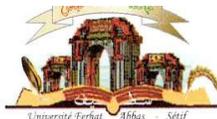


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Université Ferhat Abbas Sétif 1
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة فرحات عباس، سطيف 1
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DE BIOCHIMIE

N°...../SNV/2016

THÈSE

Présentée par

ABDEDDAIM Mohamed

Pour l'obtention du diplôme de

DOCTORAT EN SCIENCES

Filière: BIOLOGIE

Spécialité: BIOCHIMIE

THÈME

**Etude de la composition biochimique des fruits de cinq espèces végétales
présentes dans la région des Aurès en vue de leur utilisation
alimentaire ou pharmacologique.**

*(Celtis australis L, Crataegus azarolus L, Crataegus monogyna J,
Elaeagnus angustifolia L, et Zizyphus lotus L)*

Soutenue publiquement le **21 avril 2016**

DEVANT LE JURY

Président	Baghiani Abderrahmane	Pr. UFA Sétif
Directeur	Alloui-Lombarkia Ourida	Pr. Univ. Batna1
Examineurs	Araar Lekhmici	Pr. UFA Sétif
	Laroui Salah	Pr. Univ. Batna1
	Fahloul Djamel	Pr. Univ. Batna1

*Laboratoire Sciences des aliments
Université Batna1*

Dédicaces

Ce travail est dédié à l'âme de ma défunte mère et à mon père.

A ma femme.

A mes enfants Sara, Nesrine, Ahmad, Khalida et Hamza

A mes frères et soeurs.et toutes leurs petites familles

A tout mes oncles et tantes

Remerciements

Je remercie Dieu le tout puissant pour m'avoir donné la santé et la force pour avoir pu terminer ce travail.

J'exprime mes profonds remerciements et ma vive reconnaissance à notre professeur Madame ALLOUI –LOMBARKIA Ourida pour sa patience et de ses conseils, c'est son soutien et sa confiance qu'elle nous a accordé qui nous ont permis d'arriver à terme de ce travail.

Je remercie vivement Monsieur le Professeur BAGHIANI Abderrahmane pour avoir accepté de présider le jury de cette thèse. Qu'il trouve ici l'expression de notre profonde gratitude.

Je tiens à exprimer ma très haute considération et mes vives reconnaissances à Monsieur le Professeur LAROUI Saleh, pour avoir accepté de juger ce travail.

Mes remerciements et ma reconnaissance vont également à Monsieur le Professeur ARAAR Lekhmici, pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Mes sentiments de reconnaissance et mes remerciements vont également à Monsieur le Professeur FAHLOUL Djamel pour avoir accepté de juger ce travail.

Je tiens à exprimer également ma profonde reconnaissance à mes collègues Mmes FERHAT Radhia, BOUDRAA Saoussen, ABDEDDAIM Djoumana, et SAADOUDI Mouna et Mer Bacha Ali pour avoir collaborer en groupes à la réalisation des travaux de recherche durant toutes les étapes.

J'exprime ma vive reconnaissance à Monsieur TIR Rachid de l'Université de Bab ezzouar pour l'analyse des huiles par GC-MS.

Mes vives remerciement aux membres du laboratoire de Biochimie de la faculté des sciences l'université URCA de Reims pour nous avoir permis de réaliser l'analyse des protéines.

Mes sentiments de reconnaissance et mes remerciements vont également à toute personne qui a participé de près ou de loin, directement ou indirectement à la réalisation de ce travail. Je ne saurais remercier ici les collègues du département de technologie alimentaire des Sciences agronomiques et des Sciences vétérinaires dont la collaboration a été essentielle pour la réalisation de ce travail.

A tout les collègues de la faculté des Sciences de la nature et de la vie de l'Université Farhat ABBES de Sétif avec une vive reconnaissance à tous les collègues enseignants et le personnel administratifs du département de Biochimie.

الملخص

الثمار الصغيرة موجودة بكثرة فى ناحية الأوراس مما حفزنا على إجراء دراسة خصت لب الثمرة ما يأكل منها و النواة التي لا نستعملها. أظهرت الدراسة احتواء هذه الثمار على مواد مغذية كثيرة سواء في اللب أو في اللوزة منها كحد أقصى في اللب البروتينات 1.93% الرماد 5% المواد الدسمة 0.79% الألياف 13% السكريات 17% والطاقة الكامنة 69.38 سعر حرارية اما في اللوزة فوجدنا كحد أقصى للبروتينات 23.95% الرماد 6.8% المواد الدسمة 39% الألياف 11% السكريات 4% والطاقة الكامنة وصلت الى حد 318 سعرة حرارية. الدراسة أظهرت ايضا أن المعادن الموجودة و صلت حد 1349.06مغ/100غ من المادة الجافة. النتائج المتحصل عليها اثبتت أن هذه الثمار تعتبر ذات قيمة غذائية عالية وبالتالي باستطاعتها تلبية بعض الاحتياجات الغذائية للجسم. كل المعطيات المتحصل عليها ترشح ثمرة السدره على انها الأهم سواء بالنسبة لقابلية التخزين او محتواها من المواد الزيتية 29% العالية الجودة والقابلة لاستعمالات عديدة منها الغذائية التجميلية او الصيدلانية.

Résumé

Les petits fruits sont disponibles en abondance dans la région des Aurès. Ceci nous a incités à une étude sur la composition biochimique de la pulpe et de l'amande du fruit. Cette étude a montrée que ces fruits contiennent des quantités appréciables de nutriments, dans la pulpe ou dans les amandes. Dans les cinq espèces étudiées et dans la pulpe des fruits on a trouvé comme valeur maximale pour les protéines 1.93%, les cendres 5%, la matière grasse 0.79%, les fibres 13%, les glucides solubles 17% et l'énergie 69.38 Kcal. Pour les amandes des noyaux des fruit on a trouvé pour les protéines 23.95%, les cendres 6.8%, la matière grasse 39%, les fibres 11%, les sucres solubles 4% et l'énergie a atteint 318Kcal/100g. L'étude a montré aussi que ces fruits sont très riches en minéraux dont certains ont atteints la valeur de 1349.06mg/100g de la matière sèche. Les résultats obtenus montrent que ces fruit possèdent une haute valeur nutritionnelle et peuvent par conséquent participer facilement à la satisfaction de la ration alimentaire quotidienne. Les données obtenues présentent le fruit de *Zizyphus lotus* ou n'beg comme le fruit phare du fait de la conservabilité de sa pulpe et le contenu de son amande en huile 29% apte à être utilisées en alimentation en cosmétique ou en usage pharmaceutique.

Summary

Berries are available in abundance in the Aures region. This prompted us to study the biochemical composition of the pulp and kernel of the fruit. This study has shown that these fruits contain appreciable amounts of nutrients in the pulp or in almonds. In the five species studied in the pulp was found as the maximum value for 1.93% proteins, 5% ashes, 0.79% fats, 13% fibers, 17% soluble carbohydrates and energy 69.38 kcal . For almonds have been found to 23.95% proteins, 6.8% ashes, 39% fats, 11% fibers, 4% soluble carbohydrates and the energy reached 318Kcal / 100g. The study also showed that these fruits are rich in minerals, some of them reach the level of 1349.06mg / 100g of dry matter. The results show that these fruits have high nutritional value and can therefore easily participate to the satisfaction of the daily food ration. The results obtained show that the fruit of *Zizyphus lotus* or n'beg as the flagship product due to the keeping of its pulp and content of its almond oil 29% able to be used in food in cosmetics or pharmaceuticals.

Liste des figures

Titre	Page
Figure 1: La représentation des différentes parties de <i>Celtis australis</i> L	3
Figure 2 : La représentation des différentes parties de <i>Crataegus monogyne</i> Jacq	8
Figure 3: Représentation des feuilles et fruits du <i>Crataegus azarolus</i> L	11
Figure 4 : Représentation de la fleur et du fruit d' <i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	16
Figure 5 : Feuilles et fruits du <i>Zizyphus lotus</i> L	20
Figure 6 : Représentation des parties du fruit de <i>Celtis australis</i> L	26
Figure 7 : Représentation des parties du fruit de <i>Crataegus azarolus</i> L	26
Figure 8 : Représentation des parties du fruit de <i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	26
Figure 9: Représentation des parties du fruit de <i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	27
Figure 10 : Représentation des parties du fruit de <i>Zizyphus lotus</i> L.	27
Figure 11: Charte standard des couleurs.	33
Figure 12 : Schéma de principe du couplage Chromatographie phase gaz/Spectroscopie de masse	37
Figure 13: Courbe étalon des protéines pour les échantillons de la dilution 1/5ème	48
Figure 14: Courbe étalon des protéines pour les échantillons de la dilution 1/10ème	49
Figure 15: Témoin : Page Ruler Prestained Protein 250 (protéines standards dont le poids moléculaire est connu)	51
Figure 16: Profil en acides gras de l'huile des amandes des micoucoules <i>Celtis australis</i> L. obtenues par CG/SM	84
Figure 17 : Profil en acides gras de l'huile des amandes des azéroles " <i>Crataegus azarolus</i> L." obtenu par CG/SM	85
Figure 17': Composition en acides gras de l'huile brute extraite des amandes des cenelles " <i>Crataegus monogyna</i> Jacq."	83
Figure 18 : Composition en acides gras de l'huile brute extraite des amandes des fruits de l'Olivier de Bohême " <i>Elaeagnus angustifolia</i> L."	87
Figure 19 : Profil en acides gras de l'huile des amandes des jujubes " <i>Zizyphus lotus</i> L." obtenu par CG/SM	88
Figure 20: Pattern des amandes des fruits obtenus par électrophorèse sur gel de polyacrylamide en présence de SDS	93
Figure 21: Courbe d'étalonnage utilisée pour la détermination des poids moléculaires des sous unités protéiques séparés.	93
Figure 22: Représentation de la courbe standard $DO = f([Glucose])$.	Annexes
Figure 23 : Représentation de la courbe standard, $V = f([Glucose])$.	Annexes
Figure 24: Courbe d'étalonnage de la vitamine E.	Annexes
Figure 25 : Courbe d'étalonnage de la provitamine A	Annexes
Figure 26 : Courbe d'étalonnage de la vitamine B ₁	Annexes
Figure 27: Courbe d'étalonnage de la vitamine B ₆	Annexes
Figure 28: Courbe d'étalonnage de phosphore	Annexes
Figure 29: Courbe d'étalonnage de sodium	Annexes
Figure 30 : Courbe d'étalonnage de magnésium	Annexes
Figure 31 : Courbe d'étalonnage de calcium	Annexes
Figure 32: Courbe d'étalonnage de potassium	Annexes

Liste des tableaux

Titre	Page
Tableau1 :La Composition biochimique de la partie comestible de <i>Celtis australis</i> L.	6
Tableau2: La composition biochimique de la pulpe d'aubépine " <i>Crataegus spp</i> "	9
Tableau3 :La composition biochimique de la partie comestible de <i>Crataegus azarolus</i> L.	13
Tableau 4: Composition biochimique du fruit d' <i>Elaeagnus angustifolia</i> L	17
Tableau 5: Caractéristiques de quelques espèces voisines au " <i>Zizyphus lotus</i> L."	21
Tableau 6 : Composition biochimique du fruit de <i>Zizyphus lotus</i> L	22
Tableau 7 : Provenance des échantillons de fruit	25
Tableau 8: Eléments minéraux étudiés et longueur d'ondecorrespondante en absorption atomique.	43
Tableau 9: Protocole de préparation de la gamme étalon des proteines.	45
Tableau 10: Le volume du tampon utilisé pour la dénaturation des échantillons dans le petit gel de 10 % (5mL de gel de séparation/plaque) 1,5 mm d'épaisseur.	48
Tableau 11: Le volume du tampon utilisé pour la dénaturation des échantillons dans legrand gel de 10 % (35 mL de gel de séparation/plaque pour les gels de 20 cm x 16 cm) :	52
Tableau 12: Composition du petit gel de 10 % nécessaires à la réalisation d'une SDS-PAGE	53
Tableau 13:Composition du grand gel de 10 % nécessaires à la réalisation d'un SDS-PAGE	53
Tableau 14 : Rapport des poids des différentes parties des fruits.	56
Tableau 15 Matière sèche en g% de la pulpe et de l'amande des fruits étudiés.	57
Tableau 16: Les mensurations des différentes parties des fruits en cm.	59
Tableau 17Teneur en énergie des fruits étudiés pour la pulpe et l'amande	60
Tableau 18: L'apport énergétique de la partie comestible des fruits étudiés comparés aux fruits conventionnels	60
Tableau 19: Teneurs en sucres solubles de la pulpe et de l'amande des fruits (g/100g de matière sèche).	62
Tableau 20: Teneurs en sucres réducteurs des fruits en g pour 100g de matière sèche.	64
Tableau 21: Teneur en saccharose des fruits en(g/100g de matière sèche).	66
Tableau 22: Teneur en cellulose des fruits en(g/100 g de matière sèche).	67
Tableau 23 : Teneur en pectine des fruits en(g/100g de matière fraîche)	68
Tableau 24: Teneur en matière grasse "g%" de matière sèche des cinq fruits (Pulpe, amande)	71
Tableau 25 : Densité " <i>D</i> _{20/20} "des huiles brutes extraites des cinq fruits (Pulpe, amande)	72
Tableau 26 : Indice de réfraction " <i>n_D</i> _{20°C} " des huiles brutes extraites des cinqfruits (Pulpe, amande)	73
Tableau 27 : Couleur des huiles brutes extraites des cinqfruits (Pulpe, amande).	75
Tableau 28 : Indice d'acide des huiles brutes extraites des cinqfruits (Pulpe, amande)	75
Tableau 29 : Acidité des huiles brutes extraites des cinqfruits (Pulpe, amande)	76
Tableau 30: Indice de saponification des huiles brutes extraites des cinq fruits (Pulpe, amande)	77
Tableau 31 : Indice d'iode des huiles brutes extraites des cinqfruits (Pulpe, amande)	78
Tableau 32: Indice de peroxyde des huiles brutes extraites des cinq fruits (Pulpe, amande)	79
Tableau 33 : Taux des insaponifiables des huiles brutes extraites des cinqfruits (Pulpe,amande)	80
Tableau 34 : Composition en acides gras "%" de l'huile brute extraite des amandes des micocoules " <i>Celtis australis</i> L."	81
Tableau 35:Composition en acides gras de l'huile brute extraite des amandes des azéroles " <i>Crataegus azarolus</i> L."	83

