

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ ABOU BEKR BELKAID - TLEMCCEN -

Faculté des Sciences
Département de Biologie
Laboratoire des Produits Naturels

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Magistère en Biologie

Option :

Substances Naturelles Activités Biologique et Synthèse

Thème

Etude chimique et nutritive d'Argania spinosa

Présenté par : *KHALDI DARINE- Epouse- SERHANE*

Soutenu le : 2007

Devant la commission du jury composée de :

Président :

TALEB-BENDIAB. S..A. Professeur Université de Tlemcen

Examineurs :

ATIK. F. Professeur Université de Tlemcen

MERZOUK.H. Professeur Université de Tlemcen

BENDIMERAD..N. Maître de conférences Université de Tlemcen

Sous la direction de :

BELARBI. M. Maître de conférences Université de Tlemcen

Année Universitaire : 2006 / 2007



DEDICACES

JE DEDIE CE MODESTE TRAVAIL
A DIEU TOUT PUISSANT ALLAH QUI MA
DONNER LA VOLENTE ET LA PUISSANCE
POUR REALISER CETTE ETUDE DONT JE
SOUHAITERAIS QU'ELLE SERA ACCEPTEE PAR
LUI SOUBHANAHO.


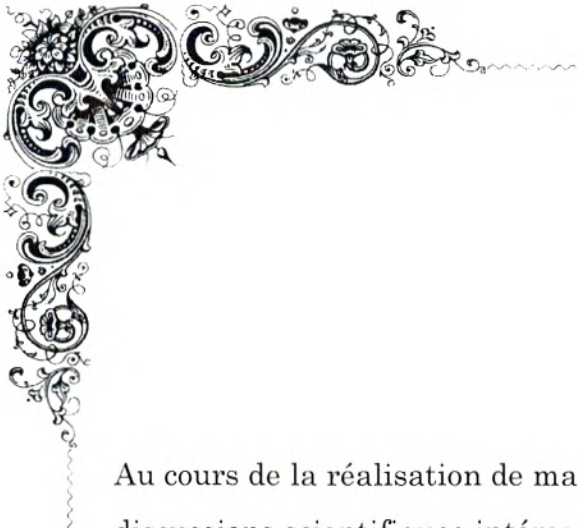
A LA MEMOIRE DE MA GRANDE MERE.
A MON PERE ET A MA MERE QUI M'ONT
GUIDE SUR LE CHEMIN DE LA VIE.

A MA SCEUR RAFIKA ET A MON FRERE.
ABDELHADI.

A MON CHER MARI ALI.

A MON ONCLE ISMAIL.

ENFIN A MON AIMABLE ENCADREUR
MADAME BELARBI MERIEM.



Au cours de la réalisation de ma recherche, j'ai particulièrement apprécié les discussions scientifiques intéressantes avec, M^{elle} *BENHAMMOU. N*, M^r *BELYAGOUBI. L* M^r *GOUZI. H*,

Que M^{me} *BENDIMERAD. N*, Maître de Conférence, Université Tlemcen, trouve ici mes sincères remerciements.

Je tiens également à remercier monsieur *CHABANE SARI.D*, Professeur en physiologie animale, Université Tlemcen, son aide m'a été très précieuse tout au long des trois années passées au laboratoire.

Je ne saurais oublier l'équipe du laboratoire de Valorisation des Actions de l'Homme pour la Protection et l'Environnement et Application en Santé Publique, je pense bien sûr à M^{me} *MERZOUK.H*.

Pour n'oublier personne, je vais adresser un grand merci collégial pour leur générosité quotidienne. Voici les prénoms en bouquet : *ZAHIA¹*, *ZAHIA²*, *IMAN*, *FARAH*, *NABILA*, *ZOHRA*, *WAHIBA*, *HOURLIA*, *DJAMILA*, *FOUAD*, *ZAKAT* ET *MERIEM*.



Remerciements

Ce travail a été effectué au *Laboratoire des Produits Naturels (LAPRONA)*, au Département de Biologie.

Je tiens à remercier très vivement le directeur *TALEB BENDIAB SA* Professeur en chimie, Université Tlemcen, de m'avoir accueilli dans son laboratoire et d'avoir présidé le jury de ce mémoire.

Je suis très reconnaissante envers les membres du jury d'avoir accepté de considérer ce travail :

Docteur *BELARBI.M*, Maître de Conférence, Université Tlemcen, directrice de mémoire.

Professeur *MERZOUK.H*, Université Tlemcen.

Professeur *ATIK. F*, Université Tlemcen.

Docteur *BENDIMERAD.N*. Maître de Conférence, Université Tlemcen.

Professeur *BENABADJI. N*, Université Tlemcen.

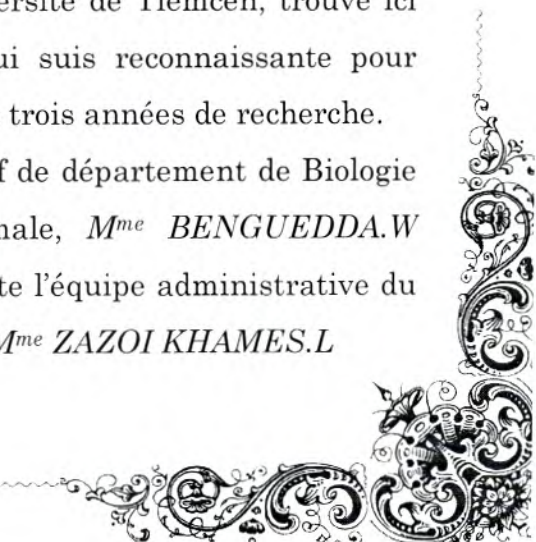
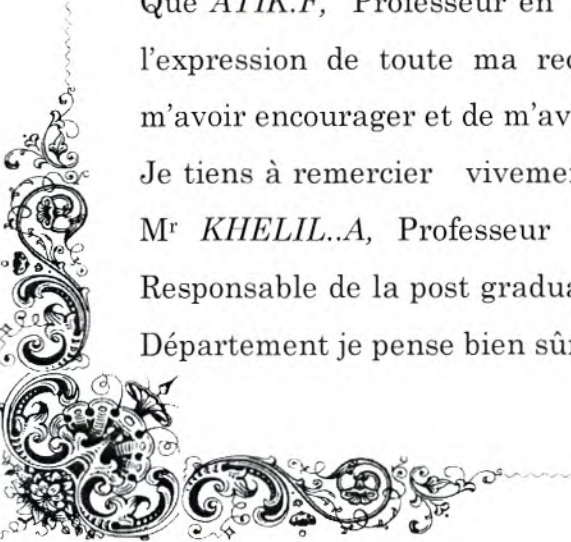
J'exprime ma profonde gratitude à *BELARBI.M*, pour la confiance qu'elle m'a accordée en me proposant cette étude. L'intérêt qu'elle a porté à mon travail, tout au long de son évolution, a été un encouragement des plus efficaces.

Ses qualités scientifiques et humaines ont fait de ce travail un divertissement quotidien et passionnant.

Je remercie également le Professeur *MASHEV.N*, Université Plovdiv en Bulgarie ainsi que le Professeur *PROST JOSIANE*, Université de Bourgogne en France.

Que *ATIK.F*, Professeur en phytochimie, Université de Tlemcen, trouve ici l'expression de toute ma reconnaissance. Je lui suis reconnaissante pour m'avoir encourager et de m'avoir aider le long des trois années de recherche.

Je tiens à remercier vivement monsieur le Chef de département de Biologie Mr *KHELIL..A*, Professeur en écologie animale, *M^{me} BENGUEDDA.W* Responsable de la post graduation ainsi que toute l'équipe administrative du Département je pense bien sûr à *RACHIDA* et à *M^{me} ZAZOI KHAMES.L*



Liste des abréviations

µl : microlitre.	Rt : Rendement.
ml : millilitre.	MG : matière grasse
l : litre.	V : volume.
UI : Unité internationale.	f : facteur de correction de la solution de titration
µg : microgramme.	T° : température
mg : milligramme.	Vol : volume
g :gramme	HCl : acide chlorhydrique
kg : kilogramme.	KOH : hydroxyde de potassium (la potasse)
M : mole.	NaOH :hydroxyde de sodium (la soude)
nm : nanomètre.	CuSO₄ : sulfate de cuivre
min : minute.	H₂SO₄ : acide sulfurique
C : concentration.	FeCL₃ :chlorure ferrique.
M : molarité.	NaCl chlorure de sodium.
N : normalité.	HCN : acide cyanhydrique.
I_A : indice d'acide.	NH₃⁺ : l'ammoniac.
I_s indice de saponification.	NH₄OH : hydroxyde d'ammonium
I_E indice d'ester.	DPPH :2,2-Diphenyl-1-icrylhazydrazyl.
d₂₀ : indice de densité.	PVPP : le polyvinyle polypyrolidone.
DO : Densité optique.	HPLC : chromatographie sur colonne à haute performance.
m : masse.	CPG : chromatographie sur colonne en phase gazeuse.
P : poids.	UI : Unité internationale.
% : pourcentage.	BHT : Butylate hydroxy toluene.
AA : acide aminé.	F : facteur de conversion.
AAE : acide aminé essentiel.	SM : solution mere
AG : acide gras.	FAO : Food Agriculture organization.
AGE : acide gras essentiel.	
AGPI : Acides gras polyinsaturés.	
MS : matière sèche.	
EC₅₀ : concentration efficace= IC₅₀ : inhibitrice concentration	
RL : radicaux libres.	
PR : pourcentage de réduction.	

Liste des tableaux

Tableau 1 : Structure chimique des saponosides du tourteau d'arganier-----	17
Tableau 2: La composition chimique de la pulpe-----	18
Tableau 3: Résultats des tests phytochimiques-----	69
Tableau 4: Indices de densité de quelques huiles végétales comestibles-----	71
Tableau 5: Les valeurs de l'indice de réfraction de l'huile d' <i>Argania-spinosa</i> -----	72
Tableau 6: Les indices de réfraction des huiles en fonction du type d'acide gras insaturé prédominant-----	73
Tableau 7: Les indices de réfraction de quelques huiles végétales-----	73
Tableau 8: Les indices de saponification des principaux corps gras-----	74
Tableau 9: Composition centésimale des esters méthyliques des acides gras analysés par CPG-----	75
Tableau 10: La composition moyenne en acides gras des principales huiles végétales comestibles-----	77
Tableau 11: Les résultats du dosage de la vitamine E dans l'huile d' <i>Argania spinosa</i> -----	79
Tableau 12 : Tableau comparatif des teneurs en vitamine E de quelques huiles végétales comestibles-----	80
Tableau 13 : Teneur en protéines brutes en pourcentage par rapport à la matière sèche (MS) de quelques graines végétales-----	81
Tableau 14 : Composition centésimale par rapport à la matière sèche en acides aminés totaux du tourteau des amandes d' <i>Argania spinosa</i> -----	83
Tableau 15: Composition en acides aminés totaux par rapport à 100g de protéine d' <i>Argania spinosa</i> comparée avec celle du soja (<i>Glycine max</i>) et d'une essence saharienne (Salisb= El-Kasdir)(<i>Pseudocytisus intergrifolius</i>)-----	85
Tableau 16: Pourcentage relatif des acides aminés essentiels par rapport à protéine de référence le blanc d'œuf-----	86

Tableau 17 : Valeur biologique des protéines du tourteau d' <i>Argania spinosa</i> comparée à celles de gland de chêne vert (<i>Quercus ilex</i>) et de <i>Pseudocytisus intergrifolius</i> -----	87
Tableau 18 : Résultats du dosage des sucres totaux au niveau de l'amande, de l'amande dégraissée (tourteau) et de la pulpe d' <i>Argania spinosa</i> -----	88
Tableau 19: Teneur en fibres alimentaires exprimées en pourcentage de matière sèche (MS) d' <i>Argania spinosa</i> comparée à quelques graines végétales fourragères-----	90
Tableau 20: Teneur en matière minérale de l'amande, du tourteau et de la pulpe du fruit d' <i>Argania spinosa</i> -----	91
Tableau 21: Taux des polyphénols totaux au niveau de l'huile et du tourteau d' <i>Argania spinosa</i> -----	92
Tableau 22: Taux des polyphénols totaux au niveau de l'huile d'arganier et de l'huile d'olive-----	93
Tableau 23: Rendement en saponosides et en alcaloïdes dans <i>Argania spinosa</i> -----	94
Tableau 24: l'activité antioxydante des extraits phénoliques de quelques plantes et de l'acide ascorbique-----	98
Tableau 25: Valeur de l'EC ₅₀ comparée à celle de l'acide ascorbique-----	98
Tableau 26 : Valeurs des densités optiques (DO) de la gamme d'étalonnage (α-D-Glucose) préparée lues à 490nm de chaque concentration-----	124
Tableau 27 : Valeurs des densités optiques (DO) de la gamme d'étalonnage (Catéchol) lues à 650nm de chaque concentration-----	124
Tableau 28 : polyphénols totaux tourteaux – pouvoir antioxydant-----	125
Tableau 29: Huile fixe vierge d' <i>Argania spinosa</i> – pouvoir antioxydant----	125

Liste des figures

Figure1 : Carte de l'aire de répartition naturelle et d'acclimatation de l'arganier (<i>Argania spinosa</i> L-Skeels)-----	8
Figure2 : L'arganier (<i>Argania spinosa</i>)-----	10
Figure3 : structure chimique des tocophérols, des polyphénols et des principaux stérols de l'huile d'argan (<i>Argania spinosa</i>)-----	15
Figure4 : Structure chimique des triterpènes et méthylstérols de l'huile d'argan (<i>Argania spinosa</i>)-----	16
Figure 5 : Structure chimique des saponosides isolés du tourteau d' <i>Argania spinosa</i> -----	17
Figure 6 : structure chimique des flavonols isolés des feuilles d'arganier-----	19
Figure 7 : structure chimique des saponosides du bois de l'arganier-----	20
Figure 8 : Courbe d'étalonnage de D+ Glucose µg/ ml-----	54
Figure 9 : L'échantillon préparé des polyphénols du tourteau d' <i>Argania spinosa</i> -----	57
Figure 10 : L'étalon préparé (le pyrocatechol) pour le dosage des polyphénols totaux-----	58
Figure 11 : Courbe d'étalonnage standard pour le dosage des polyphénols-----	58
Figure12 : Solution fraîche de DPPH sans échantillon d'huile-----	66
Figure13 : Solution de DPPH mise à réagir avec l'échantillon d'huile-----	66
Figure 14 L'absorbance de la solution de DPPH avant et après l'ajout de l'antioxydant-----	95
Figure15 : pourcentage de réduction en fonction de la concentration de l'extrait phénolique du tourteau d'arganier-----	96
Figure16 : pourcentage de réduction en fonction de la concentration l'acide ascorbique-----	99

RESUMES

الخلاصة

يعتبر الجنوب الأطلسي المغربي الموطن الأصلي لنبته أرجان (*ارجانيا سينيوزا*) حيث تتواجد بكثافة بالمغرب الأقصى وبأقصى الجنوب الغربي الجزائري بالضبط في منطقة تندوف. ينتمي هذا النوع النباتي إلى عائلة سابوتاسي، المشتمة أساسا على أجناس استوائية، والمعروف بإنتاج أشجار مقاومة للجفاف والتصحر، متميزة بجودة وصلابة خشبها مما اكسبه لقب شجرة الحديد وكذلك بتحملة الهائل للجفاف. بفضل صفتها المتميزة وسخائها (حيث يستغل كل ما تنتجه شجرة أرجان: الخشب و النواة للنجارة والتدفئة، الزيت لطبخ والتداوي، الأوراق والثمار لتربية الماشية، استغلال الظل التي تنشره لزراعات أخرى) فقد حددت هذه الشجرة الأسطورة ولعدة أجيال بقاء وازدهار الاقتصادي القبائل البربرية.

أظهرت الدراسة التي أجريت على التركيبة الكيميائية للوز ثمار أرجان تواجد مختلف المركبات التي تتميز بخصائصها الغذائية والعلاجية.

أبرز التحليل وجود المركبات الايضية الأولية التي تشتمل على ما يلي:

المواد الدسمة بنسبة 33.98 بالمائة، حيث بين التحليل الكروماتوغرافي أن 70 بالمائة من الأحماض الدسمة الغير مشبعة هي من النوع أوليك-لينولييك، كذلك تواجد α -توكوفيرول بنسبة معتبرة . فيما يخص البروتينات بلغت النسبة المئوية 33.63 مع سيادة للبرولين من بين 16 حمضا امينيا تم التعرف عليه بواسطة التحليل الكروماتوغرافي.

كانت السكريات الكلية والألياف الغذائية ممثلة بنسبة مئوية تساوي 21.31 و 11.58 على التوالي. في حين أن نسب المركبات الايضية الثانوية بلغت على التوالي:

0.93 بالمائة بالنسبة لصابونوزيدات، 0.40 بالمائة بالنسبة للالكالويدات و 0.38 بالمائة بالنسبة للبوليفينولات الكلية. أدى الكشف عن القدرة المضادة للتأكسد للمستخلص المركبات الفينولية من اللوزة متروعة الدسم وكذلك الزيت المستخلصة من لوز ثمار أرجان بواسطة طريقة ال DPPH . إلى إظهار قدرة معتبرة، ترجمت هذه الأخيرة بنسبة إرجاع الشق الحر قدرت ب 69.14, 97.59 في المائة على التوالي.

الكلمات المفتاحية:

ارجانيا سينيوزا, اللوزة المركبات, الفينولية, الزيت, القيمة الغذائية, القدرة DPPH المضادة للتأكسد.

RESUME

L'arganier *Argania spinosa* L Skeels originaire du Sud Atlantique Marocain, endémique au Maroc et au sud ouest Algérien, qui pousse particulièrement dans sa limite la plus extrême =Tindouf, est certainement l'essence la plus originale de l'Afrique du Nord.

C'est le représentant le plus septentrional des sapotacées essentiellement tropicales qui est reconnu pour donner naissance à des arbres résistants et rustiques dont la dureté et la fermeté de leur bois lui ont octroyer la réputation d'arbre de fer.

Pendant des millénaires, cet arbre à la fois forestier, fruitier et fourrager conditionne l'existence des populations Shleuhs (Berbère) un généreux qui ne retient rien de sa production (feuilles, fruits, huile, tourteau et bois).

L'étude portée sur la composition chimique de l'amande du fruit d'arganier montre la présence des différentes familles de composés ayant un intérêt nutritionnel et thérapeutique.

En effet, la détermination des teneurs en métabolites primaires révèle la présence des lipides avec un taux important. L'analyse chromatographique de l'huile nous a montré que 70% des acides gras sont de type oléique linoléique, ainsi que de la vitamine E représente 20mg/ kg d'huile. Les protéines (33.63%) avec 16 acides aminés quantifiés dont la proline est l'acide aminé majoritaire. Les sucres totaux et les fibres alimentaires représentés avec des teneurs importantes de l'ordre de 21.31% et 11.58% respectivement. Alors que les métabolites secondaires notamment les saponosides (0.935mg / 100g de matière sèche), les alcaloïdes (400mg /100 g de matière sèche) et polyphénols totaux (384 mg /100 g de matière sèche).

L'évaluation du pouvoir antioxydant, par la méthode du DPPH, de l'extrait phénolique du tourteau ainsi de l'huile vierge extraite de l'amande d'*Argania spinosa* a montré un pouvoir important exprimé par un pourcentage de réduction du DPPH de l'ordre de 97.59% et 69.14 % respectivement.

Mots clés: *Argania spinosa*, l'amande, polyphénols l'huile, DPPH, valeur nutritionnelle, pouvoir antioxydant.

SUMMARY

The argan *Argania spinosa* L Skeels originating of the Moroccan Atlantic South endemic in Morocco and the Algerian Western South, which pushes particularly within its most extreme limit = Tindouf, is certainly the most original essence of North Africa.

It is the most septentrional representative of sapotaceae primarily tropical who is recognized to give rise to trees resistant and rustic whose hardness and firmness of their wood have to grant the reputation of iron tree to him.

During 1000 years, this tree at the same time forest, fruit-bearing and fodder conditions the existence of the Shleuhs populations (Berber) generous which does not retain anything of its production (sheets, fruits, oil, oil cake and wood).

The study carried on the chemical composition of almond of the fruit of argan shows the presence of the various families from made up having a nutritional and therapeutic interest.

Indeed, the determination of the contents of primary metabolites reveals the presence of the lipids with a significant rate. The chromatographic analysis of oil showed us that 70% of the fatty acids are of oleic-linoleic type, as of the vitamin E represents 20mg/kg of oil. The proteins (33.63%) with 16 quantified amino acids whose proline is the major amino-acid. Total sugars and the dietary fiber represented with significant contents of about 21.31% and 11.58% respectively. Whereas the percentage of the secondary metabolites in particular saponins was equal 0.93%, the alkaloids 0.40% and the polyphenols total 0.38%.

The evidence of the antioxydant capacity by the method of the DPPH of the phenolic extract of defatted almond and virgin argan oil showed a significant capacity expressed by a percentage of reduction of the DPPH of about 97.59% and 69.14% respectively.

Key words: *Argania spinosa*, the almond, oil, DPPH, nutritional value, antioxydant capacity.

Sommaire

Avant propos	i
Abréviations utilisées	iv
Résumés	v
Sommaire	ix
Liste des Tableaux	xiv
Listes des Figures	xvi
Introduction Générale	2
Partie I : Synthèse Bibliographique	4
Chapitre I : l'Arganier généralités	5
I- Aspect historique	6
II- Aire de répartition géographique	6
III- Taxonomie et aspect botaniques de l'Arganier	7
a- Nomenclature	7
b- Classification	7
c- Aspect botanique	7
d- Les différentes parties de l'arbre	9
e- L'écologie et Particularité édaphique de l'arganier	10
IV- Utilisations de l'Arganier	11
a- Production pastoral	11
b- Production du bois	11
c- Production d'huile	12
Chapitre II : Composition chimique des différents produits de l'arganier	13
I- L'huile	14
II- Le tourteau	16
III- La pulpe	18
IV- Les feuilles	19
V- Le bois	20

Chapitre III : Propriétés thérapeutiques et travaux antérieurs sur les principaux produits d' <i>Argania spinosa</i> -----	21
I- L'huile-----	22
a- Activité hydratante-----	22
b- Activité hypocholestérolémiante et prévention des maladies cardiovasculaires-----	22
c- Activité anti-radicalaire-----	23
II- Tourteau-----	24
a- L'activité mollusquicide et antifongique-----	24
b- L'activité anti-radicalaire-----	25
III- Feuille-----	25
Chapitre II : Partie Expérimentale-----	26
A- Préparation du matériel biologique végétal-----	28
B- Méthodes d'analyses utilisées-----	28
I- Détermination de taux d'humidité-----	28
II- Tests phytochimiques-----	30
a- Les isoprénoïdes-----	34
a-1- Test pour les triterpènes et les stérols-----	34
b- Les saponosides-----	34
b-1-Test pour les saponosides-----	34
c- Les composés phénoliques-----	35
c-1- Les tanins-----	35
c-1-1- Test pour Les tanins-----	35
c-2- Les flavonoïdes-----	35
c-2-1- Test pour les flavonoïdes-----	36
c-3- Les coumarines-----	36
c-3-1-Test pour les coumarines-----	36
c-4- Les quinones-----	36
c-4-1-Test pour les quinones libres-----	37

c-4-2-Test pour les anthraquinones-----	37
d- Les composés azotés-----	37
d-1- Les alcaloïdes-----	37
d-1-1- Test pour les alcaloïdes-----	37
d-2- Les glycosides cyanogénétiques-----	38
d-2-1- Test pour les glycosides cyanogénétiques-----	38
e- Les hydrates de carbones-----	38
e-1- Test pour les sucres réducteurs-----	38
e-2- Test pour l'amidon-----	38
III- Détermination quantitative des métabolites primaires-----	39
a- Dosage des lipides totaux-----	39
a-1- Détermination des indices physicochimiques de l'huile-----	40
a-1-1- Indice de densité d_{20} -----	40
a-1-2- Indice de réfraction N_d^t -----	40
a-1-3- Indice d'acide I_A -----	41
a-1-4- Indice de saponification I_S -----	42
a-1-5- Indices d'ester-----	43
a-2- Dosage des acides gras par chromatographie en phase gazeuse CPG---	43
b- Dosage de la vitamine E-----	45
b-1- Extraction de la vitamine E-----	45
b-2- Dosage de la vitamine E par chromatographie liquide à haute performance HPLC-----	46
c- Dosage des protéines -----	47
c-1-Dosage de l'azote total et les protéines brutes-----	47
c-2-Dosage des acides aminés totaux -----	49
d- Dosage des fibres alimentaires -----	50
e- Dosage des sucres totaux-----	52
f- Dosage des cendres -----	54

IV – Détermination quantitative des métabolites secondaires	56
a- Dosage des polyphénols totaux	56
a-1-Dosage des polyphénols totaux au niveau de l'amande dégraissée.....	56
a-1-1-Extraction	56
a-1-2-Dosage par la méthode de Folin Ciocalteu.....	56
a-2-Dosage des polyphénols totaux au niveau de l'huile d'argane.....	59
a-2-1-Extraction	59
a-2-2-Dosage par la méthode de Folin Ciocalteu	59
a-3-Dosage des tanins totaux au niveau de l'amande dégraissée(tourteau)	
.....	59
a-3-1Extraction des tanins par le polyvinyle polypyrrolidone.....	59
a-3-2-Dosage indirect des tanins par la méthode de Folin Ciocalteu	60
b- Détermination quantitative des saponosides.....	60
c- Détermination quantitative des alcaloïdes.....	61
V- Evaluation du pouvoir antioxydant de l'amande d' <i>Argania spinosa</i>	63
I- Pouvoir antioxydant de l'huile vierge d' <i>Argania spinosa</i>	63
II- Pouvoir antioxydant de l'extrait brut des composés phénoliques du tourteau	
d' <i>Argania spinosa</i>	64
Chapitre III : Résultats et discussion.....	67
A- Détermination du taux de matière sèche.....	68
B- Tests phytochimiques.....	68
C- Métabolites primaires.....	70
I- Détermination de la teneur en matière grasse--	70
a- Détermination des indices physicochimiques.....	71-
a -1-Les indices physiques.....	71
a-1-1-L' indice de densité.....	71
a-1-2-L' indice de réfraction N^{20}_D	72

a-2- Les indices chimiques-----	73
a-2-1- L'indice d'acide-----	73
a-2-2- L'indice de saponification-----	74
b- Détermination de la teneur en acide gras par CPG-----	75
c- Dosage de la vitamine E (α tocophérol)-----	78
II- Détermination de la teneur en protéines brutes-----	81
a- Composition en acides aminés totaux de l'amande dégraissée (tourteau) d' <i>Argania spinosa</i> -----	82
b- Estimation de la valeur biologique-----	86
III- Dosage des sucres totaux-----	88
IV- Détermination de la teneur des fibres alimentaires-----	89
VI- Détermination de la teneur en cendre -----	90
D- Métabolites secondaires-----	91
I- Dosage spectrophotométrique des polyphénols totaux-----	92
II- Dosage spectrophotométrique des tanins totaux-----	93
III- Détermination quantitative des saponosides et des alcaloïdes-----	93
E- Pouvoir antioxydant de l'huile et de l'extrait des composés phénoliques du tourteau d' <i>Argania spinosa</i> -----	95
Conclusion Générale-----	100
Références Bibliographiques-----	103
Annexes-----	116

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

De part sa situation géographique, sa grande surface, la diversité de son climat l'Algérie est un pays doté de richesse naturelle qui fait de lui un remarquable laboratoire naturel.

Le Sahara, le plus vaste et le plus chaud des déserts du monde, possède une végétation diffuse, clairsemée et un taux d'endémisme particulièrement développé.

L'arganier *Argania spinosa* L Skeels originaire du Sud Atlantique Marocain, endémique au Maroc steppique et au sud ouest Algérien, qui pousse particulièrement dans sa limite la plus extrême =Tindouf, est certainement l'essence la plus originale de l'Afrique du Nord.

C'est le représentant le plus septentrional des sapotacées essentiellement tropicales qui est reconnu pour donner naissance à des arbres résistants et rustiques dont la dureté et la fermeté de leur bois lui ont octroyer la réputation d'arbre de fer.

Pendant des millénaires, cet arbre à la fois forestier, fruitier et fourrager conditionne l'existence des populations Shleuhs (Berbère) un généreux qui ne retient rien de sa production (feuilles, fruits, huile, tourteau et bois).

Cet arbre est une curiosité botanique est un paradoxe phytogéographique car même préférant l'influence océanique, il pousse d'une façon sauvage et en abondance en haute montagne, en plaine et résiste à la sécheresse et à l'aridité du désert. Il est d'ailleurs le seul arbre à croître au nord du Sahara, de plus cet arbre peut vivre 150 à 200 ans. Grâce à sa résistance prodigieuse, cette essence contribue parfaitement à la lutte contre l'érosion. Elle peut même devenir une véritable arme écologique contre la désertification qui ne cesse de menacer sérieusement le sud de chacun des deux pays maghrébins (l'Algérie et le Maroc). Malgré les différents rôles, on assiste à une régression alarmante des arganeraies aussi bien en Surface qu'en densité.

INTRODUCTION GENERALE

Les problèmes auxquels l'arganier est confronté, et qui peuvent à terme et à défaut de mise en œuvre de solutions adéquates aboutir à des situations irréversibles et aux conséquences négatives difficiles à évaluer, sont les suivants:

■ L'arganier régresse en terme de superficie et surtout de densité.

L'aire de l'arganier se dégrade d'année en année sous l'effet conjugué de l'accroissement de la population et du cheptel, de l'apparition des cultures intensives (notamment le maraîchage sous serre) avec comme corollaires, le déboisement, le surpâturage, la désertification, l'exode accentué des populations rurales vers les villes de la région...

■ Les rares tentatives de reconstitution par transplantation, opérées jusqu'à maintenant ont enregistré des échecs dû entre autres facteurs, au manque de collaboration entre les gestionnaires et les chercheurs.

■ L'arganier et les produits qui en sont dérivés, notamment l'huile et l'amande qui sont connus par leur vertu culinaire, thérapeutique et cosmétologique, ne sont pas valorisés comme ils devraient l'être, faute de techniques appropriées et modernes d'extraction et de production. C'est dans ce contexte, que notre étude se veut à la fois la connaissance d'une espèce Saharienne à usage multiple peu connue chez nous, tout en essayant de contribuer à l'étude phytochimique et à la valorisation nutritionnelle de son amande issue de son fruit.

