diet* , Vol 9(9), Pp 300-301. In ADLOUNI A., 2010, L'huile d'argan, de la nutrition à la sante, article de synthèse, *Nutrition*, Vol : 8, Pp 89-97.
38. **DEBBOU B. et CHOUANA T., 2003.** Extraction et caractérisation biochimique de huile d'argan (*Argania spinosa* L. Skeels). Mémoire d'Ingénieur en technologie alimentaire. Institut national de recherche agronomique. 83p.
39. **DEROUICHE A., CHERKI M., DRISSI A., BAMOU Y., EL MESSAL M., IDRISSE-OUADGHIRI A., LECERF J.M. and ADLOUNI A., 2005.** Nutritional Intervention Study with Argan Oil in Man: Effects on Lipids and apolipoproteins, *Ann Nutr Metab*, Vol 49, Pp 196-201.

40. **DRISSI A., GIRONAJ., CHERKI M., GODAS G., DEROUICHE A., ELMESSAL M., SAILE R., KETTANI A., SOLA R. MASANAL. And ADLOUNI A. , 2004.** Evidence of hypolipemiant and antioxidant properties of argan oil derived from the argan tree (*Arganiaspinosa*). Clin.Nutr, Vol 23, Pp1159-1166.
41. **DUKE J., 1992.** Handbook of biologically active phytochemicals and their activities, CRS Press Inc., Boca Raton, Florida.
42. **EL ABED A., 2007.** Réactivité thermique et cinétique de dégradation du bois d'arganier – Application à l'élaboration de charbon actif par activation chimique à l'acides phosphoriques, thèse de doctorat en chimie, spécialité : Chimie-physique, université Mohammed V- AGDAL, Rabat, 198p.
43. **EL ABOUDI A., CARLIER G. and PELTIER J.P., 1991.** Régime hydrique de l'arganier (*Argania spinosa* (L) Skeels) dans le Souss (Maroc), Physiologie des Arbres et Arbustes en Zones Arides et Semi-arides, Pp 389–403.
44. **EL BABILI F., BOUAJILA J., FOURASTE I., VALENTIN A., MAURET S. and MOULIS C., 2009.** Chemical study, antimalarial and antioxidant activities, and cytotoxicity to human breast cancer cells (MCF7) of *Argania spinosa*, Phytomed, Pp17, Pp157-160.
45. **EL KHIDER A., EL BOUHADI A. et KCHIRID E., 2009.** La croissance économique est-elle pauvre dans le milieu rural au Maroc ?, Actes du -10th Mediterranean research Meeting-, Workshop 4, 25-28 Mars 2009, Florence.
46. **FAOUZI H., 2006.** L'arganier, caractéristiques botaniques et phénologie, Espaces marocains, Mars-Avril, Pp 1-11.
47. **FARINES M., SOULIER J., CHARROUF Z. et CAVE A., 1984.** Etude de l'huile des graines d'*Argania spinosa* (L.) sapotaceae , stérol alcools triterpéniques et méthylstérols de l'huile d'argan, Rev Fr Corps , Vol 11, Pp443-448.
48. **FELIACHI M., 2006.** Deuxième rapport national sur l'état des ressources phytogénétiques, INRA, Algérie, juin 2006.
49. **FELLAT-ZARROUCK K., SMOUGHEN S. et MAURIN R., 1987.** Etude de la pulpe du fruit de l'arganier (*Argania spinosa*) du Maroc, Matière grasse et latex. Actes I.A.V.Rabat, Vol 7, Pp 17-22.
50. **FERNANDEZ-OROZCO R., ROCA M., GANDUL-ROJAS B. and GALLARDO-GUERRERO L., 2011.** DPPH-scavenging capacity of chloroplastic pigments and phenolic compounds of olive fruits (cv.Arbequina) during ripening, Journal of Food Composition and Analysis, Vol 24, Pp 858-864.
51. **FERRADOUS A., BANI-AMEUR F. and DUPUIS P., 1996.** Climat stationnel, phénologie et fructification de l'arganier *Argania spinosa* L.Skeels, Actes de l'Institut Agronomique et Veterinaire (Maroc), Vol 17, Pp 51-60.

52. **GHARBY S., HARHAR H., EL MONFALOUTI H., HADDAD A. and CHARROUF Z., 2011.** Chemical and sensory analysis of Argan oil, Les technologies de laboratoire, Vol 6, Pp 13-24.
53. **GUYON M, 2008.** Analyse socio-territoriale de la filière argan dans la province d'Essaouira (sud-ouest marocain) – La valorisation économique d'une ressource naturelle est-elle garante d'un développement socialement durable ? – Mémoire de Master 2 recherche, Mondialisation et développement, Université de Province, 78P.
54. **HAFEEZE B., ASIM M., SIDDIQUI I., ADHAMI V., MURTAZA I., and MUKHTAR H., 2008.** Delphinidin, a dietary anthocyanidin in pigmented fruits and vegetables: a new weapon to blunt prostate cancer growth, Cell Cycle, Vol 7(21), Pp 3320-3326.
55. **HAMIA C., 2007.** Contribution à la composition et à l'étude chimique de l'huile des fruits d'Arganier (*Argania spinosa*), Mémoire de Magister en chimie, potion chimie organique physico-chimie et moléculaire, Université d'Ouargla, 112p.
56. **HATINGUAIS P., TREBOSC M.T. et BELLE R., 1983.** Extrait lipidique du fruit de l'Arganier, procédé de réparation et application en cosmétologie, French Patent, P5.
57. **HILALI M., CHARROUF Z., EL SOULHI A., HACHIMI L. and GUILLAUME D., 2005.** Influence of origin and extraction method on argan oil physico-chemical characteristics and composition, J. Agric, Food Chem, Vol 53, Pp 2081-2087.
58. **ISO 659. 1999.** Oil seeds – Determination of oil content (Reference method), PKN, Warsaw 1999,
59. **ISO 9936, 2006.** Corps gras d'origines animale et végétale -- Détermination des teneurs en tocophérols et en tocotriénols par chromatographie en phase liquide à haute performance.
60. **JEON G., PARK M., YOON D., SHIN C., SIN H., UM S., 2005.** Antitumor activity of spinasterol isolated from Pueraria roots, Exp Mol Med, Vol 37(2), Pp111-120.
61. **JIANG C., LAMBLIN A., STELLER H. and THUMMEL C., 2000.** A steroid-triggered transcriptional hierarchy controls salivary gland cell death during Drosophila metamorphosis, Mol. Cell, Vol 5(3): 445-455.
62. **KARLESKIND A., 1992.** Manuel des corps gras, Ed : Tec et Doc : Lavoisier, Vol 36 (6), 622p.
63. **KARTAL N., SOKMEN M., TEPE B., DAFERERA D., POLISSIOU M. and SOKMEN A. , 2007.** Investigation of the antioxidant properties of *Ferula orientalis* L. using a suitable extraction procedure, Food Chemistry, Vol 100, Pp 584–589.

64. **KHALLOUKI F. Y., YOUNOS C., SOULIMANI R., OSTER T., CHARROUF Z., SPIEGELHALDER B., BARTSCH H. and OWEN R. W., 2003.** Consumption of argan oil (Morocco) with its unique profile of fatty acids, tocopherols, squalene, sterols and phenolic compounds should confer valuable cancer chemopreventive effects, *Eur. J., Cancer Prev*, Vol 12, Pp 67-75.
65. **KHALLOUKI F., 2003.** Recherche des substances naturelles aux vertus chimio-protectrices, contribution à l'étude ethnobotanique et phytochimiques de trois plantes médicinales Africaines a profils anti radicalaires, thèse de doctorat en sciences de la vie, université de Metz, 226p.
66. **KOUIDRI M., 2008.** Extraction et caractérisation physico-chimique de l'huile d'Argan extraite des fruits d'arganier (*Argania spinosa*) de deux régions de l'Algérie (Tindouf et Mostaganem), Mémoire de magister, Université de Chlef.
67. **LAKHDARI A. et KHECHAIRI R., 2011.** La faune de l'arganier de Tindouf (Algérie), actes du séminaire international sur la biodiversité faunistique en zones arides et semi-arides, Pp 207-2011.
68. **M'HIRIT O., 1989.** L'arganier: une espèce fruitière à usage multiple, Formation forestière continue, thème « l'arganier », Division de recherche et d'expérimentations forestières, Rabat, Pp 59–64.
69. **MAURIN R., 1992.** Argan oil *Argania spinosa* (L.) Skeels (Sapotaceae), *Fr. Corps Gras*, Vol 39, Pp 139 146.
70. **MILAGH M., 2010.** L'arganier, une espèce forestière aux vertus multiples : La route de l'arganier, *journal El Watan*, N° 86333 du 17-08-2010.
71. **MONTEDORO G. S. M., BALDIOLI M. and MINIATI E., 1992.** Simple and hydrolysable phenolic compounds in virgin olive oil, Their extraction, separation, and quantitative and semiquantitative evaluation by HPLC. *J. Agric. Food Chem*, Vol 40, Pp 1571-1578.
72. **MORSLI A., 1999.** Essai de vitropagation de l'arganier : *Argania spinosa* (L.)Skeels a partir des vitrosemis, Mémoire de magister, protection de la nature, INA, Alger, 89p.
73. **MOULIN DU PONT., 2007.** Huile d'argan (Applications nutraceutiques et Intérêts cosmétiques), *POLARIS*, N° 55, Juin, Pp 1-2.
74. **MOUNTASSER A. et EL HADEK M., 1999.** Optimisation des facteurs influençant l'extraction de l'huile d'argan par une presse, *OCL*, Vol 6 (3) Mai - Juin, pp273-281.
75. **MSANDA F., EL ABOUDI A. et PELTIER J.P., 2005.** Biodiversité et biogéographie de l'arganeraie marocaine, *Cahiers Agricultures*, vol 14(4), Pp 357-364.
76. **NEWMARK HL., 1999.** Squalene, olive oil and cancer risk, Review and hypothesis. *Ann. N.Y. Acad. Sci*, Vol 889, Pp193-203.

77. **Norme Marocaine NM 08.5.090 Rabat, SNIMA, 2003.** Service de normalisation industrielle (SNIMA), Huile d'argane, Spécifications.
78. **NOUAIM R. et CHAUSSOD R., 1994.** L'arganier, le flamboyant, Bultin liaison réseau arbres tropicaux, Pp 3-8.
79. **NOUAIM R., 2005.** L'arganier au Maroc, entre mythes et réalités, L'Harmattan, Paris, 13p.
80. **NOUAIM R., CHAUSSOD R., MANGIN G. and MASSILLON P., 1991.** L'arganier, système racinaire et microflore, Colloque : Ligneux des zones arides, Nancy.
81. **NTSOURANKOUA H. et ARTAU J.A., 1997.,** Dosage et identification des alcools triterpéniques dans les huiles de bourrache, cassis et onagre, Oléagineux, corps gras, lipides, Vol 4 (2), Pp 147-151.
82. **OTTMANI N., 1995.** Etude sur l'arganier et lutte contre la désertification, Actes de journées d'études dur l'Arganier, Essaouira, 29-30 Septembre 1995
83. **OULD MOHAMEDOU M.M., TACHA A., EL MESSAL M., EL KEBBAJ M.S., CHRAIBI A. and ADLOUNI A., 2011_a.** The consumption of argan oil induces a lipid-lowering effect in dyslipidemic patients, *Mediterr J Nutr Metab*, Vol 11, Pp 80- 89.
84. **OULD MOHAMEDOU M.M., ZOUIRECH K., EL MESSAL M., EL KEBBAJ M. S., CHRAIBI A. and ADLOUNI A., 2011_b,** Argan Oil Exerts an Antiatherogenic Effect by Improving Lipids and Susceptibility of LDL to Oxidation in Type 2 Diabetes Patients, *International Journal of Endocrinology*, Vol 2011, 8 p.
85. **OWEN R. W., MIER W., GIACOSA A., HULL W. E., SPIEGELHALDER B. and BARTSCH H., 2000.** Phenolic compounds and squalene in olive oils: the concentration and antioxidant potential of total phenols, simple phenols, secoiridoids, lignans and squalène, *Food and Chemical Toxicology*, Vol 38, Pp 647-659.
86. **PELTIER J.P., EL ABOUDI A., CARLIER G., and DOCHE B., 1992.** Potentiel hydrique et conductance stomatique des feuilles d'Arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels) en début et au cours de la saison sèche dans le Souss (Maroc occidental), *Bull Ecol*, Vol 23, Pp 5-16.
87. **QUEZEL P., SANTA S., 1963.** Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques
88. **RADI N., 2003.** l'arganier: arbre du sud-ouest Marocain, en péril à protéger, thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie, faculté de pharmacie, université de Nantes.

89. **RAHMANI M., 1989.** L'huile des argans: un produit alimentaire et diététique de qualité, formation forestière continue, thème -l'arganier-. *Station de Recherches Forestières. Rabat*, 13-17 Mars 1989, Pp. 74-81.
90. **RAHMANI M., 2007.** Methodes d'évaluation de la stabilité oxydative des lipides, Les technologies de laboratoire, Vol 2, Pp18-21.
91. **RAHMANI, 1994.** Production, technologie et commercialisation des noix d'argan – Aménagement sylvopastoral et agro-forestier de l'arganeraie et de la tétraclinaie de la commune rurale idaTrthouma Essaouira, AEFCS/Aboukassim, 43p.
92. **RAHMANI, M., 2005.** Composition Chimique de L'huile d'argane Vierge, Cahier Agricultures, Vol 9 (5), 461-465.
93. **RAMMAL H., BOUAYED J. YOUNOS C et SOULIMANI R., 2009.** Notes ethnobotanique et phytopharmacologique d'*Argania spinosa* L., phytothérapie, Vol 7, Pp 157-160.
94. **RAO C.V., NEWMARK HL. And REDDY BS., 1998.** chemoprotective effect of squalène and colon cancer, *Carcinogenesis*, Vol 19, Pp 297-290.
95. **ROJAS L., QUIDEAU S., PARDON P., and 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. Agri. Food Chem*, Vol 53, Pp 9122-9127.
96. **ROMAGNY B. GYUON M., 2010.** Des souks aux marches internationaux-La valorisation économique de l'huile d'argan marocaine: un cas d'école des contradictions du développement durable-, colloque 'localiser les produits', 16p.
97. **SALEEM M., MURTAZA I., WITKOWSKY O., KOHL A.M. and MADDODI N., 2009.** Lupeol triterpene, a novel diet-based microtubule targeting agent: disrupts survivin/cFLIP activation in prostate cancer cells. *Biochemical and Biophysical Research Communication*, Vol 388(3), Pp576-582.
98. **SANCHEZ-MACHADO D.I., LOPEZ-HERNANDEZ J., PASEIRO-LOSADA P., and LOPEZ-CERVANTES J.,2004.** An HPLC method for the quantification of sterols in edible seaweeds, *Biomed Chromatogr*, Vol 18 (3), Pp 183-190.
99. **SANCHEZ-MORENO C., 2002.** Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems, *International Journal of Food Science and Technology*, Vol 8, Pp121-137.
100. **SMIH T.J., YONG Y., SCRIL D.N., UOO J. and OTD KIM S, 1998.** Inhibition of 4-(methylnitrosomino)-1-(3-pyridyl)-1-butonone-induced lung tumorigenesis by dietary olive oil and squalene ,*Carcinogenesis*, Vol 19, Pp703-706.
101. **STUSSI I., HENRY F., MOSER P., DANOUX L., JEANMAIRE C., GILLON V., BENOIT I., CHARROUF Z. and PAULY G., 2005.** *Argania spinosa* –How Ecological Farming, Fair Trade and Sustainability Can Drive the Reasearch for New Cosmetic Active Ingredients, *SOFW journal*, Vol 10, Pp 35-46.