Tableau 36 : Composition en acides gras de l'huile brute extraite des amandes des cenelles " <i>Crataegus monogyna Jacq.</i> "	85
Tableau 37: Composition en acides gras de l'huile brute extraite des amandes des fruits de l'Olivier de Bohême <i>Elaeagnus angustifolia L</i>	86
Tableau 38 : Composition en acides gras de l'huile brute extraite des amandes des jujubes <i>Zizyphus lotus L</i>	88
Tableau 39 Teneur en protéine de la pulpe et de l'amande des fruits étudiés	91
Tableau 40: Profil en acides aminés des espèces étudiés	97
Tableau 41: Teneur en vitamine E dans la partie comestible et l'amande des 5 fruits..	98
Tableau 42 Teneur en provitamine A en mg/100g de matière fraîche	99
Tableau 43 : Teneur en vitamine C en mg/100g de MF	101
Tableau 44: Teneur en thiamine en mg/100g de matière fraîche.	102
Tableau 45 Teneur en pyridoxine en mg/100g de matière fraîche	103
Tableau 46 : Teneur en biotine dans la partie comestible et l'amande pour les cinq fruits	105
Tableau 47: Taux des cendres et de la matière organique de la pulpe et de l'amande des cinq fruits	106
Tableau 48: Comparaison entre les amandes des fruits oléagineux et celles des fruits des espèces étudiées selon la teneur en cendres.	108
Tableau 49 : Taux de phosphore dans la pulpe et l'amande pour les 5 échantillons.	109
Tableau 50 : Teneur en phosphore de quelques fruits	112
Tableau 51: Taux de calcium exprimé en mg/100g	110
Tableau 52: Teneur en calcium de quelques fruits	113
Tableau 53 : Taux de magnésium en mg/100g de MS	114
Tableau 54: Teneur en magnésium de quelques fruits	115
Tableau 55: Taux de sodium en mg/100g	116
Tableau 56: Teneur en sodium de quelques fruits consommables	118
Tableau 57: Taux de potassium en mg/100g	116
Tableau 58: Teneur en potassium de quelques fruits	119
Tableau 59: Taux de cuivre en mg/100g	120
Tableau 60: La teneur en cuivre de quelques fruits	121
Tableau 61: Taux de fer en mg/100 g de matière sèche	122
Tableau 62 : Teneur en fer de quelques fruits consommables	123
Tableau 63: Taux de manganèse en mg/100g MS	125
Tableau 64: Taux de manganèse en mg/100g MS	126
Tableau 65: Taux de zinc en mg/100g MS	127
Tableau 66 : Teneur en zinc de quelques fruits	128
Tableau 67: Taux de cobalt en mg/100g	129
Tableau 68: Protocole de préparation de la gamme étalon du glucose	Annexes
Tableau 69 : la gamme étalon des sucres réducteurs	Annexes
Tableau 70: Gamme étalon de la vitamine E "tocophérol"	Annexes
Tableau 71 : Protocole de préparation de la gamme étalon de la provitamine A	Annexes
Tableau 72 : Protocole de préparation de la gamme étalon de la vitamine B ₁	Annexes
Tableau 73 : Protocole de préparation de la gamme étalon de la Pyridoxine	Annexes
Tableau 74 : Protocole de préparation de la gamme étalon de phosphore	Annexes
Tableau 75 : Protocole de préparation de la gamme étalon du sodium	Annexes
Tableau 76 : Protocole de préparation de la gamme étalon de magnésium	Annexes
Tableau 77: Gamme étalon de calcium	Annexes
Tableau 78 Gamme étalon de potassium	Annexes
Tableau 79 Gamme étalon du manganèse	Annexes
Tableau 80 : Gamme étalon du cuivre	Annexes

Tableau 81 Gamme étalon du zinc
Tableau 82 : Gamme étalon du fer
Tableau 83 : Gamme étalon du cobalt

Annexes
Annexes
Annexes

Liste des abréviations

MF :	Matière fraîche
MS :	Matière sèche
SDS-PAGE :	Dodécyl sulfate de sodium -Electrophorèse sur gel de polyacrylamide.
PM :	Poid moléculaire
kDa :	Kilo Dalton
CGMS :	Chromatographie en phase gazeuse couplé à la spectrométrie de masse
SAA :	Spectrophotométrie d'absorption atomique
Kcal :	Kilocalorie
TEMED :	Tétraméthyléthylènediamine
APS :	Persulfate d'ammonium
SDS :	Sodium Dodécyl Sulfate
Tris :	2-amino-2-hydroxymethyl-1,3-propanediol
MG :	Matière grasse
CCM	Chromatographie sur couche mince

Table des matières

Introduction	1
Pemière partie : Etude bibliographique	
1- Description des fruits	3
1-1- <i>Celtis australis</i> L.	3
1-1-1- Etymologie :	3
1-1-2- Historique et origine	3
1-1-3- Répartition de <i>Celtis australis</i> L. dans le monde et en Algérie	4
1-1-4- Composition biochimique du fruit de <i>Celtis australis</i> L.	5
1-1-5- Les différentes utilisations de <i>Celtis australis</i> L.	5
1-2- <i>Crateagus monogyna</i> Jacq.	6
1-2-1- Etymologie	7
I-2-2- Historique et origine	7
I-2-3- Répartition de <i>Cratægus monogyna</i> Jacq. dans le monde et en Algérie	9
I-2-4- Composition biochimique du fruit de <i>Crateagus monogyna</i> Jacq	9
I-2-5- Les différentes utilisations de <i>Crateagus monogyna</i> Jacq	10
1-3 - <i>Cratægus azarolus</i> L	10
1-3-1- Etymologie	10
1-3-2- Historique et origine	12
1-3-3- Répartition de <i>Cratægus azarolus</i> L. dans le monde et en Algérie	12
1-3-4- Composition biochimique du fruit de <i>Crateagus azarolus</i> L.	12
I-3-5- Les différentes utilisations de <i>Cratægus azarolus</i> L	13
1-4- <i>Elaeagnus angustifolia</i> L	14
1-4-1- Etymologie	14
1-4-2- Historique et origine	15
1-4-3- Répartition d' <i>Elaeagnus angustifolia</i> L. dans le monde et en Algérie	17
1-4-4- Composition biochimique du fruit d' <i>Elaeagnus angustifolia</i> L.:	17
1-4-5- Les différentes utilisations d' <i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	18
1-5- <i>Zizyphus lotus</i> L	19
1-5-1- Etymologie	19
1-5-2- Historique et origine	19
1-5-3- Répartition de <i>Zizuphus lotus</i> L. dans le monde et en Algérie	21
1-5-4- Composition biochimique du fruit de <i>Zizuphus lotus</i> L	22
1-5-5- Les différentes utilisations de <i>Zizuphus lotus</i> L	23

Deuxieme partie : Etude Expérimentale

Chapitre I : Matériel et Méthodes

1- Identification des échantillons et caractérisation physique	25
1-1- Le matériel végétal	25
1-2- Détermination des paramètres physiques	27
1-2-1- Les pesées	27
1-2-2- Les mensurations	28
1-2-3- La teneur en eau	28

1-2-4-	Détermination du potentiel énergétique	28
2-	Etude de fraction glucidique	29
2-1-	Détermination du taux des sucres solubles	29
2-2-	Dosage des sucres réducteurs	30
2-3-	Détermination de la teneur en saccharose	30
2-4-	Détermination de la cellulose brute	31
2-5-	Dosage des pectines	31
2-6-	Identification des sucres solubles par chromatographie sur couche mince (CCM)	31
3-	Teneur en matière grasse totale et caractéristiques physico-chimiques des huiles végétales extraites	32
3-1-	Teneur en matière grasse totale	32
3-2-	Caractérisation physico-chimique des huiles végétales	32
3-2-1-	Caractérisation physique: Densité, Indice de réfraction et couleur de l'huile.	32
3-2-2	Caractérisation chimique : Indice d'acide, de saponification, d'iode, de peroxyde et les insaponifiables.	36
3-2-3-	Composition en acides gras des huiles végétales extraites.	36
3-2-4-	Préparation des esters méthyliques	35
3-2-5-	Identification du profile en acides des huiles par CG/SM	35
4	Etudes de la fraction vitaminique	37
4-1	Dosage des vitamines liposolubles	37
4-1-1-	Dosage de la provitamine A et tocophérol E par la méthode colorimétrique	37
4-2-	Détermination de la teneur en vitamines hydrosolubles	38
4-2-1-	Extraction et dosage des vitamines hydrosolubles : Vit B ₁ ,Vit B ₆ etVit C.	38
5-	Etude de la fraction minérale	39
5-1-	Détermination des cendres	40
5-2-	Détermination des éléments minéraux	41
5-2-1-	Préparation des échantillons pour le dosage	41
5-2-2-	Détermination de la tneur en éléments minéraux majeurs : P,Na, K et Ca et les oligoeéléments Fe, Zn, Mg, Cu, Mn et Co.	42
6-	Etude de la fraction protéique	45
6-1-	Dosage des protéines totales	45
6-1-1-	Méthode de Kjeldahl	45
6-2-	Détermination des différentes fractions protéiques	46
6-2-1-	Préparation des échantillons	46
6-2-2-	Séparation des protéines par SDS-PAGE	49
6-3-	Identification des acides aminés Chromatographie de partage	54

Chapitre II : Résultats et Discussions

1-	Les caractéristiques physiques des fruits étudiés	56
1-1-	Les différentes proportions des fruits	56
1-2-	La teneur en eau	57
1-3-	Les mensurations des fruits	59
1-4-	Le potentiel énergétique	60

2-	Teneur en sucres solubles	61
2-1-	Teneur en sucres réducteurs	64
2-2-	Teneur en saccharose	66
2-3-	Teneur en cellulose	67
2-4-	Teneur en pectine	68
2-5-	Identification des sucres par chromatographie sur couche mince	69
3-	La teneur en matière grasse et caractérisation physico-chimique des huiles végétales extraites	70
3-1-	Teneur en matière grasse	70
3-2-	Caractérisation physico-chimique des huiles végétales	71
3-2-1-	Caractérisation physique	71
3-2-2-	Caractérisation chimique : Présentation des résultats des différents indices étudiés.	71
3-2-3-	Profil en acides gras des huiles végétales extraites	78
4-	La dosage des protéines	90
4-1-	La teneur en protéines par la méthode de Kjeldahl	88
4-2	Détermination des différentes fractions protéique par SDS-PAGE	90
4-3-	Composition en acides aminés	93
5	Teneur en vitamines	97
5-1-	Teneur en vitamines liposolubles	97
5-1-1-	Teneur en vitamine E (tocophérol).	97
5-1-2-	Teneur en provitamine A (Caroténoïde)	99
5-2-	Teneur en vitamines hydrosolubles	100
5-2-1-	Teneur en vitamine C	100
5-2-2	Teneur en thiamine	100
5-2-3-	Teneur en pyridoxine.	102
5-2-4-	Teneur en biotine	105
6-	La fraction minérale	106
6-1-	Teneur en cendres	106
6-2-	Teneur en éléments minéraux	108
6-2-1-	Eléments majeurs :Phosphore, Calcium,Magnésium, Sodium etPotassium.	108
6-3-	Eléments mineurs « oligo-éléments »	120
6-3-1-	Teneur en cuivre	120
6-3-2-	Teneur en fer	122
6-3-3-	Teneur en manganèse	124
6-3-4	Teneur en zinc	126
6-3-5-	Teneur en cobalt	129

Conclusion générale

Références bibliographiques

Annexes

130

Introduction

Les besoins alimentaires et nutritionnels sans cesse croissants ont poussé la recherche vers de nouveaux champs d'exploration. Les bioressources susceptibles d'être mises en valeur comme aliments constituent l'un de ces champs. Le domaine des industries agro-alimentaire est devenu l'une des priorités pour certains pays surtout ceux en voie de développement pour la prospection la transformation et la conservation des aliments.

Les petits fruits sont restés pendant longtemps une production marginale malgré leurs potentiels alimentaires et nutritionnels. Ils ont constitués à travers les âges une ressource de survie pour les populations locales. Actuellement ils sont devenus grâce aux industries de la conservation une spéculation importante, c'est le cas des canneberges et des bleuets au Canada. Les fruits représentent une partie importante dans la consommation alimentaire humaine vue leurs richesses en substances nutritives. Il a été prouvé qu'une alimentation riche en fruits aide à la prévention et au soulagement de maladies graves tel que: le scorbut, le cancer, les maladies cardio-vasculaires,...etc. Cependant, il existe une catégorie de fruits peu consommés du fait de leurs raretés et de la méconnaissance de leurs qualités nutritives. Parmi ceux là on a choisi de porter notre étude sur cinq d'entre eux présents dans la région des Aures et dans l'Est Algérien c'est l'aubépine, l'olive de Bohème, les micoucouleset les jujubes.