Ce présent travail comporte deux parties principales : L'une est l'étude bibliographique, l'autre est la partie expérimentale.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I

L'ARGANIER GENERALITES

I-Aspect historique:

L'arganier daterait de l'ère Tertiaire, à l'époque où vraisemblablement existait une connexion entre la cote marocaine et les îles Canaries, il se serait répandu sur une grande surface du Maroc. Cet arbre aurait été refoulé au sud-ouest par l'invasion glaciaire du Quaternaire, ce qui expliquerait l'existence actuelle de quelques colonies vers Rabat (région de Khemisset, et très au nord près, de la cote méditerranéenne, dans les Beni Snassen) [Radi, 2003].

L'arganier est très anciennement connu et utilisé par l'homme puisque les Phéniciens auraient utilisé l'huile qu'ils produisent dans leurs comptoirs installés le long de la cote atlantique.

En 1219, *Ibn Albaytar*, médecin égyptien, décrit dans son « traité des simples » (Traduit par Leclerc en 1877) l'arbre et la technique d'extraction de l'huile [Charrouf, 2002a]. *Ibn Radouan* nota que l'huile d'argane était avantageuse dans le cas de la surdité chronique [Kebbadj, 1986].

Ce n'est qu'en 1737 que la première description spécifique fut donnée par *Linnée* à partir seulement de rameaux séchés et sans fleurs dans son « *Hortus Clifortianus* » sous le nom de *Sidéroxydon spinosum* L = Bois de fer [Radi, 2003].

En 1791, *Hosst* mentionna l'utilisation de l'huile dans les usines, notamment à Marseille, dans la fabrication du savon. En 1888, *Coton* isole un principe actif du tourteau du fruit de l'arbre l'identifie comme un mélange de saponines et l'appelle Arganine. En 1929, *Battino* s'intéresse à l'huile d'argane et à d'autres produits de l'arganier en particulier l'Arganine isolée par *Coton* et à laquelle il prête une action hémolytique in vivo et in vitro [Charrouf, 1999].

II-Aire de répartition géographique:

Au Maroc, la forêt d'arganier s'étend sur une superficie de plus de 830 000 ha (à peu près 21 millions d'arbres) entre les embouchures de l'Oued Tensift (Au nord) et l'Oued Sous (Au sud).

Des colonies isolées d'arganier existent encore au Nord-Est du Maroc, du côté de Oujda dans les monts de Beni –Snassen [Ottmani, 1995].

La Forêt d'arganier s'étend aujourd'hui dans les zones arides et semi arides du sud ouest marocain [Radi, 2003].

Toutefois, on rencontre l'arganier, sous forme d'arbrisseaux qui couvrent les marges les plus extrêmes de son aire de distribution plus précisément dans la partie occidentale du Sahara Algérien, entre le Djebel Ouarkziz et la Hamada de Tindouf comprise entre 500 et 600 mètre d'altitude [Quezel et Santa, 1963]; [Morsli, 1999]. [Figure1]

III-Taxonomie et aspect botaniques de l'Arganier :

a-Nomenclature:

L'arganier *Argania spinosa* L Skeels espèce endémique du Maroc, appartient à la famille des Sapotacées qui renferme environ 600 espèces et 40 genres.

C'est le représentant le plus septentrional d'une famille essentiellement tropicale dont plusieurs espèces présentent un grand intérêt économique, d'ordre alimentaire (karité) ou industriel (production de Gutta Percha) [Radi, 2003].

L'Arganier, لوز البر، tire en Français son nom de l'arbre argan, l'origine du nom Arabe se trouve probablement dans le mot « irgen » qui désigne en Berbère « Tachelhait » : qui est le noyau en bois dur du fruit de l'arbre, d'où les Berbères tirent une huile réputée l'huile d'Argan [Bezzala, 2005].

b-Classification: [Quezel et Santa, 1963]

Règne-----Végétal
 Embranchement-----Phanérogames
 Sous-embranchement-----Angiospermes
 Classe-----Dicotylédones
 Sous- classe-----Gamopétales
 Ordre-----Ebinales
 Famille-----Sapotacées
 Genre-----*Argania*
 Espèce-----*Argania spinosa* L Skeels

c-Aspect botanique:

L'Arganier, curiosité floristique et botanique, est l'arbre le plus remarquable du Maroc, c'est un arbre épineux de belle taille pouvant atteindre 8 à 10 mètres de haut [Jaccard, 1926 ; Emberger, 1925 ; Wagret ,1962].

Sa cime est large, étalée, dense et ronde. Son tronc est court, noueux, tourmenté, même souvent multiple et formé alors de plusieurs tiges entrelacées.

Le caractère polymorphe de l'arganier est très frappant : en effet, on trouve des formes extrêmement variées selon les secteurs et le stade de développement de l'arbre. Parfois, il présente l'apparence majestueuse d'un Chêne, d'autre fois son tronc noueux et ses rameaux le font ressembler à un Olivier.

La Forêt d'arganier est généralement claire et nue, les arbres sont maintenus distants pour permettre une culture intercalaire pendant les saisons de pluies [Radi 2003].

d -Les différentes parties de l'arbre:

Le bois est dur et donne de ce fait un excellent Charbon ; mais ne possède pas de cernes annuels nettement caractérisés, donc la longévité de l'arganier reste très discutée.

Les racines de l'arganier plongent très profondément dans le sol en récupérant les eaux des couches inférieures. Ceci lui permet de s'adapter au climat semi-aride et aride [Wagret, 1962].

Les rameaux sont épineux, d'où le nom d'espèce « *Spinosa* » et garnis de petites feuilles; les épines qui assurent une certaine défense de l'arbre, sont l'équivalent d'un rameau.

Les feuilles sont petites, pratiquement persistantes, coriaces, vertes sombres à la face supérieure.

Les fleurs de l'arganier (espèce monoïque) sont hermaphrodites, les inflorescences se présentent en glomérules axillaires. La floraison a lieu généralement au printemps, voire en automne selon les conditions climatiques [Belaskri, 2002].

Le fruit de l'arganier est une baie de forme assez variable (ovale arrondie, fusiforme, globuleuse, ovale apiculée, arrondie) de couleur verte à jaune claire et dont la taille va de l'olive à la noix.

La graine composée que renferme le fruit est appelée vulgairement noyau .Ce dernier est très dur et contient un ou parfois jusqu'à trois amandes qui sont elliptiques, aplaties, oléagineuses et albuminées [Nouaim et al 1991].

La pulpe appelée aussi péricarpe, est la partie la plus extrême qui enveloppe la graine composée.

Elle est charnue, amère mais très riches en glucides facilement hydrosolubles, contient également de la cellulose, des protides d'où elle constitue un apport alimentaire du bétail [Sandret, 1957]. Suivant le degré de la maturation du fruit, la pulpe change de couleur, elle passe en effet du vert au jaune veiné de rouge à la maturation puis au brun foncé une fois desséchée [Radi, 2003]. [Figure2]



Figure 2: L'arganier (*Argania spinosa*).

e-L'écologie et Particularité édaphique de l'arganier:

L'arganier est une espèce thermoxérophytes dont l'aire de sa répartition chevauche à la fois avec les bioclimats semi arides et arides. En outre l'arganier supporte convenablement les températures élevées et s'adapte aux périodes de sécheresse prolongées, grâce à sa faculté de défoliation [Peltier1982].

Le paramètre clé de l'écologie de l'arganier, semble être lié à l'humidité de l'air due aux fréquentes rosées matinales (spécialement en été) ; où les brumes et le brouillard pouvant se maintenir une grande partie de la journée limitant ainsi son isolation, et à l'élévation de la température. Cette océanité semble réguler la répartition de l'arganier au sud du Maroc [Nouaim et al 1990].

En altitude c'est le froid qui détermine la limite supérieure de l'arganier, cette dernière se confond les basses neiges; soit 900 mètres dans le Haut Atlas et 600 mètre au sud du Maroc [Emberger1924, 1925] ; [Nouaim et Chaussod, 1993].

L'arganier pousse sur tous les types de sols, y compris les sols salés.

Les semis de graines sur des sols à pH différents (de 4. 6 à 7. 5) ont montré que l'arganier est indifférent au pH du sol [Bezzala, 2005]; [Nouaim et al, 1990].

IV-Utilisations de l'Arganier:

L'Arganier constitue une ressource principale. L'homme, l'animal et la nature bénéficient de la puissante résistance et de la générosité de cet arbre à usage multiples [Belaskri, 2002].

a- Production pastoral:

L'arganier joue un rôle capital dans l'économie pastorale. Les arganeraies sont soumises au pâturage, elles accueillent tout au long de l'année un nombre considérable d'animaux.

Le feuillage des arbres constitue l'essentiel de l'alimentation des troupeaux, particulièrement les caprins [Sandret, 1957]. Le tourteau, résidu d'extraction de l'huile, est utilisé comme complément énergétique pour l'engraissement des bovins [Charrouf, 1991a].

De même, l'arganier contribue à la formation du sol et à son enrichissement en matière organique directement par ses apports (feuilles, racines) et indirectement par la végétation qui pousse à son abri [Nouaim et al, 1991].

b- Production du bois:

Extrêmement dur, le bois de l'arganier est fort apprécié comme matériau de charpente et pour la fabrication de toutes sortes d'outils agricoles [Ottmani1995]. Il est utilisé aussi pour menuiserie et pour construire des barques servant à la pêche des bivalves [Chafee, 1999].

Ce bois dur résistant et dense se consomme lentement, il est massivement utilisé autant que combustible fournissant un bon charbon [Ottmani, 1995].

c-Production d'huile:

L'huile d'argan est une huile d'excellente valeur alimentaire. Elle est très appréciée par les populations du sud-ouest marocain qui aiment son goût très fruité et l'utilisent pour la préparation de leurs plats traditionnels (poissons, viandes, légumes,...). Elle est utilisée soit fraîche ou cuite mais jamais dans les fritures [Radi, 2003].

L'huile d'argan est extraite de l'amande, elle est non seulement comestible et d'un goût agréable, mais elle possède des propriétés diététiques et nutritionnelles très intéressantes, car elle est constituée à 80% d'acides gras insaturés dont une bonne proportion d'acide linoléique. Dans la pharmacopée traditionnelle, l'huile d'argan et divers produits dérivés de l'arbre ont été de tout temps utilisés pour leurs propriétés réelles ou supposées. Actuellement (au Maroc), la production totale de l'huile varie de 3000 à 4000 tonnes et représente donc au maximum 1.6% de la consommation marocaine en huile alimentaire [Rahmani, 1979].

CHAPITRE II
COMPOSITION CHIMIQUE DES DIFFERENTS PRODUITS DE
L'ARGANIER

I-L'huile:

L'huile d'argan constitue le produit principal de l'arganier [Charrouf, 2002b]. Rappelons que son fruit est composé d'un péricarpe ou pulpe et d'une graine composée renfermant une amande oléagineuse, à partir de laquelle l'huile est extraite principalement de manière artisanale, malgré une récente introduction de la mécanisation du procédé [Radi, 2003]; [Rahmani, 2005].

L'arganier fructifié dès l'âge de 5 ans mais son rendement optimal n'est atteint qu'à l'âge de 60 ans [Rahmani, 1979]. La récolte des fruits se fait vers mars – avril et elle doit se faire quand ils sont vraiment murs car à ce moment les amandes sont les plus riches en huile et le rendement de ce fait sera meilleur [Jaccuard, 1926].

Une norme marocaine (NM 08. 5. 090) a été élaborée en 2003 pour définir les spécifications de l'huile d'argan vierge ; elle en donne, entre autre, la classification qualitative de la composition chimique [Snima, 2003].

Il ressort de cette composition que l'huile d'argan vierge renferme essentiellement des triglycérides (94%-97.1%) [Maurin, 1992].

La partie insaponifiable qui représente 1.0% à 1.1% contient des hydrocarbures et des carotènes (37%), des alcools triterpéniques (20%), des méthyles- stérols et stérols (20%) et des xanthophylles (6.5%) [Charrouf, 1984] ; [Maurin, 1992].

Elle est relativement riche en tocophérols dotés d'activité provitamine E.

Les principaux représentants de cette classe de composés dans l'huile d'argan sont le gamma tocophérol, l'alpha tocophérol ou vitamine E et le delta tocophérol [Khallouki, 2005].

Les polyphénols identifiés sont l'acide caféique (2ppm) et oleuropéine (4ppm) d'après Chimi et al (1994) mais d'autres ont été mis en évidence comme les acides vanillique, syringique et férulique et le tyrosol [Khallouki et al, 2003] ; [Chimi et al, 1994] [Figure3].

Les tocophérols et les polyphénols sont des antioxydants naturels. Ces derniers jouent un rôle essentiel dans la conservation de l'huile, en cours de stockage ou des traitements culinaires, et dans la prévention de plusieurs maladies, car se sont des anti - radicaux libres.

La fraction stérolique est composée principalement de Spinastérol et Schotténol qui représente 50% [Farines et al, 1984] [Figure3].

Ces stérols sont rarement rencontrés dans les huiles végétales. Selon Boukhobza et Pichon Prum (1988), le Schotténol serait responsable de l'activité d'*Agyratum conyzoides*, dont le suc est utilisé en Inde pour soigner certaines maladies de la peau [Boukhobza et PichonPrum.1988].

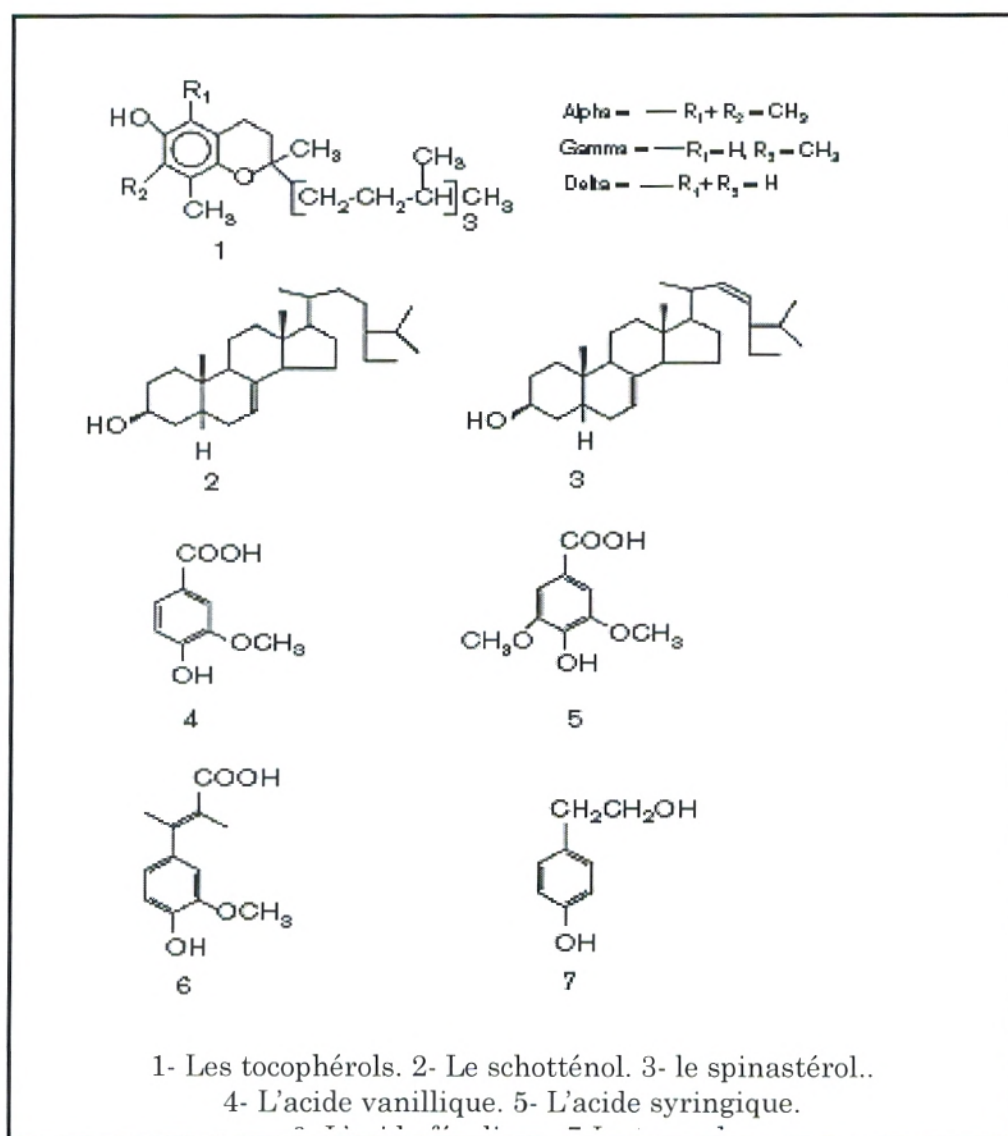


Figure 3 : structure chimique des tocophérols, des polyphénols et des principaux stérols de l'huile d'argan (*Argania spinosa*). [Khallouki et al, 2003]

La fraction triterpénique est constituée essentiellement du tirucallol, de la β amyrine, de Butyrospermol et du lupéol, doté de propriétés anti inflammatoires bien établies [Khallouki, 2003] [Figure4].

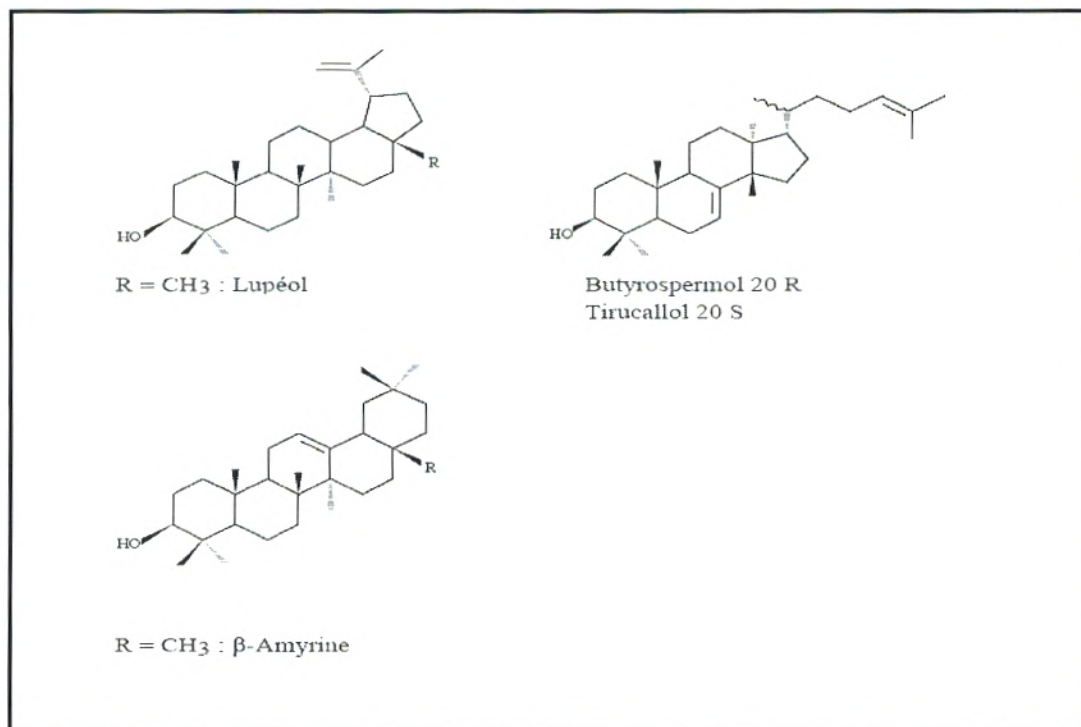


Figure 4: Structure chimique des triterpènes et méthylstérols de l'huile d'argan (*Argania spinosa*). [Charrouf, 2002b]

II-Le tourteau:

Le résidu d'extraction de l'huile ou tourteau, de couleur blanchâtre friable et très amer, est utilisé actuellement comme aliment pour l'engraissement des bovins.

Il est riche en glucides et en protéines, il renferme un important groupe pharmacodynamique constitué de saponosides [Charrouf, 1991a].

Ces derniers sont des substances naturelles à large spectre d'activité biologique, certaines sont déjà utilisées en thérapeutique comme anti inflammatoire, veinotonique, stimulant diurétique, et anti tumoraux [Hostettmann et Marston, 1995 ; Waller et Yamasaki, 1996].

Il possèdent une structure hétérosidiques bidesmosidique ayant comme aglycone un triterpène de la famille de Δ -12 oléane (Acide protobassique ou acide 16 α hydroxyprotobassique).

7 saponosides ont été isolées et identifiées dont 5 sont des nouvelles substances naturelles nommées Arganine A, B, C, D, E, F, Mi- Saponine [Charrouf 1992a]. [Figure 5] [Tableau 1]

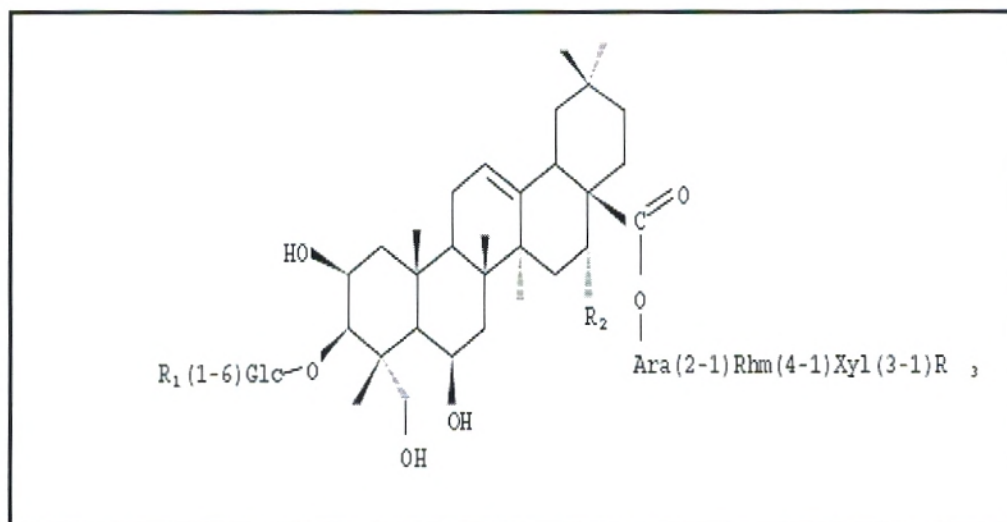


Figure 5: Structure chimique des saponosides isolés du tourteau d'*Argania spinosa*. [Charrouf, 2002b]

Tableau 1 : Structure chimique des saponosides du tourteau d'arganier. [Charrouf, 2002b]

Nom	R1	R2	R3
Arganine A	Glc	OH	Rhm
Arganine B	Glc	OH	Api
Arganine C	H	OH	Rhm
Arganine D	Glc	H	Rhm
Arganine E	Glc	H	Api
Arganine F	H	H	Api
Mi- Saponine	H	H	Rhm

Glc : β D Glucopyranose;
Rhm : α L Rhamnopyranose;
Ara : α L Arabinopyranose ;
Xyl : β D Xylopyranose ;
Api : β D Apiofuranose.

III-La pulpe:

La pulpe du fruit de l'arganier est caractérisée par une forte teneur en glucides, de ce fait elle constitue un excellent aliment pour le cheptel. **[Tableau 2]**

L'extrait lipidique de la pulpe est constitué des Glycérides 33% ; d'un latex 63.4% et d'un insaponifiable 33% **[Fellat- Zerrouk, 1987]**.

L'analyse de la composition de la fraction saponifiable en acides gras a montré un taux relativement élevé en acide myristique et en acide linoléique **[Hamdouch, 1995]**.

Tableau 2: La composition chimique de la pulpe. **[Fellat-Zerrouk, 1987]**

Désignation	Teneur % en MS
Humidité	20-50
Cendres	4.1 (a)
Cellulose	12.9
Composés azotés	5.9
Extrait lipidique	6.0
Glucides réducteurs	15.7
Glucides saccharifiables	2.8

(a) : Na+: 02%, K+: 1.2%

Le latex est constitué de Poly isoprène à 86% de forme Cis (caoutchouc) et 14% de forme Trans (gutta percha) **[Fellat Zerrouk, 1987 ; Battino, 1929]**.

L'étude chimique de l'insaponifiable montre qu'il est constitué de triterpènes et de stérols dont l'Erythrodiol est le composé majoritaire 24% (par rapport à l'insaponifiable).

Les stérols identifiés sont le Schotténol et le Spinastérol avec un taux inférieur à 0.4% (par rapport à l'insaponifiable) **[Charrouf et al 1991b]**.

IV-Les feuilles:

Les feuilles servent de pâturage suspendu pour les caprins. L'extrait lipidique représente 4.4% des feuilles avec un taux d'insaponifiable de 27%. Ce dernier contient 5% des stérols, 1% des méthyles stérols, et des triterpènes mono-hydroxylés ainsi que des hydrocarbures et des tocophérols 16% [Chaboun, 1993].

L'étude chimique de la fraction flavonoïdique a révélé la présence de la quercétine, la myricétine [El Kabouss et al, 1995]. Ces deux flavonols présentent des propriétés antifongiques et antibactériennes remarquables à côté de leur pouvoir antioxydant [Amenté Rubio et al, 1988] [Figure 6].

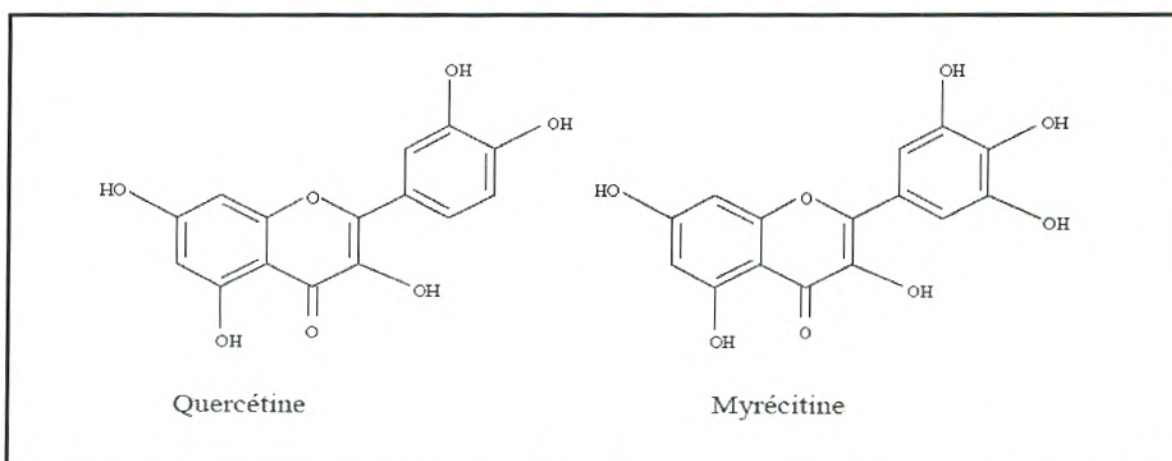


Figure 6 : structure chimique des flavonols isolés des feuilles d'arganier.

[Charrouf, 2002b]

A côté de ces deux composés, quatre de leurs dérivés glycosylés ont également été identifiés et de leurs hétérosides : la myricétine-3-O-galactoside, l'hyperoside (quercétine-3-O-galactoside), la myricitrine (myricétine-3-O-rhamnoside) et la quercitrine (quercétine-3-O-rhamnoside) [El Kabouss et al, 1995 ; Tahrouch et al, 1998].

Les feuilles de l'arganier renferment aussi des substances volatiles avec une concentration évaluée à 98 mg / g de feuilles sèches [Tahrouch et al, 1998].

L'analyse par CPG/SM montre la présence considérable avec 51.2 % de 14-méthylidène-2,6,10-triméthylhexadécène [Hostettmann et Marston, 1995].

La teneur en huile essentielle est de 0.03-0.05%, elle est principalement composée de Sesquiterpenoïdes oxygénés [El Kabouss et al, 2002].

V-Le bois:

L'étude phytochimique du bois de l'arganier a permis d'identifier trois nouvelles saponines nommées Arganine G, H et J [Oulad Ali et al, 1996] [Figure 7].

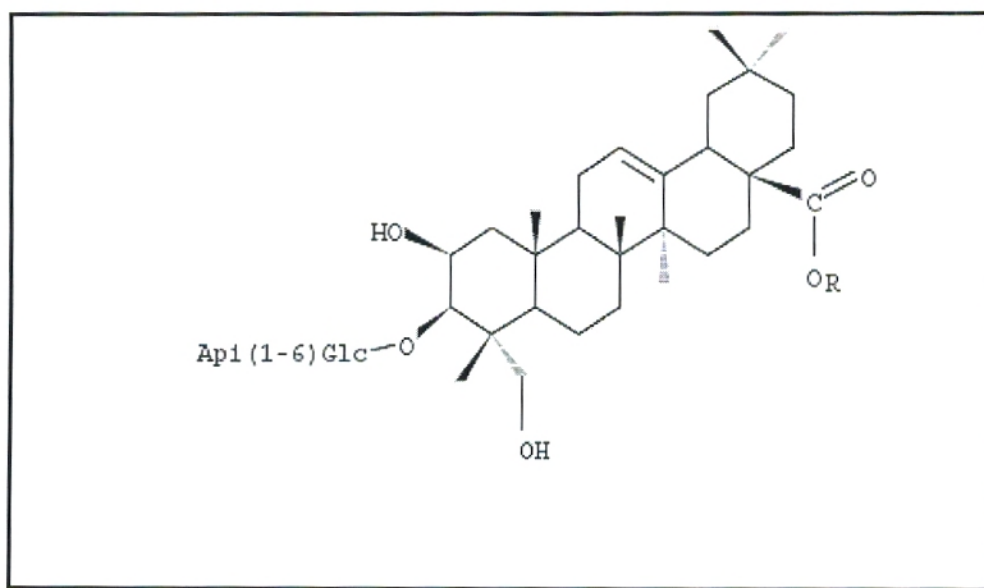


Figure 7 : structure chimique des saponosides du bois de l'arganier.

[Charrouf, 2002b]

R= Glc: Arganine G

R= Ara: Arganine H

R= Ara (2-1) Rhm (4-1) Xyl (3-1) Api : Arganine J

CHAPITRE III
PROPRIETES THERAPEUTIQUES
ET TRAVAUX ANTERIEURS
SUR LES PRINCIPAUX
PRODUITS DE L'ARGANIER

I-L'huile:

Les propriétés thérapeutiques et diététiques de l'huile d'argan vierge ont été reconnues depuis longtemps par les populations locales qui lui prêtent des valeurs aphrodisiaques (stimulants) et les préconisent dans le traitement de la varicelle, de l'acné juvénile et des rhumatismes.

[Rahmani, 2005].

Dans sa région de production au sud ouest Marocain, l'huile d'argan est utilisée pour la cuisson ; elle est consommée à l'état cru sous forme d'Amlou **[Rahmani 2005]**.