102. **TAN B. and BRZUSKIEWICZ L., 1989.** Separation of tocopherol and tocotrienol isomers using normal- and reverse-phase liquid chromatography, *Anal. Biochem*, Vol180, Pp368-373.
103. **TARRIER M. et BENZYANE M., 2003.** L'arganeraie marocaine se meurt : problématique et biodivulsiion, *Séchresse*, Vol 14, Pp 60- 62, http://www.sechresse.info/article.php3?id_article=228.
104. **TERFAS M.N., 1997.** Arganier (argan en amazigh), these pour l'obtention de doctorat d'état, Université de Dakar, Sénégal, 120p.
105. **UCHIDA K., MIZUNO F., HIROTA K., TADEKA K., TAKEUCHI N. and ISHIKAWA Y., 1983.** Effect of spinastérol and sitosterol on plasma and liver cholesterol levels and biliary and fecal sterol and bile acide excretion in mice, *Japanes Journnl of Pharmaology*, Vol 33, Pp 103-112.
106. **VILLASENOR IM. AND DOMINGO AP., 2000.** Anticarcinogenecity potential of spinasterol isolated from squash flowers, *Tetragenesis Carcinog Mutagen*, Vol 20, Pp 99-105.
107. **VISIOLI F. and GALLI C., 2002.** Antioxidant and other biological activities of phenols from olives and olive oil, *Medicinal Research Reviews*, Vol 22, Pp65-75.
108. **WOLF J.P., 1968,** Manuel des corps gras, Ed : Azoulay, Paris.
109. **YAGHMUR A., ASERIN A., MIZRAHI Y., NERDAND A. and GARTI N., 2001.** Evaluation of argan oil for deep-fat frying, *Lebensm.-Wiss.u.-Technol*, Vol 34, Pp124-130.
110. **YOUSFI M., BOMBARDA I., HAMIA C., DJERIDANE A., STOCKER P. and GAYDOU E., 2009.** Fatty acid, triflyceride and tocopherol composition of Algerian Argan (*Argania spinosa*) fruit seed lipids, *Mediterr J Nutr Metab*, N:2, Pp 197-203.
111. **ZARROUCK K., SMOUGHEN S., and MAURIN R.,1987.** Etude de la pulpe du fruit de l'arganier (*Argania spinosa*) du Maroc : matière grasse et latex, *Actes Inst Agro Vet Rabat*, N :7, Pp17-22.
112. **ZHOU W., KANAGASABAI, J., LIU P., JAYASIMHA A., SINHA P., VEERAMACHANEMI M.. MILLER B. and NES W. D., 2004.** Mechanism-based enzyme inactivators of phytosterol biosynthesis, *Molecules*, Vol 9, N 4, Pp 185-203.

Annexes

Annexe 1: Matériel et méthodes

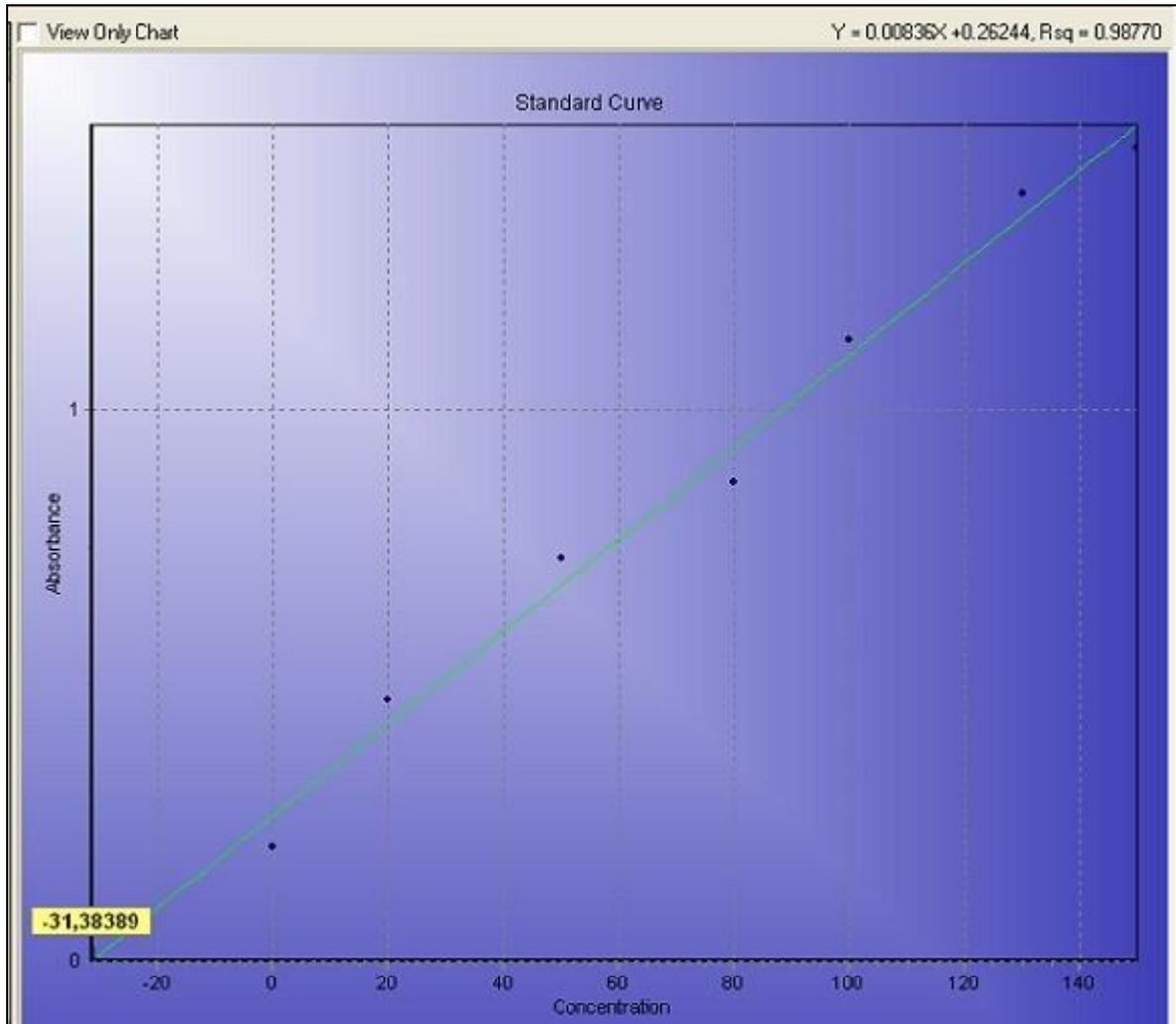


Figure 01 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

Annexe 2 : Profils chromatographiques des acides gras

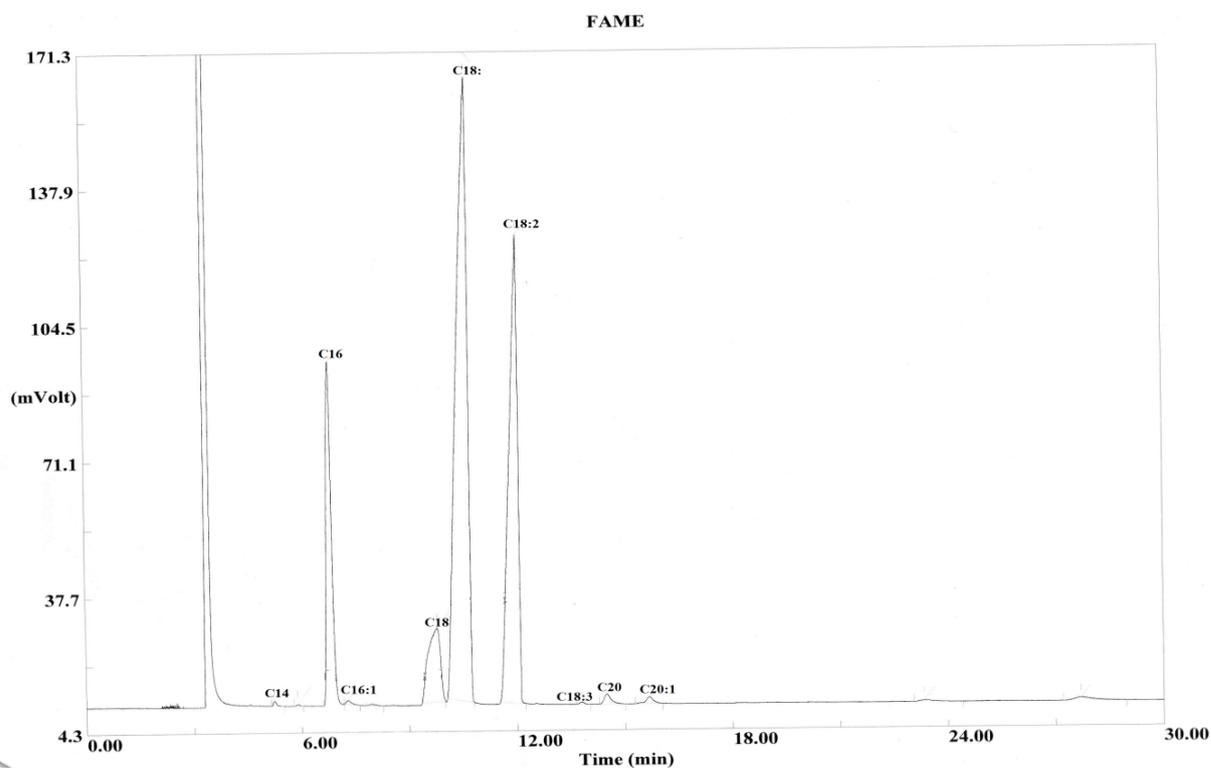


Figure 01 : Profil chromatographique des AG de l'huile extraite des noyax fusiformes de la région de Tindouf

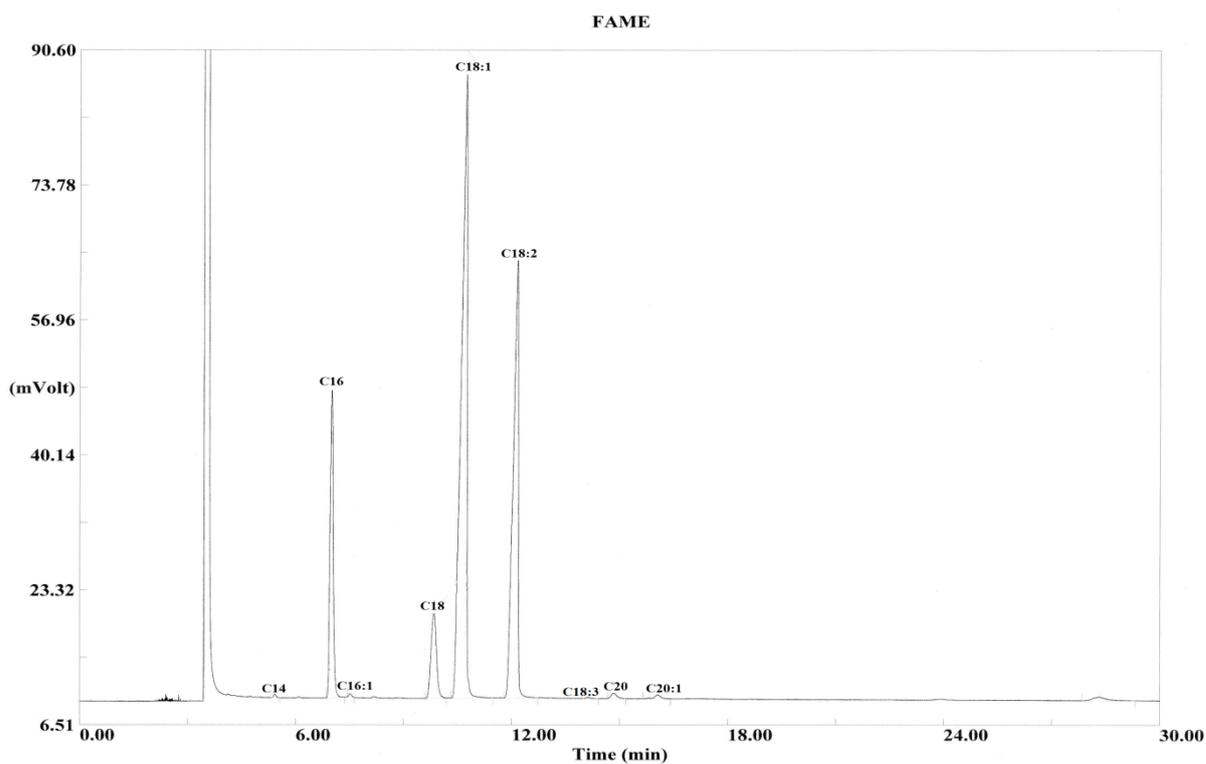


Figure 02 : Profil chromatographique des AG de l'huile extraite des noyax fusiformes de la région de Mostaganem.

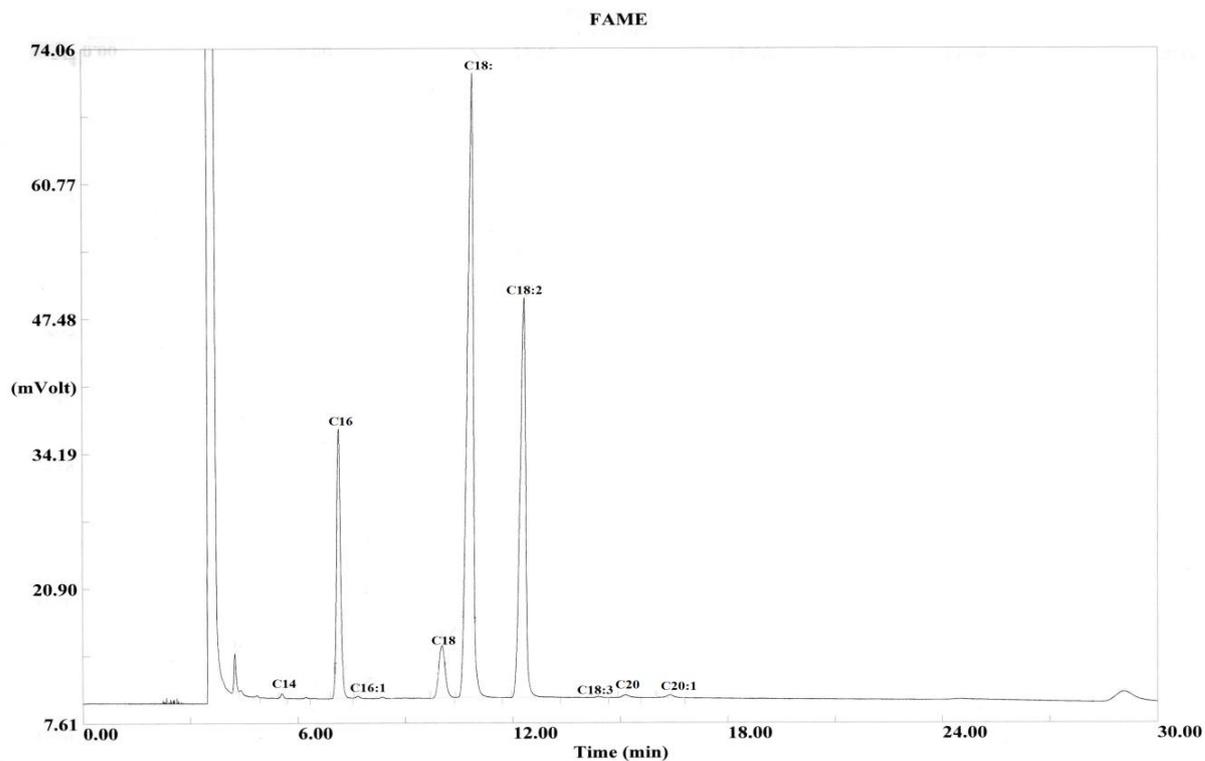


Figure 03 : Profil chromatographique des AG de l'huile extraite des noyaux ovales de la région de Tindouf.

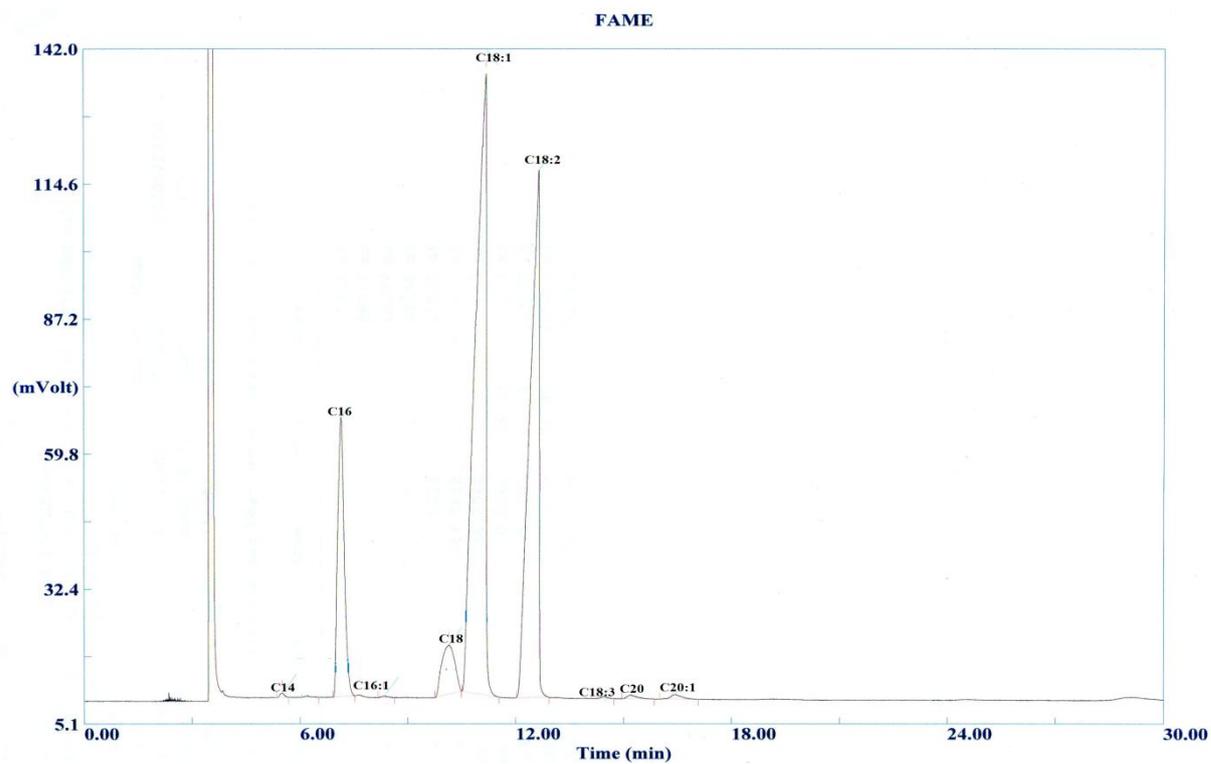


Figure 04 : Profil chromatographique des AG de l'huile extraite des noyaux ovales de la région de Mostaganem.