Les quantités estimées par la direction des services agricoles de Batna pour l'Aubépine *Crataegus azarolus* et *monogyna* se situent entre 15-20 tonnes/an de même pour l'Olive de Bohème *Elaeagnus angustifolia*.

Le Micocoulier *Celtis australis* L., l'Azérolier *Crataegus azarolus* L., l'Aubépine monogyne *Crataegus monogyna* Jacq., l'Olivier de Bohème *Elaeagnus angustifolia* L. et le Jujubier sauvage *Zizyphus lotus* L. offrent des fruits d'une saveur délicieuse très appréciée par les populations locales.

Le micocoulier est une plante ornementale indigène et cultivée. Elle est, de plus en plus, utilisée dans les aménagements, et occupe les forêts humides de l'Atlas Tellien (Abdelgherfi., 2003). Les fruits du micocoulier sont astringents, lénitifs et stomatiques (Demir et al., 2002).

L'Aubépine et l'azerolier sont deux espèces du même genre qui présentent presque les mêmes exigences pédoclimatiques. Elles sont Spontanées dans le Nord de l'Algérie et très répandues dans l'Est Algérien, en particulier en zone montagneuse. Les extraits de ces deux espèces ont été introduits dans la préparation de remèdes contre diverses maladies, et leurs fruits peuvent être consommés frais, sous forme de jus, ou utilisés pour la confection de gelées et de confitures (Abdelgherfi., 2003).

L'Olivier de Bohème cultivé ou spontané est utilisé comme ornement aux bords des routes (Somon., 1985). Il donne de petites drupes ovoïdes ressemblant à de petites olives jaunes rougeâtres consommées à l'état frais, ou utilisées pour la préparation de différents assaisonnements (Dzhangaliev et al., 2003).

Le jujubier se localise dans la région saharienne et dans le sud de l'Atlas Tellien (Abdelgherfi, 2003). Les fruits de ce dernier cueillis à maturité sont de couleurs brunes, savoureuses et sucrées. Ils se consomment frais, ou transformés en farine et utilisés pour la confection du pain appelé «oufers» chez les Touaregs.

La flore de notre pays possède de nombreuses espèces aromatiques susceptibles de fournir des huiles essentielles, utilisées dans différents domaines pour leurs propriétés thérapeutiques et organoleptiques, notamment odorantes (parfumerie, cosmétique), pharmaceutiques (aromathérapie) ou gustatives. Ces plantes aromatiques sont à l'origine de produits à très forte valeur ajoutée qui peuvent contribuer au développement économique. Ces fruits sous-valorisés se développent dans différentes conditions pédoclimatiques surtout ceux extrêmes du climat aride et semi-arides de nos régions.

Ces fruits ont fait l'objet d'études à différents niveaux surtout phytochimique, mais jusqu'à aujourd'hui, peu de recherches ont été réalisées sur la détermination de leurs compositions biochimiques et particulièrement sur les fractions nutritionnelles. Ceci nous a conduits à entreprendre ce travail de recherche, compte tenu de la disponibilité de ces fruits dans notre pays, pour les mettre d'avantage en valeur.

Dans notre approche, nous avons surtout focalisé notre travail sur l'évaluation des potentialités que représentent ces fruits qualifiés par la caractérisation biochimique pour répondre à une question principale: Ces fruits sont-ils bénéfiques pour le consommateur et quelles sont les fractions qu'on peut éventuellement utiliser dans les domaines comme celui du cosmétique ou de la pharmaceutique.

Les étapes suivantes ont été suivies afin de répondre à ces questions. Une première partie représentant l'étude bibliographique et une deuxième partie, expérimentale qui sera consacrée à la détermination des fractions glucidique, lipidique, protéinique, vitaminique et minérale.

Première partie

Etudes bibliographique

1- Description des fruits étudiés:

1-1- *Celtis australis* L. :

1-1-1- Etymologie :

Le nom courant, Micocoulier, du *Celtis australis* L. vient du grec « Mikrokoukouli » (petite boule), en raison de la forme et de la taille de ses baies (Couplan, 2000). L'arbre des Celtes du Sud, *Celtis australis*. En grec : Mikrokoukouli, celui qui produit des fruits minuscules. *Australis* : désigne un arbre méridional (Couplan, 2000). *Celtis australis* L. indique, en France en plus du micocoulier d'Europe : Fabreguier, Fabrecoulier, Bélicoquier et bois de Perpignan (Gloaguen, 1982).

1-1-2- Historique et origine :Endémique du Sud de la France, le micocoulier est un arbre remarquable par sa taille et sa durée de vie qui peut atteindre 200 ans. *Celtis australis* L. est un arbre qui s'adapte aux climats tempérés ou tropicaux, appartenant à la famille des *Ulmacées*, le genre *Celtis* comporte 75 espèces du Sud Est de l'Europe, du proche Orient, de Chine et d'Amérique du Nord, seules une quinzaine d'espèces sont rustiques (Brosse, 2000 ; Demir et al., 2002). C'est un arbre de 8 à 12m de long à feuilles simples de couleur vert foncé. C'est un excellent arbre d'ombrage et d'alignement. Il donne des fruits sous forme d'une drupe peu charnue, brune noirâtre à maturité (automne). Chaque fruit (8 – 12mm) contient une graine (Figure 1) (Aymonin, 1993).

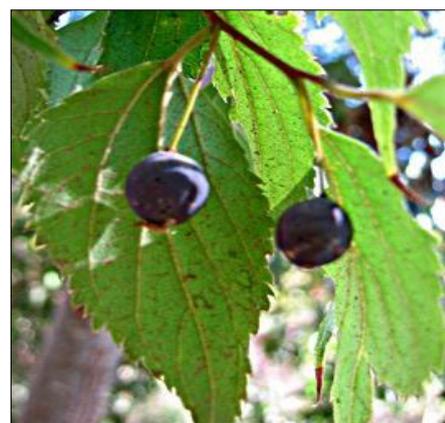


Figure N°1: La représentation des différentes parties de *Celtis australis* L

Du point de vue botanique, le micocoulier d'Europe est classé selon Messailli (1995) comme suit:

Embranchement	: <i>Spermaphytes</i>
Sous embranchement	: <i>Angiospermes</i>
Classe	: <i>Dicotylédones</i>
Sous classe	: <i>Apétales</i>
Série	: <i>Apétales unisexuées</i>
Ordre	: <i>Urticales</i>
Famille	: <i>Ulmacées</i>
Genre	: <i>Celtis</i>
Espèce	: <i>Celtis australis</i> L.

Cette espèce a une préférence pour les sols profonds et frais. Elle tolère bien les sols secs et rocailloux, elle prospère surtout en terrain léger et frais, mais non humide (Aymonin, 1993 ; Brosse, 2000).

1-1-3- Répartition de *Celtis australis* L. dans le monde et en Algérie:

Le micocoulier occupe le pourtour de la méditerranée et s'étend en Europe méridionale, Asie occidentale jusqu'au Nord de l'Iran et le Nord de l'Afrique (Brosse, 2000; Demir et al., 2002).

En Algérie le micocoulier est localisé surtout dans l'Est de l'Algérie. Il est assez fréquent dans les forêts humides de l'Atlas Tellien et connu sous les noms : n'chem, tegzar, meiss (Baba Aissa, 1999).

1-1-4- Composition biochimique du fruit de *Celtis australis* L. :

La Composition biochimique du fruit de *Celtis australis* L. est donnée dans le tableau N°1 pour des variétés cultivées en Turquie.

La fraction qui représente la teneur la plus élevée est celle des protéines avec une teneur de 19,32g pour 100g de matière sèche par rapport aux autres fractions, bien que cette valeur publiée soit importante, elle confère au fruits de *Celtis australis* L. la propriété d'être une source de protéine végétale. Les graines (amandes) de *Celtis* sont riches en Huile.

1-1-5- Les différentes utilisations de *Celtis australis* L. :

- **Utilisations alimentaires :** Les fruits murs, sucrés et de saveur agréable, à pulpe au goût des dattes, sont souvent employés en confiserie (Becker *et al.*, 2001). Un colorant jaune déjà connu et employé est extrait de son écorce et de ses racines (Aymonin, 1993). Ses feuilles et ses jeunes pousses sont employés comme aliment pour le bétail (Aymonin, 1993 ; Brosse, 2000).

- **Utilisations médicinales :** La décoction des feuilles et du fruit est utilisée dans le traitement de l'aménorrhée et les perturbations du cycle menstruel (Chevalier, 1996; Demir *et al.*, 2002). Les fruits sont astringents, lénitifs et stomatiques, conseillés pour le traitement des diarrhées et des ulcères gastriques (Chiej, 1984 ; Chevallier, 1996). La plante est citée pour avoir des effet sur tout le système respiratoire chez l'homme (Kayani *et al.* 2014).Un effet immunodépresseur a été observé chez les cellules T humaine sous l'action de l'extrait des polyphénols (Abdoul-Azize et al, 2013).

Tableau 1 : La Composition biochimique de la partie comestible de

Celtis australis L. (Demir *et al.*, 2002).

Fraction	Teneur
Cendres %	15,29
Matière sèche %	90,23
Lipides %	06,70
Fibres %	04,40
Protéines %	19,32
Phosphore mg/kg	1519,59 ± 31,1
Potassium mg/kg	3523,66 ± 143,04
Magnésium mg/kg	6732,5 ± 69,93
Energie kcal/g	16,2
Calcium mg/kg	43973,09 ± 251,11
Fer mg/kg	21,365 ± 1,725
Sodium mg/kg	59,515 ± 5,755

- **Autres utilisations** : L'huile extraite de la graine est très bénéfique, le bois de cette essence très souple est utilisé en tournerie, la sculpture et en menuiserie pour la fabrication de canne, des baguettes de fusil, des manches d'outils, et des instruments de musique à vent (Gloaguen, 1982 ; Chiej, 1984 ; Aymonin, 1993 ; Brosse, 2000). Il est aussi considéré comme un excellent carburant et un bon bois de carroyage (Aymonin, 1993).

1-2- *Crataegus monogyna* Jacq.

1-2-1- Etymologie:

Aubépine monogyne, Epine blanche ou Aubépine à un style, Noble épine, Senellier, Bois de mai, Poire d'oiseau, Aubespin, ceux sont des appellations de cette espèce.

En anglais: Common Hawthorn, May Tree, Quick.

Du grec Cratos: force, (allusion à la dureté du bois): du latin monogyna: à un seul ovaire (un seul pistyle).

Crataegus : nom générique des Aubépines (Rosacées), désignant en latin *Crataegon* ou *Crataegos* veut dire Fort résistant, *monogyna* : souligne la particularité de sa fleur à n'avoir qu'un seul pistil (Brosse, 2000).

1-2-2- Historique et origine :

L'aubépine monogyne est un arbuste, dense, formant un petit arbre (Brosse, 2000).

L'aubépine est originaire d'Europe et d'Asie, muni de longues et solides épines. Il est actuellement répandu dans toutes les régions tempérées de l'hémisphère Nord où il s'installe et s'accommode au lisière des zones boisées (Mitchell, 1996 ; Pittler *et al.*, 2003).

Petit arbre ou arbrisseau souvent épineux ; à feuilles caduques, alternes, simple et dentées. Ses fleurs sont blanches, roses ou rouges (Figure N°2). Les fruits de cet arbuste sont charnus et mûrissent en automne. Ils sont appelés Cernelles : ce sont de petites pommes (8 à 15mm de long), d'abord velues, puis glabres, de couleur rouge écarlate ; les sépales qui restent au sommet du fruit sont recourbés vers l'extérieur et contiennent un seul noyau (Mitchell, 1996 ; Brosse, 2000 ; Ken, 2000).



Figure 2 : La représentation des différentes parties de *Crataegus monogyna* Jacq.

Selon Messailli (1995), l'Aubépine monogyne est classée comme suit :

Embranchement :	<i>Spermaphytes</i>
Sous-embranchement :	<i>Angiospermes</i>
Classe :	<i>Dicotylédones</i>
Sous-classe :	<i>Dialypétales</i>
Série :	<i>Calciflores</i>
Ordre :	<i>Rosales</i>
Famille :	<i>Rosacées</i>
Tribu :	<i>Rosacées spontanées</i>
Genre :	<i>Crataegus</i>
Espèce :	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.

L'aubépine monogyne préfère les sols calcaires, elle s'accommode de tous les terrains. Cette espèce préfère les emplacements ensoleillés, à terre légère qui ne contient pas beaucoup d'argile. Elle peut se développer dans les sols acides, neutres et même alcalins (Brosse, 2000).

I-2-3- Répartition de *Crataegus monogyna* Jacq. dans le monde et en Algérie:

Son aire de répartition est vaste et comprend toute l'Europe, l'Asie Occidentale jusqu'à l'Inde, l'Afrique du Nord (Brosse, 2000).

Crataegus monogyna Jacq. « zaârour el barri » connue sous ce nom en Algérie, est spontanée dans le Tell Méridionale Est, en particulier en zone de montagne (Abdelgherfi, 2003).