La composition spécifique de l'huile et son utilisation traditionnelle pour le dessèchement cutané et le vieillissement physiologique de la peau, la prédestine également à des usages cosmétiques. Des produits cosmétiques sous forme de savons, de crèmes, de lotions et de shampoings à base d'huile d'argan sont commercialisés.

a-Activité hydratante:

Sa richesse en acides gras insaturés en particulier l'acide oléique et linoléique conjugué à sa composition en tocophérol lui attribue des vertus nutritionnels et diététiques.

L'acide oléique et linoléique s'introduisent dans les phospholipides membranaires, hydratant la peau et la nourrissent. L'effet hydratant et restructurant de l'acide linoléique a été confirmé scientifiquement lors des testes sur des animaux carencés en AGE (acides gras essentiels) **[Fabre, 1999]**.

Le traitement de ces animaux par l'HA (huile d'argan) permet la diminution pour une longue durée la perspiration cutanée de l'animal carencé en AGE (l'activité diminue dès le 4^{me} jour d'application). Il s'agit d'une réelle reconstruction du Stratum Corneum. Cet effet hydratant a été confirmé cliniquement **[Fabre, 1999]**.

b-Activité hypocholestérolémiant et prévention des maladies cardiovasculaires:

L'activité hypocholestérolémiant de l'huile d'argane a été prouvée par des tests cliniques. Ce travail a été mené par la ligue nationale marocaine de lutte contre les maladies cardiovasculaires (1999). L'étude a porté sur 52 volontaires sains.

L'ingestion de 2 cuillères à soupe d'huile par jour induit une baisse de cholestérol de 7.9% pour les femmes et de 13.1% pour les hommes au bout d'un mois de traitement [Charrouf, 2002a].

Parallèlement à la baisse de cholestérol total, une diminution du taux de triglycérides a été observée [Charrouf, 2002a].

Par ailleurs, grâce à sa forte teneur en antioxydant (polyphénols et tocophérols) l'huile d'argan protège les LDL contre l'oxydation qui représente l'étape clé dans la pathogénie de l'athérosclérose.

Des tests in vivo ont été menés sur deux types d'animaux : SHR (des rats spontanément hypertendus) et des *Mériones Shawi*.

L'administration de 5 ml/ kg /jour d'huile d'argan entraîne une normalisation des pressions artérielles des rats SHR et une diminution du cholestérol total. Afin de confirmer ces résultats, les auteurs ont choisi un deuxième modèle animal, *Mériones Shawi*. Ces derniers ont été rendus, obèses, hypertendus, dyslipidémiques et hyper insulinémiques par l'inactivité physique et par un régime hypercalorique.

Les résultats montrent une baisse de glycémie, du cholestérol total plasmatique, des LDL, de l'insulinémie, de la pression artérielle diastolique et systolique. De plus le traitement provoque, sans augmentation de poids, une augmentation des HDL et des triglycérides [Berrada et al, 2000].

c-Activité anti-radicalaire:

Les tocophérols présentent un atout considérable pour l'huile d'argan du fait de leur propriété antioxydante, cette dernière assure non seulement une bonne conservation de l'huile mais présente un avantage pharmacologique évident au moment où la liste des affections dues aux radicaux libres continue à s'allonger [Radi, 2003]. En effet il est tout à fait établi à l'heure actuelle que les tocophérols contribueraient à inhiber la toxicité des radicaux libres [Ghazan et Szulc, 1987].

Une étude nutritionnelle réalisée in vivo, a montré d'une part, que l'ingestion de l'huile d'argan conduit à une modification des acides gras poly insaturés membranaires comparable à celle de l'huile d'arachide et que d'autre part, cette huile relativement riche en vitamine E, provoque la stimulation de l'activité

enzymatique liée à la détoxification et à la défense antioxydante des cellules [Belcadi, 1994]. Il s'en suit une diminution de la susceptibilité membranaire à la peroxydation qui serait à l'origine du vieillissement selon Sohal et Allen, 1990 ; Ames et Shigenaga, 1992 ; Harman ,1992.

Des travaux réalisés par Benajiba et al, (2002) ont montré également que l'huile d'argan renforce le système enzymatique de défense antioxydant en augmentant l'activité de la catalase chez le rat Wistar recevant un régime riche en fructose [Benajiba et al, 2002].

La fraction stérolique qui est composée principalement de spinastérol et du schotténol [Farines et al ,1984]. Ce sont des delta7 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 antiradicalaire de l'épiderme que dans le relancement de l'activité des cellules.

Des travaux d'Arisawa et al,(1985) ont montré que le schotténol a une activité antitumorale qui a été découverte au cours des tests de cytotoxicité faits sur une plante *Ipomopsis aggregata* de la famille des polymoniacées [Arisawa et al ,1985].

II-Tourteau:

a-L'activité mollusquicide et antifongique:

Les saponosides, extraits du tourteau, sont largement utilisés dans la lutte contre la Bilharziose [Hostettman et Marston, 1995]. C'est ainsi que la détermination de l'activité mollusquicide, vis-à-vis de *Biomphalaria glabrata* (hôte intermédiaire de *Shistosomia mansoni*) des saponosides du tourteau de l'arganier a été réalisée. Cela a permis de démontrer une activité inhibitrice à une concentration de 400 µg/ml [Charrouf, 1991a].

L'activité antifongique du même mélange des saponosides a été évaluée à l'égard de *Cladosporium cucumerinum* (champignon phytopathogène de la famille des Cucurbitaceae), *Polysticus versicolor*. Une activité inhibitrice a été observée pour des concentrations de 12.5 et 50 µg/ml respectivement [Charrouf, 1991a].

b-L'activité anti-radicalaire:

L'activité anti-radicaux libres des saponosides du tourteau a été déterminée du diphenylpicrylhydrazine (DPPH), une concentration inhibitrice IC 25 =85mM a été observée alors qu'une IC 25=560mM a été établie contre les radicaux hydroxyle [**Alaoui, 1998**].

(IC 25 : est la concentration inhibant 25 % de l'activité).

Des tests utilisant des adipocytes humaines ont également montré que, in vivo, les saponosides du tourteau sont des activateurs de la lipolyse et stimuleraient également la biosynthèse du glutathion produit par les cultures de fibroblastes humains [**Henry et al, 2004**].

Ces résultats suggèrent que les préparations obtenues à partir des saponosides du tourteau de l'arganier pourraient, par exemple, facilement être incluses dans la formulation des crèmes amincissantes ou antirides [**Guillaume et Charrouf, 2005**] et aussi auraient des propriétés protectrices de l' ADN contre l' UVB [**Henry et al 2004**].

III-Feuille:

Il a été montré que l'extrait flavonoïdique total des feuilles de l'arganier possède une activité antifongique et antibactérienne [**El Kabouss et al, 2001**].

Cette même fraction possède une activité antiradicalaire et antioxydante ainsi que des capacités de protection cellulaire contre les rayonnements UVA et UVB.

L'effet antioxydant a été confirmé par observation d'une réduction des effets du stress oxydatif produit sur des cellules de peau humaine irradiées au UVA

L'extrait des flavonoïdes pourrait donc être utilisé en cosmétologie comme protecteur de la peau. La confirmation de ces effets in vivo permettrait une forte valorisation des feuilles de l'arganier

[**Pauly et al, 2002**].

PARTIE EXPERIMENTALE

Le travail qui fait l'objet de ce mémoire a été réalisé au laboratoire des produits naturels au Département de Biologie de l'Université de Tlemcen, Algérie, en collaboration avec Le laboratoire UPRES Lipides et nutrition à la faculté des sciences GABRIEL de l'Université de Bourgogne, Dijon, France (PR Prost Josiane) et le laboratoire de biochimie, institut supérieur d'agriculture, Ploudiv, Bulgarie (Prof Nikola Mashev).

Dans cette partie, nous décrivons les matériels et les méthodes généraux utilisés lors des protocoles expérimentaux.

A-Préparation du matériel biologique végétal:

Les graines d'*Argania spinosa* sont récoltées en été 2005 de la région de Tindouf. Les échantillons sont réceptionnés au laboratoire en Février 2006, ensuite ils sont conservés dans des flacons en verre à l'abri de la lumière et l'humidité pour des analyses ultérieures. L'analyse phytochimique est effectuée sur des graines qui sont préalablement décortiquées et broyées.

B-Méthodes d'analyses utilisées:

I-Détermination de taux d'humidité:

***Principe:**

On procède à une dessiccation de l'échantillon à analyser dans une étuve à la température de 100°C à 105°C et sous la pression atmosphérique jusqu'à l'obtention d'une masse pratiquement constante. Pour éviter toute reprise d'humidité, il convient d'opérer dans des vases de tare, placées dans un dessiccateur [Audigie et al, 1980].

***Mode opératoire:**

- Sécher à l'étuve, les vases de tare pendant 30 minutes à 100°C avec couvercles inclinés ;
- Laisser refroidir dans un dessiccateur durant 20 à 30 minutes, puis peser les vases de tare avec les couvercles, c'est **P1**;
- Mettre dans chaque vase 2 g d'échantillon moulu, fermer les couvercles et peser, c'est **P2** ;
- Placer les vases qui contiennent l'échantillon dans l'étuve pendant 3 h à 105°C avec couvercle incliné. Après mettre rapidement les couvercles et laisser refroidir au dessiccateur pendant 15 minutes et peser, c'est **P3**;
- Remettre les vases à couvercles inclinés dans l'étuve durant 1 heure et peser comme précédemment.

La différence entre deux pesées doit être inférieur à 2 mg, si non l'opération est renouvelée jusqu'à poids constant.

***Expression des résultats:**

Le taux d'humidité (%) d'un échantillon de matériel végétal est donné par la formule suivante:

$$\text{Taux d'humidité \%} = [(P_3 - P_2) / (P_1 - P_2)] \times 100$$

Dont :

P₁ : masse en g de la vase de tare.

P₂ : masse en g de la prise d'essai avant séchage.

P₃ : masse en g de la prise d'essai après séchage.

A partir de la teneur en humidité on peut déterminer le taux de matière sèche qui est donné par la formule suivante:

$$\text{Taux de matière sèche \%} = 100 - \text{Taux d'humidité \%}$$

II-Tests phytochimiques:

L'examen phytochimique permet de détecter la présence ou l'absence des constituants chimiques essentiellement les composés phénoliques, les hétérosides notamment les saponosides, Les composés azotés en particulier les alcaloïdes, les isoprénoides qui renferment les stéroïdes et les terpénoïdes, l'amidon et les composés réducteurs.

***Principe:**

La mise en évidence s'effectue par des testes phytochimiques réalisés, généralement sur des extraits déjà préparés (par épuisement à chaud ou par macération à froid) ou directement sur la poudre d'échantillon à analyser.

Ils sont basés sur :

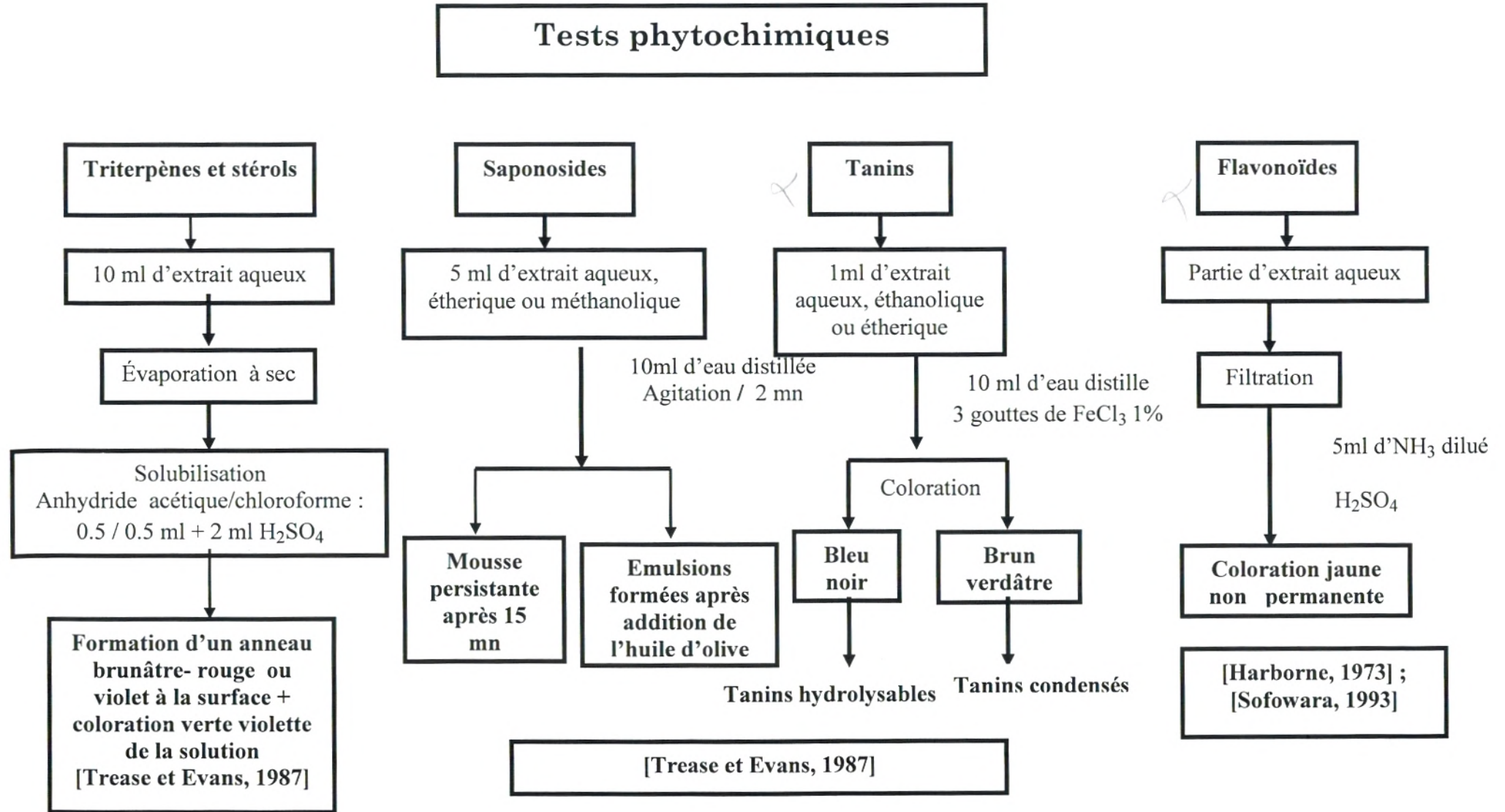
- Les essais de solubilité, des constituants de la plante, vis-à-vis des solvants organiques de polarité différente: l'eau, l'éthanol, méthanol, chloroforme et l'éther diéthylique ;
- Réaction de coloration et de précipitation ;
- Examen sous la lumière ultraviolette.

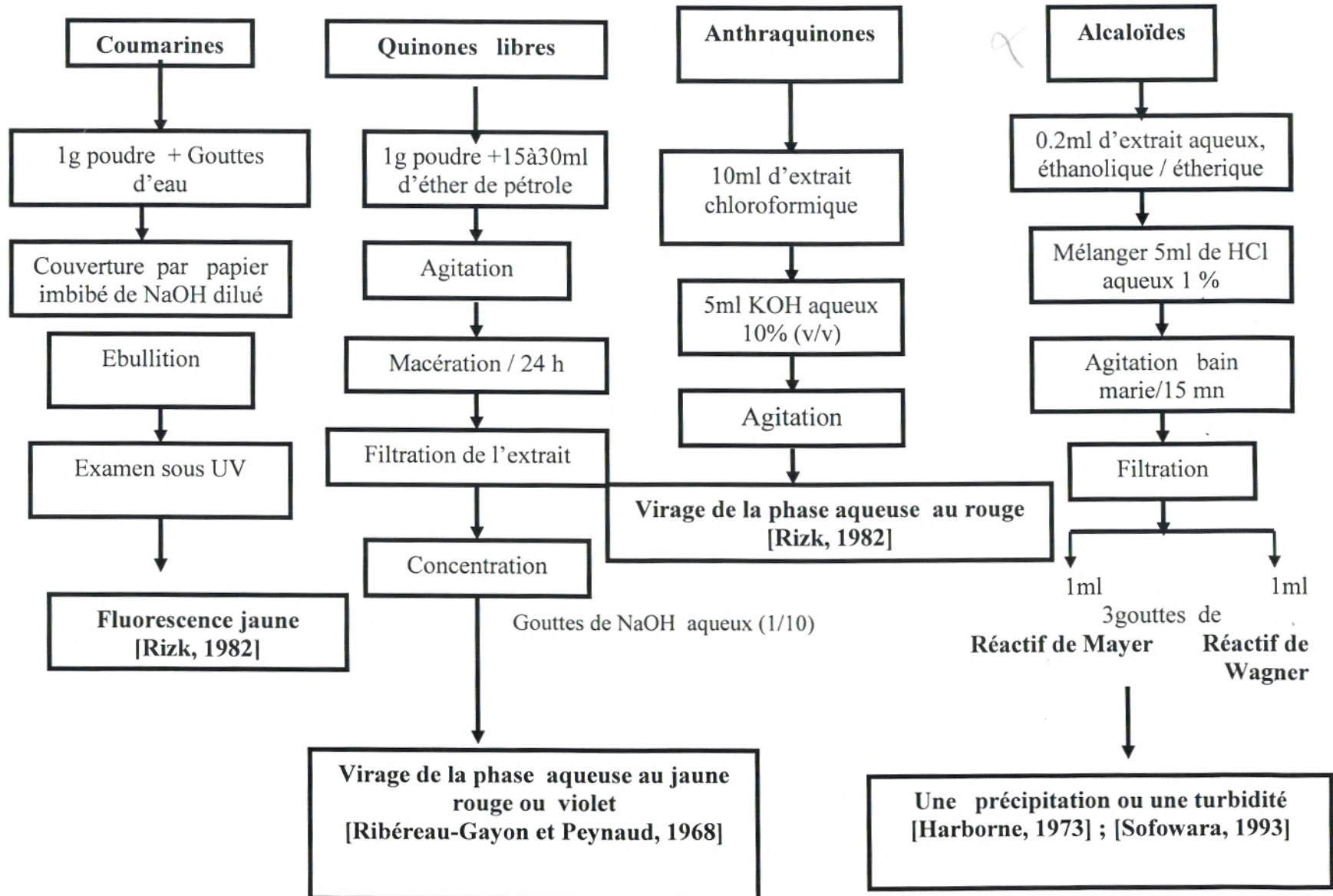
***Mode opératoire:**

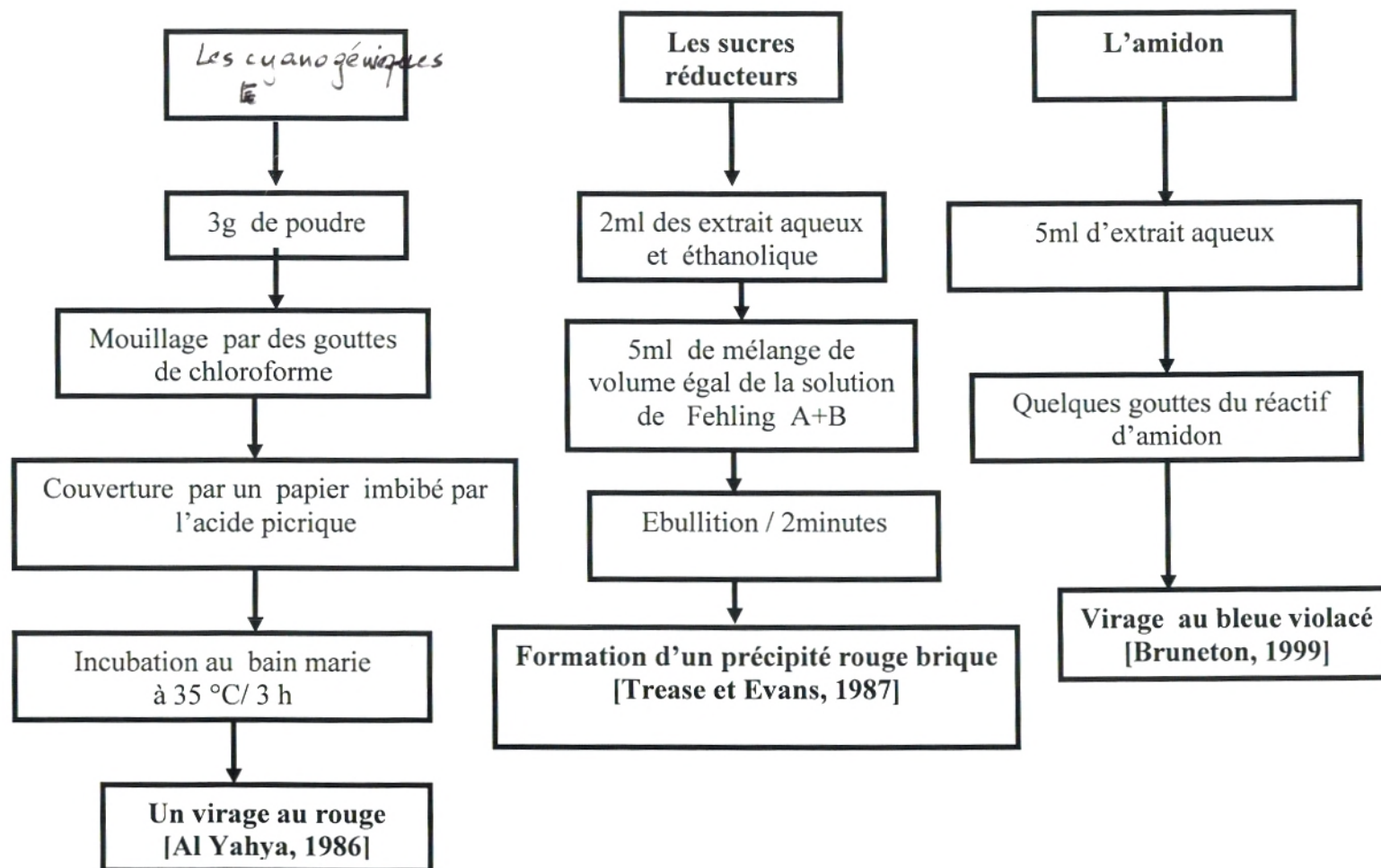
Dans un ballon surmonté d'un réfrigérant 5 g d'échantillon séché à l'air sont séquentiellement extraits par soxhlet en utilisant les solvants suivants :

L'eau distillée, méthanol, éthanol, éther diéthylénique, chloroforme. Les extraits brutes sont filtrés, concentrés, à l'aide d'un rotavapeur, et stocker à 4°C et utiliser pour les analyses ultérieurs [Trease et Evans, 1987].

Les tests phytochimiques sont schématisés dans le diagramme ci- après.







a-Les isoprénoïdes:

Elaborés à partir des mêmes précurseurs (Le squalène qui est formé par la condensation des unités isoprènes), les terpénoïdes et les stéroïdes constituent sans doute le plus vaste ensemble connu des métabolites secondaires des végétaux et constituent le principe odoriférant des végétaux.

Cette odeur est due à la libération des molécules très volatiles contenant 10, 15 ou 20 atomes de carbones [Bruneton, 1999].

a-1-Test pour les triterpènes et les stéroïls (les isoprénoïdes):

10ml de l'extrait aqueux est placé dans un petit Becher ; Après évaporation à sec, le résidu est solubilisé dans un mélange de volume égal 0.5ml / 0.5ml (v/v) d'anhydride acétique/ chloroforme.

La solution est transférée dans un tube à essai (bien séché) et 2 ml de l'acide sulfurique concentré est soigneusement ajoutée.

La formation des anneaux brunâtres- rouges ou violets à la zone du contact avec le surnageant et l'apparition d'une coloration t verte ou violette indique la présence des stéroïls et des triterpènes [Trease et Evans, 1987].

b-Les saponosides:

Les saponosides sont des hétérosides à génines [partie non glucidique] stéroïdiques et tritépéniques, la partie sucre est liée à la génine par une liaison de type ester ou éther.

Les saponosides sont caractérisés par leurs propriétés tensioactives : ils se dissolvent dans l'eau en formant des solutions moussantes [Bruneton, 1999].

b-1-Test pour les saponosides:

5ml de l'extrait aqueux, de l'extrait étherique ou méthanolique sont vigoureusement agités avec 10 ml d'eau distillée pendant 2 minutes.

L'apparition de la mousse qui persiste au moins 15 minutes ou la formation des émulsions après addition de l'huile d'olive, confirme la présence des saponosides [Trease et Evans, 1987].

c-Les composés phénoliques:

Les composés phénoliques forment un très vaste ensemble de substances chimiques; l'élément structural fondamental qui les caractérise est la présence d'au moins d'un noyau benzénique auquel est directement lié au moins un hydroxyle [Bruneton, 1999].

c-1-Les tanins:

Les tanins sont des composés phénoliques de structure variée, de saveur astringente, ayant la propriété de tanner la peau.

On distingue deux groupes de tanins différents par leur structure et par leur origine biogénétique :

-Les tanins hydrolysables qui sont des oligo ou des polyesters d'un sucre et d'un nombre variable d'acide phénol (acide gallique).

-Les tanins condensés ou proanthocyanidols qui se diffèrent fondamentalement des tanins hydrolysables car ils ne possèdent pas de sucre dans leur molécule et leur structure est voisine de celle des flavonoïdes, il s'agit des polymères flavaniques constitués d'unités de flavan-3-ols [Bruneton, 1999].

c-1-1-Test pour Les tanins:

1ml de l'extrait étherique, méthanolique, éthanolique ou aqueux sont mélangés avec 10ml d'eau distillée et filtrés. L'addition de 3gouttes du réactif Chlorure ferrique $FeCl_3$ préparé à 1% permet de détecter la présence ou non des tanins.

La couleur vire au bleu noir en présence de tanins hydrolysables (tanins galliques) et au brun verdâtre en présence des tanins condensés (tanins catéchiques) [Trease et Evans, 1987].

c-2- Les flavonoïdes:

Les flavonoïdes sont des pigments quasiment d'origine végétale. Tous les flavonoïdes- environ 3000- ont une origine biosynthétique commune et de ce fait, possèdent le même élément structural de la base, à savoir l'enchaînement 2-phénylchromane. Ils peuvent être regroupés en une douzaine de classes selon le degré d'oxydation du noyau pyranique central [Bruneton, 1999].

c-2-1-Test pour les flavonoïdes:

5ml de la solution diluée d'ammoniac (NH_3^+) est ajouté à une partie de l'extrait aqueux filtré, elle est suivie par l'addition de l'acide sulfurique concentré.

L'apparition d'une couleur jaune qui disparaît après un certain temps indique la présence des flavonoïdes [Sofowara, 1993] et [Harborne, 1973].

c-3- Les coumarines:

Les coumarines tirent leur nom de Coumarou (nom vernaculaire de la fève tonka). Ce sont des 2 H-1-benzopyran-2-ones que l'on peut considérer comme étant des lactones des acides o-hydroxy -z- cinnamique.

Généralement toutes les coumarines sont substituées en position 7 par un hydroxyle qui peut être méthylé ou engagé dans une liaison hétérosidique.

Les coumarines ont un spectre UV caractéristique qui sert à leur identification.

c-3-1-Test pour les coumarines:

1g de poudre sèche du matériel végétale est placé dans un tube, en présence de quelques gouttes d'eau.

Le tube est recouvert avec du papier imbibé de NaOH dilué et porter à ébullition.

Toute fluorescence jaune témoigne de la présence de coumarine après examen sous UV [Rizk, 1982].

c-4-Les quinones:

Les quinones sont des composés oxygénés qui correspondent à l'oxydation de dérivés aromatiques notamment les polyphénols. Ils sont caractérisés par un motif 1.4 dicéto-cyclohexa 2,5-diéniq (para quinone ou éventuellement par un motif 1,2-dicétocyclohexa-3,5-diéniq (ortho-quinone).

Diverses réactions colorées permettent de mettre les quinones en évidences.

La principale réaction est celle de Bornträger:

réaction que l'on obtient en dissolvant les quinones en milieu alcalin aqueux, la solution prend une teinte vive variant, selon la structure et les substituants de la quinone, de l'orangé-rouge ou violet-pourpre [Bruneton, 1999].

c-4-1-Test pour les quinones libres:

1g de poudre sèche du matériel végétal est placé dans un tube avec 15 à 30ml d'éther de pétrole. Après agitation et un repos de 24 heures, l'extrait est filtré et concentré au rotavapore.

La présence des quinones libres est confirmée par l'ajout de quelques gouttes de NaOH 1/10, lorsque la phase aqueuse vire au jaune, rouge ou violet [Ribéreau-Gayon et Peynaud, 1968].

c-4-2-Test pour les anthraquinones:

A l'extrait chloroformique, on ajoute du KOH aqueux 10% (v/v). Après agitation, la présence des anthraquinones est confirmée par un virage de la phase aqueuse au rouge [Rizk, 1982].

d-Les composés azotés:

d-1-Les alcaloïdes:

Initialement définis comme des substances azotées, basiques, d'origine naturelle et de distribution restreinte, les alcaloïdes ont une structure complexe. Leur atome d'azote est inclut dans un système hétérocyclique. Pour certains auteurs, ils sont issus du seul règne végétal et ils existent à l'état de sels et l'on peut ajouter qu'ils sont bio- synthétiquement formés à partir d'un acide aminé.

Leur détection consiste, dans le cas le plus général, à une précipitation. La précipitation est due à la capacité des alcaloïdes de se combiner avec les métaux et des métalloïdes qui constituent les réactifs spécifiques utilisés [Bruneton, 1999].

d-1-1-Test pour les alcaloïdes:

Dans un bain-marie on mélange 0.2ml de l'extrait aqueux, éthanolique, étherique avec 5ml d'une solution aqueuse de HCl préparée à 1%(en utilisant un agitateur avec barreau magnétique).

Après filtration un volume de 1ml du filtrat est traité par 3 gouttes du tétra-iodo-mercurate de potassium connu sous le nom du **réactif de Mayer**, alors que l'autre quantité (1ml) est traitée par le **réactif de Wagner** voir **Annexe**.

Toute turbidité ou précipitation indique la présence des alcaloïdes [Sofowara, 1993] et [Harborne, 1973].

d-2-Les glycosides cyanogénétiques:

Les hétérosides cyanogène dérivés des acides aminés sont facilement détectés par un papier imprégné de réactif susceptible de donner une réaction colorée avec l'acide cyanhydrique qui se dégage lorsque le matériel végétal frais est broyé [Bruneton, 1999].

d-2-1- Test pour les glycosides cyanogénétiques:

3g de la poudre de l'échantillon à analyser frais est mouillé avec quelques gouttes de chloroforme dans un tube à essai, où est insérée une bandelette de papier filtre imprégnée de l'acide picrique ou picrate de sodium.

Le tube est alors placé au bain-marie à 35°C pendant 3 heures.