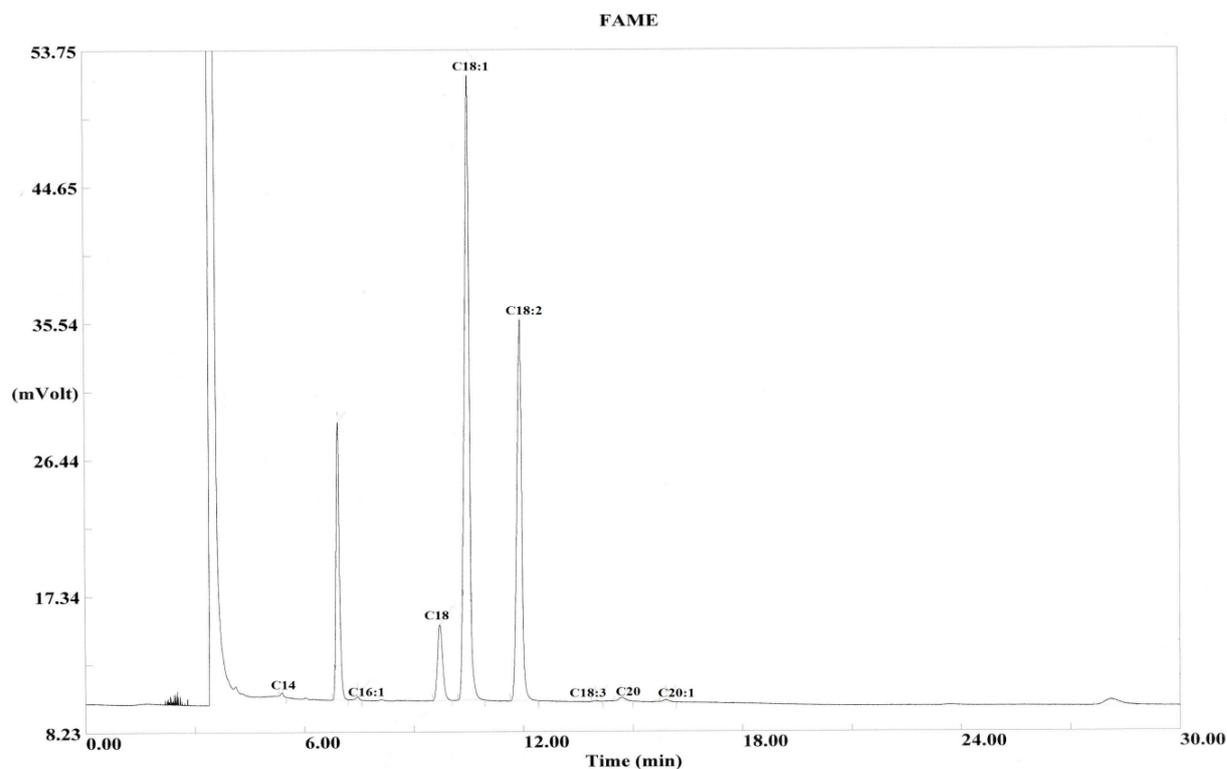


Figure 05 : Profil chromatographique des AG de l'huile extraite des noyax arrondis de la région de Tindouf.

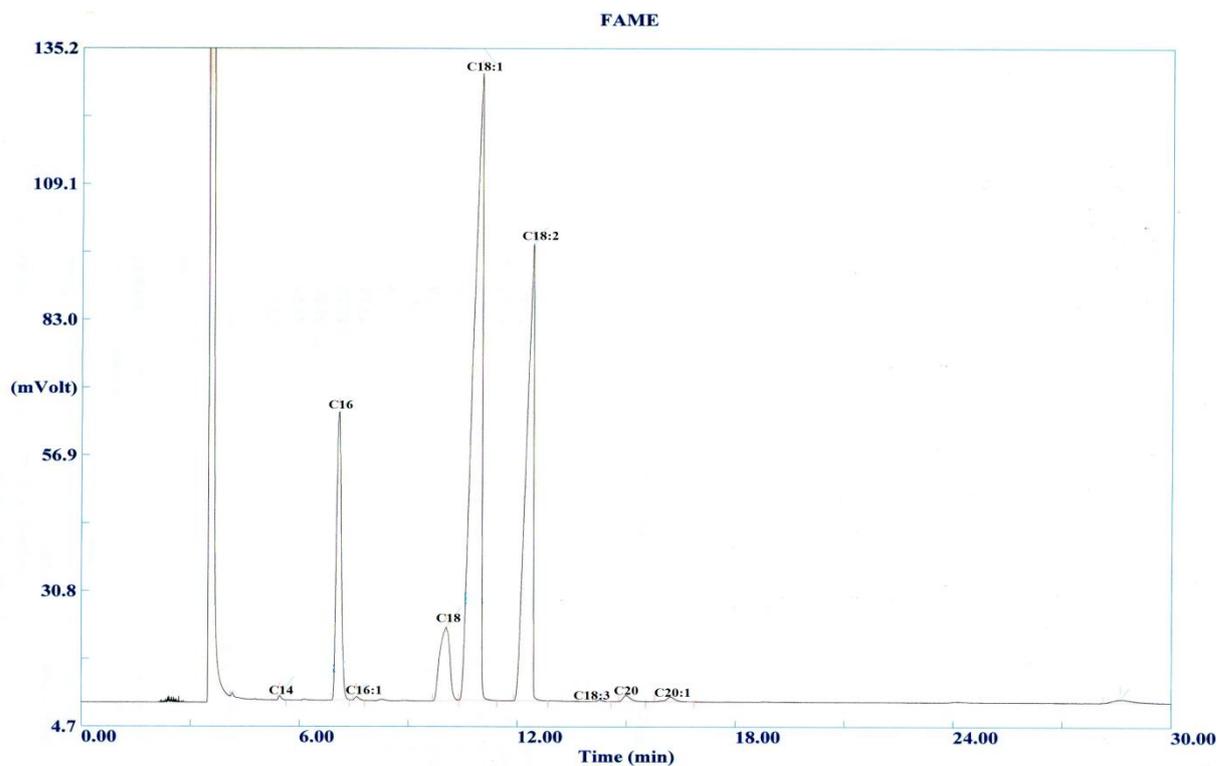


Figure 06 : Profil chromatographique des AG de l'huile extraite des noyax arrondis de la région de Mostaganem.

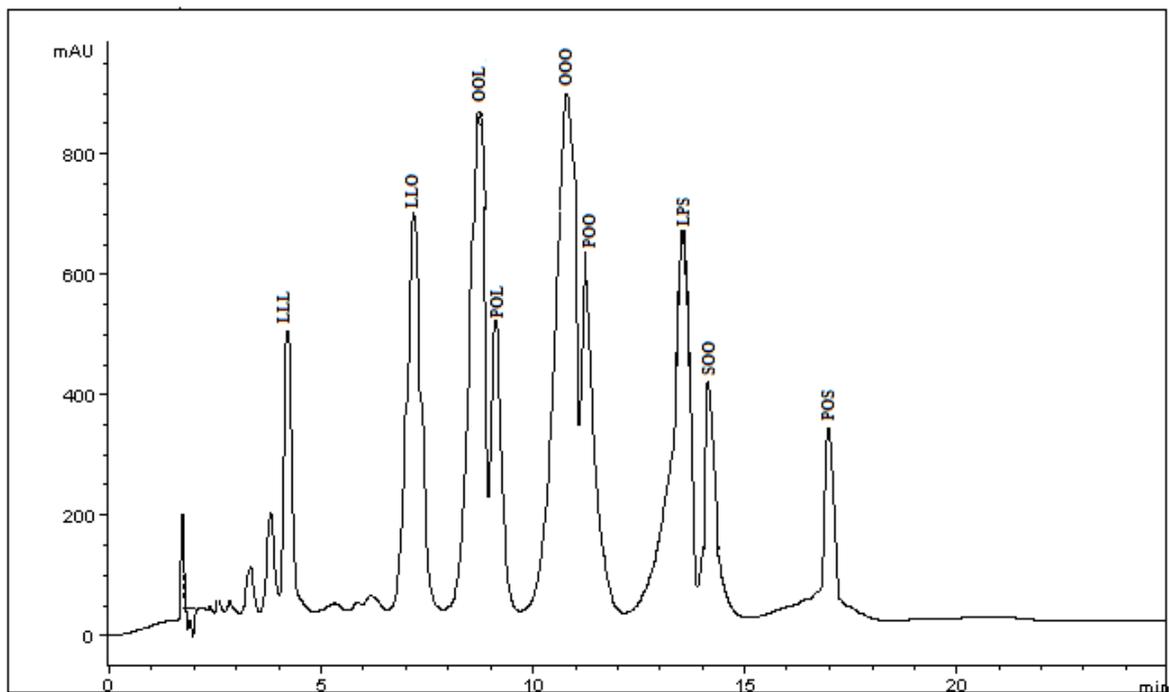


Figure 05 : Profil chromatographique des TG de l'huile extraite des noyax arrondis de la région de Tindouf

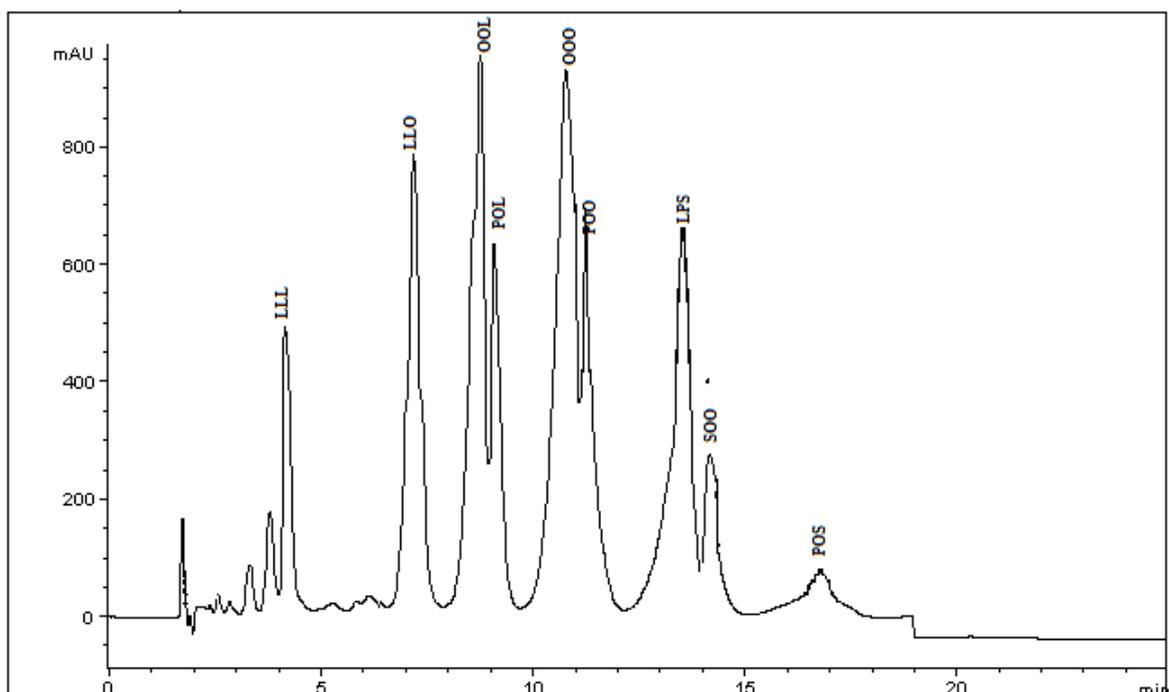


Figure 06 : Profil chromatographique des TG de l'huile extraite des noyax arrondis de la région de Mostaganem.

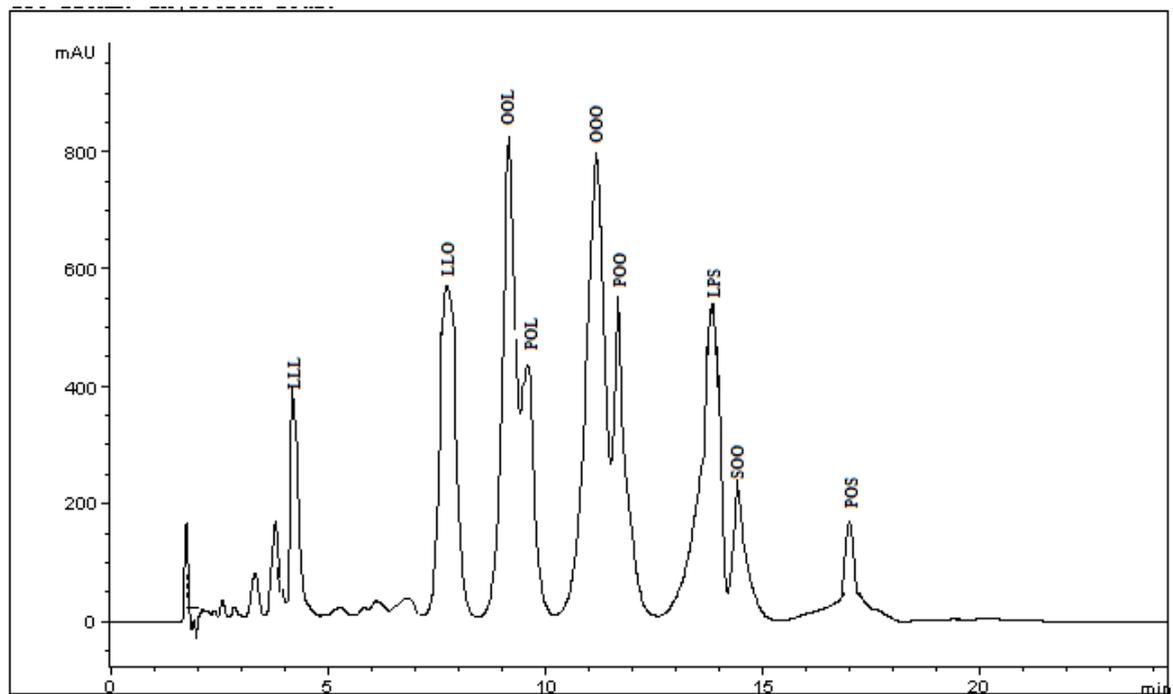


Figure 03 : Profil chromatographique des TG de l'huile extraite des noyax ovales de la région de Tindouf

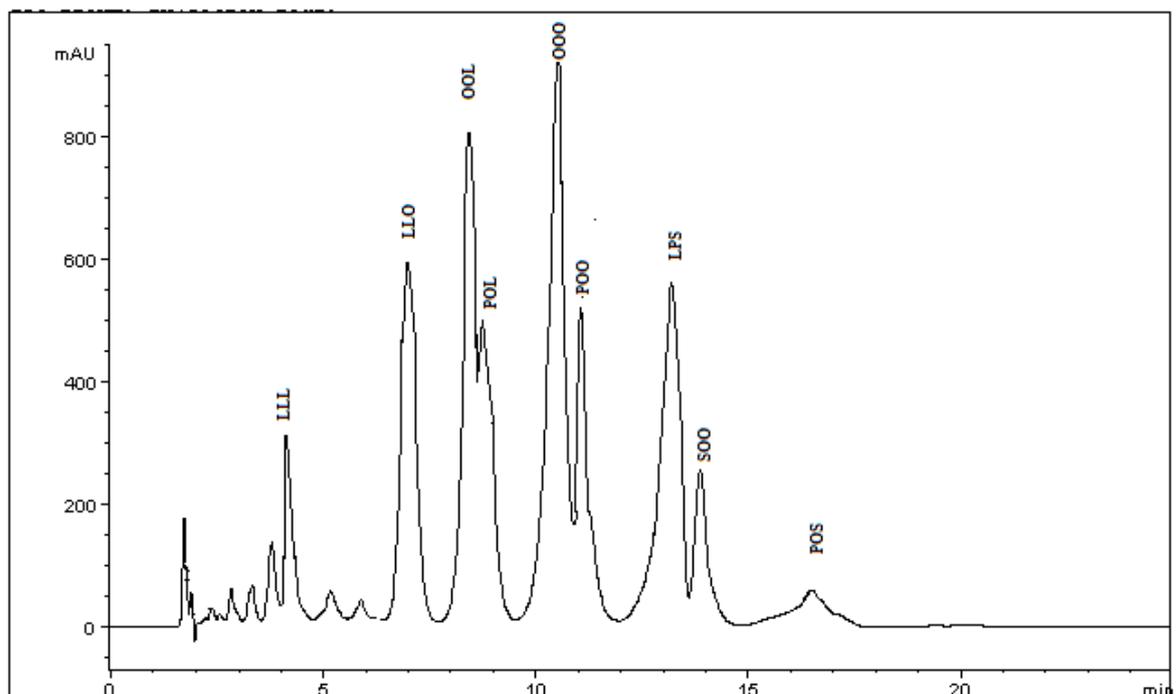


Figure 04 : Profil chromatographique des TG de l'huile extraite des noyax ovales de la région de Mostaganem.