I-2-4- Composition biochimique du fruit de *Crataegus monogyna* Jacq.:

A titre indicatif la composition biochimique du fruit de *Crataegus monogyna* Jacq. Peut être comparée à celle d'une autre variété, c'est le *Crataegus spp* qui est donnée dans le tableau 2.

Tableau 2: La composition biochimique de la pulpe d'aubépine " *Crataegus spp*" (Ozcan *et al.*, 2005).

Fraction	Teneur %	Minéraux	Teneur (ppm)
Cendres	2.28	Ca	3046.37
Teneur en eau	64,26	K	13539.96
Huile brute	0.87	Mg	1502.55
Cellulose	4.67	Na	312.18
Protéines brutes	2.48	P	1477.88
Acidité	1.98		

L'analyse des flavonoïdes par HPLC réalisé par Urbonaviciuté *et al.*, (2006) a montré la présence de: vitexine, quercétine, hyperoside, procyanidines oligomères.

La composition chimique de l'aubépine monogyne est caractérisée par la présence de : l'acide triterpenoïde pentacyclique, les amines aromatiques, des traces d'acides gras essentielles, les acides phénolique, 1 à 2% de flavonoïdes et 2 à 3% proantocyanidines (Urbonaviciute *et al.*, 2006).

I-2-5- Les différentes utilisations de *Crateagus monogyna* Jacq.:

- **Utilisations alimentaires :** L'homme consommait ses baies dont il faisait des produits fermentés et les graines torréfiées remplaçaient le café (Hedrick, 1972). Ses cenelles sont juteuses, acidulées avec une saveur de prune, peuvent être consommées crues ou cuites sous différentes préparations : Confitures et conserves (Launert, 1981; Facciola, 1990). La pulpe des cenelles était autrefois séchée, moulue et mélangée aux farines pour la fabrication de gâteaux. Cette farine additionnée, est utilisée comme toute autre farine, elle possède une odeur agréable (Uphof, 1959). Les feuilles sont utilisées pour la préparation de thé ou des salades et les fleurs pour l'aromatisation des sirops et les desserts (Uphof, 1959; Lust, 1983 ; Kunkel, 1984).

- **Utilisations médicinales :** *Crataegus monogyna* Jacq est reconnue pour ses propriétés tonocardiaques. Son mode d'action est toujours à l'étude, mais il semblerait qu'elle favorise la circulation coronaire, réduisant donc le risque de crise cardiovasculaire en agissant comme régulatrice de la tension artérielle (Ody, 1994). L'écorce est fébrifuge et les feuilles sont astringentes et anti-diarrhéique. Les fleurs constituent la partie la plus importante pour l'usage thérapeutique, car elles ont des propriétés toniques pour le cœur. Elles sont antispasmodiques et légèrement hypnotique. Les fruits sont astringents, anti-diarrhéiques et antiscorbutiques (Poletti, 1987). Les extraits aqueux et éthyliques des fruits ont plusieurs effets favorables sur la fonction cardiaque : ils améliorent spécialement la circulation sanguine du cœur, et donc l'oxygénation de cet organe, surtout lorsqu'il est affaibli (Urbonaviciuté *et al.*, 2006). Les flavonoïdes et les procyanidines contenus dans les fruits d'aubépine monogyne ont un effet antioxydant très connu (Bahorun, 1997 ; Urbonaviciuté *et al.*, 2006). Les extraits méthanoliques du *Crataegus monogyna* Jacq. ont des effets bénéfiques sur la migraine et les maux de tête (Bahorun, 1997).

1-3 - *Crataegus azarolus* L.

1-3-1- Etymologie: Son nom vient du grec « Kratos » qui signifie dur, faisant référence à son bois dur de couleur beige rosé (Beloued, 1998 ; Couplan, 2000). Son nom commun Azerolier vient de l'espagnol

« acerola » qui désigne le fruit, ce mot a une origine arabe « az-zou'roûr ou az-zucur » (Beloued, 1998). Ceux sont donc probablement les arabes qui introduisirent l'Azerolier en Afrique du Nord, puis en Espagne, d'où le nom « Epine d'Espagne » (Broosse, 2000).

1-3-2- Historique et origine :

L'azerolier est originaire de l'Europe tempérée, de l'Asie Mineure et de l'Asie du Sud Est et d'Amérique du Nord. Il n'aurait fait son apparition à Rome que pendant le règne d'Auguste. En France, il est rencontré près du littoral méditerranéen et en Corse. Il est souvent cultivé pour ses fruits et son aspect décoratif (Gloaguen, 1982 ; Poletti, 1987 ; Brosse, 2000).

L'azerolier est un Arbuste ou arbrisseau (4-6m), plus rarement petit arbre (jusqu'à 12m), très épineux. Son écorce lisse est de couleur gris clair. Ses feuilles caduques, alternes sont divisées en 3 à 5 lobes entiers ou peu dentés, de couleur verte blanchâtre en dessous. Ses fleurs sont blanches roses en inflorescences denses. Ses fruits assez gros, (1,5 à 2cm de diamètre) appelés azeroles sont de couleur jaunâtre à maturité (Figure n°3). Leur saveur est très fade, à goût acidulé et agréable.

Ces fruits sont caractérisés par la présence de deux noyaux (Gloaguen, 1982 ; Bellini et Giordani, 1998 ; Belouad, 2005). Ils mûrissent en Septembre Octobre (Boussard et Cuisance, 1984). L'azerolier préfère les climats chauds, les positions ensoleillées, les sols neutres, bien drainés sans excès d'argile (Bellini et Giordani, 1998). Selon Milouane (2000) cet arbre peut se développer sur des sols alcalins voir calcaires et tolère la pollution atmosphérique.



Figure 3: Représentation des feuilles et fruits de *Crataegus azarolus* L.

1987). Selon Messailli (1995) l'azerolier est classé comme suit :

Embranchement :	<i>Spermaphytes</i>
Sous-embranchement :	<i>Angiospermes</i>
Classe :	<i>Dicotylédones</i>
Sous-classe :	<i>Dialypétales</i>
Série :	<i>Calciflores</i>
Ordre :	<i>Rosales</i>
Famille :	<i>Rosacées</i>
Tribu	<i>Rosacées spontanées en Algér</i>
Genre :	<i>Crataegus</i>
Espèce :	<i>Crataegus azarolus L.</i>

1-3-3- Répartition de *Crataegus azarolus L.* dans le monde et en Algérie:

Le genre "*Crataegus*" comprend plus de 600 espèces des régions tempérées froides de l'hémisphère Nord : Europe, Asie et surtout l'Amérique du Nord. Cette espèce s'installe au bord des ruisseaux, des fosses et des forêts humides et en bordure des chemins de toutes les régions tempérées d'Europe, de l'Asie occidentale et de l'Afrique du Nord. L'azerolier est cultivé en région méditerranéenne (Brosse, 2000 ; Grieve, 2003).

En Algérie, l'azerolier est localisé dans le Nord surtout à l'Est, connue sous le nom "*Zaaroura*" d'une façon spontanée et parfois plantée en haies ou en clôture dans les jardins en zones rurales (Quezel et Santa., 1962).

1-3-4- Composition biochimique du fruit de *Crataegus azarolus L.* : La composition biochimique du fruit de *Crataegus azarolus L.* est donnée dans le tableau N°3 :

Tableau 3 :La composition biochimique de la partie comestible de
*Crataegus azarolus*L. (Ozcan et al., 2005 ; Koyuncu et al., 2007)

Fraction	Teneur
Teneur en eau %	64,2
Sucres totaux %	15,9
Protéine %	0,95
Acidité totale mg/100g	1,38
Vitamine C mg/100g	27,58

La partie comestible du fruit est composée de 15,9 g de sucre, 0,95 g de protéines et 1,38 mg d'acidité totale dont l'acide caféique, malique, tartrique et citrique. La pulpe est aussi très riche en vitamine C avec une teneur de 27,58 mg (Koyuncu *et al.*, 2007). Selon Vivar-Vera *et al.* (2007) la pulpe de l'azerole est assez riche en pectine, en carotène et sels minéraux ; Calcium, Phosphore et Fer.

Hadjimitsi et Zabetakis (2005) ont montré que la pulpe des "azeroles" contient quarante quatre composés volatils dont les plus importants sont caractérisés par les aldéhydes aliphatiques et aromatiques, les cétones, les alcools, les monoterpènes et les terpènes. Les procyanidines représentent 0,2% de la matière sèche (Svedstrom *et al.*, 2002). Les extraits aqueux des azeroles sont très riches en flavonoïdes (Skerget *et al.*, 2005 ; Chang *et al.*, 2006).

I-3-5- Les différentes utilisations de *Crataegus azarolus* L.:

Utilisations alimentaires : Les jeunes feuilles et les fleurs d'azerolier peuvent être consommées crus ou cuit, alors que ses fruits se consomment frais ou séchés, en confiture, en marmelade ou en sirop (Aymonin, 1993 ; Koyuncu *et al.*, 2007).

Utilisations médicinales : Depuis longtemps, apprécié par leur astringence, l'aubépine permet de réduire les diarrhées et les maux du cycle menstruel et d'assouplir la peau. De plus ses remarquables propriétés tonocardiaques avaient été reconnues (Ody, 1995). Ils ont aussi des propriétés diurétiques (Ozcan et al.,

2005). Les fleurs ont un effet sur la régulation des rythmes cardiaques et de la circulation sanguine, tonifient le muscle cardiaque, calment le système nerveux et le système sympathique, combattent l'hypertension artérielle, agissent sur l'insomnie, les problèmes de respiration, et de l'angoisse (Polletti., 1987 ; Foster et Duke., 1990 ; Belouad., 2005). Les feuilles sont employées pour leur propriété tonicardiaque, anti-diarrhéique. Elles soignent le cancer, le diabète et la faiblesse sexuelle (Ljubuneie *et al.*, 2005). Les fruits sont utilisés pour le traitement des maladies cardiovasculaires et l'athérosclérose du fait qu'ils possèdent un potentiel cardiotonique (Viereling *et al.*, 2003 ; Ozcan *et al.*, 2005). Les travaux de Zhang *et al.*, (2002) ont permis de démontrer que les extraits aqueux et éthanoliques de *Crataegus azarolus* L. diminuent le taux de cholestérol dans le sang. Des propriétés antioxydantes et antimicrobiennes très liées à la concentration et flavonoïdes et en composés phénoliques ont été observées par (Bahri-Sahloul, et al 2014).

- **Autres utilisations :** En Grèce et Rome ancienne, on trouve l'aubépine aux mariages et dans les suites nuptiales pour assurer le bonheur et la prospérité au nouveau couple (Brosse, 2000). Les fleurs sont considérées comme source nourricière pour les abeilles, en période de floraison. L'azerolier est un arbre d'alignement ou de clôture, utilisé comme des haies défensives autour des prairies, ses branches armées d'épine interdisant l'accès au bétail. Il est considéré aussi comme arbuste d'ornement, un plant de reboisement et de lutte contre l'érosion (Corbin *et al.*, 1992). Selon Bretaudeau et Fauré (1992) l'azerolier est utilisé comme porte greffé pour le néflier. Son bois sert au chauffage et à la fabrication de meuble.

1-4- *Elaeagnus angustifolia* L.

1-4-1- Etymologie : Du Grec *Elaea* (olive) et *agnos* c'est un nom grec qui signifie « gattilier commun » *angustifolia* : à feuille étroite (Jacamon, 1992).. Au XVII^e siècle cet essence, a été appelé (arbre d'argent) ou (arbre de paradis) pour ses qualités ornementales, il a été planté souvent dans les parcs et les jardins. Chalef vient de (Khillaf) qui désigne un saule en arabe ; en effet les feuilles du chalef ont la forme de celle de certaines espèces de saules (Baba Aissa, 1999 ; Brosse, 2000).

Elaeagnus : nom de genre du chalef ou de l'Olivier de Bohème "*Elaeagnus angustifolia* L." (Jacamon, 1992).

1-4-2- Historique et origine :

L'*Elaeagnus* est originaire du sud de l'Europe au centre de l'Asie, Himalaya et Chine. Au début du XX^{ème} siècle, sa culture fut étendue, aux Etats-Unis. Actuellement, on le rencontre dans 17 états dans l'Ouest des Etats-Unis, bordées de l'Est par Dakota, Nebraska, Kansas, Oklahoma et Texas, et a connu une expansion de l'Ouest vers le littoral du pacifique. C'est une espèce considérée comme envahissante au Etats-Unis d'Amérique (Szafoni,1994) Pendant les années 40, il a été favorisé comme une excellente espèce brises vents, et contre l'érosion (Mark et al., 2002).

Selon Somon (1985) l'Olivier de Bohème est cultivé en Algérie comme ornement aux bords des routes et comme haies vives des fermes. Les chalefs se reconnaissent aisément par leurs rameaux et leurs feuilles abondamment recouvertes de lépidotes, c'est-à-dire d'écailles argentées ou brunes, qui donnent à ces organes un éclat particulier (Cuisance, 1981 ; Aymonin, 1993). L'Olivier de Bohème est un petit arbre de 3 à 10m de hauteur, avec une couronne argentée, décoratif par ses feuilles allongées comme celle du saule vert argenté. Ses fleurs odorantes fleurissent en Mai, suivies de petits fruits comestibles (Figure n^{o4}) (Bourad,1992 ; Dzhangaliev *et al.*, 2003). Il se caractérise par une croissance très rapide (Edward et Denis., 1993).