Un virage au rouge indique la présence des composés cyanogénétiques (par libération du de HCN) [Al-Yahya, 1986].

e-Les hydrates de carbones:

e-1-Test pour les sucres réducteurs:

Il est basé sur la capacité de fonction libre du carbone anomérique des oligosaccharides de réduire les sulfates de cuivres existants dans la solution de Fehling

2ml des extraits aqueux et éthanolique sont placés dans des tubes à essai et 5ml de mélange d'un volume égal de la solution de Fehling (A et B) sont ajoutés et porter à l'ébullition dans un bain-marie pendant 2 minutes voir **Annexe**.

La formation d'un précipité rouge- brique au fond de tube indique la présence des hydrates de carbone [Trease et Evans, 1987].

e-2-Test pour l'amidon:

La réaction de l'amylose (un constituant essentiel du squelette de l'amidon) avec l'iode est à la base de la caractérisation analytique de l'amidon.

L'extrait aqueux est traité avec le réactif de l'amidon qui est à base d'iode voir **Annexe**.

Toute virage au bleu violacé indique la présence de l'amidon [Bruneton, 1999].

III-Détermination quantitative des métabolites primaires:

a-Dosage des lipides totaux:

***Principe:**

Afin d'éliminer le reste d'humidité, l'échantillon à analyser a subi un séchage à l'étuve à 40 °C/ 14 heures.

L'extraction de l'huile d'argane est réalisée dans un extracteur de type **soxhlet** à l'aide d'un solvant organique (le n hexane).

Après évaporation du solvant, le taux de matière grasse brute est déterminé gravimétriquement selon la méthode directe.

La méthode directe consiste à peser l'huile obtenue directement après évaporation du solvant d'extraction [**Lecoq, 1965**].

***Mode opératoire:**

Une enveloppe séchée préparée spécialement et pesée.

Après avoir tarer l'enveloppe, placer 1 ou 2 g de l'échantillon à analyser (séché):
m

L'enveloppe est placée dans l'appareil de soxhlet, la durée l'extraction dépend de la quantité d'huile présente dans l'échantillon à analyser : elle est de 3 -10 heures (pauvres en huile) et de 10 -12 heures (riche en huile).

- peser le ballon vide séché poids A (**PA**).
- peser le ballon + huile extraite poids B (**PB**).
- **m**: masse en gramme d'échantillon séché.

***Expression des résultats:**

Le rendement (Rt) ou le taux en matière grasse brute est donné par la formule suivante:

$$\mathbf{Rt = (PB - PA/m) \times 100}$$

Rt : Rendement.

a-1-Détermination des indices physicochimiques de l'huile:

a-1-1-Indice de densité d_{20} :

***Principe:**

Elle consiste à déterminer le rapport de la masse d'un volume donné d'huile à 20° C et la masse d'un volume égal d'eau distillée à la même température, en utilisant un pycnomètre muni d'un thermomètre gradué et étalonner à 20° C [Lion, 1955].

***Mode opératoire: [AFNOR, 1978]**

-Nettoyer soigneusement le pycnomètre par l'éthanol puis par l'acétone et le sécher en faisant passer un courant d'air sec si nécessaire.

-Déterminer la masse m_0 du pycnomètre vide.

-Peser 2 g d'eau distillée et laisser 30 minutes dans un bain marie à 20° C.

-Déterminer la masse m_1 du pycnomètre rempli d'eau distillée.

-Nettoyer et sécher le pycnomètre.

-Peser 2 g d'huile et laisser 30 minutes dans un bain marie à 20° C.

-Déterminer la masse m_2 du pycnomètre rempli d'huile.

***Expression des résultats:**

La densité relative d_{20} est donnée par la formule suivante:

$$d_{20} = (m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)$$

a-1-2-Indice de réfraction N_d^t :

***Principe:**

Il consiste à déterminer le rapport entre le sinus de l'angle d'incidence et le sinus de l'angle de réfraction d'un rayon lumineux de longueur d'onde déterminée passant de l'air dans l'huile à la température constante (20° C), en utilisant le réfractomètre. [Lion, 1955].

***Mode opératoire: [Wolff, 1968]**

- Nettoyer la lame du réfractomètre en utilisant du papier Joseph.
- Etalonner l'appareil par de l'eau distillée dont l'indice de réfraction est égale à +1.33.
- Nettoyer la lame du réfractomètre en utilisant du papier Joseph.
- Déposer quelques gouttes d'huile dans la lame du réfractomètre et régler le cercle de chambre sombre et claire dans la moitié et effectuer la lecture des résultats en tenant compte de la température ambiante.
- Nettoyer la lame du réfractomètre en utilisant toujours du papier Joseph.

***Expression des résultats:**

L'indice de réfraction est donné par la formule suivante:

$$n_d^{20} = n_d^t + 0.00035 (t-20)$$

n_d^t : valeur de lecture à la température à laquelle a été effectuée la détermination.

n_d^{20} : indice de réfraction à la température 20°C.

t : la température à laquelle a été effectuée la détermination.

a-1-3-Indice d'acide I_A:

***Principe:**

Il consiste à déterminer le nombre de milligramme d'hydroxyde de potassium nécessaire pour neutraliser l'acidité due aux acides gras libres contenus dans 1 gramme de corps gras [Lion, 1955].

***Mode opératoire:**

L'acidité est déterminée par la méthode titrimétrique en utilisant une solution d'hydroxyde de potassium éthanolique à 0,1 N.

- Peser 0.5g d'huile.
- Les dissoudre dans 20ml d'éthanol ou de mélange éthanol / *n*-butanol (v/v).
- Mettre d'autre part dans un récipient témoin la même quantité du même solvant.
- Ajouter 03 gouttes de la solution éthanolique de phénophtaléine à 1% dans chaque récipient (échantillon et témoin).

5 ml de huile + 10 ml hexane \rightarrow vortex

4 ml méthanol \downarrow 4 ml l'eau \Rightarrow vortex

separat centrifugeuse 15 min / 2500 tr/min

\downarrow
recueillir le précipité

\downarrow
le surnageant + 6 ml méthanol + 4 ml l'eau

\downarrow
separat par centrifugeuse 15 min / 2500 tr/min

recueillir le précipité et ajouté au mélange
0.5 tr/min

es

Expression des résultats:

L'indice d'acide est donné par la formule suivante:

$$I_A = (V_1 - V_0) \times M \times N \times f / m$$

V_1 : volume en ml de potasse alcoolique utilisé pour neutraliser les acides libres de la prise d'essai.

V_0 : volume en ml de potasse alcoolique utilisé pour le témoin.

M : masse molaire de KOH. 56.11g / mole.

N : normalité de la solution de potasse : 0.1 N.

m : masse de la prise d'essai.

- Si le contenu du récipient ne se trouble plus par addition d'eau, ajouter 03 gouttes de phénophtaléine.

-Titrer par HCl à 0.5N.

***Expression des résultats:**

L'indice de saponification est donné par la formule suivante:

$$I_S = (V_0 - V_1) \times M \times N \times f / m$$

V₀: volume en ml de la solution d'acide chlorhydrique HCl à 0.5N utilisé pour le témoin.

V₁: volume en ml de la solution d'acide chlorhydrique HCl à 0.5N utilisé pour la prise d'essai.

M: Masse Molaire de KOH. 56.11g / mole.

N: Normalité de la solution de potasse : 0.5 N.

m : masse de la prise d'essai.

f : facteur de correction de la normalité de la solution de HCl.

a-1-5-Indice d'ester I_E:

L'indice d'ester consiste en la différence de deux indices **I_A** et **I_S** [Lion, 1955].

$$I_E = I_S - I_A$$

a-2-Dosage des acides gras par chromatographie en phase gazeuse CPG:

Ce dosage a été réalisé au laboratoire de biochimie, institut supérieur d'agriculture, Plovdiv, Bulgarie.

***Principe:**

Consiste en la séparation des acides gras par chromatographie en phase gazeuse (CPG) sur colonne après leur conversion en esters méthyliques facilement entraînés par le gaz vecteur [Etournaud, 1999].

Sur le chromatogramme obtenu, l'ordonnée des sommets ou la surface comprise entre la ligne de base et le pic permet de mesurer la quantité de chaque soluté séparé dans l'échantillon [Kamoun, 1993].

***Appareillage:**

Le chromatographe (CPG) et ses accessoires sont représentés schématiquement dans l'Annexe.

Le chromatographe utilisé est un appareil Hewlette Packard Modèle 5730A équipé d'un injecteur Split / Splitless de division 1/ 30.

Le détecteur utilisé est un détecteur à ionisation de flamme (F.I.D).

La colonne en verre est capillaire, spiralisée et apolaire [Ackman et Burgher, 1963.].

***Les conditions opératoires:**

- la colonne à 25m de longueur (L) et 0.25mm de diamètre (D).
- Température de la colonne 220°C
- Température de l'injecteur 250°C.
- Température de détecteur 300°C.
- Température initiale d'injection 150° C.
- Température finale atteinte 280° C.
- Programmation de température 4° C.
- Gaz vecteur : azote purifié.
- Débit : 1ml/min.
- Enregistreur HP.7130.

***Préparation de la solution de l'étalon interne:**

L'appareil est étalonné, avant usage, par une solution d'esters méthyliques d'AG de composition connue. Ainsi chaque ester méthylique d'acide gras est identifié par son temps de rétention.

20mg de méthyle ester octadécanoate (C18) sont ajoutés à 25ml de pentane pour obtenir une solution d'étalon interne à une concentration de 0.8mg /ml.

***Préparation des esters méthyliques des acides gras:**

La trans estérification demeure une méthode de choix pour l'obtention des esters méthyliques d'A G. Elle protège la colonne de toutes les impuretés des AG, améliore la limite de détection et donne alors plus de précision.

Il s'agit d'une réaction de saponification par de la potasse méthanolique qui aboutit à la formation des sels d'acides gras, suivie d'une réaction d'estérification

par la solution méthanolique qui donne naissance aux esters méthylique d'acides gras [Etournaud, 1999].

***Mode opératoire:**

On prend 200 UI (0.2ml) d'huile y ajouter 1ml de pentane puis on ajoute 1ml de potasse méthanolique (2N) et 800 UI d'étalon interne en solution soit 0.8ml, on chauffe 2 min à 40° C au bain marie, on extrait et on prélève par pipetage la partie supérieure claire contenant les esters méthyliques, qui est la phase pentanique et enfin on injecte dans le chromatographe.

b-Dosage de la vitamine E:

Ce dosage a été réalisé au laboratoire UPRES Lipides et nutrition, facultés des sciences Gabriel, université de Bourgogne à Dijon.

b-1-Extraction de la vitamine E:

***Principe:**

L'huile est additionnée à la solution éthanolique contenant l'étalon interne (la α -acétate de tocophérol) puis elle est solubilisée dans le n hexane à partir de laquelle une quantité est prélevée.

Après le mélange est évaporé à sec sous vide. Le résidu obtenu est repris dans l'éther diéthylique et dilué par le méthanol.

Une quantité de cette solution est injectée à une colonne chromatographique C18 à phase inverse, les absorbances des vitamines recherchés et l'étalon interne sont mesurés à 280nm [Catignani et Bieri, 1983].

***Mode opératoire:**

Mettre 200 μ l de l'huile dans un tube en verre, puis ajouter 100 μ l de standard interne S₂ qui correspond à 5 μ g de la α - tocophérol- acétate /100 μ l d'éthanol.

Ensuite vortexer pendant 1à 2 minutes et ajouter 100 μ l de L- acide ascorbique 1% (antioxydant).

Le mélange est vortexé pendant 1à 2minutes puis extrait par 2 ml de n- Hexane contenant le BHT (= Butylate Hydroxy Toluene).

Vortexer le mélange pendant 2 à 3 minute.

L'hexane est évaporé sous vide grâce à un rota évaporateur pendant 15 minutes.

Le résidu est repris dans 50 μ l de l'éther diéthylique et complété avec 150 μ l de la phase mobile méthanol / eau 95/5 ou 98/2 v/v.

Les tubes doivent être laisser dans la glace pour éviter toute évaporation avant le passage à la HPLC.10µl de ce mélange est injectée dans l'HPLC [Zaman et al, 1993].

b-2-Dosage de la vitamine E par chromatographie liquide à haute performance HPLC:

***Principe:**

Il s'agit d'une chromatographie de partage qui est fondée sur la différence de solubilité des substances à séparer dans 2 liquides parfaitement miscibles

Un des liquides est retenu sur un support inerte et constitue la phase fixe (stationnaire). L'autre liquide en déplacement, constitue la phase mobile (l'éluant) [Kamoun, 1993].

***Conditions expérimentales de la HPLC : [Zaman et al, 1993].**

Phase stationnaire: silice.

Phase mobile méthanol/ eau : 98/ 2.

Débit: 1ml/ min.

Colonne C₁₈, 4.6x 200mm.

T°= 35°C.

<i>La vitamine</i>	<i>réponse spectrale</i>	<i>Temps de sortie</i>
α - Tocophérol	285 nm	environ 5 minutes

Sur le chromatogramme obtenu, l'ordonnée des sommets ou la surface comprise entre la ligne de base et le pic permet de mesurer la quantité de chaque soluté séparé dans l'échantillon voir **Annexe**.

c-Dosage des protéines:

c-1-Dosage de l'azote total et les protéines brutes:

Il est réalisé par la méthode de **Kjeldahl, 1883**, elle comprend trois étapes: la minéralisation, la distillation et la titration.

***Principe:**

La méthode consiste à détruire la matière organique par l'acide sulfurique concentré et chaud, qui fait passer quantitativement l'azote à l'état de sulfate d'ammonium.

On déplace ensuite l'ammoniac par de la soude et on le recueille dans un excès d'acide sulfurique de concentration connue. Un titrage en retour par de la soude de concentration connue permet de déduire la quantité d'ammoniac formée, donc la teneur en azote du produit initial [**Lion, 1955**].

***Mode opératoire:**

[Méthode d'analyse N°07 96 06 /CACQE/ Ministère du Commerce]

-La minéralisation:

Elle se fait dans une unité de digestion **BŮCKI-K-435**.

1g environ de l'échantillon à analyser broyé, tamisé à travers des mailles de 2mm et séché à 105° C jusqu'à poids constant. Peser soigneusement et introduire dans toute sa quantité dans un matras de **Kjeldahl** (le tube de digestion).

Pour la digestion de chaque échantillon, ajouter dans le matras :

-1g de catalyseur à partir d'un mélange de 15g de sulfate de potassium anhydre K_2SO_4 , 1.2g de sulfate de cuivre $CuSO_4$.

-12ml d'acide sulfurique H_2SO_4 concentré à 98%.

Après un certain temps de minéralisation, 1 à 2ml de peroxyde d'hydrogène H_2O_2 concentré à 35% (130vol).

-Mélanger soigneusement pour assurer un mouillage complet de la prise d'essai.

-Procéder à un préchauffage de l'appareil de digestion pendant 10 minutes à la graduation 5.

-Placer les matras sur le dispositif de chauffage.

-Les gaz d'échappement sont aspirés à l'aide d'une trempe à vide.

-Chauffer le tube de digestion tout d'abord doucement pour éviter que la mousse monte ou s'échappe du matras.

-Chauffer avec modération.

Le minéralisât (le contenu du matras) est transversé dans une fiole en complétant le volume avec de l'eau distillée jusqu'à 100ml.

-Mélanger soigneusement afin de solubiliser en maximum les sulfates d'ammonium.

Laisser refroidir.

-La distillation :

Elle se fait dans une unité de distillation **BŮCKI-K-314**.

-10ml du contenu de la fiole sont introduites dans le matras de l'unité de distillation aux quels sont ajoutés 20ml d'eau distillée et 30ml de la soude caustique (NaOH) / à 35%.

-chauffer pendant 4 minutes de façon à recueillir 150ml de distillat.

-Après vérifier la neutralité du distillat qui coule de l'extrémité du réfrigérant au moyen de papier pH, si la réaction est alcaline poursuivre la distillation.

-Le distillat est ensuite recueilli dans un érlenmeyer gradué qui contient 25 ml de solution d'acide sulfurique à 0.1N additionné de 10 gouttes d'indicateur de *Tashiro* (de couleur rose- violette en présence d'un milieu acide et verte dans le cas d'un milieu alcalin) voir **Annexe**.

-La titration :

Puisqu'on utilise l'acide sulfurique comme liquide de récupération. On va alors titrer l'excès d'acide sulfurique avec la solution de NaOH 0.1N jusqu'à changement de la coloration du violet au vert.

***Expression des résultats :**

Le pourcentage d'azote total est calculé par la formule suivante:

$$\text{L'azote total (\%)} = N \% = (V_b - V_e) \times N \times f \times 0.014 \times 10 \times 100/m$$

Dont:

V_b : Volume en ml de la solution de NaOH à 0.1N nécessaire pour neutraliser l'excès d'acide sulfurique présent dans l'essai à blanc (**1g de saccharose**).

V_e : Volume en ml de la solution de NaOH à 0.1N nécessaire pour neutraliser l'excès d'acide sulfurique présent dans l'échantillon à analyser.

N: normalité de NaOH utilisée pour titration (0.1N).

f:facteur de correction de la solution de NaOH.

m: masse en g de la prise d'essai =1g.

10: coefficient du volume total de la solution à doser.

100: coefficient du pourcentage.

***Conversion du taux d'azote en taux de protéines:**

100g de protéines correspond à 16g d'azote dans la majorité des cas. On utilise un **facteur de conversion** basé sur le taux moyen d'azote des protéines:

$$F=100/16 =6.25$$

$$\text{Les protéines brutes (\%)} = \text{PB\%} = \text{N \%} \times 6.25$$

c-2-Dosage des acides aminés totaux:

Ce dosage a été réalisé au laboratoire de biochimie, institut supérieur d'agriculture, Plovdiv, Bulgarie.

***Principe:**

Il est réalisé par chromatographie échangeuse d'ion.

Ce dosage est réalisé selon la méthode de **Spackman, Steine et Moore**: les acides aminés individuels sont obtenus par hydrolyse acide (HCl).

Après injection de l'échantillon sur colonne échangeuse de cations, les acides aminés libres sont séparés et élués par passage successif de tampon PH croissants.

Les acides aminés réagissent avec de la ninhydrine pour former des composés colorés dont la détection est faite en 2 longueurs d'onde différentes : L₁=750nm et L₂= 440nm [**Spackman et al, 1958**].

***Mode opératoire:**

L'échantillon mis à l'analyse est hydrolysé par l'acide chlorhydrique 6N à 100° C pendant 24 heures, les acides aminés sont déterminés par un analyseur automatique.

Pour la solution éluante, on utilise trois tampons avec PH : 3.25, 4.25 et 5.28.

On utilise en réacteur les réactions de coloration avec une solution (réactif de ninhydrine).

L'identification des acides aminés est effectuée à l'aide des acides aminés témoins (l'étalon).

La mesure de la quantité de chaque acide aminé est réalisée en comparant la surface du pic de chaque acide aminé avec celle du pic de l'acide témoin [Mashev, 1987].

***Préparation d'hydrolysats d'acides aminés:**

On dépose 200 mg du matériel de la poudre des amandes des graines d'*Argania spinosa* dans un tube à essai, l'hydrolyse est réalisée par 10 ml d'acide chlorhydrique 6N, le tube est flambé sur un bec bunsen puis placé dans une étuve à 105°C pendant 24 / 72 heures.

Ensuite le bout du tube est cassé et l'hydrolysats est filtré à l'aide d'un filtre de silice W⁶G4.

Le filtrat est évaporé, le résidu est dissout dans 5 ml HCL 0.125 M.

Cette solution est utilisée pour élution des acides aminés, leur identification se fait en comparant les pics des étalons à ceux enregistrés lors de la manipulation.

d- Dosage des fibres alimentaires:

Il est réalisé par la méthode de **Henneberg et Stohmann, 1860** appelée aussi la méthode **Weende** en utilisant un extracteur des fibres brutes **FIWE-VELP SCIENTIFICA**.

***Principe:**

Elle consiste à traiter l'échantillon à analyser successivement avec de l'acide sulfurique et de la potasse. L'hydrolyse acide/ basique (à chaud) permet de solubiliser la quasi-totalité du contenu cellulaire à l'exception des fibres alimentaires et des sels minéraux.

Le résidu obtenu sera séché, incinéré puis pesé.

***Mode opératoire:**

Sécher l'échantillon à l'étuve à 105°C jusqu'à un poids constant puis laisser refroidir dans un dessiccateur; Peser exactement 1 g de l'échantillon broyé poids P_1 ;

Ajouter l'acide sulfurique à 1.25% jusqu'à l'entaille de 150 ml après préchauffage par le plat chaud afin de réduire le temps requis pour bouillir ;

Ajouter 3 à 5 gouttes de n-octanol comme agent antimoussant ;

Bouillir 30 min exactement au début de l'ébullition ;

Relier au vide pour vidange l'acide sulfurique ;

Laver 3 fois avec 30ml (creusets remplis jusqu'au dessus) de l'eau distillée chaude, se reliant chaque fois à l'air comprimé pour remuer le contenu du creuset ;

Après avoir vidanger le dernier, ajouter 150ml de KOH à 1.25%, préchauffer ;

Ajouter 3 à 5 gouttes de n-octanol comme antimousse puis bouillir pendant 30 min ;

Filtrer et laver 3 fois avec 30ml de l'eau distillée chaude, se reliant chaque fois à l'air comprimé pour remuer le contenu du creuset ;

Performer un dernier lavage avec de l'eau distillée froide pour refroidir les creusets, puis laver 3 fois avec 25 ml d'acétone, remuer chaque fois par l'air comprimé ;

Retirer les creusets et déterminer le poids sec après séchage dans l'étuve à 105°C pendant 1 heure jusqu'à poids constant ;

Laisser refroidir dans un dessiccateur, ce poids P_2 représente les fibres brutes plus la teneur en cendres par rapport aux poids initial ($P_1 = 1g$).

Puisque les cendres existent encore, placer les creusets dans un four à moufle à 550°C pendant 3 heures et répéter jusqu'à l'obtention d'un résidu blanc grisâtre ;

Après refroidissement dans un dessiccateur ce poids représente les cendres (P_3) ;

La différence des poids représente la teneur en fibres brutes sans cendres.

***Expression des résultats:**

Le pourcentage des fibres est déterminé par la formule suivante:

$$\text{Fibre \%} = (P_2 - P_3/P_1) \times 100$$

Dont:

P₁: le poids de l'échantillon à analyser.

P₂: le poids des creusets + l'échantillon avant l'incinération ;

P₃: le poids des creusets + l'échantillon après l'incinération.

e- Dosage des sucres totaux:

L'appréciation de la quantité en oses présents dans les polysaccharides repose sur le dosage des sucres totaux par la méthode de **Dubois et al (1956)** appelée aussi méthode **phénol/acide sulfurique**.

***Principe:**

Le dosage des monosaccharides constitutifs des polysaccharides nécessite la rupture de toutes les liaisons glycosidiques par hydrolyse acide (l'acide sulfurique).

L'analyse repose sur des techniques colorimétriques. Le principe des dosages colorimétriques se base sur la condensation par estérification d'un chromogène (Phénol, Orcinol, Anthrone) avec les produits de déshydratation des pentoses, hexoses et acides uroniques. En milieu acide fort et à chaud, ces oses se déshydratent respectivement en des dérivés du furfural, 5- hydroxy-méthyl-furfural et de l'acide 5-formylfuroïque.

Les chromophores ainsi formés de couleurs jaunes- orange absorbent dans le domaine du visible proportionnellement avec la quantité des sucres présents **[Ruiz, 2005]**.

La teneur des sucres est exprimée en µg/ ml (converti en gramme / litre) de α D+ Glucose à partir d'une courbe d'étalonnage.

***Mode opératoire: [Dubois et al, 1956]**

Préparation des échantillons:

- Peser 0.5 g d'échantillon dans le bêcher, ajouter 20 ml d'acide sulfurique 0.5 M puis placer l'ensemble dans une étuve à 105°C pendant 3 heures;
 - Transvaser quantitativement le contenu du bêcher dans une fiole de 500 ml (ajuster le volume par de l'eau distillée jusqu'à 500 ml), puis filtrer la solution et la conserver à 4°C ;
 - On réalise des dilutions de 1/3 à partir de ce filtrat ;
 - On prépare 03 essais.
 - Dans des tubes en pyrex (Ø 2cm), déposer avec précaution 1 ml de chaque essai, ajouter 1 ml de phénol à 5% et 5 ml d'acide sulfurique (H₂SO₄) concentré
 - Après agitation (vortex) les tubes sont maintenues, dans l'étuve pendant 5 minutes à 100°C, puis laisser les dans l'obscurité pendant 30 minutes ;
- Enfin, on lit la densité optique à une longueur d'onde de 490 nm.

Préparation de l'étalon:

Pour chaque série de détermination, une gamme d'étalonnage est nécessaire, une solution mère (SM) de α D+ Glucose de concentration 100µg /ml est préparée comme suit:

Préparer une solution de glucose de 0.01g / 100ml (100µg/ ml).

A partir de cette solution mère préparer des dilutions de différentes concentrations 25µg /ml, 40µg/ml, 60µg/ml, 75µg/ml ,100µg/ml.

Prendre 1 ml de chaque concentration (2 essais pour chaque concentration) et ajouter 1 ml de phénol à 5 % et 5 ml d'acide sulfurique à 98% à l'aide d'une burette ;

Après agitation (vortex) les tubes sont maintenus pendant 5 minutes à 100°C, puis à l'obscurité pendant 30 minutes ;

Lire la densité optique, de chaque concentration, à 490 nm, après on trace la courbe d'étalonnage, **tableau 24** voir Annexe.

$DO=f(C) \rightarrow DO= \epsilon \times C.$
--

***Expression des résultats :**

A partir des densités optiques de la courbe d'étalonnage, on peut obtenir la teneur en sucres d'échantillon à analyser.

La courbe d'étalonnage $DO = \epsilon \times C \rightarrow DO = 0.01C$

Dont ϵ : la pente. C : la concentration de D+Glucose en $\mu\text{g/ml}$.

La teneur des sucres est exprimée en $\mu\text{g/ml}$ g de α D+Glucose, elle est convertie par rapport à 100 g de matière sèche.

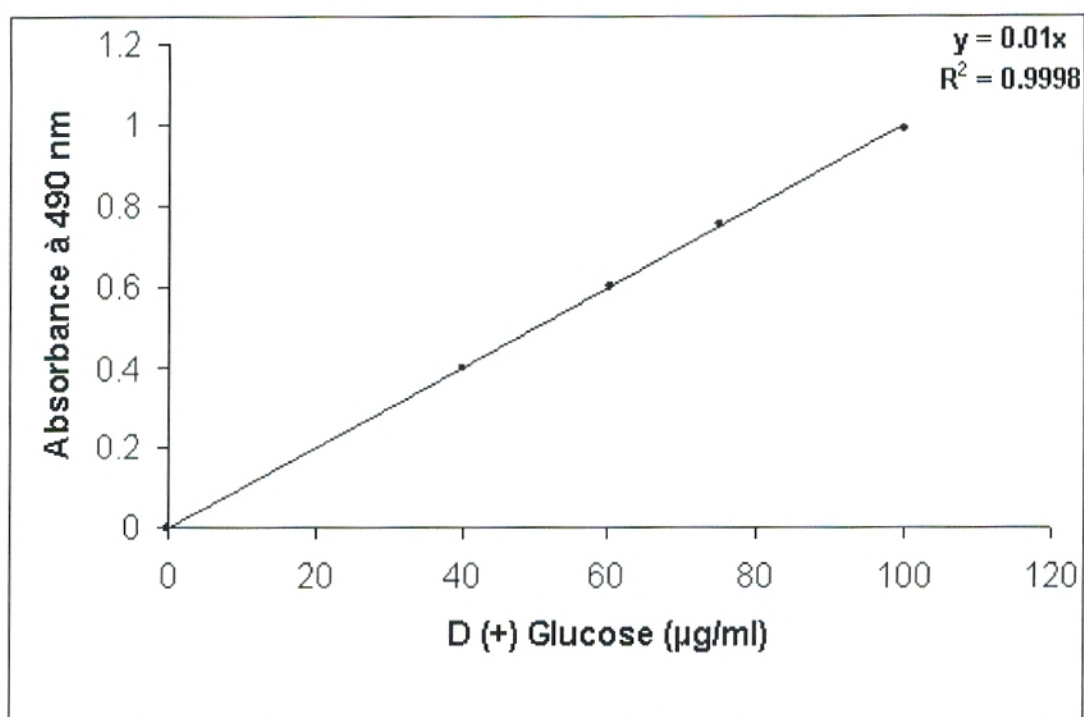


Figure 8 : Courbe d'étalonnage de D+ Glucose $\mu\text{g/ml}$.

f-Dosage des cendres:***Principe:**

Il consiste en une calcination au bec Benzène de l'échantillon jusqu'à apparition d'une fumée noire, puis en son incinération dans un four à moufle, dans des creusets en porcelaine, à une température de 750°C jusqu'à ce que les résidus deviennent blancs après refroidissement [Audigie et al, 1980].

***Mode opératoire :**

- On effectue une pré - incinération des creusets en porcelaine à 300°C pendant 15 minutes ;
- Après refroidissement, on les pèse vide, c'est le poids **P₁**;
- On pèse 1g de l'échantillon dans les creusets, c'est le poids **P₂**;
- On introduit les creusets avec l'échantillon dans le four à moufle à température de 750°C jusqu'à ce que le contenu en substances prises une couleur blanc grisâtre qui blanchisse après refroidissement dans un dessiccateur ;
- Ensuite, on pèse les creusets avec les cendres, c'est le poids **P₃**.

***Expression des résultats:**

Les résultats sont exprimés selon la formule suivante :

$$X\% = [(P_3 - P_1) / (P_2 - P_1)] \times 100$$

Dont:

P₁: poids de creuset vide ;

P₂: poids de creuset + l'échantillon avant incinération ;

P₃: poids de creuset + l'échantillon après incinération ;

100: pour exprimer le pourcentage ;

X% : pourcentage en cendre.

IV – Détermination quantitative des métabolites secondaires:

a- Dosage des polyphénols totaux:

a-1-Dosage des polyphénols totaux au niveau de l'amande dégraissée:

a-1-1-Extraction :

***Principe:**

L'extraction de polyphénols consiste à macérer à froid le tourteau (la poudre dégraissée) de l'échantillon à analyser dans une solution d'acétone aqueuse pendant 24 heures.

L'Acétone aqueuse et le méthanol aqueux, avec des proportions entre 70% et 50% (v/v), sont les solvants les plus utilisés pour l'extraction des polyphénols. L'acétone aqueuse est généralement plus efficace que le méthanol aqueux [Yu et Dahlgren, 2005].

***Mode opératoire:**

Une prise d'essai de 2 g de tourteau est macérée avec 100 ml du mélange acétone /eau (70% v/v) pendant 24 heures.