Annexe 3 : Profils chromatographiques des triglycérides

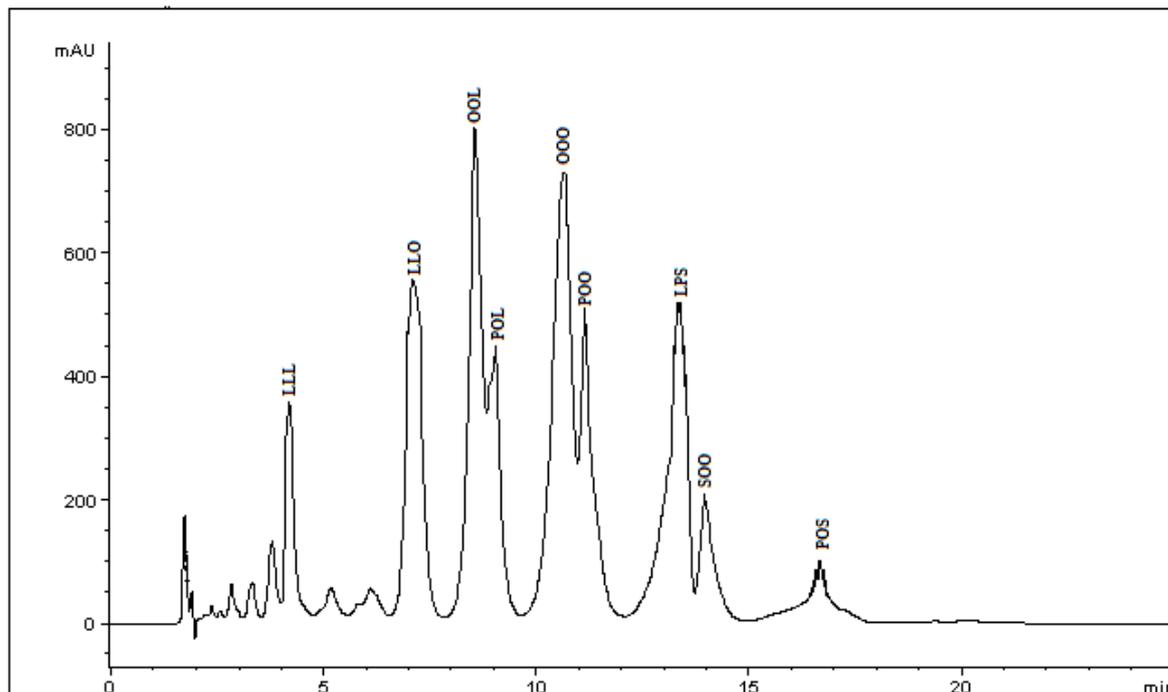


Figure 01 : Profil chromatographique des TG de l'huile extraite des noyax fusiformes de la région de Tindouf

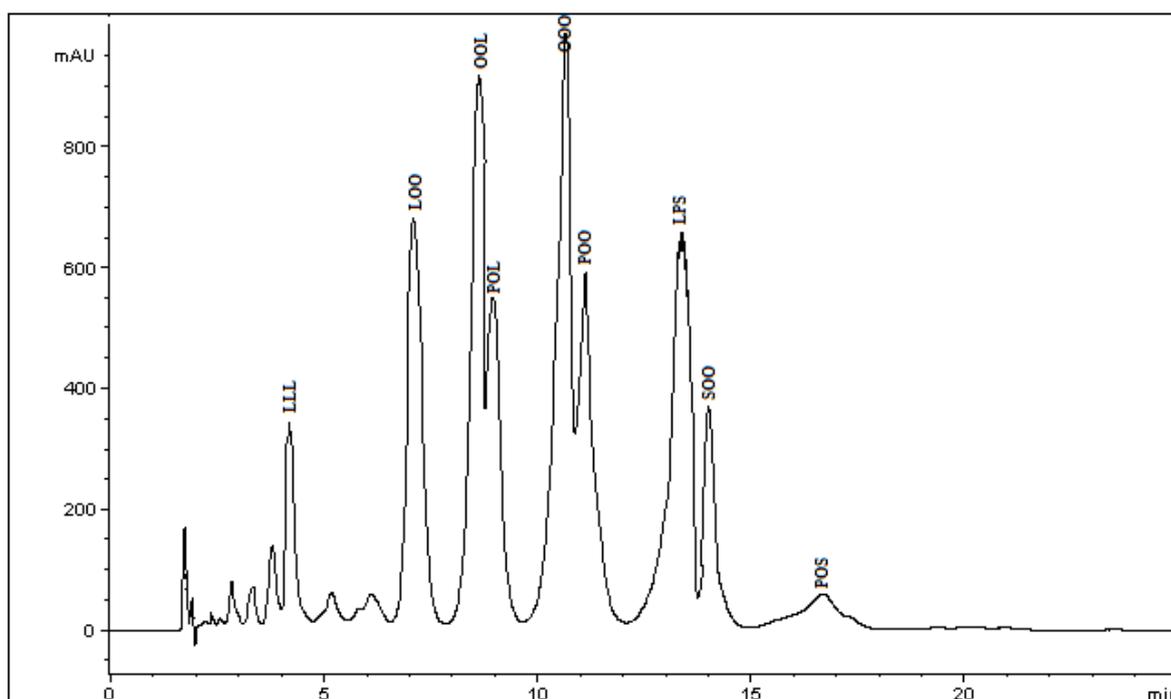


Figure 02 : Profil chromatographique des TG de l'huile extraite des noyax arrondis de la région de Mostaganem.

Annexe 4 : Profils chromatographiques des tocophérols

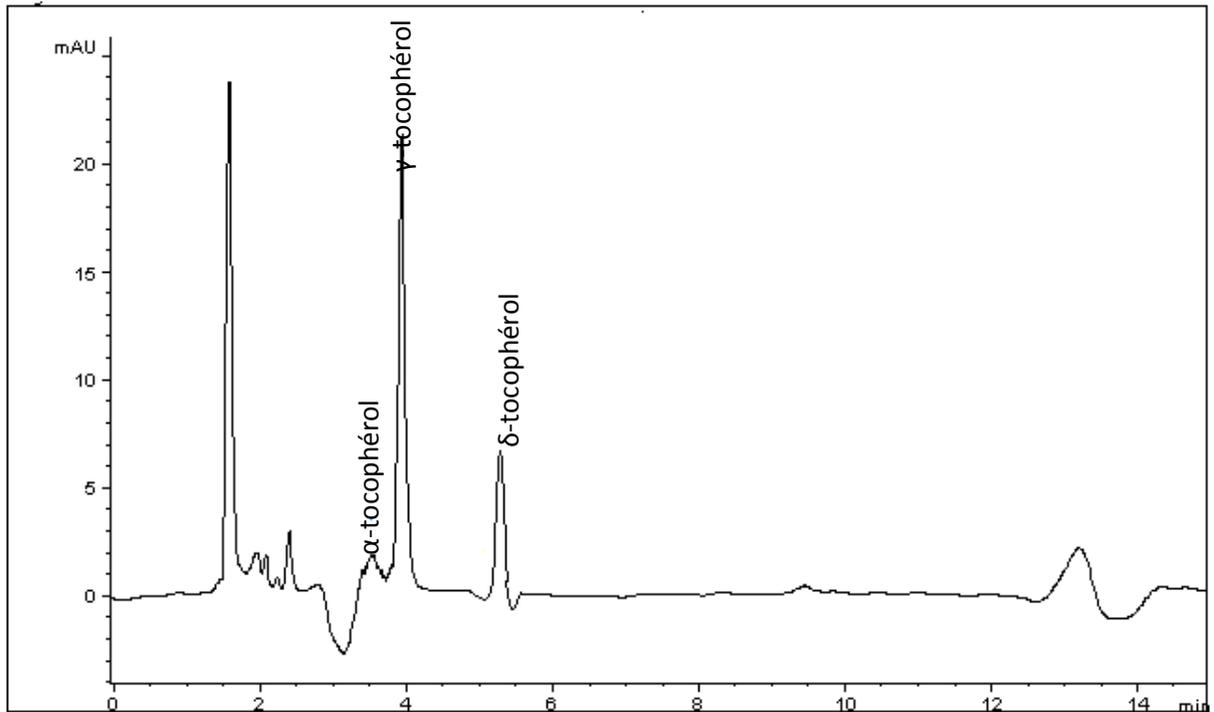


Figure 01 : profil chromatographique des tocophérols de l'huile extraite des noyaux fusiformes de la région de Tindouf.

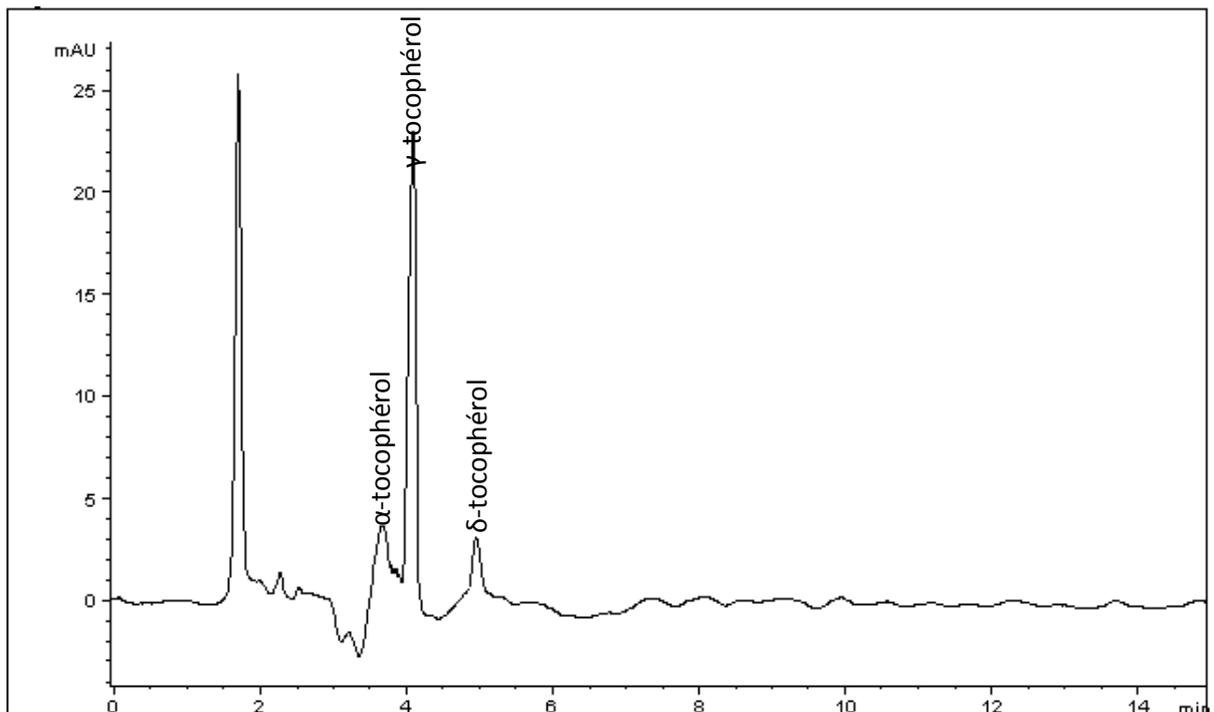


Figure 02 : profil chromatographique des tocophérols de l'huile extraite des noyaux fusiformes de la région de Mostaganem

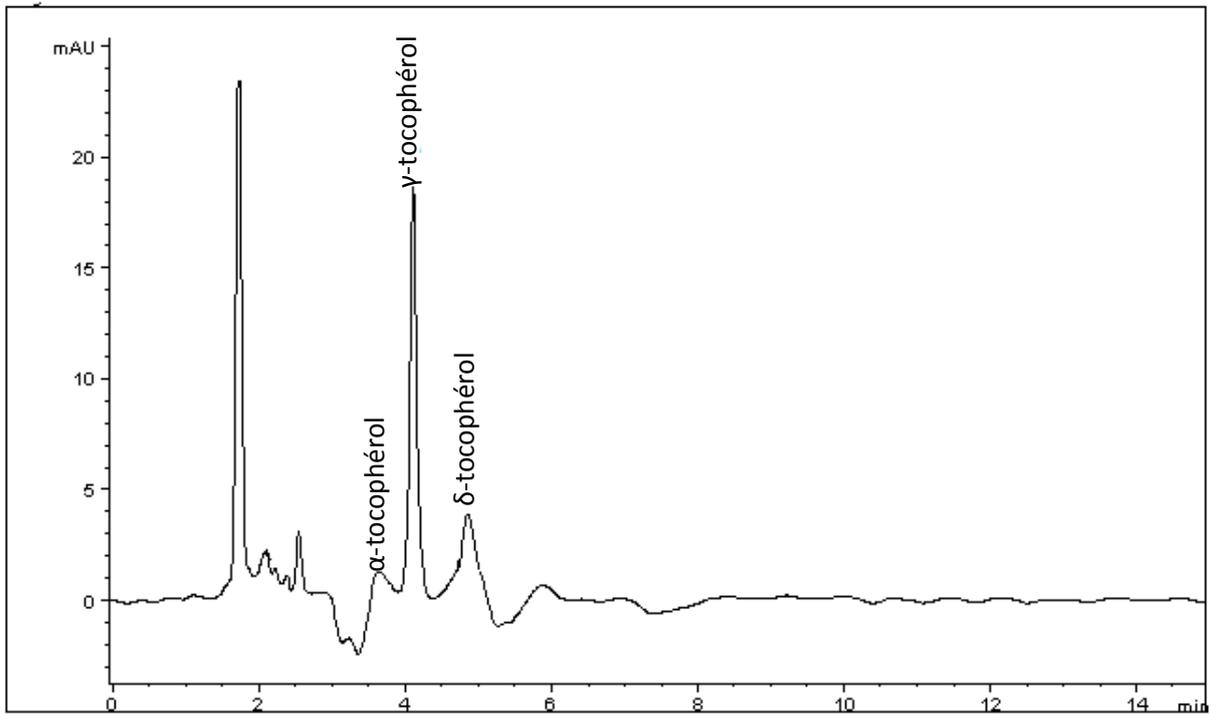


Figure 03 : profil chromatographique des tocophérols de l'huile extraite des noyaux ovales de la région de Tindouf