Les fruits de l'Olivier de Bohème sont de petites drupes ovoïdes, écailleuses, ressemblant à de petites olives, jaune rougeâtre. Ils ont une saveur douceâtre et sucrée. Ils mûrissent en Juillet et Août (Dzhangaliev *et al.*, 2003). L'Olivier de Bohème, se compose de 40 espèces dans le monde entier (Brosse 2000).



Figure 4 :Représentation de la fleur et du fruit d'*Elaeagnus angustifolia* L.

Du point de vue botanique l'Olivier de bohême peut être classé selon Guignard (1998) comme suit :

Embranchement :	<i>Spermaphytes</i>
Sous-embranchement :	<i>Angiospermes</i>
Classe :	<i>Dicotylédones</i>
Sous-classe :	<i>Rosidae</i>
Série :	<i>Calciflores</i>
Ordre :	<i>Elaeagnales</i>
Famille :	<i>Elaeagnacées</i>
Genre :	<i>Elaeagnus</i>
Espèce :	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.

L'Olivier de Bohême est remarquable par sa grande résistance à la sécheresse (Friedman *et al.*, 2005 ; Zhao *et al.*, 2007), mais souffre parfois des froids hivernaux (Rol, 1965). C'est un arbuste très vigoureux (Katz et Shafroth, 2003 ; Gong *et al.*, 2006), rustique et s'adapte aux multiples sols (Wang *et al.*, 2006). L'Olivier de Bohême exige la lumière et tolère la salinité du sol (Zhang et Zhao., 1996).

1-4-3- Répartition d'*Elaeagnus angustifolia* L. dans le monde et en Algérie:

Selon Brosse (2000) cette espèce se développe dans les latitudes tempérées. Elle est distribuée en Asie (Japon, Chine), en Amérique du Nord (Etats-Unis) et dans le bassin méditerranéen. Elle est aussi subspontanée dans tout le sud de l'Europe. L'Olivier de Bohème se localise en Algérie surtout dans les hauts plateaux. Il a été introduit et planté à différents endroits, de l'Est à l'Ouest du pays.

1-4-4- Composition biochimique du fruit d'*Elaeagnus angustifolia* L.:

- **Composition de la pulpe :** La composition de la pulpe en sucres simples selon des travaux antérieurs est résumée dans le tableau 4

Tableau 4: Composition biochimique (sucres solubles) du fruit d'*Elaeagnus angustifolia*L. (Ayaz *et al.*, 1999)

Sucres	Poids sec %
Fructose	22,7 ± 1,28
Glucose	22,3 ± 1,13

Les fruits d'*Elaeagnus angustifolia* L. renferment au moins 50% d'hydrates de carbone, constitués en grande majorité par du glucose et du fructose. De plus, ils sont riches en potassium, phosphore, vitamine C (Dzhangaliev *et al.*, 2003), vitamine E et proline (Liu, 2006). Ils sont considérés comme source de flavonoïdes tel que la Chryisine qui a un effet cardiotonique (Nikolaeva *et al.*, 1971 ; Dembinska *et al.*, 1973) et d'acides gras essentiels (Matthews, 1994).

Des études phytochimiques indiquent que l'extrait aqueux du fruit d'"*Elaeagnus angustifolia* L." contient certains flavonoïdes, terpenoïdes et des substances cardiotoniques (Ahmadiani *et al.*, 2000).

- **Composition de l'amande :** Les amandes du fruit de l'Olivier de Bohème contiennent 3,7% d'huile (Dzhangaliev *et al.*, 2003). Elle est très riche en acide linoléique, acide

palmitique, en plus de la présence des phospholipides et des glycolipides (Goncharova et Glushenkova, 1990 ; Goncharova *et al.*, 1993).

1-4-5- Les différentes utilisations d'*Elaeagnus angustifolia* L.:

- Utilisations alimentaires :

Les fruits sont consommés crus en Orient (Somon, 1985) et comme apéritifs durant l'hiver en Turquie (Ayaz *et al.*, 1999). Ils entrent dans la préparation de différents assaisonnements au Kazakhstan (Dzhangaliev *et al.*, 2003). Selon Facciola (1990) les fruits peuvent être transformés en farine, gelée et en jus. Polleti (1987) a confirmé que les fleurs sont employées pour l'amélioration du vin, l'écorce est laissée parfois macérer dans le vin qui devenait ainsi eupeptique, tonique et stimulant de la digestion. Le lavage des récipients avec des faisceaux des feuilles de *Elaeagnus* avant la fermentation du raisin permet l'aromatisation du vin. Les feuilles sont l'un des onze composés du mélange Zehraa, un thé servi en Syrie, à domicile, aux restaurants ou aux cafés de Damas ; une boisson chaude bue après les repas, pour calmer les douleurs du tube digestif (Caromona *et al.*, 2005). La farine des fruits peuvent être utilisée pour l'amélioration de la texture et donne un arôme agréable au crèmes glacées (Çakmakçı, *et al.* 2015).

- Utilisations médicinales :

Jusqu'à ce jour, les différentes espèces de la famille *Elaeagnacées* ont prouvé des utilisations médicinales importantes ; certaines ont été employées contre la dysenterie amibienne (Perry, 1980) ; d'autres sont classées comme des agents antibactériens (Nishino *et al.*, 1987). L'écorce était considérée comme un excellent fébrifuge. Les feuilles sont employées pour leurs propriétés sédatives et antispasmodiques contre l'insomnie, la toux et l'angoisse (Polletti, 1987). Les fleurs de cette plante sont bien connues par leur utilisation en tant que diurétiques et antipyrétiques (Chopra *et al.*, 1986 ; Ayaz *et al.*, 1999). Elles sont conseillées pour les nausées, les vomissements, l'ictère, l'asthme et les flatulences (Mirhydar., 1998). Elles sont utilisées traditionnellement contre le tétanos. Les fruits d'*Elaeagnus angustifolia* L. sont employés depuis longtemps dans la médecine iranienne traditionnelle comme agent analgésique (Perry, 1980 ; Zargari 1990).

Les graines d'*Elaeagnus angustifolia* exercent une activité décontractante sur les muscles (Hosseinzadeh *et al.*, 2003). Elles ont des activités anti-inflammatoires (Razek *et al.*, 1999 ; Hosseinzadeh et Taheri, 2000 ; Kamalinejad *et al.*, 2000 ; Ramezani *et al.*, 2001). Les affections bronchiques peuvent être traitées par l'huile extraite des graines (Chopra *et al.*, 1986. Elle possède aussi un effet curatif sur les brûlures cutanées, l'eczéma et les dermatites du fait de sa richesse en acide palmitoléique (AAC, 2003).

- **Autres utilisations :**

Le bois d'*Elaeagnus* est très utilisé pour le chauffage et il est considéré comme un excellent carburant (Gamble, 1972 ; Wenyuan, 1998). Il est également utilisé pour la construction des poteaux, des faisceaux et en sculpture (Genders, 1994). Les huiles essentielles extraites des fleurs sont employées en parfumerie (Diallo *et al.*, 2004). En Chine, les feuilles sont utilisées largement comme une réserve fourragère d'appoint vu leurs richesses en protéines, et en lipides (Wenyuan, 1998).

1-5- *Zizyphus lotus* L

1-5-1- Etymologie : Le jujubier, de l'arabe *Zizouf* (Belaoued, 1998). Le nom latin du jujubier est *Zizyphus* : désignant l'arbre et son fruit (Couplan, 2000). *lotus* : désigne des plantes de la famille des légumineuses.

Noms Français : Jujubier des Lotophages, Jujubier de Berbérie, Jujubier sauvage.

Noms Arabes : Zizouf, Unnab, Sedra, N'beg, Djerdjer, ou Azar.

Noms Anglais: Wild jujube, lote jujube.

1-5-2- Historique et origine :

Le jujubier est originaire de la Chine septentrionale. Aujourd'hui, il est répandu en Algérie, Tunisie, en Espagne, dans le sud de l'Italie et dans le midi de l'Europe. En France, on le cultive surtout dans la Provence et le Languedoc (Catoire *et al.*, 1999). Cette espèce est d'origine méditerranéenne. C'est un arbuste très épineux, parfois petit arbre. Les feuilles alternes sont luisantes, de couleur verte crue. Elles s'accompagnent de stipules épineuses par deux, l'une droite, l'autre en crochet. De très petites fleurs, jaune soutenu, poussent en grappes à la base

des feuilles et donnent des fruits. Le fruit est une drupe ovoïde, lisse, d'une belle couleur rouge à la maturité, ayant la forme et les dimensions d'une belle olive, à pulpe blanche jaunâtre, un peu glutineuse, à saveur douce et fade. Les jujubes mûrissent à l'automne et se vendent sur les marchés du midi de l'Europe (Catoire *et al.*, 1999). Son noyau est soudé en une seule masse et il contient 2 graines (Ozenda ,1977; Ghost et Lysias, 2007). Pour la position taxonomique, le jujubier est classé Selon Jacamon (1992), comme suit :

Embranchement :	Spermaphytes
Sous-embranchement :	Angiospermes
Classe :	Dicotylédones
Sous-classe :	Rosidae
Ordre :	Rhamnales
Famille :	Rhamnacées
Genre :	<i>Zizyphus</i>
Espèce :	<i>Zizyphus lotus</i> L.

Le genre "*Zizyphus*" renferme environ 50 espèces. Il est peu exigeant, cet arbrisseau a une croissance très lente, c'est son principal inconvénient et son rendement est donc tardif. Pour accélérer sa croissance, il est nécessaire d'améliorer le sol. Le Jujubier résiste bien à la sécheresse (Catoire et al., 1999).



Figure 5 : Feuilles et fruits du "*Zizyphus lotus* L."

1-5-3-Répartition de *Zizuphus lotus* L. dans le monde et en Algérie:

Selon Baba Aissa (1999), le "*Zizuphus lotus* L."est une espèce méditerranéenne et subtropicale. Cette espèce est spontanée dans le Sud de L'Espagne et du Portugal, en Sicile, en Grèce et surtout en Afrique du Nord (Catoire et al., 1999 ; Brosse, 2000). Il se rencontre dans les steppes semi-désertiques d'Afrique du Nord : Il s'étale sur tout le nord du Maghreb Arabe (Maroc, Algérie, Tunisie, Libye) et en Asie (Dillemann et Paris., 1960). Il est présent Au Sahara central, la sous-espèce *saharae* pousse dans les oueds rocailleux et s'accroche jusqu'aux falaises Belouad, 2005.

Tableau 5: Caractéristiques de quelques espèces voisines au "*Zizyphus lotus* L." (FAO, 1988 ; Edward., 1996).

Espèce	Nom commun	Origine	Caractéristiques
			Feuilles : ovales à elliptiques finement dentées.
<i>Zizyphus spina</i>	Epine de	Sahel du Sénégal	Fleurs : verte jaunâtre.
<i>-christi</i>	Christ	Moyen Orient	Fruits : jaune à rouge, globuleux jusqu'à 15 mm de diamètre, comestibles.
			Feuilles : caduques, ovales, mesurant de 2.5-5 cm et de couleur vert foncé.
<i>Zizyphus jujuba</i>	Dattier chinois, Chichourlier	Chine	Fleurs : disposées en grappes et apparaissent en fin de printemps et en début d'été. Fruits : ovales ou ronds de couleur jaune, puis rouges brique à pleine maturité, 5 cm de longueur et comestibles.
			Feuilles: caduques, persistantes, vernissées, alternes et légèrement dentées.
<i>Zizyphus mauritania</i>	Jujubier tropical, Pomme-surette	Afghanistan, Australie Chine	Fleurs : petites, jaunes à jaunes verdâtre et à 5 pétales. Fruits : drupe à aspect de petite pomme, de forme ovoïde à sphérique.

1-5-4- Composition biochimique du fruit de *Zizyphus lotus* L.:

La pulpe de *Zizyphus lotus* L. est très riche en substances nutritives, composée de 12,8 à 13,6% de carbohydrates dont : 5,6% de saccharose, 1,5% de glucose, 2,1% de fructose et 1% d'amidon (Jawanda *et al.*, 1981). La pectine extraite de la pulpe contient du D-Galactose, 2,3, 6 Tri-o-acétyl, Ce qui lui confère des propriétés anti-diarrhéiques et permet d'abaisser le taux de cholestérol du plasma (Tomoda *et al.*, 1985).

Tableau 6 : Composition biochimique (sucres) du fruit de *Zizyphus lotus* L.(Jawanda *et al.*, 1981).

Fraction	Teneur %
Carbohydrates	12,8 à 13,6
Saccharose	5,6
Glucose	1,5
Fructose	2,1
Amidon	1

On retrouve dans la pulpe Les acides aminés suivants : asparagine, arginine, acide glutamique, acide aspartique, glycine, sérine et thréonine (Bal, 1981). Elle constitue une source importante de vitamine C et de vitamine A (Bal *et al.*, 1978 ; Bal, 1981).Les fruits secs contiennent plusieurs substances volatiles responsables de la saveur spécifique du fruit : soixante dix-huit composés sont identifiés, parmi eux l'acide caprique (19,98%), l'acide succinique et l'acide malique (15,64%) (Ahmedov et Halmatov, 1969). Les fruits contiennent également des polyphénols et de la rutine (Kriventsov et Karakhanova, 1970). Le péricarpe et les graines sont caractérisés par la présence des phospholipides, et une prédominance de l'acide palmitoléique dans l'huile extraite (Goncharova *et al.*, 1990). Les amandes du "*Zizyphus lotus* L." sont très riches en protéines soufrées (Nour *et al.*, 1987).