Après filtration sous vide (en utilisant une fiole+entonnoir fritté+ une trempe à vide) l'extrait est alors lavé avec le n-hexane pour se débarrasser des autres composés à faible poids moléculaire.

Le mélange acétone/ eau, est évaporée (en utilisant le rotavapor) à sec sous pression réduite à 45°C.

Le résidu obtenu est pesé pour calculer le rendement [Yu et Dahlgren, 2005].

a-1-2-Dosage par la méthode de Folin Ciocalteu:

***Principe:**

La réaction est basée sur la réduction de l'acide phosphomolybdique du réactif *Folin-Ciocalteu* (un acide de couleur jaune, constitué de polyhétérocycles acides contenant du molybdène et tungstène) par les polyphénols en milieu alcalin [Catalano et al, 1999].

Elle se traduit par le développement d'une coloration bleu foncée due à la formation d'un complexe molybdène tungstène mesuré au spectrophotomètre.

***Mode opératoire:**

Le dosage des polyphénols est effectué par la méthode de **Singleton (1965)** reporté par **Dogyan et al (2005)**.

Préparation de l'échantillon :

Le résidu obtenu après l'extraction est dissout dans 5 ml d'eau distillée, puis 100µl de cette solution mère est diluée jusqu'à 3 ml. Ensuite ajouter 0.5ml du réactif de *Folin Ciocalteu*. dilue à 10%

-Laisser réagir pendant 3 minutes. Après, ajouter 2 ml de carbonate de sodium à 20%.

-Vortexer le mélange et laisser incuber à l'obscurité pendant 1 heure.

-Lire l'absorbance à 650nm (**Figure 09**).



Figure 9 : L'échantillon préparé.

Préparation de l'étalon :

-Pour chaque série de détermination, une gamme d'étalonnage est nécessaire, une solution mère (SM) de pyrocatechol de concentration 0.015g / l (15mg /l).

-A partir de cette solution mère préparer des dilutions de différentes concentrations

-Prendre 3 ml de chaque concentration (2 essais pour chaque concentration) et ajouter 0.5ml du réactif de *Folin Ciocalteu*

-Laisser réagir pendant 3 minutes.

-Après, ajouter 2 ml de solution aqueuse de carbonate de sodium à 20%.

5mg/l, 7.5mg/l, 10mg/l, 12.5mg/l et 15mg/l.

-Vortexer le mélange et laisser incuber à l'obscurité pendant 1 heure.

-Lire l'absorbance à 650nm, **tableau 25** voir Annexe.

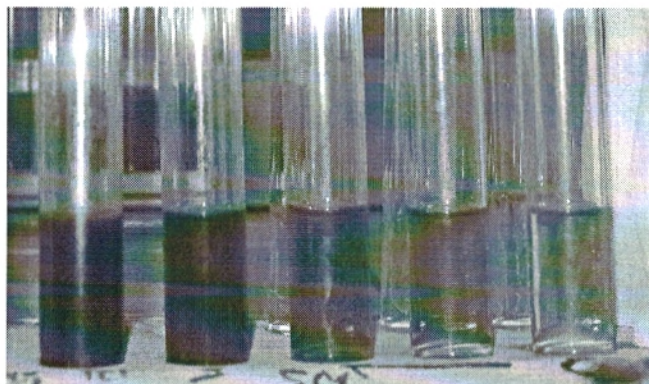


Figure 10 : L'étalon préparé.

***Expression des résultats:**

La teneur en polyphénols totaux est déterminée à partir d'une équation de la régression linéaire déduite de la courbe d'étalonnage et exprimée en milligramme équivalent de pyrrocatechol par 100 gramme de matière sèche.

L'équation est donnée si dessous:

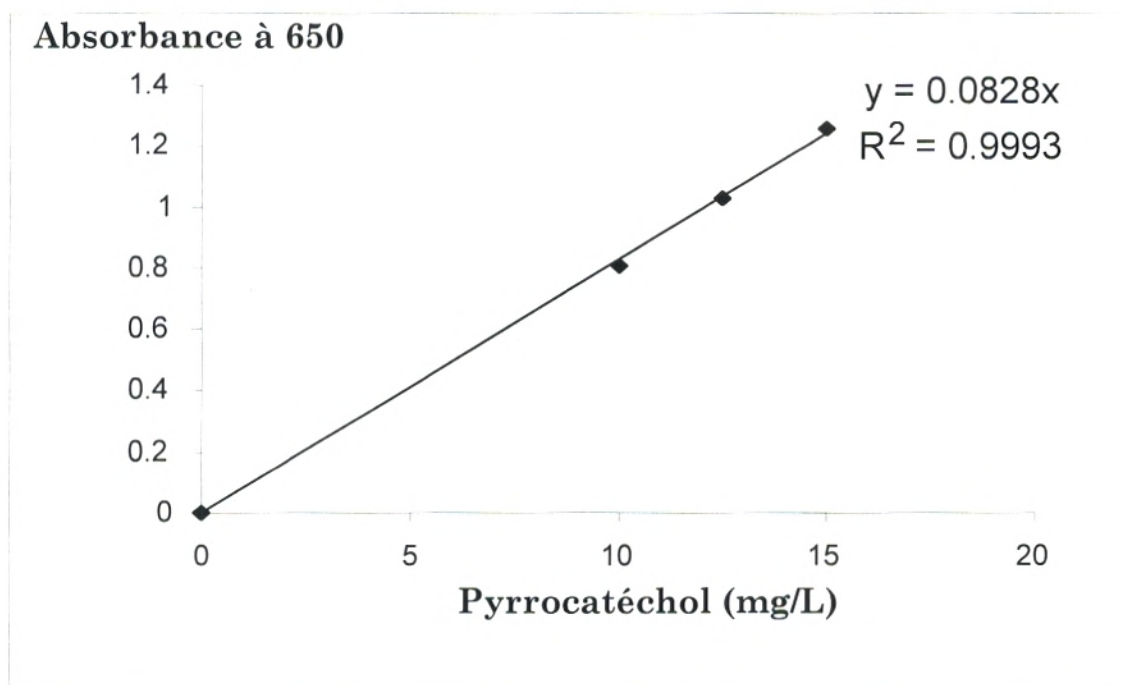


Figure 11: Courbe d'étalonnage standard pour le dosage des polyphénols

On obtient une valeur X mg équivalent de pyrrocatechol / 100g de matière sèche.

a-2-Dosage des polyphénols totaux au niveau de l'huile d'argane :

a-2-1-Extraction :

La méthode appliquée pour extraire les composés phénoliques est celle de l'extraction liquide-liquide selon **Pirisi et al (2000)**.

***Mode opératoire :**

Une quantité de 2 grammes d'huile a été pesée et solubilisée avec 1.0 ml de n-hexane et 2.0 ml

de méthanol / l'eau (v/v, 60/40) dans un tube à centrifuger. L'ensemble est agité à son tour au vortex pendant 2 min.

Le volume total subit une séparation par centrifugation à 3000 tour / min.

Les surnageants (phase n-hexane) vont subir 3 extractions successives à fin d'extraire le maximum, tout en répétant le processus de centrifugation.

Les parties résiduelles récupérées sont lavées par le n-hexane et évaporées à sec sous pression réduite à température de 35°C [**Pirisi et al, 2000**].

a-2-2-Dosage par la méthode de Folin Ciocalteu :

L'extraction des polyphénols totaux à partir de l'huile d'*Argania spinosa* est suivie par un dosage spectrophotométrique en utilisant la méthode précédente (la méthode de *Folin Ciocalteu*).

a-3-Dosage des tanins totaux au niveau de l'amande dégraissée (tourteau) :

a-3-1Extraction des tanins par le polyvinyle polypyrrolidone (PVPP):

***Principe:**

Il consiste à extraire les polyphénols totaux du tourteau par l'acétone / eau et à utiliser une matrice insoluble, le polyvinyle polypyrrolidone (PVPP) substance capable de se complexer avec les tanins (polyphénols de haut poids moléculaire) puis au dosage des polyphénols libres par la méthode de Folin Ciocalteu [**FAO / IAEA, 2000**].

***Mode opératoire:**

Une prise d'essai de 2g de la poudre du tourteau d'*Argania spinosa* est additionnée à 100 ml d'acétone /eau à 70%. Après macération de 24 heures, filtration sous vide et lavage avec le n-hexane le filtrat est évaporé à sec à 45°C.

Le résidu obtenu est solubilisé dans 5ml d'eau distillée (= extrait qui contient les tanins).

Vortexer le mélange (100 mg de PVPP est mis dans un tube à essai. 1 ml d'eau distillée et 1 ml de l'extrait, qui contient supposant les tannins, sont ajoutés) et laisser le à 4°C pendant 15 minutes.

Centrifuger à 3000 tour / 10 minutes.

Collecter le surnageant.

Ce surnageant représente seulement les phénols simples puisque les tanins sont retenus ou précipités par le PVPP. On peut les doser (les phénols simples) par la méthode de *Folin Ciocalteu* [Makkar et al, 1993].

On obtient une valeur Y mg de pyrocatéchol /100g de matière sèche.

a-3-2-Dosage indirect des tanins par la méthode de Folin Ciocalteu :

Puisqu'on a dosé les polyphénols totaux dans le premier extrait poly phénolique brute et dans le deuxième traité par de la PVPP

En conséquence la teneur en tanins total $T=X-Y$ [FAO / IAEA, 2000].

b-Détermination quantitative des saponosides:

Les saponosides sont des hétérosides à génines [partie non glucidique] stéroïdiques ou tritépéniques, la partie sucre est liée à la génine par une liaison de type ester ou éther.

***Principe:**

Les saponosides (surtout les bidesmosides) sont solubles dans l'eau, généralement à ébullition, il sera préférable de recourir à des alcools (méthanol, éthanol) ou à des solutions hydro alcooliques après un dégraissage préalable.

Les solvants polaires entraînent de nombreux composants, il est fréquent que l'on procède, après extraction initiale, à un partage entre l'eau et le n-butanol. Ce dernier solubilise les saponosides après leur précipitation grâce à l'éther diéthylique [Bruneton, 1999].

***Mode opératoire:**

La méthode employée est celle **d'Okwu, 2005**.

Une prise d'essai de 20 g de l'amande dégraissée (en poudre) a été mise dans 100ml d'éthanol aqueux avec une proportion de 20%. L'extraction est réalisée dans un bain marie à 55 °C sous rotation.

Cette étape qui dure 4 heures est répétée une deuxième fois pour le résidu obtenu après filtration, avec 200 ml éthanol/ eau à 20%.

Les filtrats collectés sont concentrés, dans un bain marie à 90° C, jusqu'au volume égal à 40 ml. Ensuite on procède à deux types d'extraction liquide-liquide. La première extraction liquide-liquide se fait, dans une ampoule à décanter de 250 ml, par 20 ml d'éther diéthylique en répétant cette opération trois fois.

Après on élimine la phase étherique et on entame la deuxième extraction par le n-butanol, en ajoutant 40 ml de ce dernier à la phase aqueuse obtenue après extraction par l'éther diéthylique. On refait cette opération trois fois. Les extraits combinés du n-butanol sont lavés deux fois avec 20 ml d'une solution aqueuse à 5% de NaCl ensuite concentrée jusqu'à l'obtention d'un résidu sec dont le poids exprime le rendement en saponoside.

c-Détermination quantitative des alcaloïdes:

Les alcaloïdes sont initialement définis comme des substances azotées, basiques, d'origine naturelle de distribution restreinte, les alcaloïdes ont une structure complexe. Leur atome d'azote est inclus dans un système hétérocyclique et ils possèdent une activité pharmacologique significative.

***Principe:**

L'extraction des alcaloïdes est fondée, en règle générale, sur le fait qu'ils existent habituellement dans la plante à l'état des sels et sur leur basicité, c'est-à-dire sur la solubilité différentielle des bases et des sels dans l'eau d'une part, dans les solvants organiques d'autre part. L'extraction consiste à un épuisement des alcaloïdes par une solution alcoolique acidifiée. Pour purifier on procède à une alcalinisation par une base concentrée (hydroxyde d'ammonium) et une filtration.

Il reste un résidu sec qui représente les alcaloïdes totaux **[Bruneton, 1999]**.

***Mode opératoire:**

Le matériel végétal renferme des quantités appréciables de graisses (c'est particulièrement dans les graines) mais aussi des cires, des terpènes, des pigments et autres substances lipophiles qui peuvent perturber le processus extractif, notamment induisant la formation d'émulsions. [On évitera plus ou moins totalement ces problèmes technologiques en procédant à une délipidation préalable de l'échantillon à analyser.

La méthode utilisée est celle **d' Harborne, 1973.**]

Mettre 5g de la poudre dégraissée de l'échantillon dans un bêcher de 250 ml.

Ensuite, ajouter 200ml d'une solution éthanolique à 10% d'acide acétique.

Le mélange est couvert et laissé se reposer pour une durée de 4 h.

Après filtration et concentration dans un bain marie jusqu'à l'obtention d'un quart du volume initial. L'hydroxyde d'ammonium concentré est additionné, par goutte, jusqu'à l'obtention de précipitation totale.

La solution entière est laissée décantée. Le précipité est récupéré, lavé avec de l'hydroxyde d'ammonium dilué (1%) et puis filtré.

Le résidu obtenu est séché puis pesé, le poids correspond au rendement en alcaloïdes.

V- Evaluation du pouvoir antioxydant de l'amande d'*Argania spinosa* :

***Principe:**

Le DPPH* (2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl) est pratiquement, le radical libre le plus stable.

En solution (le méthanol ou l'éthanol) le DPPH* est caractérisé par une couleur violette dont l'intensité est mesurée à 515 à 517nm.

En présence d'un donneur d'hydrogène, le DPPH* est réduit à la forme non radicalaire de couleur jaune pâle (forme d'hydrazine). Ce passage de la première forme à la deuxième, est accompagné d'une diminution de l'absorbance (DO) qui peut s'exprimer par le pourcentage de réduction de DPPH*.

Conventionnellement une grande capacité de piégeage (réduction) des radicaux libres est considérée comme une grande activité antioxydante [Lee et al, 2004].

I- Pouvoir antioxydant de l'huile vierge d'*Argania spinosa* :

L'évaluation du pouvoir antioxydant de l'huile vierge d'*Argania spinosa* est réalisée selon la méthode de DPPH décrit Lee et al (2006).

***Mode opératoire:**

Préparation des solutions de contrôle:

L'essai à blanc:

Pour calibrer l'appareil (UV-VIS spectrophotomètre):

5ml d'isooctane est additionnée à 56µl d'huile fixe.

Vortexer.

La solution contrôle:

Préparer 5 ml de 0.1mM de DPPH dans l'isooctane (solvant capable de solubiliser le DPPH et l'huile en même temps) dans un tube à essai et additionner 56µl d'isooctane. Ensuite laisser incuber à l'obscurité pendant 30 minutes. Puis lire l'absorbance du mélange à 517nm en utilisant un UV-VIS spectrophotomètre

Préparation de l'échantillon :

Préparer 5 ml de 0.1mM de DPPH dans l'isooctane dans un tube à essai et additionner l'huile fixe fraîche à différents volumes (56µl, 46µl, 36µl, 26µl, 16µl, 6µl) qui sont complétés avec l'isooctane jusqu'à 56µl. Ensuite laisser incuber à l'obscurité pendant 30 minutes. Puis lire l'absorbance du mélange à 517nm en utilisant un UV-VIS spectrophotomètre.

***Expression des résultats:**

Le pourcentage de réduction du DPPH par l'huile est donné par la formule donnée par **Yen et Duh, (1994)**.

$$\% \text{ PR du DPPH} = \left[\text{DO}_{\text{Contrôle (0)}} - \text{DO}_{\text{Echantillon (t)}} / \text{DO}_{\text{Contrôle (0)}} \right] \times 100$$

% PR du DPPH : pourcentage de réduction ou d'inhibition du DPPH.

DO_{Contrôle (0)} : densité optique du contrôle à t = 0 min.

DO_{Echantillon (t)} : densité optique de l'antioxydant à t = 30min.

II-Pouvoir antioxydant de l'extrait brut des composés phénoliques du tourteau d'*Argania spinosa*:

L'activité antioxydante des polyphénols a été mesuré en utilisant le radical libre stable leDPPH* par la méthode de **Sanchez Moreno et al,(2002)**.

*** Mode opératoire:**

Extraction et dosage par *Folin Ciocalteu*

***Principe:**

L'extraction de polyphénols consiste à macérer à froid le tourteau (la poudre dégraissée) de l'échantillon à analyser dans une solution d'acétone aqueuse pendant 24 heures [**Yu et Dahlgren, 2005**].

Afin de déterminer la concentration de l'extrait phénolique un dosage des polyphénols

totaux par *Folin Ciocalteu* est effectué selon la méthode de **Singleton (1965)** reporté par **Dogyan et al (2005)**. Le mode opératoire est cité précédemment.

Préparation des solutions de contrôle:

L'essai à blanc:

Pour calibrer l'appareil (UV-VIS spectrophotomètre):

1.950ml de méthanol est additionnée à 50µl d'extrait sec d'acétone/eau des composés phénoliques solubilisé dans du méthanol ensuite agiter le mélange.

La solution contrôle:

Préparer 1.950 ml de la solution méthanolique du DPPH (0.025 g/l) dans un tube à essai et additionner 50µl de méthanol. Ensuite laisser incuber à l'obscurité pendant 30 minutes. Puis lire l'absorbance du mélange à 515nm en utilisant un UV-VIS spectrophotomètre

Préparation de l'échantillon :

Préparer 1.950ml de la solution méthanolique du DPPH (0.025 g/l) dans un tube à essai et additionner 50µl d'extrait polyphénolique de différentes concentrations. Ensuite laisser incuber à l'obscurité pendant 30 minutes. Puis lire l'absorbance du mélange à 515nm en utilisant un UV-VIS spectrophotomètre.

***Expression des résultats:**

Le pourcentage de réduction du DPPH par l'extrait des composés phénolique selon la formule donnée par **Yen et Duh (1994)** citée précédemment.

A partir de la variation du pourcentage de réduction de DPPH en fonction de la concentration de l'extrait phénolique nous pourrons déterminer graphiquement l'**IC₅₀** qui est définie comme étant la concentration de l'antioxydant (l'extrait ou composé) nécessaire pour réduire ou inhiber 50% du DPPH.

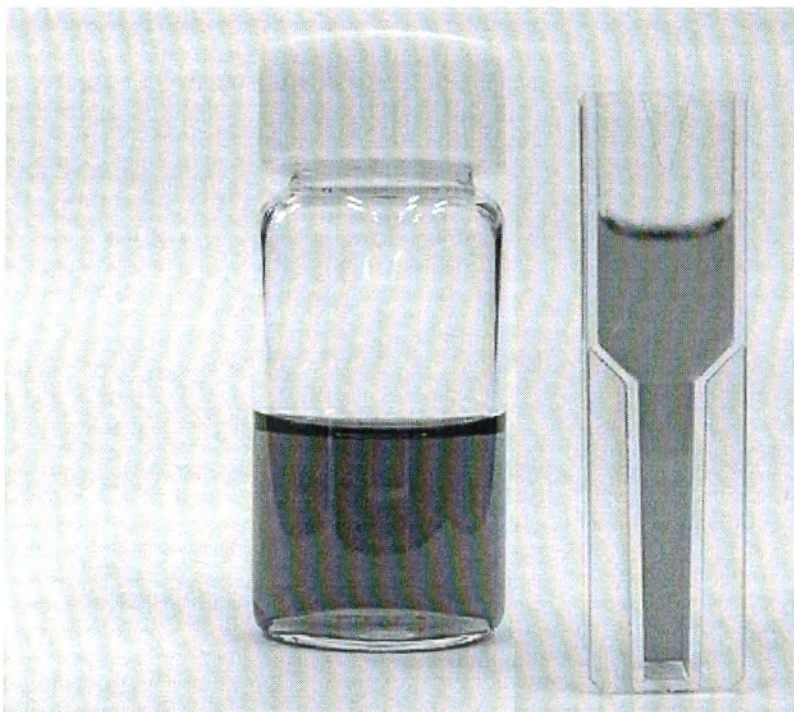


Figure12:
Solution fraîche de DPPH
sans échantillon d'huile.

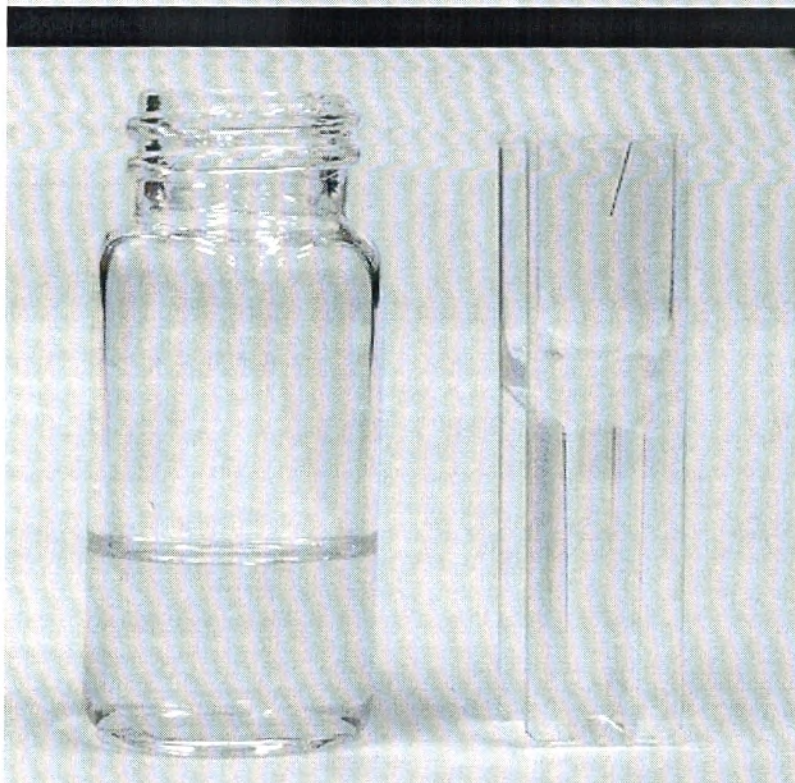


Figure13:
Solution de DPPH mise à
réagir avec l'échantillon
d'huile.

RESULTATS
ET
DISCUSSION

A-Détermination du taux de matière sèche:

L'appréciation de la teneur en matière sèche repose sur la détermination du taux d'humidité contenue dans l'échantillon à analyser.

L'analyse du taux d'humidité au niveau des amandes du fruit d'*Argania spinosa* a montré de très faible proportion estimée à **1.75%**. À partir de cette valeur on a pu déterminer le pourcentage en **matière sèche (MS)** qui s'est révélé important **98.25%**.

L'analyse a été réalisée sur des échantillons qui ont été récoltés en Juin, 2005 (après environ 9 mois), ce qui explique les faibles teneurs en humidité.

B-Tests phytochimiques:

Les tests phytochimiques réalisés sur l'amande du fruit d'*Argania spinosa* ont permis de détecter les différentes familles de composés par des réactions qualitatives de caractérisation

Ces dernières présentent quatre possibilités.

(+): est enregistré si le réactif présente une légère opacité (présence en faible quantité)

(+ +): est enregistré si le réactif produit une turbidité et non une floculation (présence en quantité moyenne).

(+ + +): est enregistré si le réactif produit une floculation ou un précipité lourd (présence en forte quantité).

(-): est enregistré en cas d'absence de turbidité, de floculation et de précipitation (absence).

Les résultats des tests phytochimiques obtenus sur l'amande du fruit d'*Argania spinosa* sont regroupés dans le tableau suivant (3).

Tableau 3: Résultats des tests phytochimiques.

Espèce étudiée	<i>Argania spinosa</i>
Partie étudiée de la plante	L'amande du fruit
Familles chimiques	
Triterpènes et stérols	+++
Saponosides	+++
Tanins	+
Flavonoïdes	+
Coumarines	+
Quinones libres	-
Anthraquinones	-
Alcaloïdes	++
Glycosides cyanogénétiques	-
Sucres réducteurs	+++
Amidon	-

L'analyse a révélé que les sucres réducteurs, les saponosides, les triterpènes et les stérols sont présents en fortes quantités. Les alcaloïdes se trouvent en quantité moyenne.

D'autres classes y sont présentes en faible quantité à savoir les coumarines, les tanins et les flavonoïdes.

Cependant, les quinones libres, les anthraquinones, les glycosides cyanogénétiques et l'amidon sont des classes de familles absentes dans l'amande du fruit d'*Argania spinosa*.

Des travaux effectués par **Charrouf, (1991a)** sur l'amande dégraissée (tourteau) du fruit d'*Argania spinosa* ont montré également la présence des saponosides avec des teneurs considérables.

Selon **Chahboun, (1993)** l'analyse de la partie insaponifiable de l'extrait lipidique des feuilles d'*Argania spinosa*, a montré la présence des stérols et des triterpènes.

D'après **Fellat-Zarrouk, (1987)** l'étude phytochimique de la d'arganier a révélé la présence considérable des sucres réduc

C-Métabolites primaires:

I-Détermination de la teneur en matière grasse (totaux):

L'huile extraite à partir des amandes d'*Argania spinosa* est de couleur jaune, d'une odeur et d'une saveur faiblement prononcée. La récolte des fruits se fait vers mars –avril et elle doit se faire quand ils sont vraiment murs car à ce moment les amandes sont les plus riches en huile et le rendement de ce fait sera meilleur [**Jaccuard, 1926**].

Mountasser et Elhadek, 1999 ont montré que le traitement thermique (la torréfaction) a un effet sur la qualité organoleptique à savoir le goût, l'odeur et la saveur de l'huile extraite.

Nos résultats révèlent que le rendement en huile est de l'ordre de **33.98 %** ce qui est comparable avec les valeurs obtenues par **Mountasser et Elhadek, 1999** estimées à **34.9%**.

Par ailleurs **Charrouf et al, 1984** ont trouvé un taux égal à **50%**.

Les variations des teneurs en huile peuvent être dues aux divers paramètres en particulier la granulométrie des amandes. En effet, il a été vérifié que le pourcentage en huile extraite est sous l'influence de la taille des particules de la poudre des amandes soumises à l'extraction, ainsi que le broyage a pour objet de réduire la dimension des amandes et de ce fait augmenter

La surface du contact avec le solvant d'extraction [**Buron, 1976**]; [**Mountasser et Elhadek, 1999**].

Il s'est avéré que l'extraction de l'huile par les solvants organiques est la méthode la plus fiable du point de vue économique [**Jimenez et al, 1977**].

Le séchage préalable des graines est un facteur important pour l'accélération de l'extraction car il a comme avantage d'éliminer les quantités d'eau stockées dans l'amande et par conséquent il facilite l'extraction.

En plus de ces paramètres il ne faut pas oublier la provenance géographique des échantillons notamment le facteur climatique, la date de récolte des graines, la durée et les conditions de conservation, ainsi que l'existence des variétés au niveau de

l'espèce elle-même (*Argania sidéroxyton Rom et Schl*, *Argania Sidéroxyton spinosum*) [Bezzala, 2005].

a-Détermination des indices physicochimiques:

L'intérêt principal de ces analyses réside dans l'identification des huiles à travers leurs propriétés physico chimiques.

a-1-Les indices physiques:

a-1-1-L' indice de densité:

L'indice de densité est considéré comme un critère physique qui permet le contrôle de la pureté de l'huile extraite.

Les résultats montrent des valeurs estimées à **0.907**. Ces dernières se rapprochent avec celles trouvées par [Charrouf, 1984] ; [Charrouf, 2002] qui sont égales à **0.906**.

Nous avons remarqué que nos résultats se concordent avec ceux de la norme marocaine **NM.080.5.090** (élaborée en 2003 pour définir les spécifications de l'huile d'argan vierge) qui a fixé un intervalle allant de **0.906-0.919** [SNIMA, 2003].

Le tableau 4 donne les valeurs de l'indice de densité à 20°C de quelques huiles végétales comestibles

Tableau 4: Indices de densité de quelques huiles végétales comestibles.

Les huiles végétales comestibles	L'indice de densité à 20°C	Références
L'huile de gland de chêne vert	0.924-0.928	[Belarbi, 2003]
L'huile d'olive	0.910 - 0.916	[Ollë, 2002]
L'huile de colza	0.914 - 0.917	
L'huile d'amande	0.911 - 0.917	
L'huile d'arachide	0.914 - 0.916	
L'huile de maïs	0.919 - 0.923	
L'huile de noix	0.924 - 0.926	
L'huile de tournesol	0.920 - 0.925	
L'huile de soja	0.921 - 0.924	

Nous avons constaté que l'huile d'argan se rapproche par son indice de densité avec l'huile d'olive et l'huile d'amande.

a-1-2-L' indice de réfraction N^{20}_D :

Les résultats de la détermination de l'indice de réfraction de l'huile d'*Argania spinosa* sont illustrés dans le tableau 5.

Tableau 5: Les valeurs de l'indice de réfraction de l'huile d'*Argania spinosa*.

	Indice de réfraction N^{20}_D	Références
L'Huile d' <i>Argania spinosa</i>	1.4685	Etudiée (Tindouf)
	1.4685	Charrouf, 1984
	1.469	Charrouf, 2002
	1.463 - 1.472	NM.080.5.090 [SNIMA, 2003]

L'analyse de l'huile d'argan a donné des valeurs de l'ordre de 1.4685. Ces dernières sont similaires avec celles obtenues par **Charrouf, 1984; Charrouf, 2002.**

On peut déduire que notre huile est pure puisque son indice de réfraction appartient à l'intervalle fixé par la norme marocaine **NM.080.5.090 [SNIMA, 2003].**

L'indice de réfraction qui est également un critère important de pureté de l'huile est proportionnel au poids moléculaire des acides gras. Il varie de façon intéressante selon le degré d'insaturation des lipides et peut nous donner une idée sur la prédominance d'un tel acide gras insaturé dans l'huile **[Ollé, 2002].**

Les tableaux ci-dessous (6 et 7) donnent respectivement les valeurs des indices de réfraction des huiles en fonction du type d'acide gras insaturé prédominant, ainsi que les indices de quelques huiles végétales.

Tableau 6: Les indices de réfraction des huiles en fonction du type d'acide gras insaturé prédominant.

Les huiles riches en	Indice de réfraction N ²⁰ _D	Références
Acide oléique	1.468 -1.472	[Ollë, 2002]
Acide linoléique	1.471 - 1.477	
Acide linolénique	1.480 - 1.523	

Tableau 7: Les indices de réfraction de quelques huiles végétales.