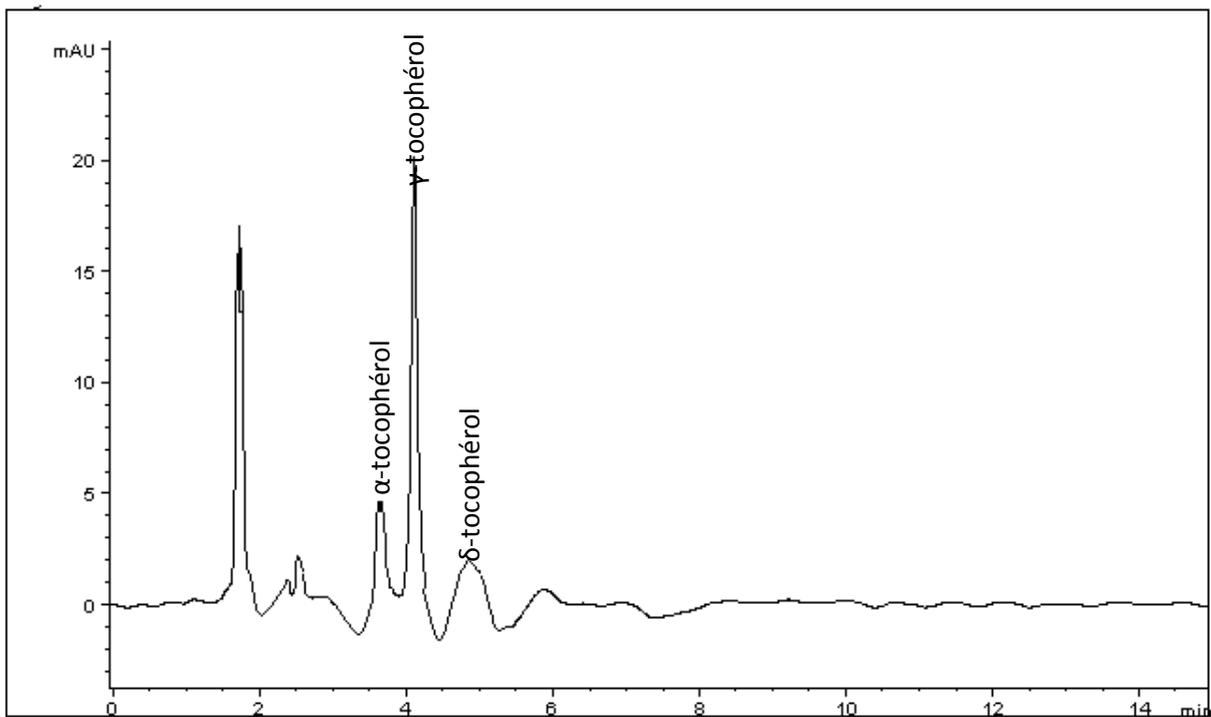


Figure 04 : profil chromatographique des tocophérols de l'huile extraite des noyaux ovales de la région de Mostaganem

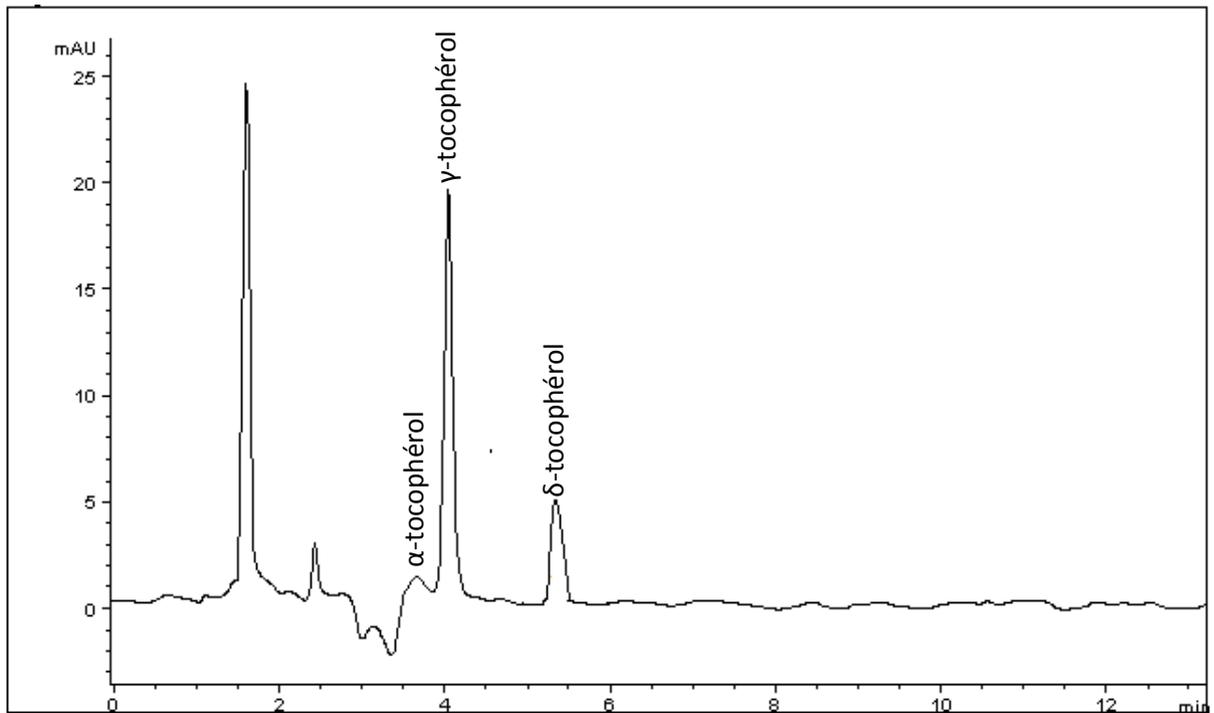


Figure 05 : profil chromatographique des tocophérols de l'huile extraite des noyaux arrondis de la région de Tindouf

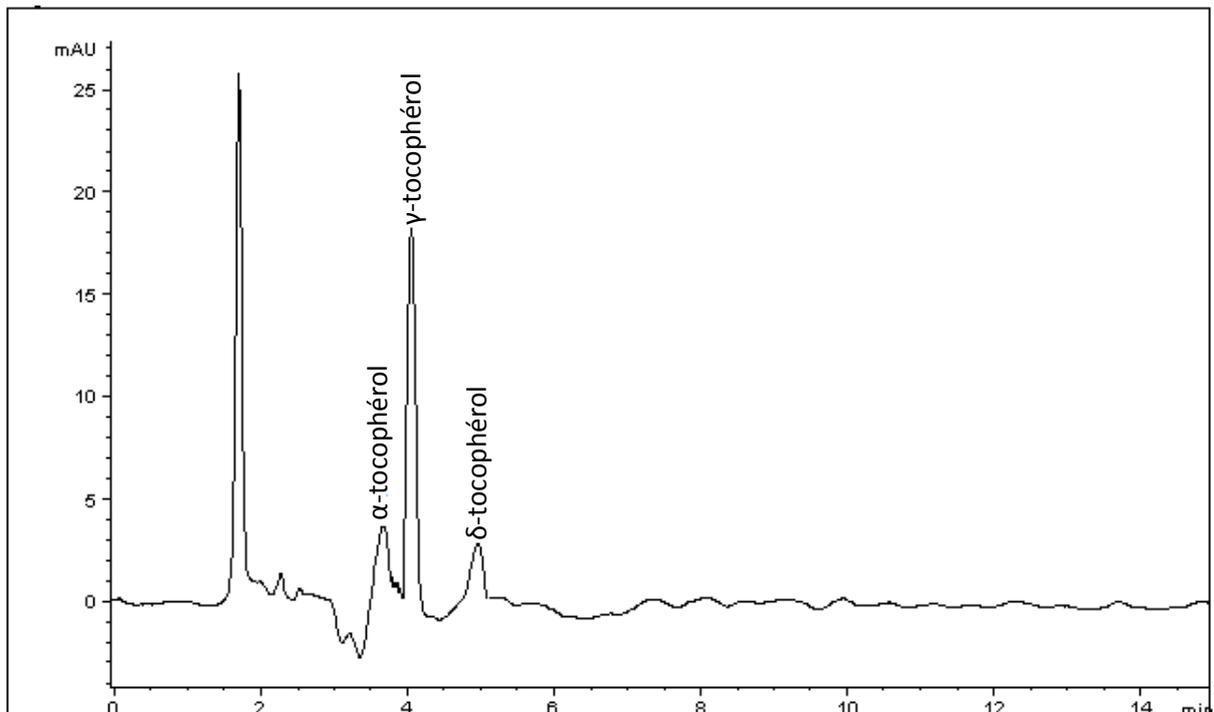


Figure 06 : profil chromatographique des tocophérols de l'huile extraite des noyaux arrondis de la région de Mostaganem

Annexe 5 : Profils chromatographiques des stérols

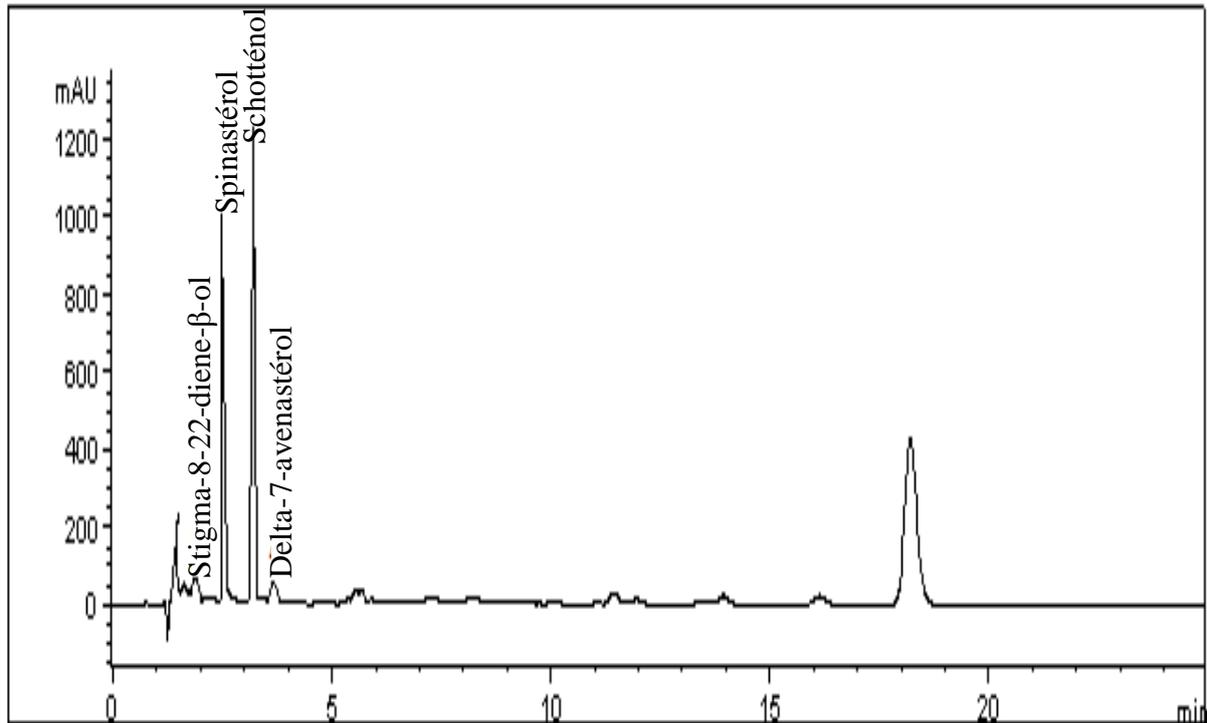


Figure 01 : profil chromatographique des stérols de l'huile extraite des noyaux fusiformes de la région de Tindouf.

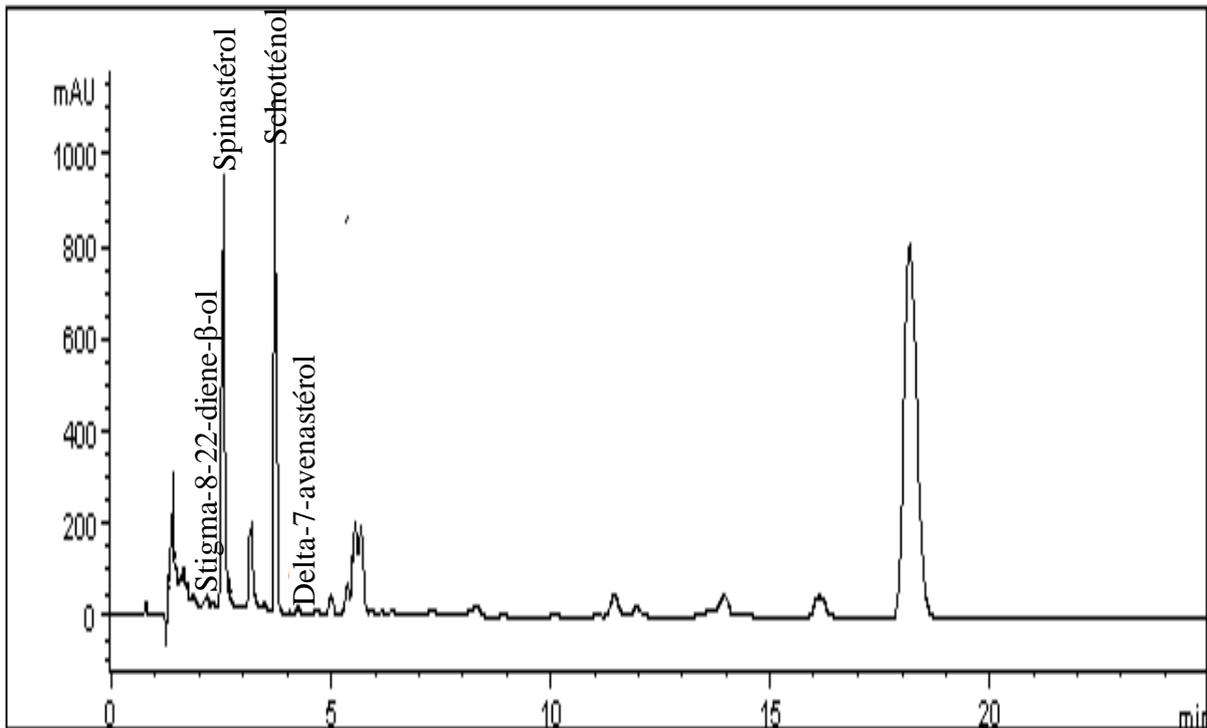


Figure 02 : profil chromatographique des stérols de l'huile extraite des noyaux fusiformes de la région de Mostaganem.

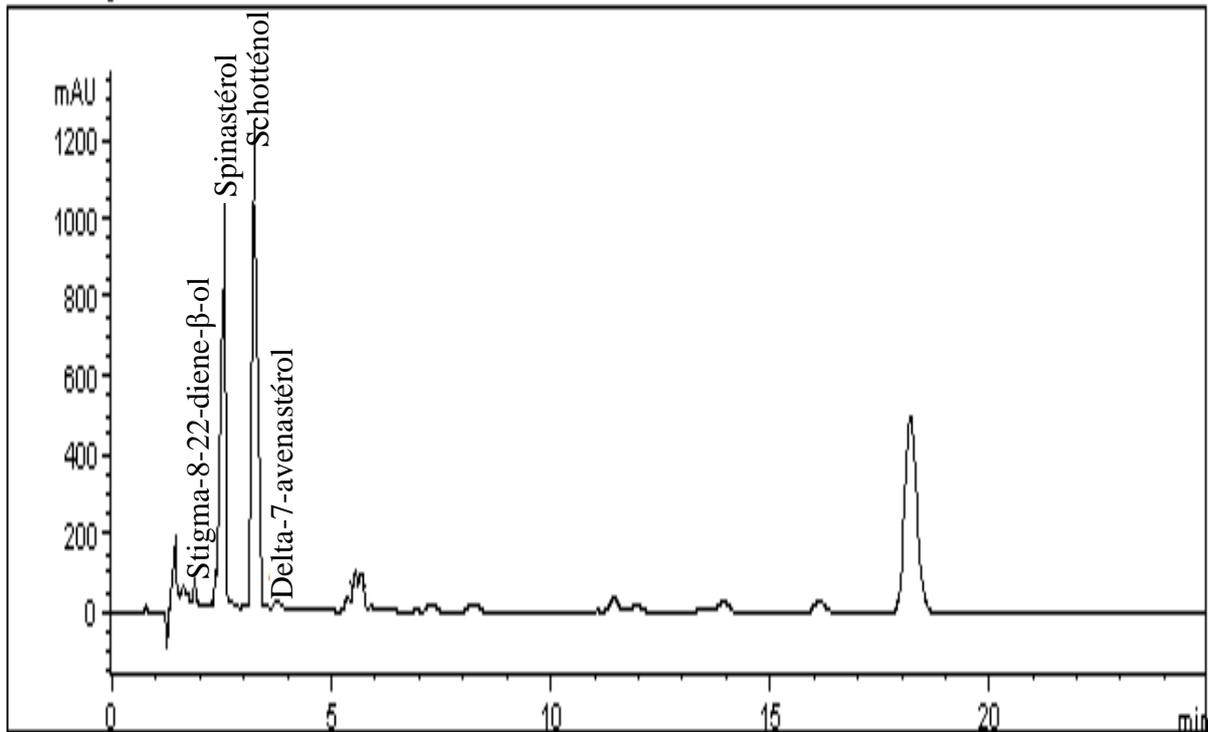


Figure 03 : profil chromatographique des stérols de l'huile extraite des noyaux ovales de la région de Tindouf.