Elles contiennent également des saponines qui ont des valeurs médicinales, et des alcaloïdes cyclopéptidiques qui sont utilisés en médecine chinoise en tant que substances sédatives (Ghedira *et al.*, 1995).

1-5-5- Les différentes utilisations de *Zizyphus lotus* L.:

- Utilisations alimentaires :

Les jujubes se consomment de différentes manières. Ils sont consommés comme aliment frais, conservés, secs, ou utilisés en confiserie et pâtisserie, et leur jus peut être utilisé pour la préparation de boissons rafraîchissantes (Lahlou, 2002).

En Inde, les fruits mûrs sont utilisés pour la préparation des produits secs semblables à ceux de la datte sèche. Ils sont consommés en hiver comme dessert (Parrek, 2001). Le miel issu du butinage de ses fleurs est un miel de haute qualité nutritive agréable et médicinale (Ghazanfar, 1994). Le fruit de *Zizyphus lotus* L. est aussi utilisé pour la confection du pain appelé Oufers chez les Touaregs. En Chine, ce fruit est très utilisé pour la fabrication du vin, consommé glacé ou avec du thé (Ghost et Lysias, 2007).

- Utilisations médicinales :

Les espèces du genre "*Zizyphus*" sont employées largement en médecine traditionnelle pour le traitement de diverses maladies tels que : les troubles digestifs, la faiblesse, les problèmes du foie, l'obésité, les infections urinaires, le diabète, les infections de la peau, la fièvre, la diarrhée et l'insomnie (Kirtikar et Basu, 1984 ; Han et Park, 1986).

Des études ont démontré, la présence de six alcaloïdes cyclopéptidiques et quatre saponines dans les racines de cette espèce ce qui lui a donné une activité antibactérienne (Ghedira *et al.*, 1995).

Les racines sont utilisées pour traiter les maladies pulmonaires (considérées comme broncho-dilatateur), le rhumatisme, l'arthrite, ainsi qu'elles sont considérées comme fébrifuges et cicatrisantes. (Hutchens, 1973 ; Ghost et Lysias, 2007).

Les feuilles ont des effets hypoglycémiques, ainsi qu'une activité antiseptique et désinfectante (Epfrain *et al.*, 1998 ; Abdel-Zaher *et al.*, 2005).

L'infusion des fleurs est utilisée comme un fébrifuge et un désinfectant pour les yeux (Sudhersan et Hussain, 2003). Un effet immunodépresseur a été observé chez les cellules T humaine sous l'action de l'extrait des polyphénols (Abdoul-Azize *et al.*, 2013).

Les fruits du jujubier ont divers effets à savoir : anti-âge et anti-tumoraux (Perdue et Hartwell, 1976 ; Houghton *et al.*, 2004 ; Ghost et Lysias, 2007), des effets sur le système cardiaque en augmentant la capacité d'oxygénation des sujets et empêcher l'arythmie cardiaque (Ghost et Lysias, 2007), des effets anti-diarrhéiques et anti-ulcérogéniques (Adzu *et al.*, 2002 ; Wahida *et al.*, 2007), des effets anti-bactériens (Ali *et al.*, 2001) et antifongiques suite a la présence des alcaloïdes cyclopéptidiques (Renault *et al.*, 1997 ; Lahlou *et al.*, 2002), et des effets antidiabétiques (Glombitza *et al.*, 1994 ; Le Crouéour *et al.*, 2002).

- **Autres utilisations :**

Les rameaux secs et épineux du jujubier sont utilisé pour former des clôtures défensives (Adzu *et al.*, 2002). Les feuilles sont employées largement comme une réserve fourragère d'appoint pour les chameaux et les chèvres (Tripathi *et al.*, 2004). C'est la seule espèce ligneuse spontanée qu'on rencontre aux limites Nord du désert. En Afrique, le bois du jujubier est utilisé pour la sculpture et la menuiserie (Epfrain *et al.*, 1998).

Deuxième partie

Etude expérimentale

Chapitre I

Matériel et méthodes

1- identification des échantillons et caractérisation physique.

Le travail expérimental comporte deux phases. Lors d'une première phase, nous nous sommes intéressés à la détermination des paramètres physiques des fruits, poids, mensuration, teneur en eau en matière sèche et en énergie. Dans la seconde phase, phase analytique, nous avons étudiés les différentes fractions biochimiques à savoir les glucides, les lipides, les protéines, vitamines et éléments minéraux.

1-1-Le matériel végétal

Après la récolte détermination de la teneur en eau et les mesure des différents paramètres physiques ont été réalisés, ensuite les fruits ont été immédiatement conservés dans un congélateur pour les analyses qui vont suivre.

Tableau 7 : Provenance des échantillons de fruit

Espèce	Provenance	Période de récolte
<i>Celtis australis</i> L.	Batna	Novembre
<i>Crataegus azarolus</i> L.	Aïn touta	Octobre
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	N'gaous	Octobre
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	Tazoult	Septembre
<i>Zizyphus lotus</i> L.	El Mader	Septembre

L'identification de ces espèces a été réalisée en collaboration avec des enseignants de la section des sciences forestières et de la section de production végétale au niveau du département d'Agronomie de Batna et en se basant sur l'Atlas de la flore de l'Afrique du Nord. Les figures 6-7 -8-9 et 10 montrent des représentations des fruits entiers, de la pulpe, des noyaux et des amandes pour chaque espèce.

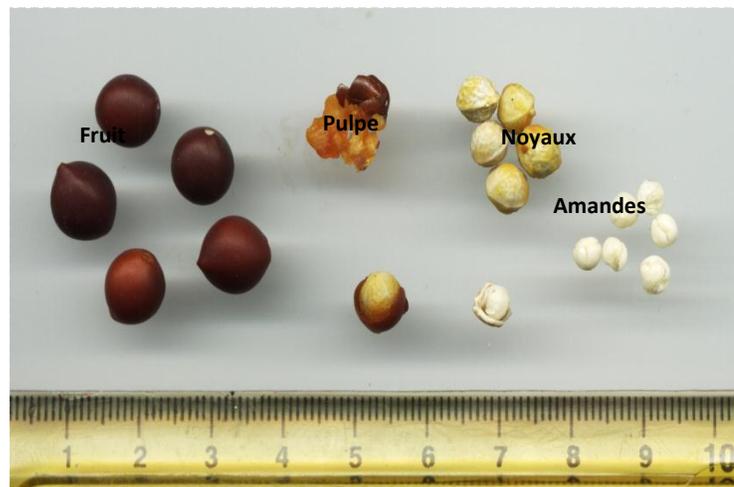


Figure 6 : Représentation des parties du fruit de *Celtis australis* L.

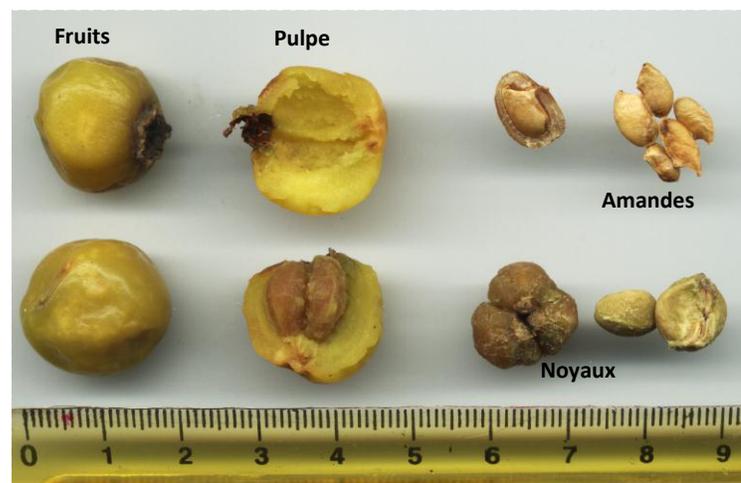


Figure N°7 : Représentation des parties du fruit de *Crataegus azarolus* L.

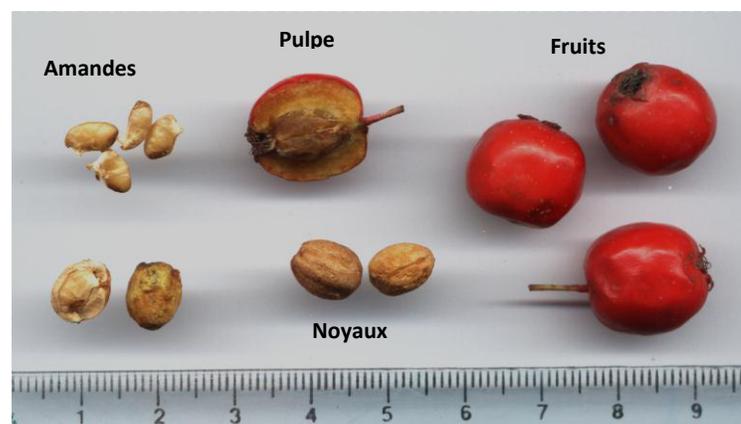


Figure 8: Représentation des parties du fruit de *Crataegus monogyna* Jacq.

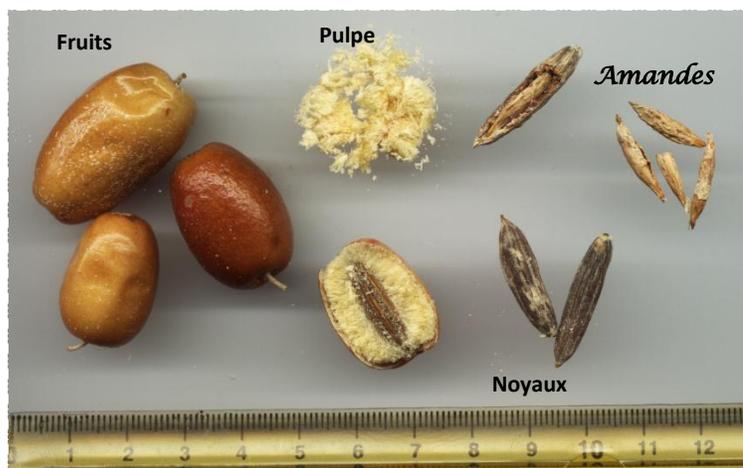


Figure 9: Représentation des parties du fruit de *Elaeagnus angustifolia* L.

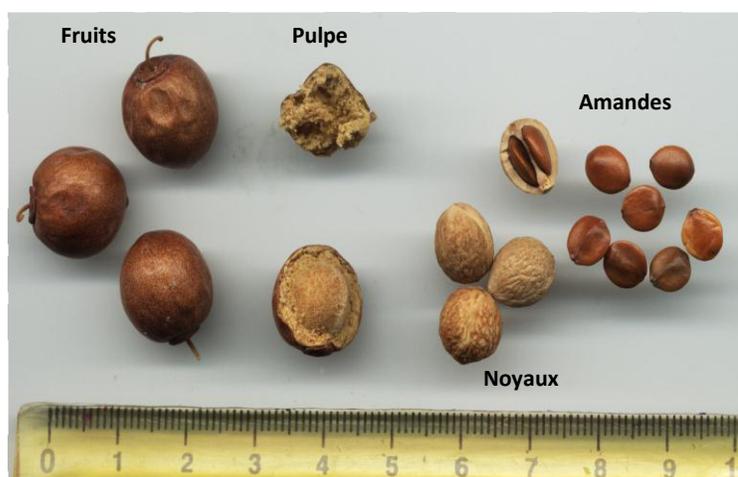


Figure 10 : Représentation des parties du fruit de *Zizyphus lotus* L.

1.2- Détermination des paramètres physiques

1-2-1- Les pesées Les paramètres suivants ont été évalués, les poids des fruits, des pulpes, des noyaux et des amandes ont été déterminés par une balance à précision de type SARTORIUS ; après avoir pesé les fruits entiers, les noyaux et les amandes ont été séparés des pulpes manuellement, les amandes des noyaux avec un maillet, pour obtenir les poids de ces différentes parties séparément. Le rapport pulpe/fruit et le rapport amande/noyau ont été calculés.

1-2-2- Les mensurations

Les mesures des différentes sections des fruits entiers, de l'épaisseur de la partie comestible, du noyau ainsi que de l'amande ont été déterminées à l'aide d'un pied à coulisse électronique.

1-2-3- La teneur en eau

La dessiccation du produit est obtenue à une température de 103 ± 2 °C dans une étuve ventilée, jusqu'à une masse constante. La teneur en eau est égale à la perte de masse (Audigié *et al.*, 1978). Des capsules en verre, préalablement séchées à l'étuve pendant 45 mn et pesées dans une balance à précision, type : SARTORIUS à vide. Contenant ensuite près de 5 g d'échantillon elles sont placées dans une étuve, type : HERAEUS à 103 ± 2 °C pendant 4 heures. Les capsules sont refroidies dans un dessiccateur et la pesée de chacune d'elles est réalisée. L'opération est répétée jusqu'à l'obtention d'un poids constant. La déshydratation nous permet de déterminer la matière sèche des pulpes et des amandes pour chaque espèce on a appliqué la formule suivante :

$$H\% = \frac{P_3 - P_1}{P_2 - P_1} \times 100$$

Où H % : Humidité de l'échantillon. P_1 : Poids de la capsule vide en (g). P_2 : Poids de la capsule plus le poids de la prise d'essai (g). P_3 : Poids de la capsule avec l'échantillon séché (g). La teneur en matière sèche est calculée en éliminant la teneur en eau du poids frais de l'échantillon et correspond donc à :

$$MS\% = 100 - H\%$$

Où MS % : Matière sèche de l'échantillon. H% : Humidité de l'échantillon.