Les huiles végétales	Indice de réfraction N ²⁰ _D	Références
L'Huile d'argan	1.4685	[Etudiée]
L'huile de gland de chêne vert	1.466-1.468	[Belarbi, 2003]
L'huile d'olive	1.4677-1.4705	[CA, 1983]
L'huile d'arachide raffinée	1.468-1.472	[INCI, 2002]
L'huile de tournesol	1.474-1.476	[CCE, 1985]
L'huile de pépin de raisins	1.476	[Morand et Silvestre, 1960]

Selon l'indice de réfraction on peut déduire que l'huile d'argan est de type oléique et elle se rapproche de l'huile de gland de chêne vert, de l'huile d'olive et de l'huile d'arachide.

a-2- Les indices chimiques:

a-2-1- L'indice d'acide:

Les corps gras sont des composés altérables, la présence d'eau peut entraîner des phénomènes d'hydrolyse [Ollë, 2002].

La connaissance d'indice d'acide d'un corps gras est considérée comme un bon moyen pour déterminer son degré d'altération. Il s'agit d'un critère chimique de fraîcheur et de pureté de l'huile. La détermination de l'indice d'acide de l'huile d'*Argania spinosa* a donné des valeurs estimées à 1.12.

Elles sont voisines des résultats obtenus par **Charrouf et Guillaume, 1999** et **Charrouf, 2002** qui sont respectivement égaux à **1.0** et **1.3**.

Nous constatons que nos valeurs sont conformes aux normes **NM 080. 5. 090** qui a donné une limite supérieure égale à **1.6** [**SNIMA, 2003**].

a-2-2- L'indice de saponification:

L'indice de saponification renseigne de la longueur de la chaîne carbonée des acides gras qui constituent les triglycérides (fraction majoritaire d'un corps gras).

La détermination de l'indice de saponification de l'huile d'argan a donné des valeurs égales à **193.57**. Ces dernières sont légèrement inférieures à celles évaluées par **Charrouf, 2002** qui sont égales à **195.2**.

Nos résultats sont conformes aux normes **NM 080.5.090** situés dans un intervalle allant de **189.0 – 199.1** [**SNIMA, 2003**].

L'indice de saponification est d'autant plus élevé que la chaîne des acides gras est courte. Le tableau suivant (8) regroupe les valeurs des indices de saponification des principaux corps gras.

Tableau 8: Les indices de saponification des principaux corps gras.

Corps gras	Indice de saponification Is	Corps gras	Indice de saponification Is	Références
Graisse de coprah	255 - 260	L'huile de soja	188 - 195	[ISO NF 3657, 2003]
Graisse de Palme	195 - 205	L'huile de colza	170 - 182	
L'huile d'arachide	189 - 196	Saindoux	192 - 197	
L'huile d'Olive	185 - 196	Beurre	215 - 265	
L'huile de tournesol	188 - 193	L'huile de Sardine	185 - 195	

Il ressort de l'analyse physicochimique de l'huile vierge d'*Argania spinosa* que c'est une huile pure fraîche non siccative riches en acides gras insaturés de

chaîne moyenne C₁₈ notamment l'acide oléique, ainsi qu'elle ressemble aux huiles d'olive et d'arachide.

b- Détermination de la teneur en acide gras par CPG:

A l'instar de la plupart des huiles végétales, l'huile d'argan vierge renferme essentiellement des triglycérides qui sont des esters de glycérol et d'acide gras [Mountasser et Elhaddek, 1999].

La composition centésimale des esters méthyliques des acides gras analysés par CPG est représentée dans le tableau suivant (9):

Tableau 9: Composition centésimale des esters méthyliques des acides gras analysés par CPG.

Les acides gras	% en acides gras Total		
	<i>A. spinosa</i> [Etudiée]	<i>A. spinosa</i> [Charrouf, 1984]	<i>A. spinosa</i> [Yaghmur et al, 2000]
Acide palmitique C _{16:0}	22.5	13.9	15.6
Acide margarinique C _{17:0}	0.2	0.1	-
Acide stéarique C _{18:0}	6.0	5.6	3.2
Acide palmitoléique C _{16:1}	0.2	0.2	0.0
Acide oléique C _{18:1}	52.6	46.9	55.4
Acide linoléique C _{18:2}	18.1	31.6	24.4
Acide linoléique C _{18:3}	0.2	0.1	0.5
Acide arachidique C _{20:0}	-	0.4	0.3
Acide gondoïque C _{20:1}	-	-	0.4
Acide érucique C _{22:1}	-	-	-

L'étude de la composition de l'huile d'argan en acides gras montre que ceux-ci sont à plus de 70 % de type oléique linoléique avec des taux respectives de 52.6 %, 18.1%. On note la présence de faible teneur en acide linoléique ($C_{18:3}$) qui est égale 0.2%.

Concernant les acides gras saturés l'analyse révèle la prédominance de l'acide palmitique et stéarique, ces résultats sont confirmés par les travaux de [Charrouf et Guillaume, 1999] ; [Khallouki, 2003] ; [Khallouki et al, 2003].

Sur le plan physicochimique : on constate que l'huile d'argan est constituée essentiellement par des acides gras de chaîne moyenne C_{16} et C_{18} ce qui confère à l'huile une viscosité et une bonne fluidité [Flanzy, 1978].

En plus l'acide linoléique est représenté dans l'huile analysée avec des teneurs dépassant les 2 % ce qui permet de la classer parmi les huiles végétales d'assaisonnement non siccatives [Bruneton, 1987].

L'absence de l'acide érucique $C_{22:1}$ fait de l'huile d'argan une huile comestible non toxique.

Par ailleurs les variations observées dans la composition en acides gras de l'huile d'argan peuvent être attribuées à différents facteurs et notamment la provenance géographique des échantillons [Maurin et al, 1992].

En effet Fellat -Zerrouk, 1987 ; Maurin et al 1989 ont noté que le taux de l'acide palmitique augmente quand on passe de la plaine vers les hauts plateaux, que le taux d'acide oléique enregistre une augmentation avec la pluviosité et que celui d'acide linoléique s'accroît avec l'altitude.

La détermination des acides gras de l'huile d'argan nous permet de la classer et la comparer avec une large gamme d'huiles végétales comestibles.

Le tableau ci-dessous (10) donne la composition moyenne en acides gras des principales huiles végétales comestibles.

Tableau 10: La composition moyenne en acides gras des principales huiles végétales comestibles.

Huiles Végétales Acides Gras %	Argan	Gland de chêne vert	olive	arachide	tournesol	colza	palme	noix	soja
Acide palmitique	22.5	16.52	13.5	10	8	3	45	7.5	11
Acide stéarique	6.0	4.37	5.5	3	5	-	4	4.5	3
Acide oléique	52.6	60.74	65	60	20	15	40	-	25
Acide linoléique	18.1	17.85	14.1	22	65	15	10	17.5	55
Acide linoléinique	0.2	traces	-	3	1	9	-	56	7.5
Références	Etudiée	Belarbi, 2003	[Linden et Lorient, 2001]						

Par comparaison de nos résultats avec les autres huiles végétales on peut dire que l'huile d'argan analysée ressemble à l'huile de gland de chêne vert et à l'huile d'arachide.

Sur le plan nutritionnel et diététique: On remarque que l'huile d'argan est essentiellement composée d'acides gras insaturés d'isométrie géométrique Cis et par conséquent ne présentent aucun problème de digestion ou d'assimilation par l'organisme humain **[Rahmani, 2005]**.

De plus la richesse de la composition de l'huile d'argan en acide oléique et

en acide linoléique confère à l'huile des valeurs nutritionnelles et diététiques [Maurin et al 1989]. Au moment où l'acide oléique se caractérise par une efficacité sur l'induction d'une augmentation significative du taux sérique en HDL cholestérol, l'acide linoléique présente l'avantage de pouvoir se métaboliser en éicosanoïdes (acide gras de la série oméga 6) [Radi, 2003].

L'acide linoléique joue également un rôle dans la perméabilité cellulaire et sa carence entraîne, entre autres, un vieillissement cutané qui se traduit par un dessèchement et une perte d'élasticité de la peau, avec l'apparition des rides [Rahmani, 2005].

Toutefois, il est à noter que l'huile d'argan n'est pas une bonne source d'acides oméga3, dont le rôle protecteur contre l'athérosclérose est bien établi.

L'huile d'argan ne contient d'acide gras oméga3 que sous la seule forme d'acide α linoléique ($C_{18:3 n-3}$), présent à une teneur négligeable (= 0.2%).

Les autres acides gras de cette série (oméga3) EPA $C_{20:5 n-3}$ et DHA $C_{22:6 n-3}$, que l'on trouve presque exclusivement dans les huiles de poissons sont totalement absents dans l'huile d'argan.

Pour une alimentation équilibrée, le rapport oméga6/ oméga3 doit être voisin de 4 et en tout cas être inférieur à 10. Ainsi une alimentation à base d'huile d'argan devrait être complémentaire par un apport d'acides gras oméga 3 sous forme soit d'huiles végétales apportant l'acide α linoléique (l'huile de noix ou de colza) soit d'huiles de poissons riches en EPA et en DHA [Rahmani, 2005].

c-Dosage de la vitamine E (α tocophérol):

Les huiles végétales sont les principales sources de la vitamine E [Rader et al, 1997].

Cette dernière est la plus importante des antioxydants naturels, elle assure non seulement une bonne conservation de l'huile en s'opposant aux phénomènes oxydatifs notamment l'oxydation des acides gras éminemment oxydables, mais présente un avantage pharmacologique évident en piégeant les radicaux libres oxygénés produits au cours des réactions physiologiques d'oxydoréduction [Radi, 2003] ; [Bruneton, 1999].

Les résultats du dosage de la vitamine E, notamment l'isomère α (alpha) tocophérol dans l'huile d'*Argania spinosa* sont regroupés dans le tableau 11.

Tableau 11: Les résultats du dosage de la vitamine E dans l'huile d'*Argania spinosa*.

α tocophérol mg/kg d'huile d'<i>Argania spinosa</i>	Références
20	Etudiée
35	Khallouki et al, 2003
44	Radi, 2003
14.4 à 38.4	SNIMA, 2003 (NM 08. 5. 090)

La détermination de la teneur en vitamine E dans l'huile d'*Argania spinosa* sous la forme α tocophérol a donné des concentrations estimées à 20 mg/ kg d'huile.

Nos résultats sont confirmés par la norme **NM 08. 5. 090** qui a fixé un intervalle de 14.4 à 38.4 mg/ kg [Snima, 2003].

Selon **Khallouki et al, 2003** et **Radi, 2003** le dosage de la α tocophérol a donné des teneurs qui sont respectivement 35 et 44 mg/ kg d'huile. Ces derniers sont relativement élevés par rapport à nos résultats. La faible teneur en α tocophérol peut être due à la nature de l'huile.

En comparant la teneur en vitamine E (α tocophérol) au niveau de l'huile d'arganier avec d'autres huiles végétales comestibles en constate qu'elle est faiblement présentée par rapport à l'huile d'olive et de tournesol (tableau 12) . Cela peut être expliqué par le fait le γ (gamma) tocophérol représente l'isomère majoritaire de l'ensemble des tocophérols chez l'huile d'argan [**Khallouki et al, 2003**].

Tableau 12 : Tableau comparatif des teneurs en vitamine E de quelques huiles végétales comestibles.

L'huile	Teneurs en vitamine E (α tocophérol) mg/kg d'huile	Références
L'huile d' <i>Argania spinosa</i>	20	Etudiée
L'huile d'olive	190	Khallouki et al, 2003
L'huile de tournesol	532	
L'huile de pépin de raisin	2 g/ kg ($\alpha + \delta$ tocophérol)	Cappella et al, 1979

L'analyse chromatographique de la composition de l'huile d'argan en acide gras vient de confirmer les résultats de l'étude physicochimique, l'huile d'argan est une huile de type oléique linoléique qui renferme les acides gras de chaînes moyennes. Elle est destinée à l'assaisonnement et classée parmi les huiles végétales comestibles non siccatives.

Elle ressemble beaucoup à l'huile de gland de chêne vert, à l'huile d'arachide et à l'huile d'olive.

Sa faible teneur en acides gras oméga 3 fait qu'elle doit être complétée par les huiles végétales qui le sont riches ou par les huiles de poissons qui sont une bonne source des oméga3.

Ainsi on constate que la teneur en vitamine E (α tocophérol) au niveau de l'huile d'arganier est faiblement présentée par rapport à l'huile d'olive et de tournesol. Cela peut être expliqué par le fait le γ (gamma) tocophérol représente l'isomère majoritaire de l'ensemble des tocophérols chez l'huile d'argan.

II-Détermination de la teneur en protéines brutes:

Les protéines de réserve des graines végétales représentent par leur diversité, leur différence au niveau des propriétés physicochimiques et de la composition en acides aminés, un potentiel intéressant à valoriser [Linden et Lorient, 1994].

La détermination de la teneur en protéines brutes est l'un des critères utilisés pour valoriser la qualité nutritionnelle d'un aliment.

L'évaluation du taux des protéines brutes du tourteau des amandes du fruit d'*Argania spinosa* a révélé des teneurs considérables estimées à **33.63%**.

Cette valeur est nettement élevée par rapport à celle estimée par **Coton, 1888 ; Battino, 1929 (24.6%)**.

La teneur en protéine dépend sans aucun doute, des conditions pédoclimatiques ainsi de stade de développement de la plante [Nagy et al, 1978].

Vu la teneur considérable en protéines des graines d'*Argania spinosa* nous l'avons comparé avec quelques graines végétales connues par leur richesse en protéines (tableau 13).

Tableau 13 : Teneur en protéines brutes en pourcentage par rapport à la matière sèche (MS) de quelques graines végétales.

Graines végétales	Protéine brute en % de MS	Références
Graines de soja (<i>Glycine max</i>)	37	[INRA, 1989]
L'amande d'arachide	25 à 30	[Linden et Lorient, 1994]
L'amande de tournesol	20 à 38	
L'amande dégraissée (le tourteau) d'arganier (<i>Argania spinosa</i>)	33.63	Etudiée

Nous avons constaté que *Argania spinosa* se rapproche par sa teneur en protéine brute à celle du tournesol.

La valeur nutritionnelle d'un aliment dépend non seulement de la quantité des protéines mais aussi de la proportion des différents acides aminés qui les constituent.

a-Composition en acides aminés totaux de l'amande dégraissée (tourteau) d'*Argania spinosa* :

La composition en acides aminés est déterminée en vue d'établir la valeur biologique des protéines étudiées (= e)

Cette composition sera traduite par rapport à celle de la protéine de référence : l'oeuf (r).

La formule suivante permet d'évaluer, en pourcentage relatif, les teneurs en acides aminés (AA) correspondant à celles des acides aminés de l'oeuf.

Ces conversions établies pour n AA essentiels, l'indice d'Oser (1951) correspond à:

$$\text{Indice EAA} = (\text{Ile}_e / \text{Ile}_r \times \text{Leu}_e / \text{Leu}_r \times \dots \times \text{Val}_e / \text{Val}_r)^{1/n} \times 100$$

EAA: Essential Amino acid.

Ile: Isoleucine.

Leu: Leucine.

Val: Valine.

Les résultats de l'analyse de la composition centésimale par rapport à la matière sèche en acides aminés totaux du tourteau des amandes d'*Argania spinosa* sont donnés par le tableau 14.

Tableau 14 : Composition centésimale par rapport à la matière sèche en acides aminés totaux du tourteau des amandes d'*Argania spinosa*.

Les acides aminés AA		% en MS (matière sèche)		% en protéines	
			mg/g		mg/g
Glycine	Gly	1.46	14.6	4.34	43.4
Alanine	Ala	1.75	17.5	5.2	52
Leucine	Leu	2.40	24.0	7.14	71.4
Isoleucine	Ile	1.03	10.3	3.06	30.6
Valine	Val	1.83	18.3	5.44	54.4
Proline	Pro	5.6	56	16.65	166.5
Acide aspartique	Asp	3.15	31.5	9.37	93.7
Acide glutamique	Glu	4.75	47.5	13.59	135.9
Cystine	Cys- Cys	0.06	0.6	0.18	1.8
Méthionine	Met	Traces	-	Traces	-
Lysine	Lys	1.50	15	4.46	44.6
Histidine	His	1.17	11.7	3.48	34.8
Arginine	Arg	4.19	41.9	12.46	124.6
Serine	Ser	1.53	15.3	4.55	45.5
Thréonine	Thr	1.17	11.7	3.48	34.8
Phénylalanine	Phe	1.17	11.7	3.48	34.8
Totaux AA		32.58	325.8	96.88	968.8

16 acides aminés ont été quantifiés par rapport à la matière sèche (MS) et par rapport à la protéine.

Les résultats représentés dans le tableau 16 montrent que la proline (un iminoacide) est l'acide le plus important dans le tourteau des amandes du fruit

d'arganier puisqu'il est présent avec 56mg/g de matière sèche et représente 17.2% du total des acides aminés.

Cet acide a un rôle important dans la synthèse des protéines et dans la régénération des tissus

[Hodisan et al, 1998].

D'après **[Lewin et al, 1978]** ; **[Dib et al, 1992]** la proline semble jouer un rôle important dans la réponse des plantes à la sécheresse, son accumulation rapide lors du stress hydrique a été mise en évidence chez de nombreuses espèces particulièrement l'arganier, l'orge et le blé **[Bezzala, 2005]**; **[Bammoun, 1997]**.

Cet iminoacide peut intervenir en régulant par l'augmentation de sa concentration, la pression osmotique interne. En effet, l'ajustement osmotique permet une protection des membranes et des systèmes enzymatiques **[Bammoun, 1997]**.

Par ailleurs, les acides aminés dicarboxyliques (l'Acide aspartique et l'acide Glutamique), l'arginine (acide aminé basique) et la leucine viennent en second par importance avec des teneurs estimées respectivement à 45.7mg/g, 31.5mg/g, 41.9mg/g et 24mg/g de matière sèche.

La composition en histidine, thréonine et phénylalanine révèle des taux identiques (11.7mg/g de matière sèche).

Les proportions des autres acides aminés (la sérine, la lysine, la glycine, l'alanine et la valine) sont relativement similaires.

Les acides aminés soufrés sont les moins abondants dans le tourteau des amandes d'*Argania spinosa* avec des teneurs infiniment faibles en cystine (0.6mg/g de matière sèche).

La méthionine existe sous forme de traces.

Le tableau 15 donne la composition en acides aminés totaux par rapport à 100g de protéine d'*Argania spinosa* comparés avec celle du soja (*Glycine max*) et d'une essence saharienne (Salisb= El-Kasdir) (*Pseudocytisus intergrifolius*).

Tableau 15: Composition en acides aminés totaux par rapport à 100g de protéine d'*Argania spinosa* comparée avec celle du soja (*Glycine max*) et d'une essence saharienne (Salisb= El-Kasdir) (*Pseudocytisus intergrifolius*).

Les espèces des plantes	<i>Argania spinosa</i>	<i>Pseudocytisus intergrifolius</i>	<i>Glycine max</i>
Partie étudiée	L'amande	Matière foliaire	graines
Les acides aminés			
Glycine	4.34	6.41	4.76
Alanine	5.2	5.82	5.69
Leucine	7.14	5.86	8.53
Isoleucine	3.06	3.13	5.15
Valine	5.44	5.17	5.77
Proline	16.65	5.37	5.27
Acide aspartique	9.37	7.16	13.38
Acide glutamique	13.59	11.03	19.19
Cystine	0.18	0.15	-
Méthionine	Traces	0.70	0.86
Lysine	4.46	4.22	6.89
Histidine	3.48	1.49	2.70
Arginine	12.46	2.93	3.74
Serine	4.55	3.93	5.50
Thréonine	3.48	3.58	4.29
Phénylalanine	3.48	3.53	4.88
Totaux	96.88	70.48	96.6
Références	Etudiée	Bendimerad, (2006)	Babinec, (2001)

RESULTATS ET DISCUSSION

Nous avons constaté que la composition en alanine et valine est comparable dans les trois plantes. Cependant la proline, l'arginine et l'histidine sont plus importants dans l'arganier (*Argania spinosa*) que dans le soja (*Glycine max*) et *Pseudocytisus intergrifolius*. Par ailleurs, le pourcentage en isoleucine, lysine, thréonine et phénylalanine dans *Argania spinosa* se rapproche à celui dans *Pseudocytisus intergrifolius*. Les acides aminés soufrés sont les moins abondants dans les trois plantes.

b-Estimation de la valeur biologique:

Après l'étude qualitative des acides aminés d'*Argania spinosa* nous allons en estimer l'indice chimique EAA.

Le tableau 18 donne le pourcentage relatif des acides aminés essentiels par rapport à la protéine de référence le blanc d'œuf.

L'indice EAA ne tient pas compte du tryptophane et de la méthionine.

Tableau 16: Pourcentage relatif des acides aminés essentiels par rapport à la protéine de référence le blanc d'œuf.

Les acides aminés Essentiels (AAE)	Blanc d'œuf % AA	<i>Argania spinosa</i>	
		% AA	% Relatif
Thréonine	4.1	3.48	84.88
Cystine	5.6	0.18	3.21
Valine	7.3	5.44	74.52
Leucine	9.2	7.14	77.61
Isoleucine	8.0	3.06	38.25
Phénylalanine	6.3	3.48	55.24
Lysine	7.2	4.46	62.04
Totaux	47.7	27.24	395.75
Facteur limitant		Méthionine et cystine	
Indice EAA		41.35	

RESULTATS ET DISCUSSION

En effet, les résultats obtenus (tableau 18) montrent que le tourteau d'amande d'*Argania spinosa* est moyennement riche en acides aminés essentiels ce qui est traduit par une valeur biologique estimée à 41.35%.

Les acides aminés soufrés limitent fortement, par leur faible teneur, la qualité de la protéine. Ce rôle de facteur limitant qui gêne la bonne utilisation de la protéine est vérifié dans plusieurs espèces [Belarbi, 2003] ; [Benmannsour et taleb Bendiab, 1998].

La valeur biologique des protéines du tourteau d'amande d'*Argania spinosa* est comparée à celles de quelques plantes : le gland de chêne vert (*Quercus ilex*) et d'une crucifère *Pseudocytisus intergrifolius* Tableau19.

Tableau 17 : Valeur biologique des protéines du tourteau d'*Argania spinosa* comparée à celles de gland de chêne vert (*Quercus ilex*) et de *Pseudocytisus intergrifolius*.

Acides aminés Essentiels AAE	Oeuf % AAE	Etudiée		Bendimerad, (2006)		Belarbi, (2003)	
		<i>Argania spinosa</i>		<i>Pseudocytisus intergrifolius</i>		<i>Quercus ilex</i>	
		% AAE	% relatif	% AAE	% relatif	% AAE	% relatif
Thréonine	4.1	3.48	84.88	3.58	73	2.22	54.14
Cystine	5.6	0.18	3.21	-	-	-	-
Méthionine	4.1	traces	-	0.7	17	1.11	27.07
Valine	7.3	5.44	74.52	5.17	71	2.85	39.04
Leucine	9.2	7.14	77.61	5.86	64	2.14	23.26
Isoleucine	8.0	3.06	38.25	3.13	39	2.54	31.75
Phénylalanine	6.3	3.48	55.24	3.53	56	2.85	45.23
Lysine	7.2	4.46	62.04	4.22	58	2,54	35,27
Tryptophane	1.5	-	-	-	-	1.3	86.66
Totaux	47.7	27.24	395.75	25.64	363.68		220.49
Facteur limitant		Méthionine et cystéine		Méthionine		Méthionine	341,42
% Indice EAA		41.35%		49.36		40.7	

Nous avons constaté que la valeur biologique d'*Argania spinosa* se rapproche avec celle de *Quercus ilex* et de *Pseudocytisus intergrifolius* [Belarbi, 2003] ;[Bendimerad, 2006].

Bien que les protéines de l'amande dégraissée (tourteau) d'*Argania spinosa* sont de qualité moyenne, elle reste néanmoins intéressante.

L'analyse de la composition du tourteau d'amande d'*Argania spinosa* en acides aminés totaux a révélé sa richesse en proline (administrée en cas de stress, jouant un rôle important dans la synthèse des protéines) et en acides aminés basiques notamment l'arginine et l'histidine (constituant indispensable des acides nucléiques). Egalement on note la richesse du tourteau en acides dicarboxyliques.

Cependant, l'amande dégraissée d'*Argania spinosa* n'est pas une bonne source d'acides aminés essentiels soufrés. Une consommation conjointe des amandes d'arganier et de céréales (riches en acides aminés soufrés) permet d'équilibrer l'apport en acides aminés.

III-Dosage des sucres totaux:

Les résultats du dosage des sucres totaux au niveau de l'amande, de l'amande dégraissée (tourteau) et de la pulpe du fruit d'arganier sont représentés dans le tableau suivant (18).

Tableau 18 : Résultats du dosage des sucres totaux au niveau de l'amande, de l'amande dégraissée (tourteau) et de la pulpe d'*Argania spinosa*.

Partie du fruit d'arganier	Teneur en sucres totaux % de MS	Références
L'amande	23.31	Etudiée
L'amande dégraissée (tourteau)	26.6	[Battino, 1929]
La pulpe	25-28	[Sandret, 1957]

Le dosage des sucres totaux montre que l'amande d'*Argania spinosa* renferme un taux moyen de 23.31% en MS.

Nous avons remarqué que cette teneur est légèrement inférieure à celle déterminée dans le tourteau (l'amande dégraissée) par **Battino, 1929** (26.6% en MS).

Selon **Sandret, 1957** la recherche des sucres totaux au niveau de la pulpe a révélé un pourcentage allant de 25 à 28% qui est relativement élevé par rapport à nos résultats.

Ce la peut être expliqué par le fait que la proportion inégale en sucres totaux dans les différentes parties du fruit d'arganier, dépend du type ainsi que de l'activité biologique de chaque partie.

IV-Détermination de la teneur des fibres alimentaires:

La recherche du pourcentage en cellulose brute dans le tourteau des amandes d'arganier a été suivi par la valorisation de la qualité nutritionnelle de la cellulose à travers sa teneur en fibres alimentaires, qui sont des polymères glucidiques (faisant partie de la cellulose brute) d'origine végétales, associé ou non dans la plante à de la lignine ou à d'autres constituants non glucidiques (polyphenols, cires, saponosides, cutine, phytates, phytostérols) [AFSSA, 2002].

Les fibres alimentaires ne sont ni digérées, ni absorbés dans l'intestin grêle, elles présentent l'une au moins des propriétés suivantes :

- L'augmentation de la production des selles.
- Stimulation de la fermentation colique.
- Diminution de la cholestérolémie à jeun.
- Diminution de la glycémie et / ou de l'insulinémie post- prandiale.

Le dosage des fibres alimentaires effectué sur le tourteau d'amande d'*Argania spinosa* nous a permis d'obtenir un taux de **11.58%**.

Le tableau ci- dessous (19) regroupe les teneurs en fibres alimentaires exprimées en pourcentage de matière sèche (MS) d'*Argania spinosa* comparée à quelques graines végétales fourragères.

Tableau 19: Teneur en fibres alimentaires exprimées en pourcentage de matière sèche (MS) d'*Argania spinosa* comparée à quelques graines végétales fourragères.

Graines végétales	% fibres alimentaires en MS	Références
L'amande dégraissée (le tourteau) d'arganier (<i>Argania spinosa</i>)	11.58	Etudiée
L'amande d'arachide (<i>Arachis hypogaea</i> L)	3	
L'amande de tournesol (<i>Helianthus annuus</i>)	10	

Nous avons constaté que l'amande dégraissée (tourteau) d'*Argania spinosa* se rapproche par sa teneur en fibres alimentaires des amandes du tournesol.

VI-Détermination de la teneur en cendre (matière minérale):

La détermination de la teneur en cendres peut nous apporter des informations sur la qualité de l'échantillon à analyser.

En effet, seul les basses teneurs en cendres de produits sont acceptables pour la consommation humaine ou animale.

Les résultats de la détermination de la teneur en matière minérale de l'amande, du tourteau et de la pulpe du fruit d'*Argania spinosa* sont illustrés dans le tableau suivant (20).

L'évaluation du taux des cendres de l'amande du fruit d'*Argania spinosa* a donné un taux estimé à **2 % en MS**.

D'après [Battino, 1929] ; [Dupin, 1949] et [Fellat-Zarrouk, 1987] la détermination de la teneur en sels minéraux au niveau de l'amande dégraissée (tourteau) et de la pulpe a donné des taux respectivement égales à **3.6%, 4.6%** et **4.1% en MS**.

On remarque que les valeurs obtenues de la pulpe sont relativement élevées à celles du tourteau et de l'amande.

Tableau 20: Teneur en matière minérale de l'amande, du tourteau et de la pulpe du fruit d'*Argania spinosa*.

Partie du fruit d'arganier	Teneur en cendres en % de MS	Références
L'amande	2	Etudiée
Tourteau	3.6	Battino, 1929
La pulpe	4.6	Dupin, 1949
La pulpe	4.1	Fellat-Zarrouk, 1987

Cette variation au niveau des taux en sels minéraux peut être attribuée à la provenance géographique des échantillons notamment les conditions climatiques (la pluviiosité) et les caractères édaphiques des sols [Bezzala, 2005]. De plus, la proportion inégale en sels minéraux dans les tissus végétaux, dépend du type ainsi que de l'activité biologique de chaque partie de la plante [Linden et Lorient, 1994].

Par comparaison de la teneur en cendres de l'amande d'*Argania spinosa* avec celles trouvées au niveau des amandes de quelques graines oléagineuses on constate qu'elle est comparable avec celle révélée au niveau des amandes d'Arachide (3% en MS).

D-Métabolites secondaires:

Les métabolites secondaires sont des composés biosynthétisés naturellement par les végétaux mais qui ne participent pas directement au métabolisme végétal.

De nombreux métabolites secondaires possèdent des propriétés thérapeutiques et sont utilisés en médecine humaine [Guillaume et Charrouf, 2005].

I-Dosage spectrophotométrique des polyphénols totaux:

Les taux des polyphénols dosés au niveau de l'huile et de l'amande dégraissée (le tourteau) du fruit d'*Argania spinosa* sont regroupés dans le tableau suivant (21).

Tableau 21: Taux des polyphénols totaux au niveau de l'huile et du tourteau d'*Argania spinosa*.

Partie étudiée de la pante	Teneur en polyphénols totaux mg/100g de MS
Tourteau	379
L'huile extraite de l'amande	5.01

MS: matière sèche.

Nous avons constaté que le tourteau du fruit d'arganier possède des teneurs élevées en polyphénols totaux (379 mg/100g).

Par contre, l'huile extraite de cette amande ne contient que des taux extrêmement faibles (tableau 21).

Selon **Chimi, (2005)** le dosage spectrophotométrique des polyphénols totaux au niveau de l'huile vierge d'*Argania spinosa* a révélé des teneurs estimées à 56.2 mg / Kg ce qui est comparable avec nos résultats (50.01 mg / kg).

Par contre **Khallouki et al, (2003)** ont trouvé des concentrations nettement faibles estimées à 5mg / kg.