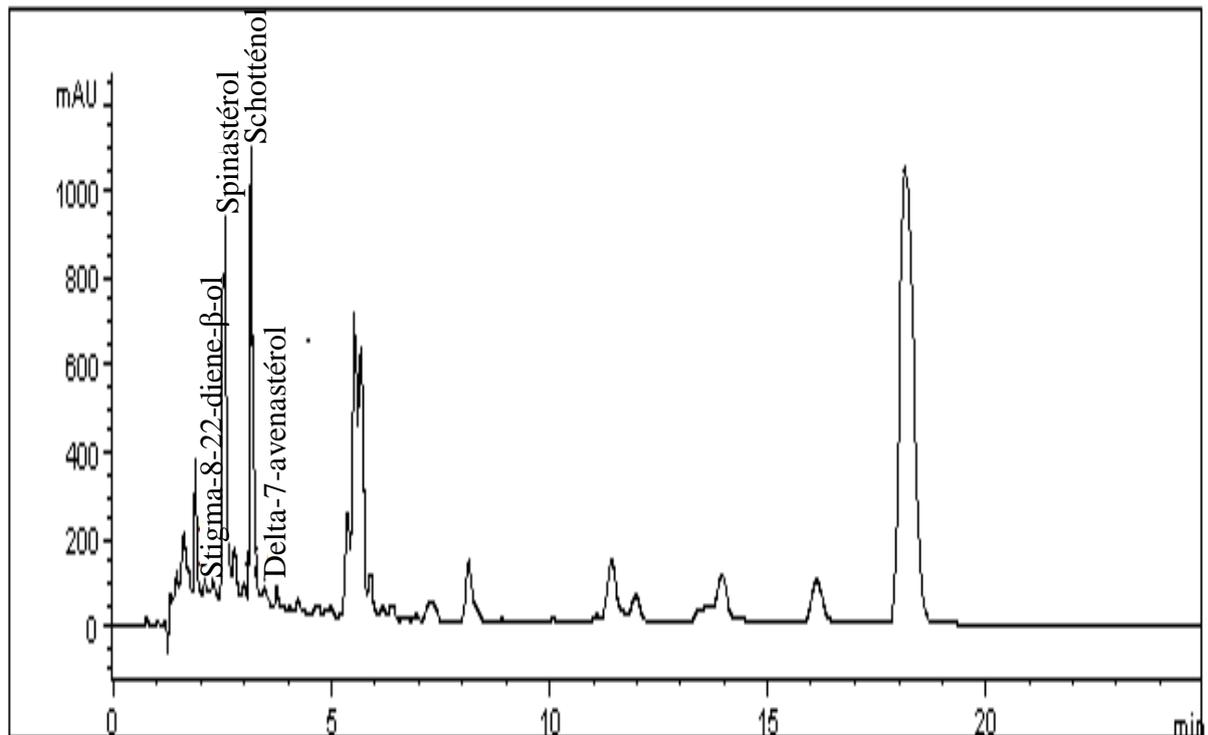


Figure 04 : profil chromatographique des stérols de l'huile extraite des noyaux ovales de la région de Mostaganem.

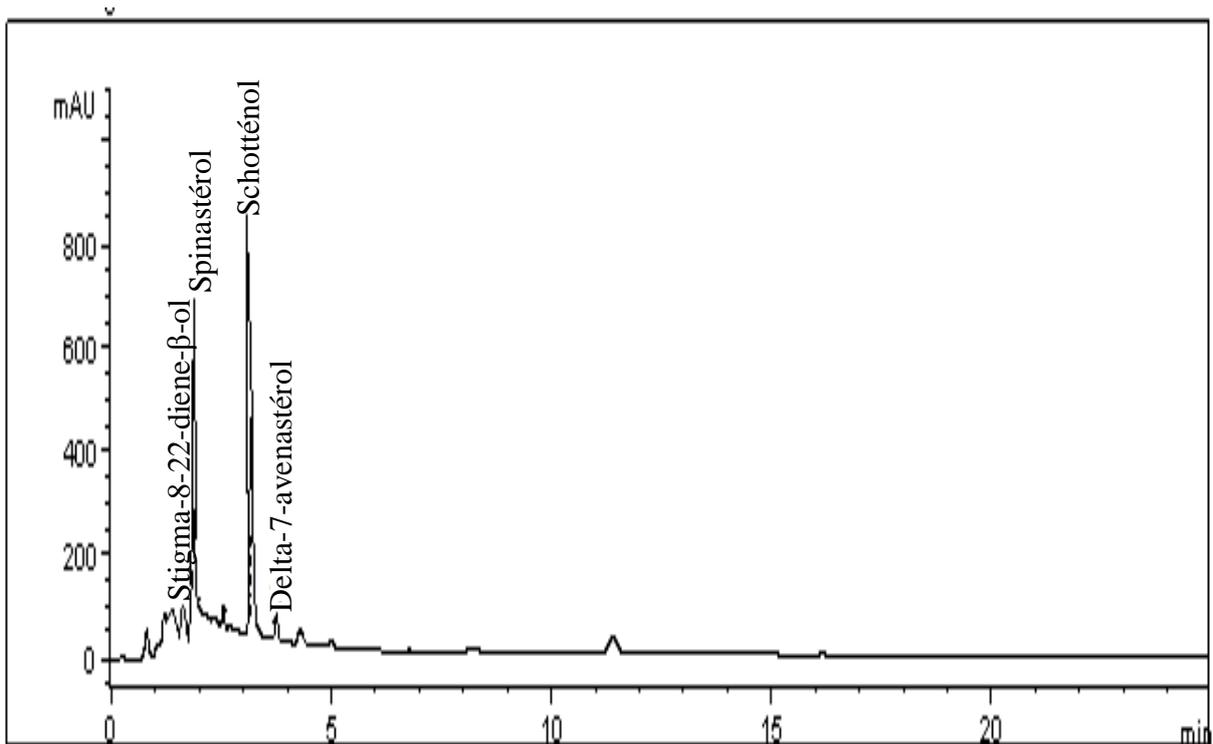


Figure 05 : profil chromatographique des stérols de l'huile extraite des noyaux arrondis de la région de Tindouf.

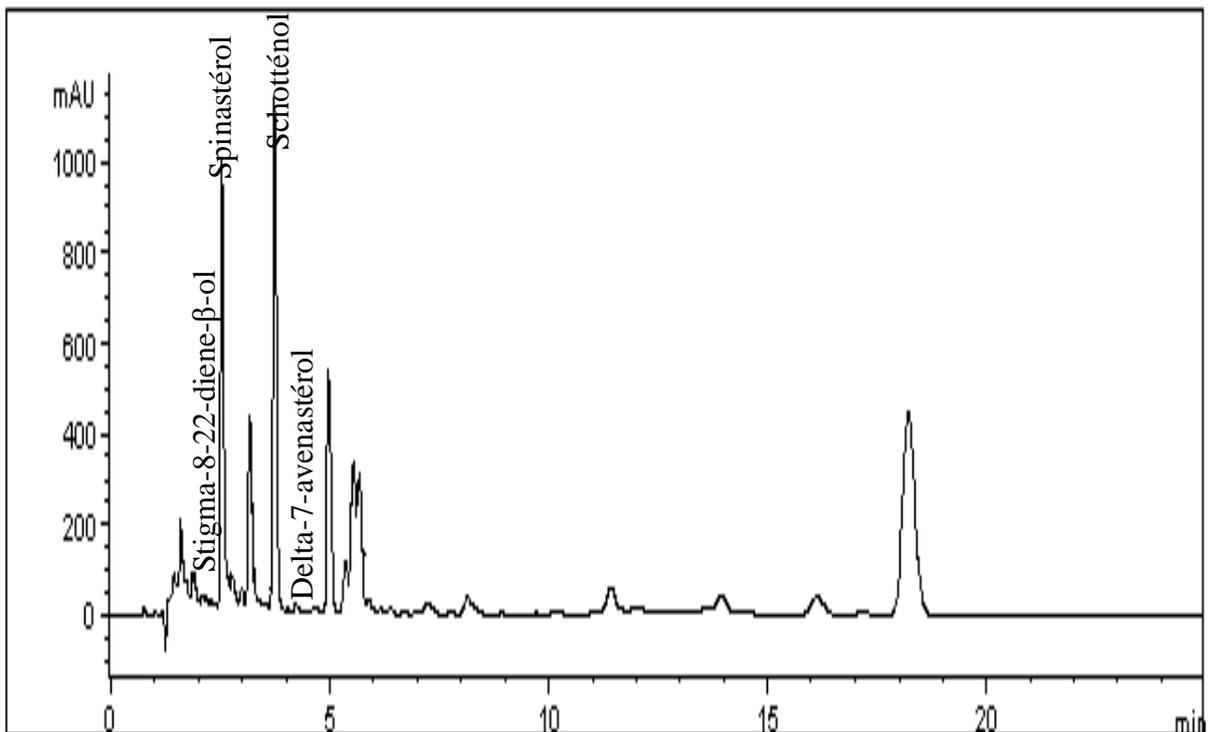


Figure 06 : profil chromatographique des stérols de l'huile extraite des noyaux arrondis de la région de Mostaganem.

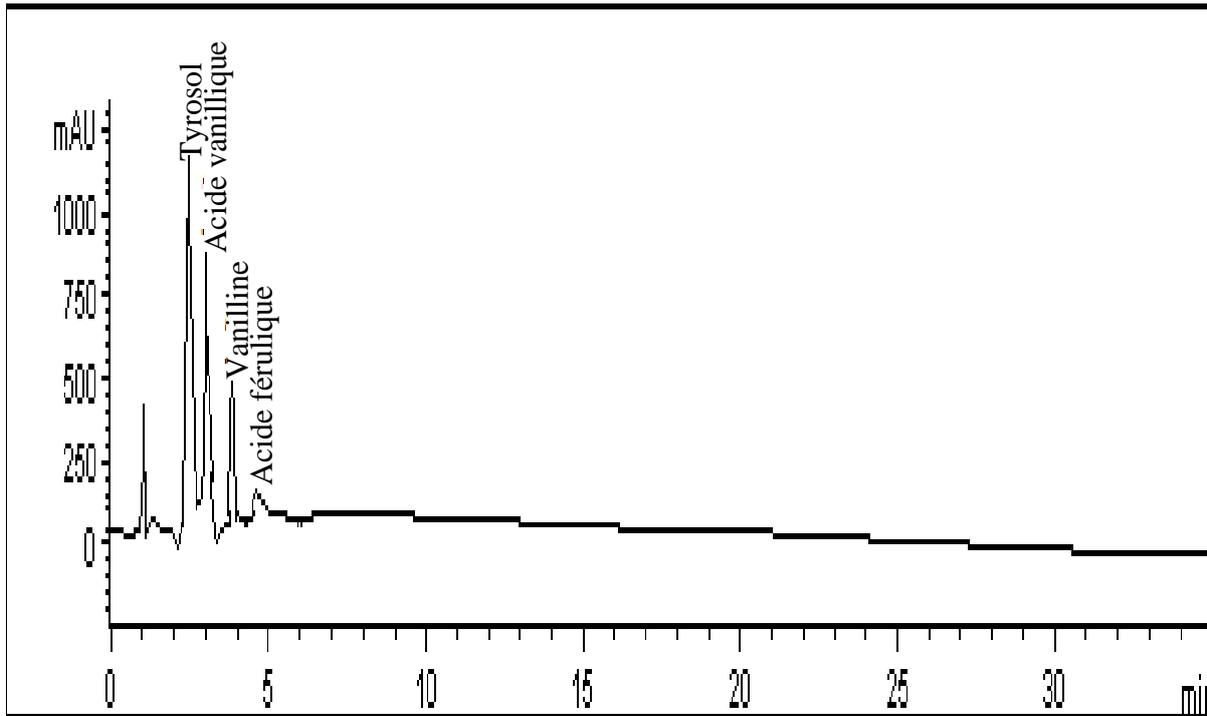


Figure 05: profil chromatographique des composés phénoliques de l'huile extraite des noyaux arrondis de la région de Tindouf.

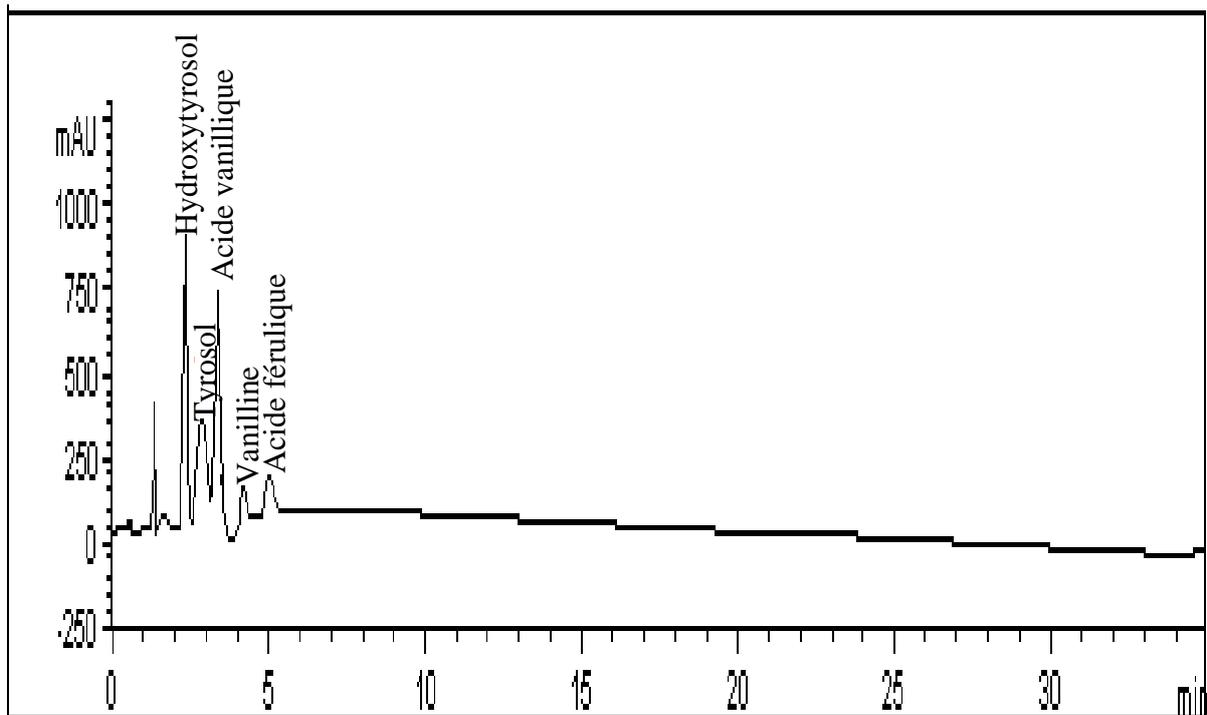


Figure 06 : profil chromatographique des composés phénoliques de l'huile extraite des noyaux arrondis de la région de Mostaganem.

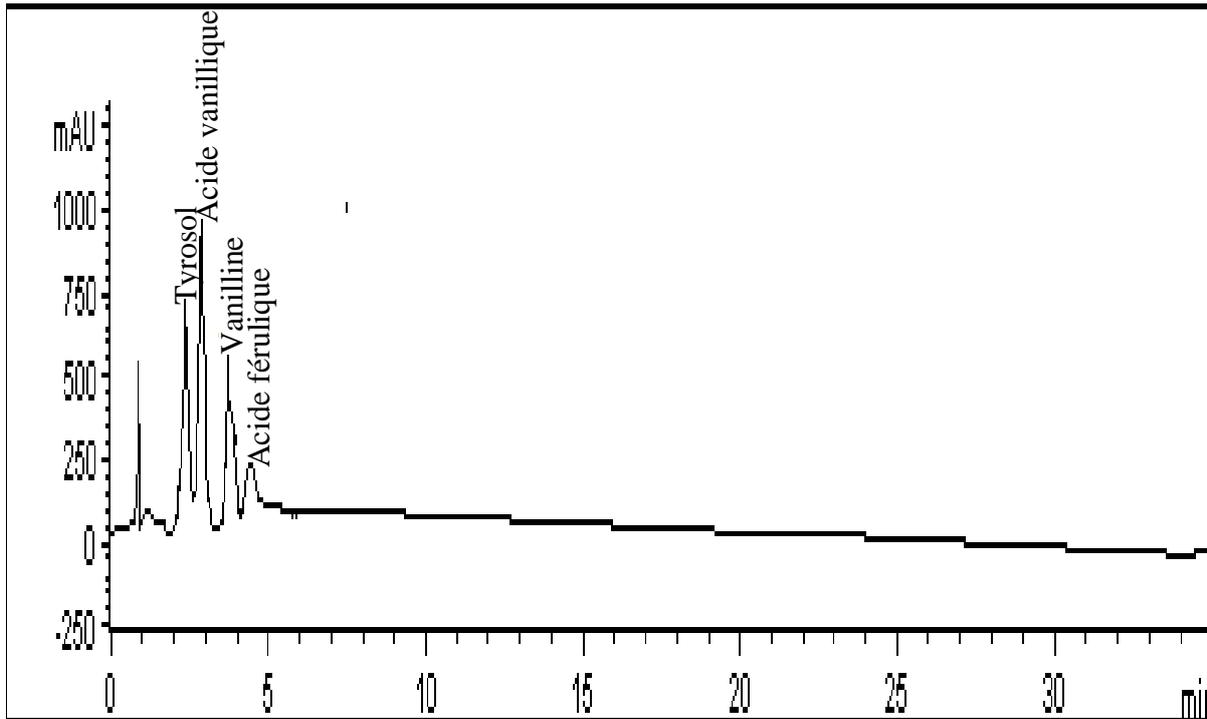


Figure 03 : profil chromatographique des composés phénoliques de l'huile extraite des noyaux ovales de la région de Tindouf.