1-2-4-Détermination du potentiel énergétique

L'échantillon, représenté par la partie comestible ou l'amande est séché puis broyé finement. Une quantité d'un gramme de poudre est prélevée, elle est introduite dans une pastilleuse qui permet par

compression d'obtenir l'échantillon sous la forme d'une pastille qui sera introduite dans le calorimètre adiabatique IKA WERK 5003. A la fin de l'analyse, le calorimètre affiche la quantité d'énergie de l'échantillon en Cal/g.

2-Etude de fraction glucidique

Dans cette partie nous avons déterminé, les sucres solubles les sucres réducteurs, les sucres non réducteurs, la cellulose, la pectine de la pulpe et de l'amande des fruits de (*Celtis australis*, *Crataegus azarolus*, *Crataegus monogyna*, *Elaeagnus angustifolia* et *Zizyphus lotus*), nous avons aussi essayé de déterminer la nature des sucres solubles par une analyse qualitative des sucres par chromatographie sur couche mince.

2-1-Détermination du taux des sucres solubles :

C'est une méthode qui repose sur les propriétés chimiques spécifiques des oses. Elle consiste en une déshydratation des groupements hydroxyles à chaud dans un milieu acide conduisant à la formation des furfurals sans distinction entre aldose et cétooses et des molécules d'eau (Adrian et al, 1981). Mettre 2 g d'échantillon, la poudre de la pulpe du fruit ou la poudre des amandes, dans 50 ml d'eau distillée, agiter à l'aide d'un extracteur broyeur type : IKA-WERK pendant 15 min ; Prélever 2 ml de l'extrait de la solution, ajouter 0.1 ml de phénol à 80% et 3 ml d'acide sulfurique concentré. Laisser reposer pendant 10 min. puis homogénéiser le tout légèrement. Après refroidissement, faire la lecture dans un spectrophotomètre type : BECKMAN Model 34 à une longueur d'onde de 490 nm. Les résultats sont obtenus selon la formule suivante:

$$S\% = \frac{X.V.D}{P.10}$$

S% : taux de sucre soluble en %. **X** : valeur déterminée à partir de la courbe standard. **D** : nombre de dilution. **V** : volume de la solution analysée. **P** : poids de la prise d'essai.

2-2- Dosage des sucres réducteurs :

C'est une méthode titrimétrique fondée sur les propriétés réductrices des oses vis-à-vis des ions Cu^{2+} de la liqueur de Fehling en milieu basique et à l'ébullition. Elle est basée sur la détermination du volume de solution de glucose à doser, nécessaire pour réduire en totalité une prise d'essai de solution cupro-alcaline (liqueur de Fehling) (Audigié *et al*, 1984). Elle consiste à mettre le mélange des solutions la liqueur de Fehling A et B à ébullition, puis verser goutte à goutte le filtrat de l'échantillon contenu dans la burette graduée jusqu'à la décoloration complète et la formation d'un précipité rouge brique de Cu_2O . Le pourcentage des sucres réducteurs est calculé par la relation suivante :

$$\text{Sucres réducteurs \%} = \frac{X \cdot 100}{P}$$

X : la concentration. **P** : poids de prise d'essai.

2-3- Détermination de la teneur en saccharose :

La teneur en saccharose est obtenue par la différence entre la teneur en sucres solubles et les sucres réducteurs dans l'échantillon.

$$\% \text{ Saccharose} = \% \text{ sucres solubles} - \% \text{ sucres réducteurs}$$

2-4- Détermination de la cellulose brute :

Le dosage selon Van Soest et Wine, (1967), de la cellulose dans un matériel végétal reste une opération délicate. Les procédés sont fondés sur l'élimination, par des procédés chimiques convenables, des substances qui sont associées à la cellulose. C'est une méthode normalisée ISO-AFNOR (NF-V-03-040, 1977).

$$\text{Cellulose brute\%} = \frac{W1 - W2}{W0} \times 100$$

W1 : la masse après l'étuvage. W2 : la masse après l'incinération. W0 : la masse de la prise d'essai.

2-5- Dosage des pectines :

L'extraction des pectines de l'échantillon est habituellement effectuée par le traitement acide à pH (1,5-3) et à une température élevée (70 à 90 °C), en utilisant l'acide chlorhydrique. Cette étape permet l'extraction et la solubilisation des pectines des tissus végétaux. Le précipité obtenu est lavé avec de l'alcool, filtré pour enlever les impuretés solubles, et finalement séché et pesé. La matière solide obtenue est pesée après séchage à l'étuve.

$$\text{Pectine en \%} = \frac{M}{P} \times 100$$

M: Poids de l'extrait sec obtenu. P : Poids de la prise d'essai

2-6- Identification des sucres solubles par chromatographie sur couche mince (CCM)

La chromatographie sur couche mince, est une technique de séparation composée de deux phases, une phase stationnaire et une phase mobile. La phase mobile est un mélange de plusieurs solvants, et la phase stationnaire est une plaque de gel de silice étalée en couche mince uniforme sur un support de plastique. Les constituants de l'échantillon déposés ponctuellement sur la phase stationnaire vont être entraînés par la phase mobile qui monte par capillarité vers le haut de la plaque. Ils sont identifiés par comparaison à l'élution simultanée de témoins (Multon, 1991). La phase mobile : Méthyl éthyl cétone

3v. Acide acétique 1v. Méthanol 1v. Les solutions témoins : Solution de glucose, de fructose et de saccharose à 5 g/l, dans l'eau. Le révélateur est le réactif de Molisch : α -naphtol 0,25 g, Ethanol 50 ml, H_2SO_4 à 20% 100 ml. La position finale de la tache est une caractéristique de la molécule dans des conditions opératoires identiques. Elle est exprimée en Rf « référence front ou rapport frontal ».

3- Détermination de la teneur en matière grasse et caractérisation physico-chimique des huiles végétales extraites.

3-1- Teneur en matière grasse totale:

La méthode Soxhlet est la méthode de référence utilisée pour la détermination de la matière grasse totale dans les aliments solides déshydratés "NF ISO 8262-3". Cette méthode consiste à libérer les lipides totaux par extraction à l'aide d'un solvant organique non miscible à l'eau, suivi de l'évaporation du solvant et de la pesée de l'extrait lipidique après dessiccation à 75 °C jusqu'à poids constant. Le calcul de la teneur en matière grasse a été fait en utilisant la formule suivante :

$$M.G.\% = \frac{P_2 - P_1}{P_0} \times 100$$

Où : P_0 : Poids de la prise d'essai (g). P_1 : Poids du ballon sec (g). P_2 : Poids du ballon avec la matière grasse (g). Les résultats obtenus expriment la proportion de la matière grasse contenue dans les différents échantillons des pulpes et des amandes des différentes espèces étudiées.

3-2- Caractérisation physico-chimique des huiles végétales

3-2-1- Caractérisation physique

-Densité : Mesure de la densité par la méthode du flacon, (Kohl., 2006.). La densité d'un liquide est le rapport entre la masse d'un certain volume de ce liquide et la masse du même volume d'eau pris dans les mêmes conditions de pression et de température. La masse de l'échantillon "m" est divisée par la masse d'eau au même volume que l'échantillon. La densité de l'huile est donc :

$$d = \frac{m_h}{m_e} = \frac{M_h - M_v}{M_e - M_v}$$

- **Indice de réfraction :** Mesure à l'aide d'un réfractomètre de l'indice de réfraction de l'échantillon liquide à une température constante *NF T 60-212*.

- **Couleur de l'huile:** La détermination de la couleur des huiles brutes extraites a été réalisée par comparaison de la couleur observée à celle de la charte standard des couleurs (Tomoyoshi et Funio., 1972). Cette charte contient trois cent vingt-deux couleurs différentes arrangées systématiquement avec dix-sept nuances. L'arrangement est réalisé selon trois dimensions : la nuance, la valeur et la chroma.

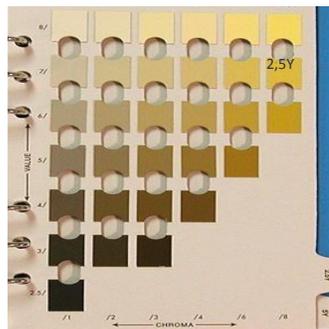


Figure 11: Charte standard des couleurs.

La couleur de l'huile est déterminée par sa comparaison directe avec les nuances de la charte.

3-2-2 Caractérisation chimique

- **Indice d'acide et acidité** : NF T 60-204. La mise en solution d'une prise d'essai dans un mélange de solvants, puis titrage des acides gras libres présents à l'aide d'une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium.

$$\text{L'indice d'acide est : } I_A = \frac{C \times (V_2 - V_1) \times 56,1}{m}$$

Où : C : Concentration de la solution titrée de KOH utilisée (mol/L). V_1 : Volume de la solution KOH utilisée pour l'essai à blanc (ml). V_2 : Volume de la solution KOH utilisée pour la prise d'essai (ml).

m : Masse de la prise d'essai (g). 56,1 : Masse molaire du KOH (g/mole). L'acidité peut être calculée à partir des résultats obtenus pour la détermination de l'indice d'acide. L'acidité exprimée en pourcentage

$$\text{en masse est alors : } \text{Acidité \%} = \frac{C \times (V_2 - V_1) \times M}{10 \times m}$$

Où : C : Concentration de la solution titrée de KOH utilisée (mol/L). V_1 : Volume de la solution KOH utilisée pour l'essai à blanc (ml). V_2 : Volume de la solution KOH utilisée pour la prise d'essai (ml) ; m : Masse de la prise d'essai (g). M : Masse molaire de l'acide oléique (282 g/mole).

- **Indice de saponification** : NF T 60-206. L'échantillon est soumis à l'ébullition sous réfrigérant à reflux avec une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium. L'excès d'hydroxyde de potassium est titré avec une solution aqueuse d'acide chlorhydrique.

$$\text{L'indice de saponification } I_S = \frac{C \times (V_2 - V_1) \times 56,1}{m}$$

Où : C : Solution titrée d'HCl utilisée (mol/L). V_1 : Volume de KOH utilisée pour la prise d'essai (ml). V_2 : Volume de KOH utilisée pour l'essai à blanc (ml). m : Masse de la prise d'essai (g).

- **Indice d'iode** : Cet indice est mesuré par addition au corps gras, d'un excès de monochlorure d'iode ou réactif de *Wijs* dans un mélange d'acide acétique et cyclohexane. Après 15 mn, temps de réaction à l'obscurité, l'iode libéré dans un mélange d'iodure de potassium et d'eau est titré par une solution de thiosulfate de sodium *AOCS Cd Id-92*.

$$\text{L'indice d'iode est égal à : } I_I = \frac{C \times (V_1 - V_2) \times 12,69}{m}$$

Où : C : Concentration de la solution de thiosulfate de sodium utilisée (mol/L). V_1 : Volume de la solution de thiosulfate de sodium utilisé pour l'essai à blanc (ml). V_2 : Volume de la solution de thiosulfate de sodium utilisé pour la prise d'essai (ml). m : Masse de la prise d'essai (g).

-Indice de peroxyde :

Traitement du corps gras en solution dans l'acide acétique et du chloroforme par une solution d'iodure de potassium. Titration de l'iode libéré par une solution titrée de thiosulfate de sodium *NF T 60-220*. L'indice

$$\text{de peroxyde en Meq d'O}_2/\text{Kg : } \text{Meqd' O}_2 / \text{Kg} = \frac{N \times (V_1 - V_2) \times 1000}{m}$$

Où : N : Normalité de la solution de thiosulfate de sodium utilisée (0,01 N). V_1 : Volume de la solution de thiosulfate de sodium utilisé pour la prise d'essai (ml). V_2 : Volume de la solution de thiosulfate de sodium utilisé pour l'essai à blanc (ml). m: Masse de la prise d'essai (g).

-Taux des insaponifiables :

Après saponification complète de l'huile, l'insaponifiable est extrait à l'aide d'un solvant, puis évaporé sous vide jusqu'à l'obtention d'un résidu sec *NF T 60-205*.

$$\text{La matières insaponifiables : } MI\% = \frac{m_1}{m} \times 100$$

Où : m_1 : Masse du résidu séché (g). m : Masse de la prise d'essai (g).

3-2-3-Etude de la composition en acides gras des huiles végétales extraites.

Les acides gras méthylés sont passés dans un chromatographe en phase gazeuse équipé d'un détecteur à spectrométrie de masse. Avant leur passage dans l'instrument, les échantillons doivent subir une estérification. Le corps gras est estérifié en présence de méthanol. Les esters méthyliques d'acides gras sont obtenus selon le protocole de la normes *NF ISO 5509*.