Par comparaison de la teneur en polyphénols totaux au niveau de l'huile d'*Argania spinosa* avec celle de l'huile d'olive on a remarqué que l'huile d'olive est fortement riche en polyphénols.

Le tableau ci-dessous (22) donne les valeurs des taux des polyphénols totaux au niveau de l'huile d'arganier et de l'huile d'olive.

Bien que l'huile d'argan est faiblement présentée par les polyphénols, ces derniers restent néanmoins intéressants grâce à leur rôle de protection de l'huile contre l'oxydation ainsi lui confère une bonne conservation.

Tableau 22: Taux des polyphénols totaux au niveau de l'huile d'arganier et de l'huile d'olive.

L'huile	Taux des polyphénols totaux en mg / kg de MS	Références
L'huile d' <i>Argania spinosa</i>	50.01	Etudiée
L'huile d' <i>Argania spinosa</i>	56.2	Chimi, 2005
L'huile d'olive	133	Chimi, 2005
L'huile d'olive	793	Khallouki et al, 2003

II-Dosage spectrophotométrique des tanins totaux:

Le dosage des tanins totaux effectué sur l'amande dégraissée (le tourteau) du fruit d'arganier a permis de déterminer les teneurs en tanins totaux par rapport à la matière sèche (MS).

Les résultats ont révélé des taux estimés à 10.83 mg / kg de MS.

Ces derniers viennent de confirmer les résultats obtenus des tests phytochimiques. La faible teneur en tanins au niveau de l'amande du fruit d'arganier confère à cette dernière une bonne qualité et permet de l'utiliser comme aliment pour bétail. En effet, [la présence des tanins au niveau des aliments avec des teneurs élevées, risque de diminuer la valeur nutritive de l'aliment en se complexant avec les protéines [Hagerman et Bulter, 1978]]

III-Détermination quantitative des saponosides et des alcaloïdes:

Des extractions sélectives des saponosides et des alcaloïdes ont été réalisées sur le tourteau des amandes d'*Argania spinosa*.

Les extraits sont évaporés sous vide et les rendements des résidus obtenus sont par la suite évalués (tableau 23).

La détermination de la teneur en saponosides au niveau du tourteau des amandes d'*Argania spinosa* a révélé un taux important égale à 0.95%en MS.

D'après Charrouf, 1991a l'analyse du tourteau d'arganier a donné un rendement en saponosides qui est presque identique à nos résultats (0.96%).

Tableau 23: Rendement en saponosides et en alcaloïdes dans *Argania spinosa*.

Partie de la plante étudiée	Teneur en % de matière sèche	
	Saponosides	Alcaloïdes
L'amande dégraissée <i>d'Argania spinosa</i>	0.95	0.4

Concernant l'évaluation du rendement en alcaloïdes dans l'amande dégraissée *d'Argania spinosa*, l'extraction sélective nous a permis d'obtenir un taux important égal à 0.4%de MS. Ce résultat vient de confirmer les résultats des tests phytochimiques effectués au par avant.

Les alcaloïdes ont été également déterminés chez de nombreuses espèces de la famille des sapotacées *Pouteria torta* [Che et al, 1974].

Les alcaloïdes appartenant à la famille des indoloquinolines qui semblent être de grand intérêt thérapeutique et biologiques ont été isolés à partir d'une sapotacée *Microphilis guyanensis* [Yang et al, 1999].

E- Pouvoir antioxydant de l'huile et de l'extrait des composés phénoliques du tourteau d'*Argania spinosa* :

Les résultats de l'analyse nous en montrés que l'addition de l'huile d'*Argania spinosa* vierge ainsi que de l'extrait phénolique à une solution du DPPH a induit une diminution maximale de son absorbance initiale **figure 14**.

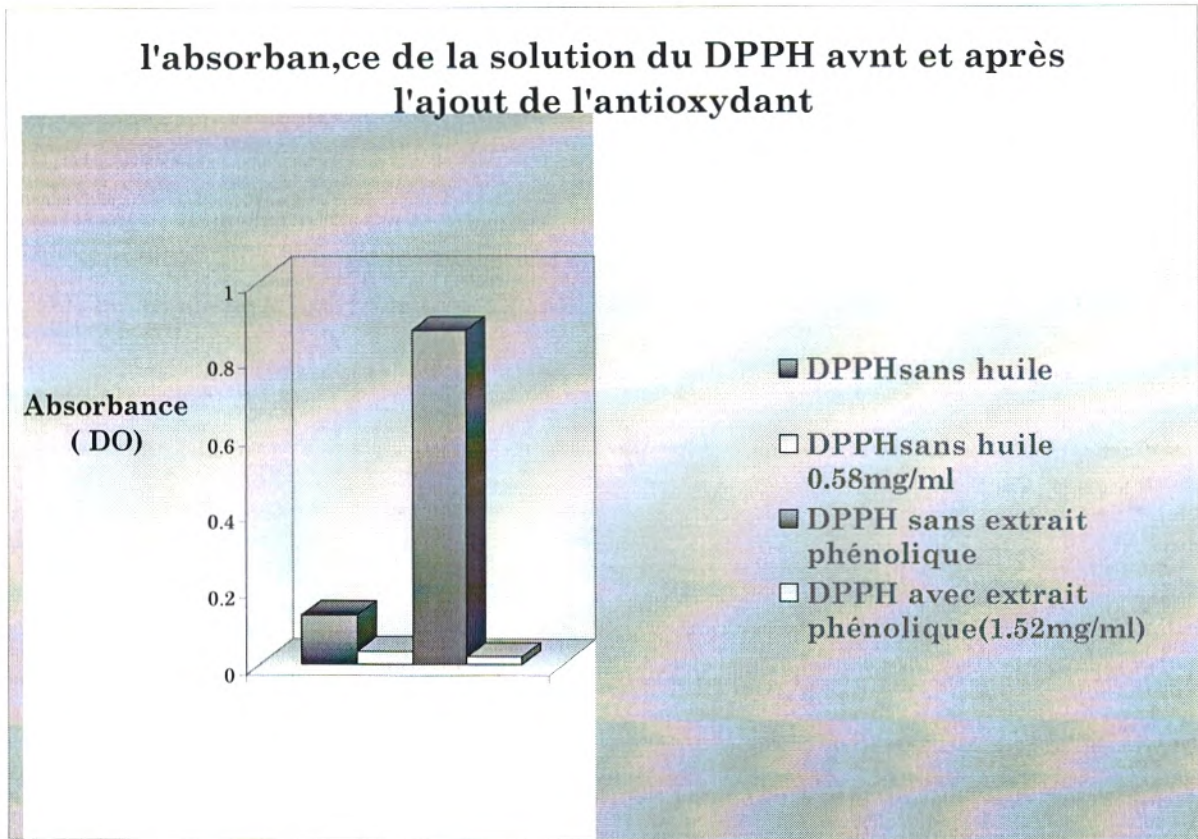


Figure 14 L'absorbance de la solution de DPPH avant et après l'ajout de l'antioxydant

L'enregistrement des densités optiques ou l'absorbance avant et après l'ajout de l'huile et de l'extrait phénolique à la solution du DPPH nous a permis de déterminer le pourcentage de réduction (PR%) du DPPH qui s'est révélé important (**69.14%** et **97.59%** respectivement) **Tableau26,27** voir Annexe.

Le pouvoir antioxydant exprimé par le pourcentage de réduction du radical libre DPPH par des différentes concentrations des extraits phénoliques est illustré dans la **Figure15**.

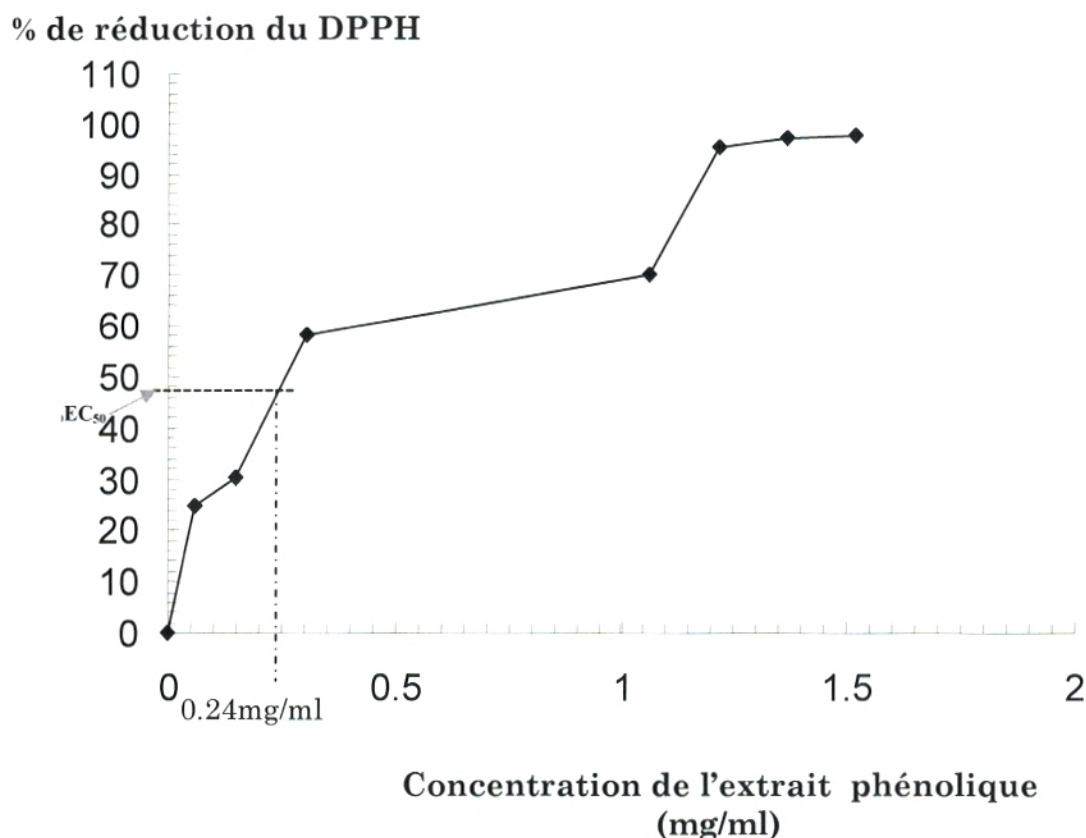


Figure15 : pourcentage de réduction en fonction de la concentration de l'extrait phénolique du tourteau d'arganier

A partir de la variation du pourcentage de réduction de DPPH en fonction de la concentration de l'extrait phénolique nous pouvons déterminer graphiquement l'EC₅₀ (tableau26, voir Annexe) qui est définie comme étant la concentration de l'antioxydant (l'extrait ou composé) nécessaire pour réduire ou inhiber 50% du DPPH Figure14.

Nous avons constaté que l'augmentation de la concentration de l'extrait phénolique varie proportionnellement au % de réduction du DPPH. En effet l'inhibition de ce radical atteint sa valeur maximale (97.59% à la concentration 1.52mg/ml. La valeur de l'EC₅₀ trouvée est de l'ordre de 0.24mg/ml.

En ce qui concerne l'évaluation du pouvoir antioxydant de l'huile d'arganier vierge on constate que la diminution de l'absorbance ne peut être expliquée que par la présence des composés au niveau de l'huile, ayant un pouvoir antioxydant. En effet, il s'agit des donneurs d'hydrogène notamment les polyphénols et les tocophérols (déjà identifiés et quantifiés dans l'huile d'argan).

Ces substances sont capables de réduire le DPPH en le faisant passer de sa forme radicalaire oxydante à sa forme réduite non radicalaire.

Ce passage du DPPH de la première forme à la deuxième forme est accompagné par une diminution de l'absorbance [Lee et al, 2004].

Selon Drissi et al, 2004 une étude des propriétés hypolipidémiantes et antioxydantes de l'huile d'*Argania spinosa* a montré que la consommation habituelle de l'huile a fait diminuer significativement les taux plasmatiques (humains) des LDL (Low- density lipoprotein) et des lipoperoxydes.

D'après ces auteurs cet abaissement est dû non seulement à la composition particulière de l'huile d'*Argania spinosa* en acides gras insaturés mais également à la présence des composés mineurs appartenant à la fraction insaponifiable à savoir les tocophérols et les stéroles ainsi qu'aux polyphénols qui sont connus par leur pouvoir antioxydant mentionné dans plusieurs études [Massela et al, 2001] ; [Caruso et al, 1999].

En outre l'étude in vitro de l'effet des tocophérols et extraits phénoliques de l'huile sur le degré de peroxydation des LDL (formation des lipoperoxydes) qui est considérée comme étant l'étape clé du développement de l'athérosclérose.

Les résultats obtenus ont révélé qu'il existe une corrélation positive entre les concentrations des tocophérols et la diminution de la formation des lipoperoxydes [Drissi et al, 2004] ; [Berrougui, 2005].

Par ailleurs, comme nous l'avons cité précédemment, nous avons constaté que l'extrait phénolique du tourteau d'arganier se caractérise par un pouvoir antioxydant important exprimé par un pourcentage d'inhibition du radical DPPH* qui atteint un maximum de 97.59%. Dans ce contexte on a essayé d'évaluer ce pouvoir à travers la comparaison de son % de réduction ainsi que son *EC50* avec d'autres antioxydants naturels notamment la vitamine C et extrait phénoliques de quelques plantes

Tableau 23: L'activité antioxydante des 'extraits phénolique de quelques plantes et de l'acide ascorbique.

Concentra- -tion g/l (mg/ml)	L'extrait phénolique du tourteau d' <i>Argania spinosa</i> (1.52mg/ml) [Khalidi, 2007]	L'extrait phénolique du Chêne vert <i>Quercus ilex</i> [Belarbi, 2003]	L'extrait Phénolique de <i>Pistacia lentiscus</i> (1.50mg/ml) [Benhammou, 2006]	L'acide ascorbique (0.24mg/ml)
Pouvoir en % DPPH d'inhibitio n	97.59	78.4	95.51	92.28

Tableau 24: valeurs de l'EC₅₀ (concentration efficace) comparée à celle de l'acide ascorbique

Concentration g/l (mg/ml)	%d'inhibition du DPPH Extrait phénolique du tourteau <i>d'Argania spinosa</i>	Concentration g/l (mg/ml)	%d'inhibition du DPPH Acide ascorbique [Benhammou,2006]
0	0	0	0
0.0608	24.77	0.06	50 [Figure 16]
0.152	30.16	0.062	50.62
0.304	58.14	0.14	52.24
0.24	50	0.19	72.53
1.064	70.13	0.22	92.01
1.216	95.29	0.24	92.28
1.368	96.96		
1.52	97.59		

Nous avons constaté que l'activité antioxydante exprimée en pourcentage de réduction du radical DPPH de l'extrait phénolique du tourteau

d'*Argania spinosa* se rapproche beaucoup avec celui déterminé au niveau de l'extrait phénolique de *Pistacia lentiscus* qui atteint sa valeur maximale à la même concentration 1.50mg/ml.

Par comparaison avec la vitamine C, nous avons bien remarqué que l'EC₅₀ de notre extrait phénolique (0.24mg/ml) est égale à la concentration maximale de la vitamine C qui fait inhiber 92.28% du DPPH.

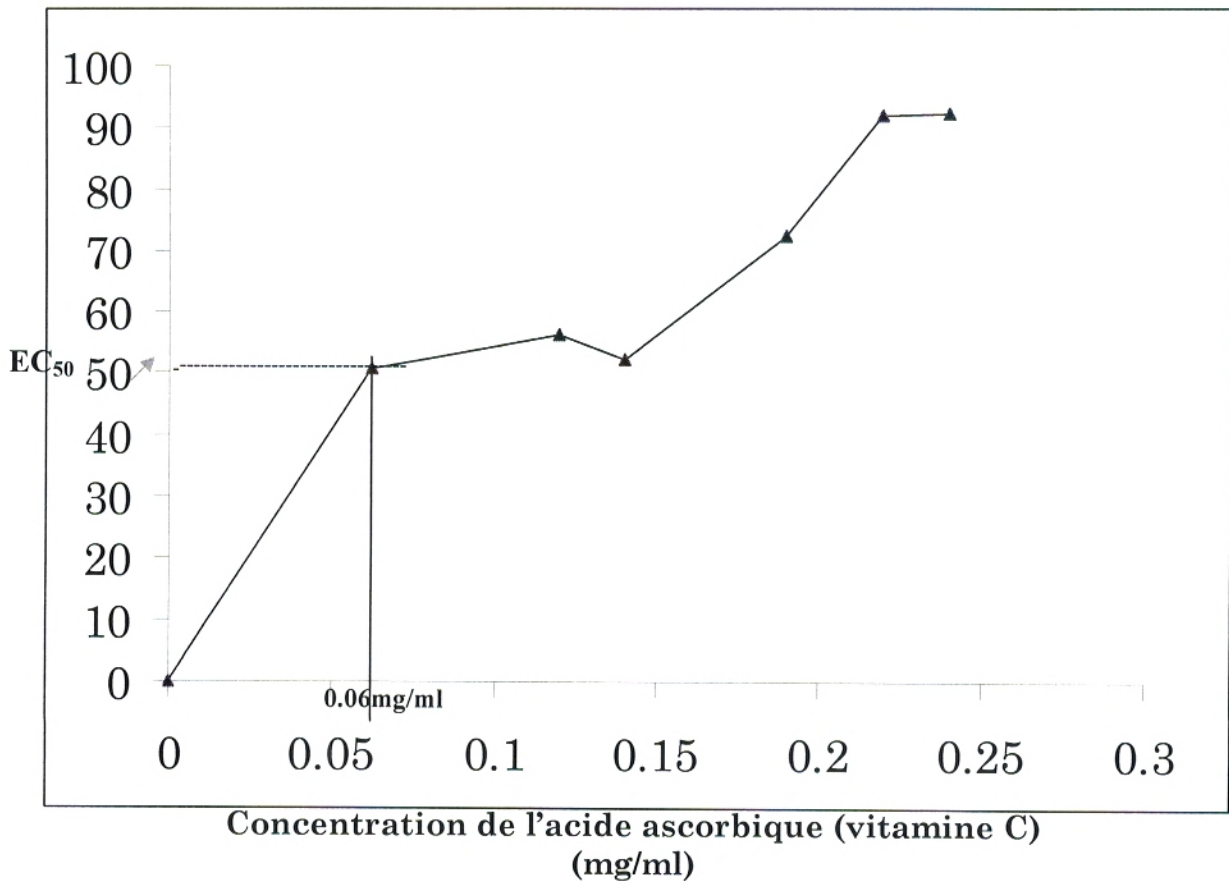


Figure16 : pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction de la concentration de l'acide ascorbique [Benhammou, 2006].

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

L'arganier et les produits qui en sont dérivés, notamment l'huile et les tourteaux, ne sont pas valorisés comme ils devraient l'être, faute de techniques adéquates d'extraction et de production.

C'est dans ce contexte, que notre étude se veut la connaissance d'une utilisation multiple peu connue chez nous, tout en essayant de contribuer à l'étude phytochimique et à la valorisation nutritionnelle de son amande.

Les tests phytochimiques ont révélé que les sucres réducteurs, les saponosides, les triterpènes et les stérols sont présents en fortes quantités, les alcaloïdes se trouvent en quantité moyenne. Cependant, les quinones libres, les anthraquinones, les glycosides cyanogénétiques et l'amidon sont des classes de familles absentes dans l'amande.

En ce qui concerne la recherche des métabolites primaires, l'évaluation du taux des protéines brutes du tourteau des amandes du fruit d'arganier a révélé des teneurs importantes estimées à 33.63%.

L'analyse de la composition du tourteau (l'amande dégraissée) en acides aminés totaux a révélé sa richesse en proline, en acides aminés basiques notamment l'arginine et l'histidine et en acides aminés dicarboxyliques.

Nous avons constaté que le tourteau est moyennement riche en acides aminés essentiels ce qui est traduit par une valeur biologique estimée à 41,35 et qu'il est limité par la méthionine.

L'huile extraite à partir des amandes d'*Argania spinosa* est de couleur jaune, d'une odeur et d'une saveur faiblement prononcée, avec un rendement de 33.98%.

Il ressort de l'analyse physicochimique de l'huile vierge d'*Argania spinosa* que c'est une huile pure fraîche non siccative riches en acides gras insaturés de chaîne moyenne C₁₈ notamment l'acide oléique, ainsi qu'elle présente des ressemblances avec les huiles d'olive et d'arachide.

L'étude de la composition de l'huile d'argan en acides gras montre que ceux-ci sont à plus de 70% de type oléique linoléique ainsi qu'une faible teneur en acide linoléique (C_{18:3}).

Concernant les acides gras saturés l'analyse révèle la prédominance de l'acide palmitique et l'acide stéarique.

La détermination de la teneur en vitamine E dans l'huile d'*Argania spinosa*, sous la forme α tocophérol, a donné des concentrations de l'ordre de 20mg/ kg d'huile.

Le dosage des sucres totaux montre que l'amande renferme un taux moyen de 23.31%. Alors que la teneur en cellulose brute révèle un taux de 15% en matière sèche.

Nous avons constaté que l'amande d'arganier se rapproche par sa teneur en fibres alimentaires (11.58%) avec les amandes du tournesol et les graines de soja.

CONCLUSION GENERALE

L'analyse du taux des cendres de l'amande du fruit d'*Argania spinosa* a à 2%.

A propos des métabolites secondaires, nous avons remarqué que d'arganier possèdent des teneurs élevées en polyphénols totaux (379mg . sèche). Par contre l'huile extraite ne contient que 5 mg / 100g d'huile.

Le dosage des tanins totaux effectué sur le tourteau a donné des valeurs estimées à 10.83 mg/ 100kg de matière sèche. L'analyse quantitative des saponosides et des alcaloïdes a révélé des pourcentages égaux à 950mg / 100g et 400 mg / 100g de matière sèche.

Par ailleurs , l'évaluation du pouvoir antioxydant de l'extrait phénolique du tourteau du ainsi que de l'huile vierge extraite de l'amande utilisant la méthode du DPPH a montré une activité importante exprimée en pourcentage de réduction du DPPH de l'ordre de 97.59% et 69.14% respectivement.

La composition chimique de l'amande du fruit d'arganier s'est révélée intéressante en particulier celle de l'huile par la présence des acides gras essentiels, vitamines E et polyphénols, et celle du tourteau par sa richesse en protéines, glucides, saponosides et alcaloïdes.

Une meilleure connaissance de sa composition chimique très particulière suscite un regain d'intérêt aussi bien pour des études liées à ses potentialités nutritionnelles que pour son utilisation en thérapeutique et en cosmétologie.

Malgré ces divers usages, l'arganier reste insuffisamment mal exploité car il renferme des potentialités jusqu'à là inconnues et dont la mise à jour pourrait donner à cet arbre un nouvel essor dans son contexte socio-économique.

- Ackman, R.G et Burgher, R.D; 1963. Quantitative gas liquid chromatographic, estimation of volatile fatty acid in aqueous media. *Anal. Chem.*, 35, 647.
- Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments; 2002. Les fibres alimentaires: définitions, méthodes de dosage, allégations nutritionnelles. Rapport du comité d'experts spécialisé Nutrition humaine du 24 septembre 2002.
- Alaoui, K; 1998. Toxicité et action pharmacologique des saponines du tourteau d' *Argania spinosa*. Thèse, Université de Casablanca.
- Al-Yahya, M. A; 1986. Phytochemical studies of the plants used in traditional medicine of Saudi Arabia. *Fitoterapia*, 57 (3), 179-182.
- Amente-Rubio, M.D; Ayuso –Ganzalez, M. J; Garcia- Giminez, M..D ; Toro-Sainz, M.V ; 1988. Les flavonols isolés d' *Erica andevalensis*, *Cabezudo.Ribera* : Contribution à l'étude de l'activité antimicrobienne de l'espèce. *lantes Médicinales et Phytothérapie* Tome 22 (2), 113-118.
- Ames, B. N; Shigenaga, M. K; 1992. Oxydants are a major contributor to aging; Aging and Cellular Defense Mechanism, *Ann. N.Y. Acad. Sc*; 633:85-96.
- Arisawa, M; Kinghom, D. A; Cordell, A. G; Phoebe, H.C; Fansworth, R.N; 1985. Plant –anticancer- agents. XXXVI, Schottenol glucide from *Baccharis coridifolia* and *Ipomopsis aggregate*. *Planta Med*; 6 544 -5.
- Audigie, C.L; Figarelle, J; Zons Zani, F; 1980. Manipulation d'analyses biochimiques. Ed. Doin. Paris, pp : 88-97.
- Babinec, J; Kozová, Z; Straková, E; Suchy, P; 2001. The variance of the amino acids in some lucerne (*Medicago sativa* L.) populations. In Delgado I. (ed.), Lloveras, J. (ed.). Quality in lucerne and medics for animal production = Qualité de la luzerne et des medics pour la production animale. Zaragoza (Spain): *CIHEAM-IAMZ*, 2001. p. 235-239
- Bammoun, A; 1997. Contribution à l'étude de quelques caractères morpho physiologiques, biochimiques et moléculaires chez les variétés de blé dur, *Triticum turgidum* esp. *Durum*, pour l'étude de la tolérance à la sécheresse dans la région des hauts plateaux de l'ouest Algérien. Thèse de Magistère, Pp 1-33.
- Battino ; 1929. Thèse. Paris.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Belarbi, M ; 2003. Etude des composés nutritionnels et antinutritionnels des glands de chêne et l'efficacité nutritionnelle de leurs protéines chez le rat Wistar en croissance. Thèse pour l'obtention du Doctorat d'Etat en sciences naturelles. Université Tlemcen. Etude comparative en protéines et acides aminés des résidus d'*Artemisia herba alba* et noyaux de dattes d'Algérie. Proposition comme additifs aux aliments de bétail. *J. Soc. Alger. Chim.* 1998; 8 (1); 67-71.
- Belaskri, A; 2002. Contribution à l'étude de la localisation, de la germination et de rhizosphère d'*Argania spinosa*. Mémoire d'ingénieur d'Etat. Université de Djillali Liabes. Sidi- Bel-Abbès.
- Belcadi, R; 1994. Etude des variations du système antioxydant cellulaire en fonction de l'âge et de l'apport alimentaire d'acides gras polyinsaturés, chez le rat. Influence particulière de l'ingestion de l'huile d'argane. Thèse 3^{ème} Cycle. Univ. Ibnou Zohr. Agadir.
- Benajiba, N., Charrouf, Z; Morel, S; De Levis, J; Mokhtar, N et Aguenau, H ; 2002. Effet de l'huile d'argane sur le système de défense antioxydant cardiaque chez les rats Wistar recevant un régime riche en fructose. *In Collin. G et Garneau. F. X, (dir.), 5^{me} Colloque Produits naturels d'origine végétale. Actes du colloque de Sainte. Foy- Québec au 9 août 2001, laboratoire d'analyse et de séparation des essences végétales ; Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, Québec, 2002 p.261-270.*
- Bendimerad, N; 2006. Etude des huiles essentielles de *Pseudocytisus intergrifolius* (salisb). Rehder et *Sinapsis arventis* L; Plantes crucifères de la région ouest d'Algérie. Mise en évidence des composés et conséquences nutritives. Thèse doctorat d'Etat en chimie. Université Tlemcen.
- Benhammou, N ; 2006. Etude des activités antimicrobiennes et antioxydantes des huiles essentielles et des flavonoïdes de *Pistacia lentiscus*, *P. atlantica* et *Inula viscosa* de la région de Tlemcen. Mémoire de Magister en Biologie. Université de Tlemcen.
- Berrada, Y ; Settaf, A ; Baddouri, K ; Cherrah, A et Hassar, M ; 2000. Mise en évidence expérimentale des effets antihypertenseurs et

- hypocholestérolémiant de l'huile d'argan, *Argania sidéroxydon*, *Thérapie* ; 55 : 375-378.
- Berrougui, H; Ettaib, A; Herrera Gonzalez, M.D; Alvarez de Sotomayor, M; Bennani-Kabchi, N; Hmamouchi, M; 2003. Hypolipidemic and hypocholesterolemic effect of argan oil (*Argania spinosa* L.) in *Meriones shawi* rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 89,15–18
 - Bezzala, A; 2005. Essai d'introduction de l'arganier (*Argania spinosa* (L) Skeels) dans la zone de M'doukel et évaluation de quelques paramètres de résistance à sécheresse. Mémoire de Magister en sciences agronomiques. Université El Hadj Lakhdar. Batna.
 - Boukhobza, M et Pichon-Prum, N ; 1988. L'arganier, ressource économique et médicinale pour le Maroc. *Phytotherapy*, 27:21-26.
 - Bruneton, J ; 1999. Pharmacognosie-Phytochimie-Plantes médicinales, technique et documentation. 3^{ème} Ed. Lavoisier.
 - Buron, A. I ; 1976. Thésis doctoral. Escuela Tecnica Superior de Ingenieros Agronomos. Madrid- Espana.
 - Cappela, P et al ; 1979. Composition chimique des huiles de grains de raisin. Composants de la fraction insaponifiable- Riv. Ital. *Sostanze Grasse*, 56. 307. L'Arganier survivant de la flore tertiaire, providence du sud marocain. Elevage et cultures 3, 28-34. Etude sur le noix d'argan: nouveau principe immédiat, l'arganine. *J. Pharm. Chim.* 18 p 298.
 - Catalano, L., Franco, I., De Nobili, M; Leita, L; 1999. Polyphenols in olive mill waste waters and their depuration plant effluents: a comparaison of the Folin-Ciocalteu and HPLC methods. *Agrochimica*, 43, pp. 193-205.
 - Catignani, G. L; Bieri, J. G; 1983. Simultaneous determination of retinol and tocopherol in serum or plasma by liquid chromatography. *Clin. Chem*; 20: 708-12.
 - CEE ; 1985. Directive 85/ 572/ CEE du conseil du 19 Decembre 1985 fixant la liste des simulants à utiliser pour vérifier la migration des constituants des matériaux et objets en matière plastique destinée à entrer en contact avec les denrées alimentaires.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Chafee, S ; 1999. Pêche des bivalves sur la côte méditerranéenne marocaine. Catalogue d'espèces exploitées et d'engins utilisés Rabat Maroc 34.
- Chahboun, J; 1993. La filière triterpénique dans les lipides des feuilles d'*Argania spinosa*. Thèse d'Université. Université de Perpignan. France.
- Charrouf, Z; 2002a. L'huile d'argane, une prodigieuse vitalité née au bord du désert. In *Espérance médicale*, Octobre 2002. Tome 9 N°87.
- Charrouf, Z ; 2002b. Valorisation de l'arganier : Résultat et perspectives. In Collin. G et Garneau. F.-X. (dir.), 5^e Colloque Produits naturels d'origine végétale. Actes du colloque de Sainte-Foy (Québec, 7 au 9 août 2001). Laboratoire d'analyse et de séparation des essences végétales. Université du Québec à Chicoutimi. Chicoutimi, Québec p.261-270.
- Charrouf, Z et Guillaume, D; 1999. Ethnoeconomical, ethnomedical and phytochemical study of *Argania spinosa* (L) Skeels. *Journal of Ethnopharmacology*. 67 (7-14).
- Charrouf, Z; Wieruzeski, J. K; Fkih-Tetouani, S; Leroy, Y; Charrouf, M; Fournet, B; 1992. Terpenoid saponin from *Argania spinosa*. *Phytotherapy*, 31, (6), 2079.
- Charrouf, Z ; 1991a. Valorisation d'*Argania spinosa* (L) Sapotaceae: Etude de la composition chimique et de l'activité biologique du tourteau et de l'extrait lipidique de la pulpe. Thèse Sciences. Univ.Mohammed V. Rabat.
- Hostettmann, K; Marston, A; 1995. Chemistry and pharmacology of natural products: saponins. *Cambridge University Press*.
- Charrouf, Z ; Fkih-Tetouani, S; Charrouf, M ; Mouchel, B ; 1991b. triterpènes et stérols extraits de la pulpe d' *Argania spinosa* (L). Sapotaceae. *Plantes médicinales et phytothérapie*, XXV, 2-3, 112-117.
- Charrouf. M, 1984. Contribution à l'étude chimique de l'huile d'*Argania spinosa* (L) Sapotaceae. Thèse université de Perpignan.
- Che, C.T; Koike, K; Cordell, G. A; Fong, H. H. S; Dobberstein, R. H; 1974. Triterpenes of *Pouteria Torta* (Sapotaceae). P. 420-420.
- Chimi, H ; 2005. Conservation comparées de l'huile d'argane et de l'huile d'olive. Cahiers d'études et de recherches francophones / Agriculture Volume14, n 5,467-471.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Chimi, H ; Rahmani, M ; Cillard, P ; 1988. Etude de la fraction phénolique des huiles d'olive vierge et d'argane du Maroc. Actes de l'Institut Agronomique et Vétérinaire. Vol 8, (1 et 2), 17. 21.
- Codex Alimentarius (FAO.OMS), 1983. Norme Codex Stan pour les huiles d'olives vierges et raffinées et l'huile d'olive de grignons d'olives raffinées Vol11Ed FAO.
- Dib, T. A ; Monneveux, P ; Araus, J. L; 1992. Adaptation à la sécheresse et notion d'ideotype chez le blé dur. II. Caractères physiologiques d'adaptation. *Elsevier, INRA, agronomie*, 12, 381-393.
- Dogyan, S; Turan, Y; Ertuerk, H; Arslan, D; 2005. Characterization and Purification of Polyphenol oxidase from artichoke (*Cynara scolymus L.*). *J. Agric. Food Chem.* , 53, 776-785.
- Drissi, A; Girona, J; Cherki, M; Godàs, G; Derouiche, A; El Messal, M; Saile, R; Kettani, A; Solà, R ; Masana, L ; Adlouni, A; 2004. Evidence of hypolipemiant and antioxidant properties of argan oil derived from the argan tree (*Argania spinosa*). *Clinical Nutrition*, 23, 1159–1166.
- Dubois, M. K. A; Gilli, Y. K; Hamilton, P. A; 1956. Colometric method for determination of sugars and related substance. *Anal. and Chem. Jour*; Vol. 28 pp: 350-356.
- Duke, J; 1992. Handbook of Biologically Active Phytochemicals and their Activities. *lorida: CRS Press Inc Boca Raton*.
- El Kabouss, A; Charrouf, Z; Faid, M; Garneau, FX; Collin , G; 2002. Chemical composition and antimicrobial activity of the leaf essential oil of *Argania spinosa* L Skeels. *Essent Oil Res* ; 14: 147-9.
- El Kabouss, A; Charrouf, Z; Oumzil, H, et al., 2001. Caractérisation des flavonoïdes des feuilles de l'arganier (*Argania spinosa*) et étude de leur activité anti microbienne. Actes Instit Agronomie Vétérinaire. 21: 157-62.
- El Kabouss, A; Charrouf, Z; Touati, D; Cherrah.Y, Nouaim.R et Anton. R, 1995. tude des flavonoïdes des feuilles de l'arganier. In colloque « *La Foret à désertification : cas des Arganerais* » 26-28 Octobre, 1995.
- Emberger, L; 1925. Le domaine naturel de l'arganier *Bull.Soc.Bot*; Paris, 770-774.