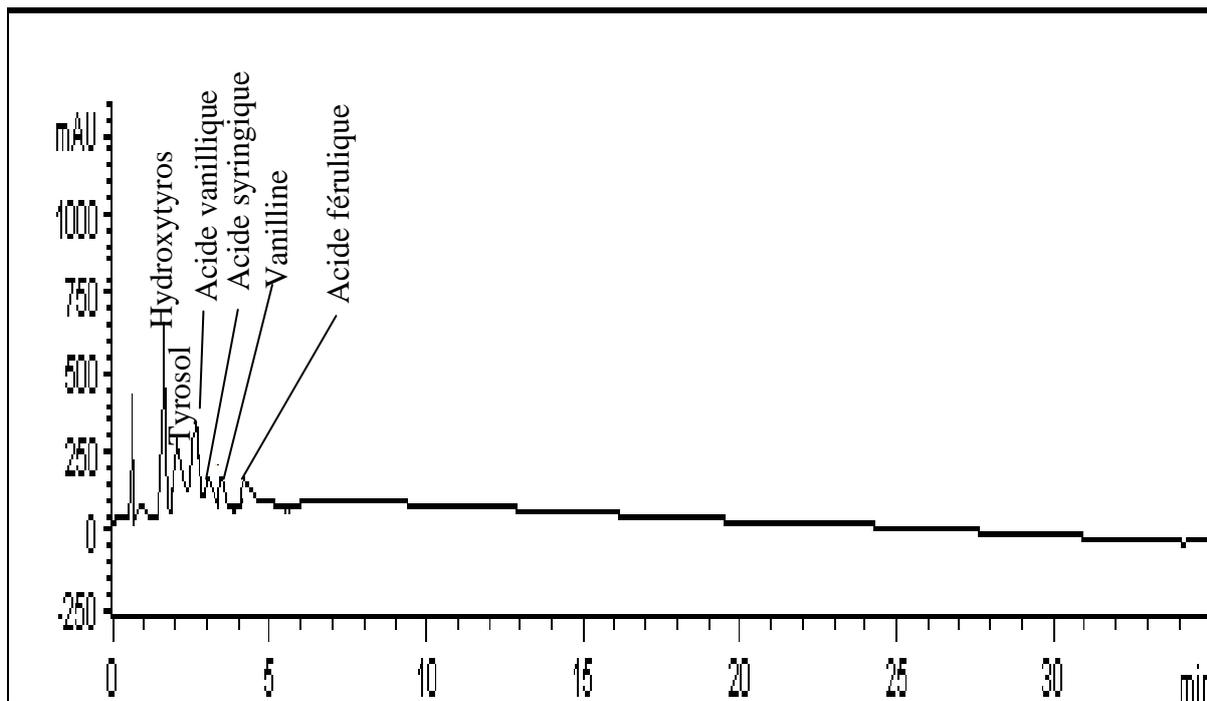


Figure 04 : profil chromatographique des composés phénoliques de l'huile extraite des noyaux ovales de la région de Mostaganem.

Annexe 6 : Profils chromatographiques des composés phénoliques

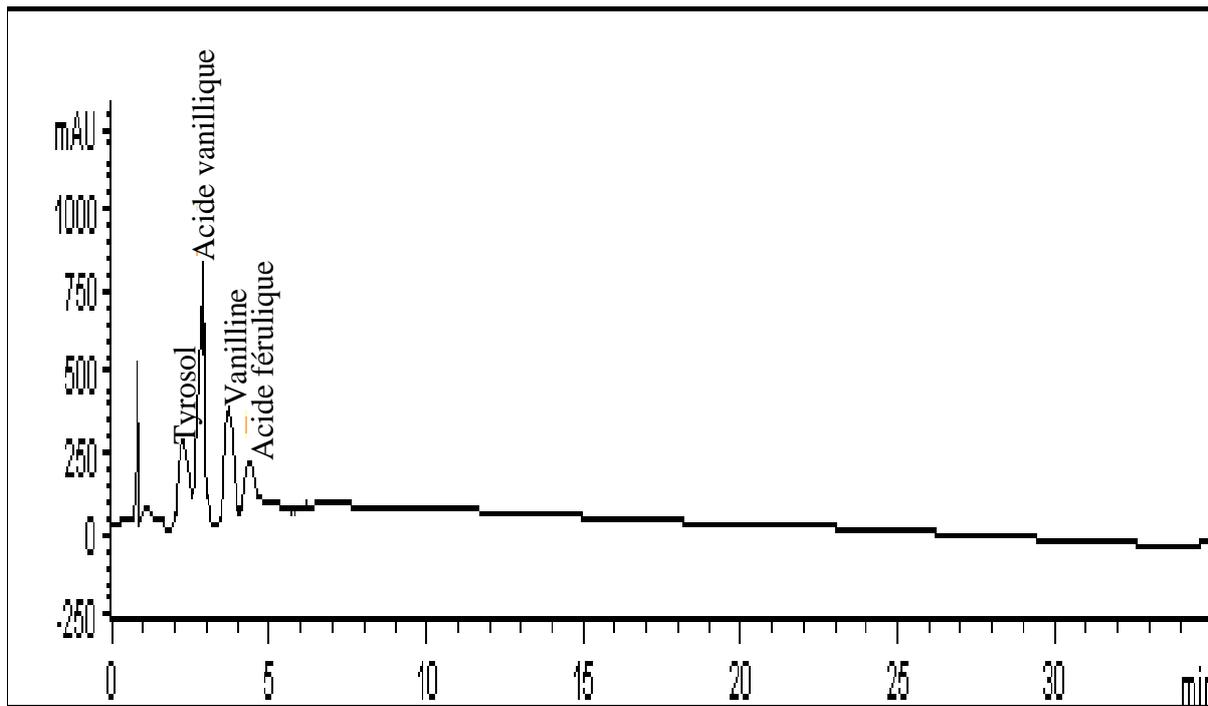


Figure 01 : profil chromatographique des composés phénoliques de l'huile extraite des noyaux fusiformes de la région de Tindouf.

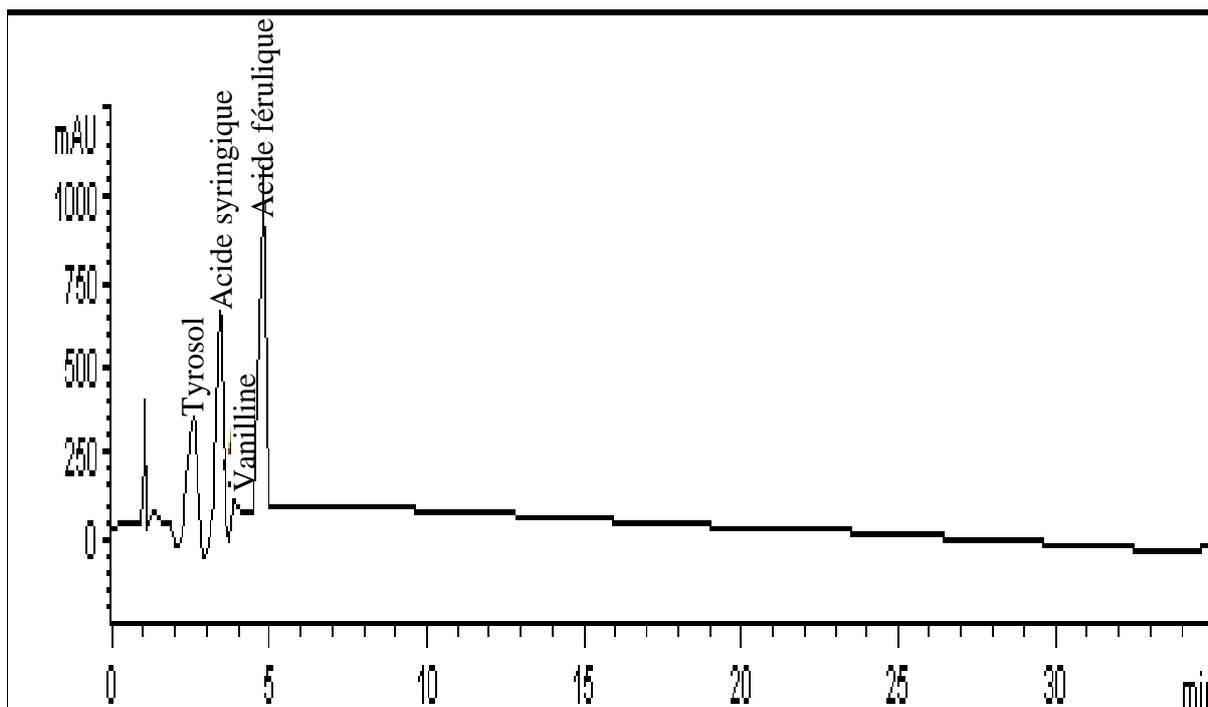


Figure 02 : profil chromatographique des composés phénoliques de l'huile extraite des noyaux fusiformes de la région de Mostaganem.

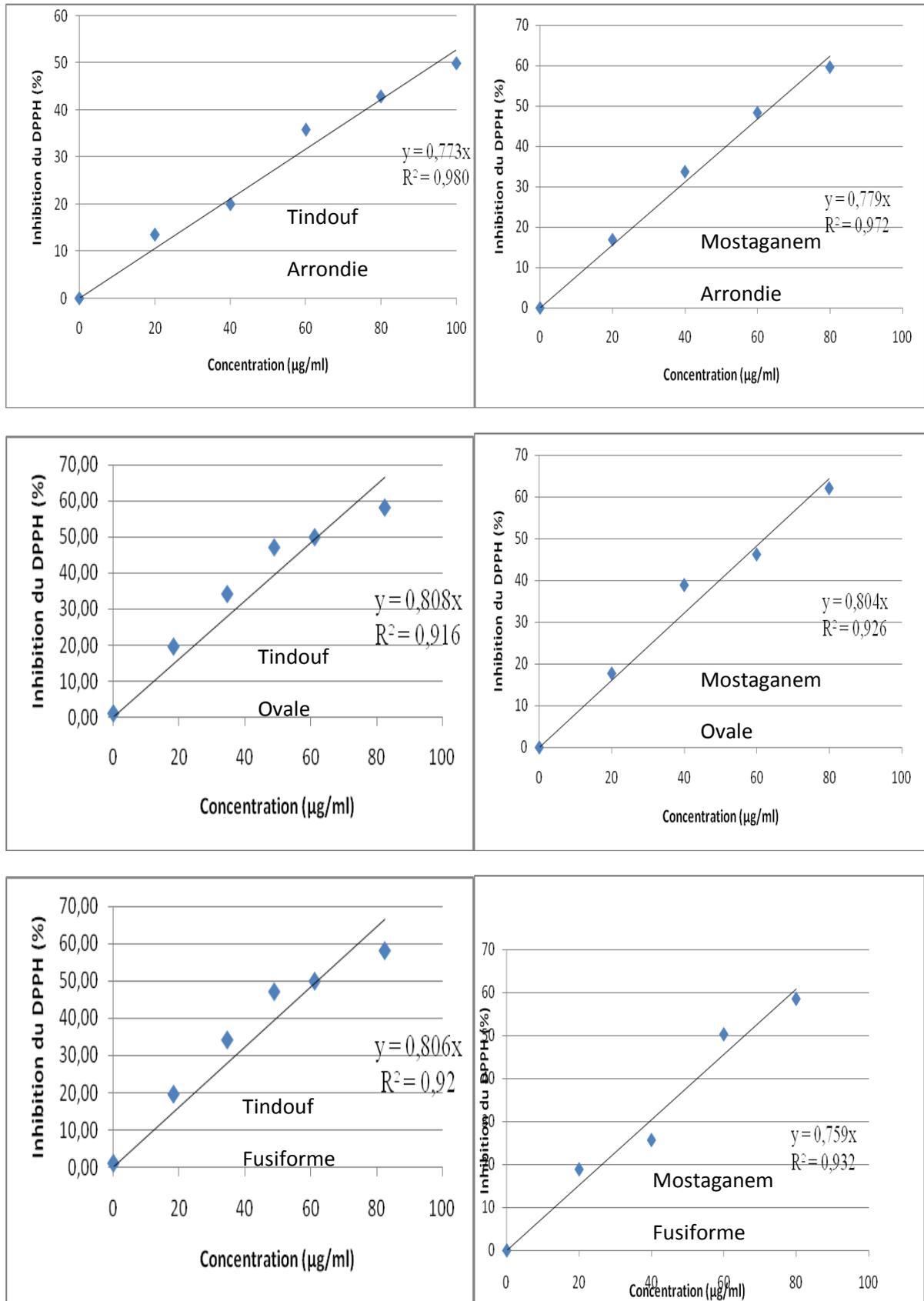


Figure 01 : Courbes de variation de l'inhibition du DPPH en fonction de la concentration des extraits méthanoliques.

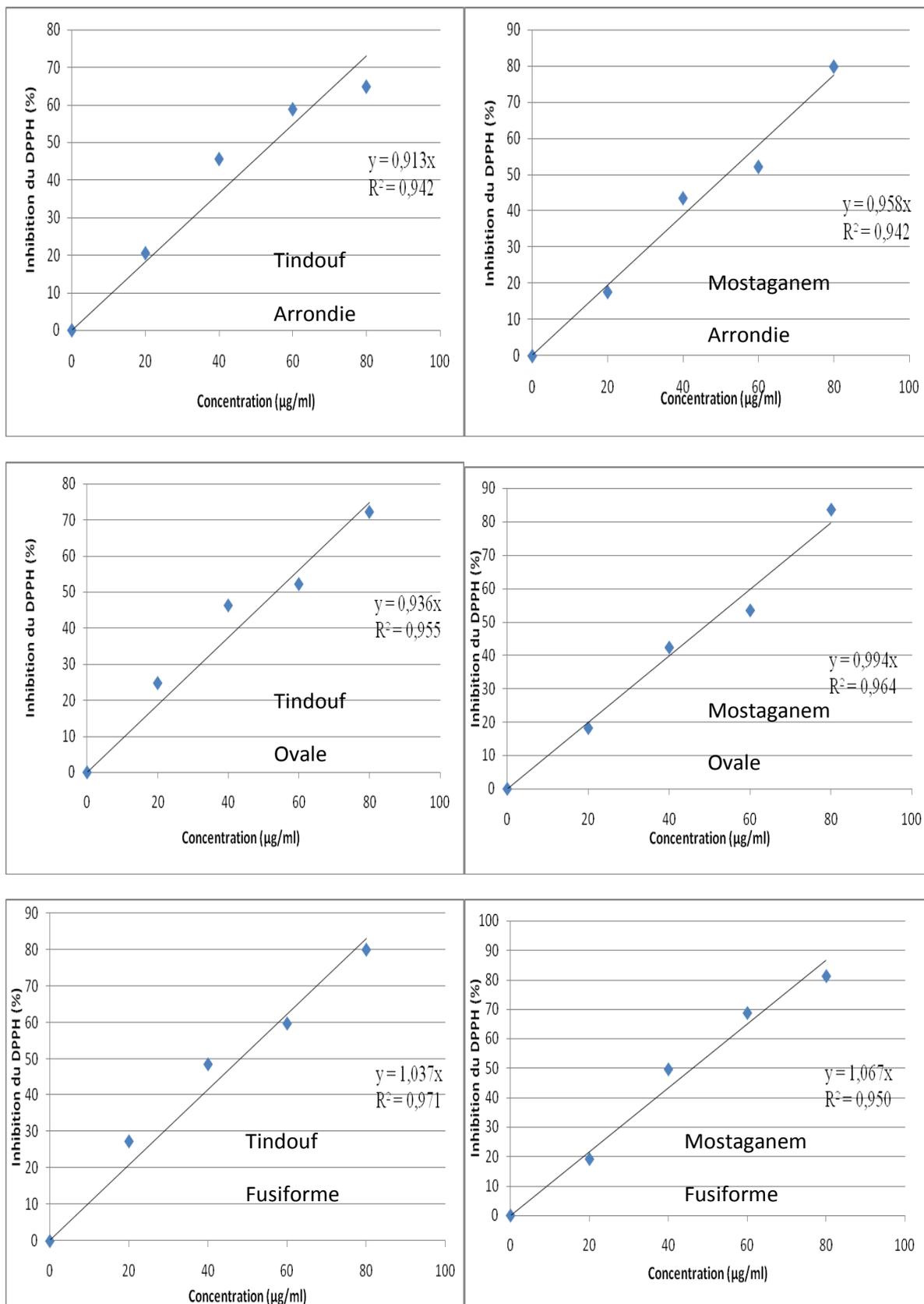


Figure 02 : Courbes de variation de l'inhibition du DPPH en fonction de la concentration des insaponifiables.