- Emberger, L; 1924. A propos de distribution géographique de l'arganier. *Bull. Sté. Sciences nat. Et phys. Du Maroc*, 4, 151-153.
- Etournaud, A ; 1999. Sciences alimentaires, chimie des denrées alimentaires pour laborant(e) s en chimie et biologie. Pp 31. Laboratoire CANTONAL.
- Fabre, B; 1999. L'intérêt de l'huile d'argane vierge enrichie en insaponifiable ainsi que des peptides extraits des tourteaux en cosmétologie. In Bani – Aameur, F, (dir.), Colloque International sur les ressources végétales : l'Arganier et les plantes des zones arides et semi arides. Faculté des Sciences, Université Ibnou Zohr, Agadir. Actes ; 103-106.
- FAO / IAEA; 2000. Quantification of tannins in tree foliage. FAO/ IAEA. Working document IAEA, Vienna. P 26.
- Farines, M ; Charrouf, .M ; Soulier. J et Cave. A, 1984. Etude de l'huile des graines d'*Argania spinosa* (L) Sapotaceae, Stérols, alcools triterpéniques et méthylstérols de l'huile d'argan. *Revu- Franç. Corps Gras*, 31,443-448.
- Farines, M; Soulier, J; Charrouf, M et Gavé, A ; 1984. tude de l'huile des graines d'*Argania spinosa* (L.) Sapotaceae. II-Stérols, Alcools triterpéniques et méthylstérols de l'huile d'argan. *evu. Franç. Corps Gras*, 31^{me} Année 11: 443-448.
- FEDNA.TABLES OF FEED COMPOSITION. 1994. Vegetable protein composition. C. De Blas, G. C. Mateos and P. Garcia (Ed). Universidad Politécnica de Madrid. 69 pp.
- Fellat-Zerrouk, K; Smoughen, S; Maurin, R; 1987. Etude de la pulpe du fruit de l'arganier (*Argania spinosa*) du Maroc. Matière grasse et latex. Actes Institut. Agron .Vét .Rabat.7 :17-22.
- Flanzly, J ; 1978. Colloque «Images de la chimie » p 73-77. Elément de phytochimie et de pharmacognosie. Ed TEC et DOC Lavoisier, Paris.
- Guillaume, D et Charrouf, Z; 2005. Saponines et métabolites secondaires de l'arganier (*Argania spinosa*).Cahier Agriculture: Vol, 14 N°6, Novembre-Décembre 2005.p509-513.
- Hagerman, A.E ; Bulter, L. G; 1978. Protein precipitation method for the quantitative determination of tannins. *J. Agric. Food. Chem* ; 26, p.809-812.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Hamdouch-Aouad, S ; 1995. Etude de la composition de la pulpe d'*Argania spinosa* (L) Sapotaceae. Thèse de 3^{me} Cycle, Université Hassan II. Faculté des sciences Ben M'sik. Casablanca.
- Harborne, J. B; 1973. Phytochemical methods, London. Chapman and Hall, Ltd. Pp. 49-188.
- Harman, D; 1992. Free radical theory of aging: history In Free radicals and Aging, Emerit, I; Chance, B; 1992. ds, Birkhauser Verlag Basel, Switzerland, 1-10.
- Henry, F; Danoux, L; Charrouf, Z; Pauly, G; 2004a. New potentially active ingredient from *Argania spinosa* (L) Skeels, cakes. Réseau de valorisation des plantes médicinales.
- Henry, F; Danoux, L; Pauly, G; Charrouf, Z; 2004b. Use of *Argania spinosa* as ant acne agents. *Euro Pat Appl.* Ep 1430900 A1.
- Hodisan, T; Culea, C; Cimpoiu, C; Cot, A; 1998. Separation, identification and quantitative determination of free acids from plant extracts. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*; 18; 319-323.
- INCI, 2002. Fiche technique- huile d'arachide. ARACHIS HYPOGAEA-N°CAS 8002-03-7-N° EINECS/ ELINCS 232-296-4.
- INRA, 1989. L'alimentation des animaux monogastriques. INRA.Cedex. France. 282 pp.
- ISO NF 3657- corps gras d'origine animale -végétale- Détermination de l'indice de saponification (indice de classement : TGO-206) J.O n° 290 du 16 Décembre 2003. Texte n ° 118 paru au *Jor F/ LD* page 21429.
- Jaccard, P; 1926. L'arganier Sapotaceae oléagineuse du Maroc. *Pharmaceutica Acta Helvetiae*, 203-209.
- Jimenez, G and al ; 1977. Agroquímica tecnologia de alimentos, 3 : 363-371.
- Kamoun, P; 1993. Atlas de poches des méthodes d'analyse. Flammarion Médecine - sciences. Association Française de Normalisation (AFNOR) ; 1978. NF T60-234.
- Kebbadj, K ; 1986. Contribution à la connaissance des propriétés de l'huile d'argan utilisée en dermocosmétologie. Thèse doctorat pharmacie Paris V°. *Nsibil 0616111 cote T pha. 28 73.*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Khallouki, F ; Younos, C ; Soulimani, R ; Oster, T ; Charrouf, Z; Spieglehader, B; Batsh, H; Owen, R. W; 2003. Consumption of argan oil (Morocco) with its unique profile of fatty acids, squalene, sterols, and tocophérols and phénolics antioxidants should confer valuable cancer chemo- preventive effects. *Eur. Journal Cancer prev.*12:67-75.
- Khallouki, F; 2003. Ethnobotanical, Phytochemical and Pharmacological studies of 3 african medicinal plants containing potent antiradial principles. PHD dissertations, University of Metz, Metz, France.
- Kjeldahl, J; 1883. Meue Methode Zur bestimmung des stiktoffs in organischem kórpen. *Z. Anal. Chem*; Vol. 22, pp: 366-382.
- Lecoq; 1965. Manuel d'analyse alimentaires et d'expertises usuelles. Lion, P.H; 1955. Travaux pratiques de chimie organique, Ed. Dunod. Paris.
- Lee, J. H; Koo, N. S; Min, D. B; 2004. Reactive oxygen species, aging, and antioxidative nutraceuticals. *Comprehensive review in food Science and food Safety*, 3, 20-33.
- Lee, J. M; Chung. H; Chang, P. S; Lee, J. H; 2006. Development of a method predicting the oxidative stability of edible oils using 2, 2 Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH). *J. Food Chemistry*, p:1-8.
- Lewin, L.G; Sparrow, D. H. B; Aspinall. D; 1978. Proline accumulation and drought resistance. *In Barley*. N°23, 3(b)-8,36-12.
- Ligue Nationale Marocaine de Lutte Contre les Maladies Cardiovasculaires; 1999.
- Linden, G et Lorient, D. 1994. Biochimie agro- industrielle, valorisation alimentaire de la production agricole. Edition Masson, 75. Rader, J. I; Weaver, C. M; Patrascu, L; Ali, L. H; Angyal; 1997. *Food Chem.* 58 (No. 4) 373.
- Makkar, H. P. S., Bluemmel, M., Borowy, N. K., Becker, K; 1993. Gravimetric determination of tannins and their correlations with chemical and protein precipitation methods. *J. Sci. Food Agric.* 61: 161–165.
- Masella, R; Giovannini, C; Vari, R; Di Benedetto, R; Coni, E ; Volpe, R; 2001. Effect of dietary virgin olive oil phenols on low density lipoprotein oxidation in hyperlipidemic patients. *Lipids*, 36: 1195–202. Caruso, D; Berra, B; Giavarini, F; Cortesi, N; Fedeli, E; Galli, G.I; 1999. Effect of virgin olive oil

- phenolic compounds on in vitro oxidation of human low density lipoproteins. *Nutr Metals Cardiovas Dis*; 9:102-7.
- Mashev, N ; 1987. Biochimie des plantes 2^e édition Zemistade. Henneberg, W; Stohmann, K; 1860. Beiträge zur Begründung einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer. Fasc.1, Schwetschkeand Sohn édit; Braunschweig, 1860. p 145-147.
 - Maurin, R ; 1992. L'huile d'argane *Argania spinosa* (L) Skeels, Sapotaceae : Mise au point. *Revu. Franç. Corps Gras*. 1992 ; 39. 139-46.
 - Maurin, R ; Fellat-Zarrouk, K ; Kirs, M ; 1989. Huile d'argan, *Argania spinosa* du Maroc, Triglycérides. Actes du congrès. *Euro-lipid. Angers*; 1 :151-8.
 - Méthode d'analyse N°07 96 06 Ministère de commerce CAQUE. Détermination de la teneur en azote en vue de calcul de la teneur en protéines brutes.
 - Morand, P et Silvestre, J ; 1960. Contribution à l'étude d'une huile végétale à base d'acides gras poly insaturés : L'huile de pépin de raisin. Caractéristiques analytiques, qualités alimentaires et diététiques. *Ann. Fais. Exp. Chim* ; 193-203.
 - Morsli, A; 1999. Essai de vitro propagation de l'Arganier (*Argania spinosa* (L) Skeels) à partir de vitro-semis. Thèse de magister, protection de la nature INA, Pp89.
 - Mountasser, A; Elhadek. M; 1999. Optimisation des facteurs influençant l'extraction de l'huile d'argan par une presse. Oléagineux, Corps gras, lipides. Volume6, N°3, 273-9.
 - Nagy, S; Telek ,L; Hall, N. T; Berry, R. E; 1978. Potential food uses for protein from tropical and subtropical plant leaves. *Journal of Agric Food Chem*. 26(5); 1016 – 1028.
 - Nouaim, R et Chaussod, R; 1993. L'arganier (*Argania spinosa* (L) Skeels). Le Flamboyant bulletin de liaison des membres du réseau arbres tropicaux n°27. Septembre, 1993.
 - Nouaim, R ; Chaussod, R ; El Aboudi, A ; Schnabel, C et Peltier, J. P; 1991. L'arganier. Essai de synthèse des connaissances sur cet arbre. Physiologie

- des arbres et arbustes en zones arides et semi- arides. Groupe d'étude de l'arbre (Paris).373-388.
- Nouaim, R ; Chaussod,R ; Mangin,G ; Massillon,P ; 1990.L'arganier ; système racinaire et microflore. In Colloque « Ligneux des zones arides » Nancy (France) Avril 1990.
 - Okwu, D. E; 2005. Phytochemicals, vitamins and mineral contents of two Nigerian medicinal plants. *Int J Adv Sci*; 1 (4): 375-381.
 - Ollé, M ; 2002. Direction de la concurrence, de la consommation et de répression des fraudes interrégional de Montpellier. Dossier P3325. Technique d'analyse Vol papier n°: TA4.
 - Oser, B. L; 1951. Method for integrating essential amino- acid content in the nutritional evaluation of protein. *J. Amer. Dietetic Assoc.* 27; 396.
 - Ottmani ,1995. Etudes sur l'arganier et la lutte contre la désertification. Acte de journée d'étude sur l'arganier Essaouira du 29 au 30 septembre 1995.
 - Oulad-Ali ; Kirchner, V; Weniger, B; Anton, R ; Guillaume, D ; Charrouf, Z ; 1996. Structure elucidation of three triterpene glycosides from the trunk of *Argania spinosa*. *Journal of Natural Products.* 59, 193-195.
 - Pauly, G; Henry, F; Danoux, L; Charrouf, Z; 2002. Cosmetic and/ or dermapharmaceuticall composition contaning extracts obtained from the leaves of *Argania spinosa* *Pat Appl* Ep12 13025. Radicaux libres et vitamine E. *Cah. Nutr. Diet*, 1987, 66-76.
 - Peltier, J. P ; 1982. La végétation du bassin versant de l'Oued Souss (Maroc) Thèse de Doctorat d'Etat, *Univ. Sci. Grenoble.* 201p.
 - Pirisi, F. M; Cabras, P; Falqui Cao, C; Migliorini, M; Muggelli, M; 2000. Phenolic Compounds in Virgin Olive Oil. 2. Reappraisal of the Extraction, HPLC Separation, and Quantification Procedures. *J. Agric. Food Chem.* 2000, 48, 1191-1196.
 - Quezel, P; Santa,S; 1963. Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions méridionales. Tome II, Centre National de la recherche Scientifique p:738
 - Radi, N; 2003. L'Arganier arbre du sud ouest marocain, en péril, à protéger; Thèse pour le diplôme d'Etat de Docteur en pharmacie. Pp 59. Université de Nantes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Rahmani, M; 1979. Contribution à la connaissance de l'huile d'argan. Mémoire de 3^{ème} Cycle. Institut Agronomique et Vétérinaire .Rabat.1979.
- Rhamani, M; 2005. Composition chimique de l'huile d'argane vierge. Cahier Agricultures Vol 14, n° 5, Septembre- Octobre2005.p 461-465.
- Ribéreau-Gayon, J; Peynaud, E; 1968. Les composés phénoliques des végétaux. Traité d'œnologie. Paris.Edition Dunod, 254p.
- Rizk, A. M; 1982. Constituents of plants growing in Qatar. *Fitoterapia*, 52 (2), 35-42.
- Ruiz, G ; 2005. Extraction, Détermination Structurale et Valorisation Chimique de Phycocolloïdes d'Algues Rouges. Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'Université de Limoges Discipline : Chimie appliquée - Chimie des Substances Naturelles.Pp258.
- Sanchez-Moreno,C review ; 2002. Method used to evaluate the free radical scavenging activity in Food and Biological Systems. *Food. Sci. Tch Int.* 8(3): 121-137.
- Sandret,.F .G ; 1957. Etude Préliminaire des glucides et du latex de la pulpe du fruit d'argan. Variation au cours de la maturation. *Bull.Soc.Chim.Biol.* 619-631.
- Singleton, V. L; Rossi, J. A; 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic- phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol.* 16, 144-158.
- SNIMA, 2003. Norme Marocaine ; 2003. Service de normalisation industrielle marocaine (SNIMA). Huile d'Argane. Spécifications. Norme marocaine **NM 08. 5. 090**. Rabat.
- Sofowara, A; 1993. Medicinal plants and Traditional medicine in Africa. Spectrum Books Ltd, Ibadan, Nigeria. P. 289.
- Sohal, R. S; Allen, R. G; 1990. Oxidative stress as a causal factor in differentiation and aging: A unifying hypothesis. *Experimental Gerontology* 25, 499-522.
- Spackmann, D.H; Stein, W.H and Moore, S; 1958. Anales of chemistry, 30,1190-1260.
- Tahrouch, S; Rapior, S; Bessière,. J. M; Andry, C; 1998. es substances volatiles de *Argania spinosa* (Sapotaceae). *Acta Bot Gallica*, 145 :259-63.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Trease, E; Evans, W. C; 1987. Phamacognosy.Billiare.Tindall. London 13th Edn; pp: 61-62.
- Wagret, P; 1962. L'Arganeraie du Sud Marocain relique du tertiaire et providence des populations. *Nature Science Progrès*, 390-393.
- Waller, G; Yamasaki, K; 1996.Saponin used in traditional modern medicine. *Plenum Press*, New York and London.
- Wolff ; 1968. Manuel d'analyse des corps gras, Ed Azoulay Paris.
- Yaghmur, A. Aserin, A. Garti, N. Mizrahi,Y. Nerd, A; 2001. Evaluation of argan oil for deep- fat frying. Casali Institute of Applied Chemistry, the Hebrew University of Jerusalem 91904,the Department of Life-Sciences, Ben-Gurion University of Negev, Beer-Sheva 841055 (Israel). *Lebensm-Wiss.u.-Technol*; 34, 124-130. *Academic Press*.
- Yang, S.W; Malone, S; Werkhoven, M. C. M; Wisse, J. H; Shu, Y.Z; Vyas, D. M; Kingston, D. G. I; 1999. Synthesis and biological evaluation analogues of cryptolepine, an alkaloid isolated from the Surinam rainforest. *J. Nat. Prod.* 62, 976-983.
- Yen-G,C ; Duh.P, D ; 1994. Scavenging effect of methanolic extract of peanut hulls on free radical and active oxygen species. *J. Agri. Food thec*; 42, 629-632.
- Yu, Z; Dahlgren, R. A; (2000). Evaluation of methods for measuring polyphenols in copper foliage. *J. Chem. Ecol.* 26: 2119-2140.
- Zaman, Z., Fielden, P., Frost, P.G., 1993. Simultaneous determination of vitamins A and E and carotenoids in plasma by reversed phase HPLC in elderly and younger subjects. *Clin. Chem.* 39, 2229-2234.

ANNEXES

Tableau 26 : poly phénols totaux tourteaux – pouvoir antioxydant.

Volume de l'extrait polyphénolique solubilisé dans le méthanol	2µl	5µl	10µl	35µl	40µl	45µl	50µl	Le contrôle DPPH
C [mg/ml]	0.0608	0.152	0.304	1.064	1.216	1.368	1.52	-----
DO à 515nm	0.656	0.609	0.365	0.2605	0.041	0.0265	0.021	0.872
% PR DPPH	24.77	30.16	58.14	70.13	95.29	96.96	97.59	

Tableau 27: Huile fixe vierge d'*Argania spinosa*– pouvoir antioxydant.

Volume de l'huile vierge solubilisé dans l'isooctane	6µl	16µl	26µl	36µl	46µl	56µl	Le Contrôle DPPH
C [mg/ml]	0.097178	0.259	0.421	0.58307	0.745	0.907	
DO à 517 nm	0.083	0.0545	0.0455	0.0395	0.048	0.0415	0.128
%PR DPPH	35.15	57.42	64.453	69.14	62.5	67.58	

Préparation des réactifs:

1-Réactifs de Mayer:

Dissoudre 1.358 g de **Hg Cl₂** dans 60ml d'eau distillée;

Dissoudre 5 g de **KI** dans 10ml d'eau distillée;

Mélanger les deux solutions puis ajuster le volume total à 100ml d'eau distillée.

2-Réactifs de Wagner:

Dissoudre 2 g de **KI** et 1.27 g de **I₂** dans 75 ml d'eau distillée;

Ajuster le volume total à 100ml d'eau distillée.

3-Réactif de l'amidon:

Dissoudre 1.2 g d'iode **I₂** dans 50ml d'eau distillée contenant 2.5 g de iodure de potassium **KI** ;

Chauffer pendant 5 minutes puis diluer jusqu'à 500ml d'eau distillée.

Schémas :

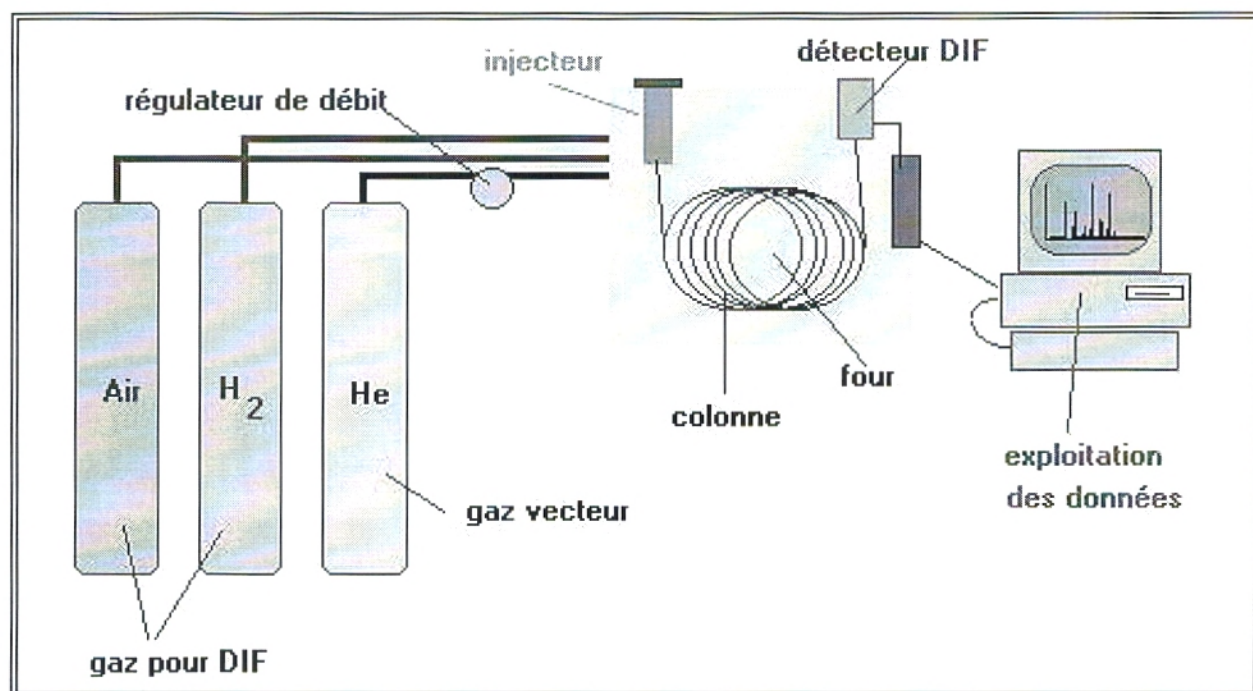


Schéma 1: schéma général d'un système CPG et ses accessoires [Belarbi, 1990]

يعتبر جنوب الأطلس المغربي الموطن الأصلي لنباتة أركان (أركانيا سبينوزا). حيث تتواجد بكثافة بالمغرب الأقصى وباقصى الجنوب الغربي الجزائري بالضبط في منطقة تندوف. ينتمي هذا النوع النباتي إلى عائلة سابوتاسي، والمعروف بإنتاج أشجار مقاومة للجفاف والتصحر، متميزة بجودة وصلابة خشبها مما أكسبها لقب شجرة الحديد وكذلك بتحملها الهائل للجفاف. أظهرت الدراسة التي أجريت على التركيب الكيميائي للوز ثمار أركان تواجد مختلف المركبات التي تتميز بخصائصها الغذائية والعلاجية. أبرز التحليل وجود المركبات الأيضية الأولية التي تشمل على ما يلي: المواد الدسمة بنسبة 33.98 بالمائة، حيث بين التحليل الكروماتوغرافي أن 70 بالمائة من الأحماض الدسمة الغير مشبعة هي من النوع أوليينك-إينولينك، كذلك تواجد α -توكوفيرول بنسبة معتبرة. فيما يخص البروتينات بلغت النسبة المئوية 33.63 مع سيادة للبرولين من بين 16 حمضا امينيا تم التعرف عليه بواسطة التحليل الكروماتوغرافي. كانت السكريات الكلية والألياف الغذائية بمئة بنسبة متساوية تقريبا 21.31 و 11.58 على التوالي. في حين أن نسب المركبات الأيضية الثانوية بلغت على التوالي: 0.93 بالمائة، بالنسبة لصابونوزيدات، 0.40 بالمائة بالنسبة للالكالويدات و 0.38 بالمائة بالنسبة للبوليفينولات الكلية. أدى الكشف عن القدرة المضادة للتأكسد للثمار لاستخلاص الزيت والزيوت من لوز ثمار أركان بواسطة طريقة الدي. بي. بي. لث.

أدى إظهار قدرة معتبرة ترجمت هذه الأخيرة بنسبة إرجاع الشق الحار قدرت ب 97.59 بالمائة و 69.14 بالمائة على التوالي. استلزمات الغذائية: أركانيا سبينوزا، اللوزة، الزيت، اليوايفينول، القيمة الغذائية، القدرة المضادة للتأكسد.

Étude Chimique et Nutritionnelle d'Argania spinosa.

Résumé :

L'arganier *Argania spinosa* L. Skeels originaire du Sud Atlantique Marocain, endémique au Maroc et au sud ouest Algérien, qui pousse particulièrement dans sa limite la plus extrême =Tindouf, est certainement l'essence la plus originale de l'Afrique du Nord. C'est le représentant le plus septentrional des sapotacées essentiellement tropicales qui est reconnu pour donner naissance à des arbres résistants et rustiques dont la dureté et la fermeté de leur bois lui ont valu la réputation d'arbre de fer. L'étude portée sur la composition chimique de l'amande du fruit d'arganier montre la présence des différentes familles de composés ayant un intérêt nutritionnel et thérapeutique. En effet, la détermination des teneurs en métabolites primaires révèle la présence des lipides avec un taux important. L'analyse chromatographique de l'huile rose a montré que 70% des acides gras sont de type oléique-linéolique, ainsi que de la vitamine E représente 20mg/ kg d'huile. Les protéines (33.63%) avec 16 acides aminés qui tiennent la première place est l'acide aminé majoritaire. Les sucres totaux et les fibres alimentaires représentés avec des teneurs importantes de l'ordre de 21.31% et 11.58% respectivement. Alors que pourcentage des métabolites secondaires notamment les saponosides est de 0.93%, les alcaloïdes 0.40% et les polyphénols totaux 0.33%.

L'évaluation du pouvoir antioxydant, par la méthode du DPPH, de l'extrait phénolique du tonneau ainsi de l'huile vierge extraite de l'amande d'*Argania spinosa* a montré un pouvoir important exprimé par un pourcentage de réduction du DPPH de l'ordre de 97.59% et 69.14% respectivement.

Mots-clés: *Argania spinosa*, l'amande, l'huile, polyphénols, valeur nutritionnelle, pouvoir antioxydant.

Chemical and nutritional study of *Argania spinosa*.

Summary:

The argan *Argania spinosa* L. Skeels originating of the Moroccan Atlantic South endemic in Morocco and the Algerian Western South, which grows particularly within its most extreme limit =Tindouf, is certainly the most original essence of North Africa. It is the most septentrional representative of sapotacae primarily tropical who is recognized to give rise to trees resistant and rustic whose hardness and firmness of their wood have to grant the reputation of iron tree to him. The study carried on the chemical composition of almond of the fruit of argan shows the presence of the various families (made up) having a nutritional and therapeutic interest.

Indeed, the determination of the contents of primary metabolites reveals the presence of the lipids with a significant rate. The chromatographic analysis of oil showed us that 70% of the fatty acids are of oleic-linoleic type, as of the vitamin E represents 20.ug/kg of oil. The proteins (33.63%) with 16 quantified amino acids whose proline is the major amino-acid. Total sugars and the dietary fiber represented with significant contents of about 21.31% and 11.58% respectively. Whereas the percentage of the secondary metabolites in particular saponins was equal to 0.93%, the alkaloids 0.40% and the polyphenols total 0.38%. The evidence of the antioxidant capacity by the method of the DPPH of the poly phenolic extract of defatted almond and virgin oil of *Argania spinosa* showed a significant capacity expressed by a percentage of reduction of the DPPH of about 97.59% AND 69.14% respectively.

Key words: *Argania spinosa*, the almond, oil, nutritional value, antioxidant capacity.