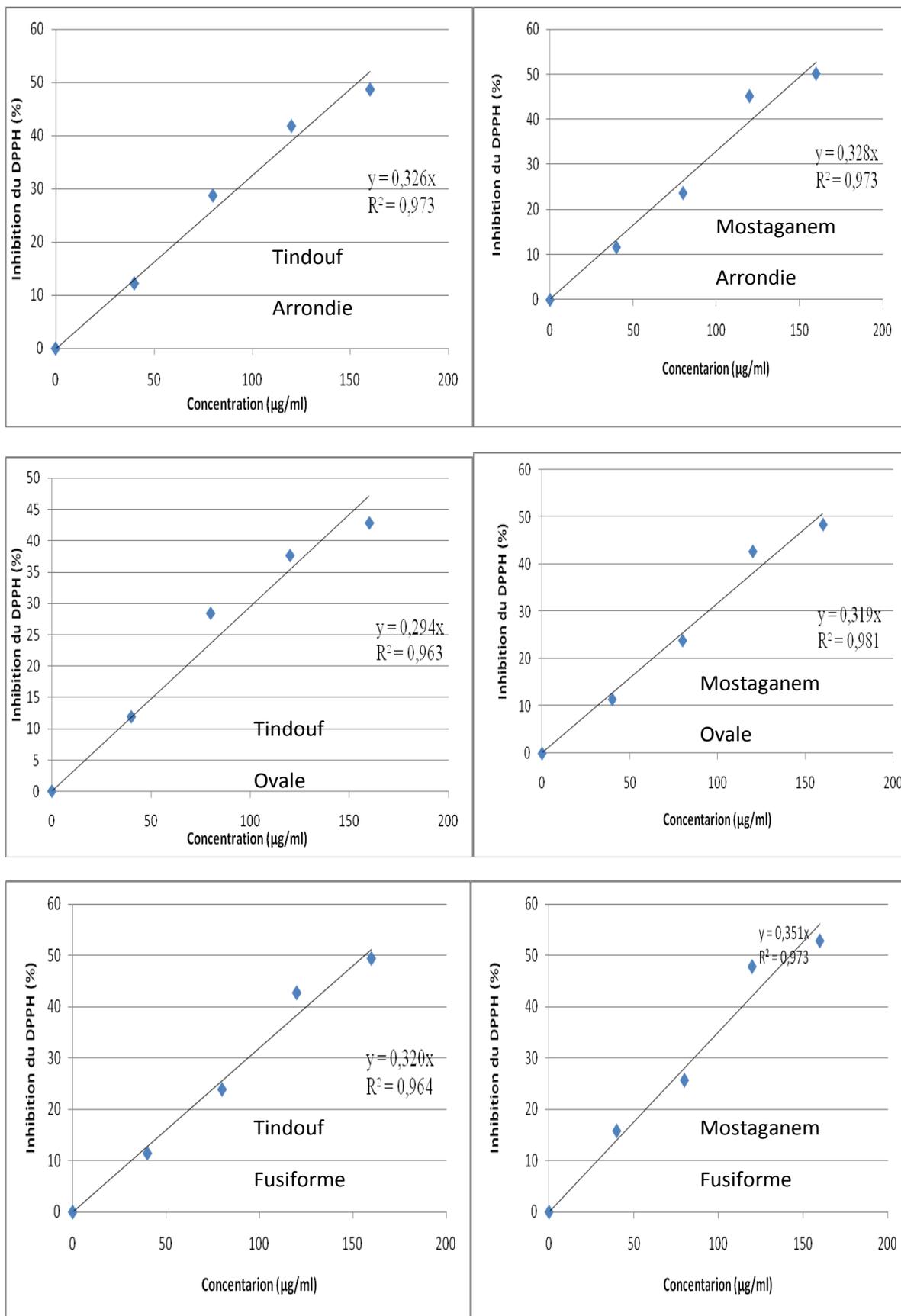


Figure 03 : Courbes de variation de l'inhibition du DPPH en fonction de la concentration des huiles.

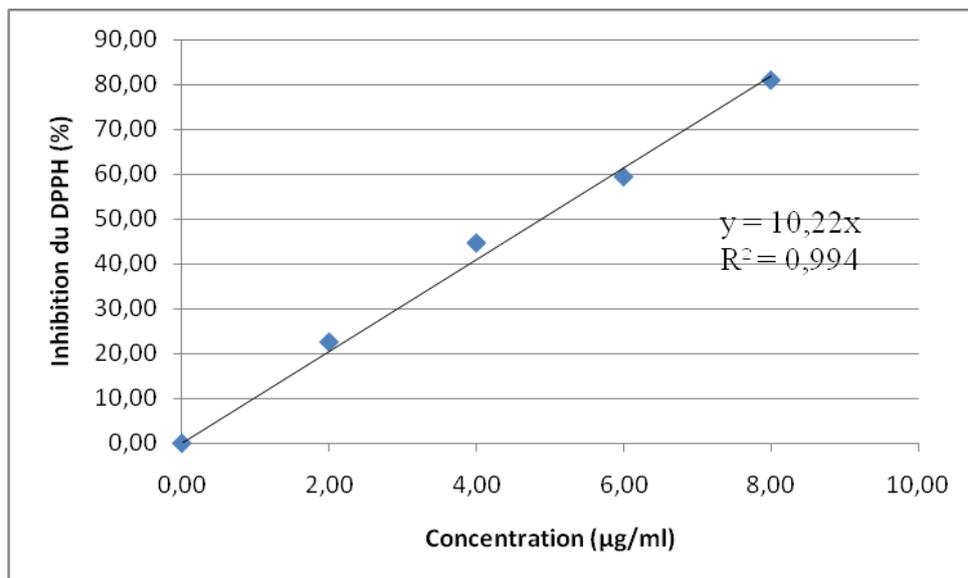


Figure 04 : Courbes de variation de l'inhibition du DPPH en fonction de la concentration de l'acide ascorbique.

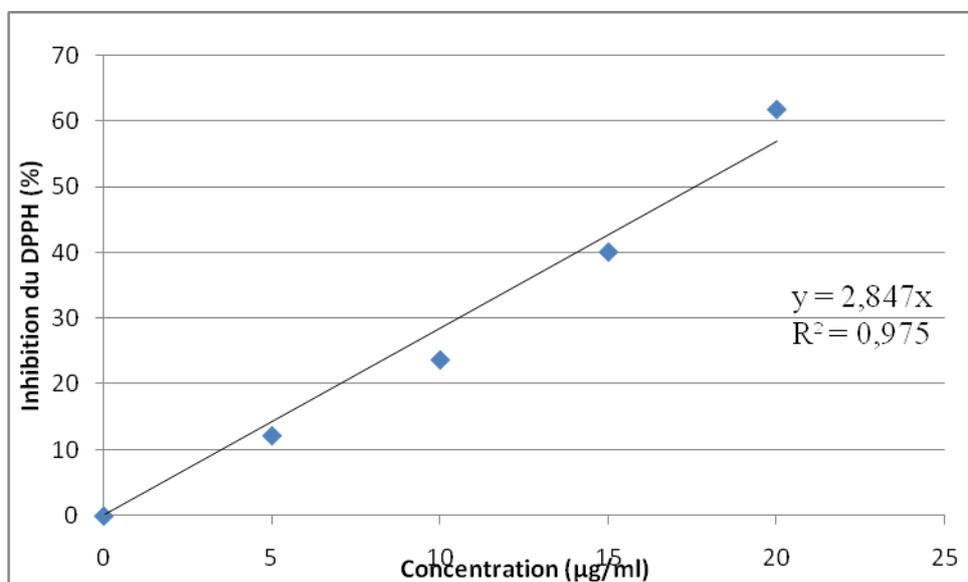


Figure 05 : Courbes de variation de l'inhibition du DPPH en fonction de la concentration du BHT.

Annexe 8 : Analyse statistique

Analyse de variance

Rendement en huile

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Forme	2	20,164	10,082	16,385	0,000
Région	1	22,289	22,289	36,223	< 0,0001

Fraction saponifiable

1. Acides gras

1.1. Acide mystirique

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Forme	2	0,104	0,052	0,821	0,460
Région	1	0,085	0,085	1,349	0,265

1.2. Acide palmitique

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Forme	2	1,083	0,542	1,761	0,208
Région	1	3,143	3,143	10,220	0,006

1.3. Acide palmitoléique

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Forme	2	0,005	0,003	8,726	0,003
Région	1	0,005	0,005	17,501	0,001

1.4. Acide stéarique

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Forme	2	3,634	1,817	7,044	0,008
Région	1	1,553	1,553	6,019	0,028

1.5. Acide oléique

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Forme	2	7,528	3,764	6,944	0,008
Région	1	11,345	11,345	20,930	0,000

1.6. Acide linoléique

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Forme	2	25,716	12,858	11,843	0,001
Région	1	52,030	52,030	47,922	< 0,0001

1.7. Acide linoléique

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Forme	2	0,001	0,001	1,589	0,239
Région	1	0,003	0,003	8,231	0,012

1.8. Acide arachidique

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Forme	2	0,013	0,007	3,462	0,060
Région	1	0,009	0,009	4,812	0,046

1.9. Acide gadoléique

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Forme	2	0,036	0,018	5,138	0,021
Région	1	0,043	0,043	12,403	0,003

2. Triglycérides**2.1. LLL**

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Forme	2	2,927	1,464	11,747	0,001
Région	1	0,381	0,381	3,060	0,102

2.2. LLO

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Forme	2	3,543	1,771	5,132	0,021
Région	1	9,461	9,461	27,413	0,000

2.3. OOL

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Forme	2	2,356	1,178	6,566	0,010
Région	1	17,444	17,444	97,242	< 0,0001

2.4. POL

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Forme	2	0,259	0,129	1,617	0,234
Région	1	32,401	32,401	404,979	< 0,0001

2.5. OOO

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Forme	2	0,666	0,333	0,568	0,579
Région	1	34,806	34,806	59,447	< 0,0001

2.6. POO

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Forme	2	2,091	1,046	6,867	0,008
Région	1	8,147	8,147	53,505	< 0,0001

2.7. LPS

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Forme	2	8,499	4,249	3,218	0,071
Région	1	3,467	3,467	2,626	0,127

2.8. SOO

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Forme	2	1,726	0,863	3,546	0,057
Région	1	0,000	0,000	0,001	0,974

2.9. POS

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Forme	2	0,083	0,042	4,136	0,039
Région	1	14,688	14,688	1460,474	< 0,0001

Fraction Insaponifiable**1. Teneur en insaponifiable**

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Forme	2	0,501	0,250	4,006	0,042
Région	1	0,172	0,172	2,753	0,119

2. Tocophérols**2.1. α -tocophérol**

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Forme	2	23,880	11,940	2,611	0,109
Région	1	300,125	300,125	65,619	< 0,0001

2.2. γ -tocophérol

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Forme	2	83,003	41,501	6,018	0,013
Région	1	0,587	0,587	0,085	0,775

2.3. δ -tocophérol

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Forme	2	29,999	14,999	12,222	0,001
Région	1	327,680	327,680	267,015	< 0,0001

3. Stérols**3.1. Schotténol**

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Forme	2	6,177	3,088	0,805	0,525
Région	1	40,922	40,922	44,300	< 0,0001

3.2. Spinastérol

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Forme	2	6,953	3,476	1,232	0,407
Région	1	6,307	6,307	2,362	0,155

3.3. Stigma-8-22-dien-B-ol

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Forme	2	1,053	0,527	7,700	0,066
Région	1	40,922	40,922	44,300	< 0,0001

3.4. Delta7-avenastérol

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Forme	2	4,148	2,074	36,518	0,008
Région	1	2,236	2,236	2,627	0,136

4. Composés Phénoliques

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Region	1	2,569	2,569	72,043	< 0,0001
Forme	2	0,974	0,487	13,653	0,001

ملخص:

تهدف الدراسة الى استخراج و تحديد التركيب الكيميائي وكذا النشاط المضاد للأكسدة لزيت الأرغانز و قد أجريت الدراسة على ثمار أشجار الأرغان تنمو في منطقتين مختلفتين من الجزائر (تندوف و مستغانم).

أحسن مردود من الزيت تم الحصول عليه كان من النواة ذات الشكل الدائري للأشجار التي تنمو في منطقة مستغانم. دراسة أجزاء اللييدات أظهرت أن كل الزيوت غنية بالأحماض الدهنية غير المشبعة خاصة حمض الأوليك (46,16 - 48,85%). كما سمحت الدراسة بتحديد التركيب التريغليسيريدي للزيوت و التي منها خمسة مركبات أساسية

حدد تحليل الجزء غير القابل للتصبن ثلاثة التوكوفيرولات و هي دالتا توكوفيرول (553-702-ملغ / كلغ) الألفا توكوفيرول (4,12 - 82,04 ملغم / كلغم) الغاما توكوفيرول (33,47- 108,72 ملغ / كلغ)، وأربعة ستيرولات و تتمثل في السكوتينول (46,54 49,02 %) , السبناستيرول (39,62 - 42,3%), الستيغما 8-22-ديين بتأول (4,50 - 10,14 %) و الدالتا-7-أفيناستيرول (3,18 - 5,22%). كما تم تحديد ستة مكونات فينولية وهي الهيدروكسيستيروزول (1,59 - 2,62 مغ/كلغ)، التيروزول (0,70 - 2,17 مغ/كلغ)، حمض الفانيليك (0,95 - 1,50 مغ/كلغ)، حمض السيرنجيك (0,29 - 1,19 مغ/كلغ)، الفانيلين (0,12 - 0,72 مغ/كلغ) و حمض الفيريليك (0,38 - 2,33 مغ/كلغ).

كما أظهرت الدراسة الفعالية العالية المضادة للأكسدة للجزء غير المتصبن من الزيوت مقارنة بالمركبات الفينولية مع تفوق الزيوت المستخرجة من منطقة مستغانم.

كلمات مفاتيح: زيت الأرغان، تكوين، متصبن، غير متصبن، نشاط مضاد للأكسدة.

Résumé :

L'étude consiste à l'extraction et la détermination de la composition chimique et l'activité antioxydante des huiles d'argan. L'étude a été effectuée sur des fruits d'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels) récoltés de deux régions d'Algérie (Tindouf et Mostaganem).

Le meilleur rendement en huile (53,42 %) a été obtenu avec les huiles des noyaux arrondis (Mostaganem). L'analyse de la fraction saponifiable révèlent leur richesse en acides gras insaturés notamment l'acide oléique (46,16 - 48,85 %) et l'acide linoléique (29,00 % - 34,32 %). Les triglycérides majoritaires sont : LLO (13,64 - 16,32 %), OOL (18,12 - 20,94 %), OOO (17,23 - 21,22 %), POO (9,46 - 11,51 %) et LPS (9,09 - 12,95 %).

L'analyse de la fraction insaponifiable a permis d'identifier trois tocophérols (γ (553,37 - 702,26 mg/kg), α (4,12 - 82,04 mg/kg) et δ (33,47 - 108,72 mg/kg)), quatre stérols (schotténol (46,54 - 49,02 %), spinastérol (39,62 - 42,34 %), delta-7-avenastérol (4,50 - 10,14 %) et stigma-8-22-diène- β -ol (3,18 - 6,24 %)) et six composés phénoliques (hydroxytyrosol (1,59 - 2,61 mg/kg), tyrosol (0,52 - 2,17 mg/kg), acide vanillique (0,95 - 1,50 mg/kg), vanilline (0,12 - 0,72 mg/kg), acide syringique (0,29 - 1,19 mg/kg) et l'acide férulique (0,38 - 2,33 mg/kg)).

L'évaluation de l'activité antioxydante a permis d'enregistrer que l'insaponifiable se caractérise par une forte activité antioxydante suivie des extraits méthanoliques puis pour l'ensemble des huiles avec une supériorité de celles de la région de Mostaganem.

Mots clés : huile d'argan, composition, saponifiable, insaponifiable, activité antioxydante.