-Identification du profile en acides des huiles par CG/SM :

Le couplage de la chromatographie en phase gazeuse avec la spectrométrie de masse est un des plus puissants outils d'identification de l'instrumentation analytique. Cette technique permet d'effectuer des analyses qualitatives et quantitatives des acides gras (Fulton *et al.*, 1996). Le principe du CG/SM est de séparer en fractions "*pures*" les constituants d'un mélange à analyser. Son but est d'identifier puis de quantifier chaque composant, en l'occurrence les acides gras. A la chromatographie est couplée la spectroscopie de masse, c'est une deuxième dimension analytique. Le spectromètre de masse est un analyseur d'ions en fonction de leur masse. Il donne une combinaison d'une : Ionisation-Fragmentation-Processus de séparation. Les esters méthyliques sont analysés par GC/MS sur un chromatographe Hewlett Packard HP 6890, équipé d'une colonne capillaire polaire STABILWAX (longueur colonne 60 m, diamètre interne 0.25mm, épaisseur du film = 0.25 μ m) et utilisant comme détecteur un spectromètre de masse Hewlett Packard MSD 5973 à impact électronique. La température de la colonne est programmée de 200 °C jusqu'à 220 °C à 2 °C/minute avec un palier de 30 minutes. La quantité de substance injectée est de 1 μ l de solution dans l'hexane. L'hélium est le gaz vecteur avec un débit de 0.5 ml/minute. L'injection est réalisée en mode splitless ; l'injecteur, la ligne de transfert et le bloc étant porté respectivement aux températures de 250 °C, 280 °C et 230 °C. Le spectre de masse est obtenu en mode d'ionisation à impact électronique à 70 eV avec un balayage du domaine de 50 à 600 uma (unités de masse

atomique) à 2,83 scan/s. Les résultats obtenus sont représentés sous la forme de chromatogramme auquel est associé un listing des différentes substances ayant donné une réponse au niveau du détecteur.

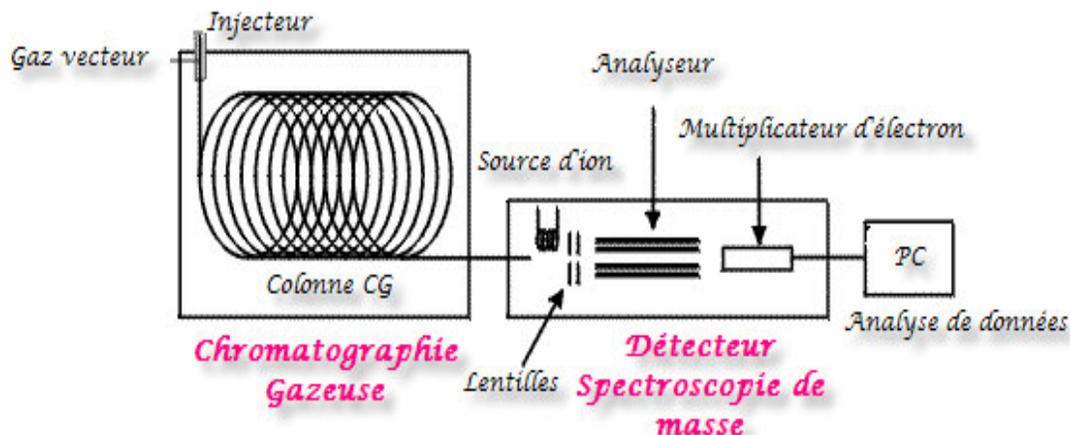


Figure N°12 : Schéma de principe du couplage Chromatographie phase gaz/Spectroscopie de masse

4- Etudes de la fraction vitaminique

Les fruits constituent une bonne source de vitamines, leur consommation permet la satisfaction d'une bonne partie des besoins quotidiens de l'individu. La diversité de leurs structures chimique et leur complexité a entraîné des difficultés à mettre au point des méthodes analytiques et de les mettre en œuvre. Ceci nous a contraints à ne considérer que l'étude quantitative de quelques vitamines hydrosolubles et liposolubles. L'étude n'est donc pas exhaustive et a porté sur l'analyse quantitative des vitamines suivantes : A et E, pour les vitamines liposolubles, B₁, B₆, et C pour les vitamines hydrosolubles.

4-1-Dosage des vitamines liposolubles :

4-1-1-Dosage de la provitamine A et tocophérol E par la méthode colorimétrique:

Le ferricyanure brun en solution alcoolo-chloroformique est réduit rapidement et quantitativement par les tocophérols (facteur d'activité vitaminique E) en donnant une coloration bleu uniforme de ferricyanure

ferreux : la réaction est complète en 15 secondes (Lecoq., 1965). L'extrait est concentré par évaporation à l'aide d'un évaporateur rotatif sous vide, à une température ne dépassant pas 50 °C pour éliminer les traces d'eau jusqu'à un volume de 2 ml (Deymié., 1974; Bourgeois., 2003). Dans cette méthode, on utilise le chlorure ferrique et le ferricyanure de potassium comme réactifs spécifiques avec une lecture à 510 nm pour la vitamine E et 450 nm pour la provitamine A.

Le réactif est limpide et brun acajou, il doit être employé immédiatement ou conservé à l'obscurité quelques minutes seulement. Etablir la gamme étalon en utilisant une solution de tocophérol de 55 ppm:

Les résultats pour la Vit E ou la Vit A :

$$\text{Vit \%} = \frac{C \cdot 10 \cdot V}{m \cdot 10^4}$$
 de dilution. **V** : Volume de la solution d'extraction

m : Masse de la prise d'essai. **10⁴** : Facteur de conversion du taux de tocophérol ou de rétinol du ppm au % de matière fraîche.

4-2- Détermination de la teneur en vitamines hydrosolubles :

4-2-1-Extraction des vitamines hydrosolubles :

On réalise une hydrolyse avec de l'acide chlorhydrique 6M. On porte ce mélange 2 h à 120°C. On neutralise par la soude en ajustant le pH à 4,5 (Multon, 1991)

- Dosage de la vitamine B1 :

La thiamine par hydrolyse acide est ensuite oxydée par le phenylhydrazine $C_6H_5-NH_2-NH_2$ pour former un pigment absorbant à 490 nm (Adrian *et al.*, 1998).

$$\text{Vit B}_1 \% = \frac{C \cdot 5 \cdot V}{m \cdot 10^4}$$

C : Concentration lue sur le graphe. **5** : Nombre de dilution. **V** : Volume de la solution d'extraction

m : Masse de la prise d'essai. **10⁴** : Facteur de conversion du taux de vitamine B₁ du ppm au % de matière fraîche.

- Dosage de la pyridoxine ou vitamine B6 :

Le chlorhydrate de pyridoxine très soluble dans l'eau est protégé en milieu acide. La vitamine B₆ existe naturellement sous différentes formes, elle se trouve sous la forme de pyridoxine surtout dans les légumes et les fruits (Multon, 1991).

$$\text{Vit B}_6 \% = \frac{C \cdot 7 \cdot V}{m \cdot 10^4}$$

C : Concentration lue sur le graphe. **7** : Nombre de dilution. **V** : Volume de la solution d'extraction

m : Masse de la prise d'essai. **10⁴** : Facteur de conversion du taux de vitamine B₁ du ppm au % de matière fraîche.

- Dosage de la vitamine C :

En milieu acide, la solution d'iodate de K (KIO₃) oxyde l'acide ascorbique () en acide oxyascorbique (Bogdanski, 1965).

$$\text{Vit C \%} = \frac{N \cdot V_1 \cdot 0.0088}{G \cdot V_2} \times 100$$

X : Poids en mg d'acide ascorbique par 100 g de produit analysé (mg/100 g). **N** : Nombre de ml d'iodate de K (résultats de la différence entre le titrage essai et letitrage témoins. **V₁** : Volume total d'extrait obtenu pour l'analyse (100ml). **G** : Quantité de produit analysé (10g de pulpe de fruit).

V₂ : Quantité d'extrait filtré soumis à l'analyse (10ml).

5-Etude de la fraction minérale

Dans cette étude nous avons essayé d'estimer le taux de la fraction minérale dans chaque fruit et mettre en évidence la composition en quelques éléments minéraux.

5-1- Détermination des cendres :

La teneur en matière minérale d'une substance est conventionnellement le résidu de la substance après minéralisation de la matière sèche des échantillons. Elle est obtenue par incération entre 500 – 600 °C. (Pinta *et al.*, 1980)

Les résultats sont obtenus selon la formule :

$$\text{MO}\% = \frac{\text{M1} - \text{M2} \times 100}{\text{P}}$$

MO% : matière organique. **M1** : masse en g de la capsule et la matière sèche avant l'incinération.

M2 : masse en g de la capsule avec les cendres. **P** : masse en g de la prise d'essai.

La teneur en cendre est déterminée comme suit :

$$\text{Cendres}\% = 100 - \text{MO}\%$$

5-2- Détermination des éléments minéraux :

5-2-1-Préparation des échantillons pour le dosage :

La détermination des éléments minéraux en utilisant les méthodes physiques nécessite un préalable, c'est la minéralisation de l'échantillon, ceci permet de libérer le minérale des structures organiques parfois complexes auxquelles ils peuvent être liés. La minéralisation est suivi d'une mise en solution de toute la fraction minérale afin de pouvoir doser quantitativement les éléments minéraux suivants: P, Ca, Na, K, Mg, Mn, Fe, Zn, Co et, Cu, selon (Audigié, 1978). Les protocoles analytique concernant l'analyse des éléments minéraux choisis est réalisé selon (Pinta *et al.*, 1980). Après minéralisation de 0.5 g de matière sèche de la partie charnue ou amande, les cendres obtenues sont humectées lentement par 3 ml d'eau bidistillée et 3 ml d'acide fluorhydrique concentré pour assurer une franche réaction acide. L'ensemble est chauffé sur une plaque chauffante sans dépasser 250 °C jusqu'à apparition des premières vapeurs. 1 ml d'eau bidistillée est ajouté

puis filtrer sur papier filtre sans cendres dans une fiole jaugée de 100 ml et rincer 3 à 4 fois à l'eau bidistillée tiède 30 à 40 °C. Le papier filtre est ensuite incinéré à 550 °C au maximum dans le four à moufle, après refroidissement les capsules, humecter une deuxième fois par 5 ml d'acide chlorhydrique à 37 %. Ajouter 1 ml d'eau bidistillée puis filtrer sur papier filtre sans cendres dans la même fiole jaugée de 100 ml et laver avec du l'eau bidistillée tiède. Ramener à 100 ml, en complétant au trait de jaugée après refroidissement avec l'eau bidistillée. Conserver 20 ml de cette solution dans des tubes à essai pour l'analyse. Le dosage des différents éléments a été réalisé par des méthodes physiques, la spectrophotométrie d'absorption moléculaire pour le phosphore, la spectrophotométrie d'émission atomique pour le sodium, le potassium et le calcium et la spectroscopie d'absorption atomique pour le Magnésium, Manganèse, le Fer, le Zinc, le Cobalt et le Cuivre.

5-2-2-Détermination de la teneur en éléments minéraux majeurs :

Nous présentons ici un protocole pour chaque méthode analytique, les opérations similaires et qui se répètent seront présentées dans l'annexe.

- Dosage de phosphore :

Quand on mélange un minéralisat végétale avec une solution de réactif sulfomolybdique acidifié avec l'acide ascorbique, le phosphate contenu dans l'échantillon réagi et donne le sulfomolybdophosphate un complexe de couleur bleue, proportionnelle à la concentration des phosphates (Lurent, 1991).

Le dosage de phosphore est réalisé par la spectrophotométrie visible à 650 nm.

$$P\% = \frac{X \cdot D \cdot V}{P \cdot 10^4}$$

X: concentration calculée à partir de la formule de régression. **D:** nombre de dilution. **V:** volume de la solution d'extraction (100ml). **P:** poids de la prise d'essai.

- Teneur en Na et K et Ca

Le dosage de potassium et sodium et calcium s'effectue par spectrophotométrie à flamme.

Lorsque l'on introduit un élément chimique dans une flamme, celle-ci prend une coloration caractéristique de l'élément chimique considéré. L'analyse spectrale de cette lumière colorée permet de mesurer l'intensité de l'une des raies les plus caractéristiques, sélectionnée au moyen d'un filtre interférentiel. Si plusieurs éléments différents ont été introduits dans la flamme, chacun d'eux possède un spectre de raie caractéristique. Par le choix de filtre interférentiel convenable, on arrive à déterminer la concentration de chacun des éléments à partir de leurs raies les plus intenses sans avoir à procéder auparavant au long processus de séparation chimique. Ainsi, on utilise pour la détermination du sodium la double raie jaune à

589 nm, pour le calcium la ligne rouge 623 nm, pour le potassium la ligne rouge à 768 nm.(Pinta et al, 1980).

Les échantillons préalablement préparés sont passés au spectrophotomètre pour la lecture de la densité optique. La teneur en sodium est donnée par la formule suivante :

$$\text{Na}\% = \frac{X \cdot D \cdot V}{P \cdot 10^4}$$

X : concentration lue sur le graphe. **D**: nombre de dilution. **V**: volume de la solution d'extraction (100 ml).

P: poids de la prise d'essai (0,5 g).

Le dosage des oligoéléments est effectué par spectrophotométrie d'absorption atomique à des longueurs d'ondes bien définies pour chaque élément minérale(Pinta *et al*, 1980 ; Ebdon *et al.*, 1998). Selon Martin *et al.*, (1990) la solution pulvérisée permet aux atomes des éléments minéraux de l'échantillon d'absorber une lumière monochromatique qui provient d'une lampe à cathode creuse spécifique à l'élément qu'on veut doser, la densité optique est proportionnelle à la concentration de l'élément choisi présent dans l'échantillon. Les lectures de la densité optique sont faites à une longueur d'onde indiquée pour chaque élément :

Tableau 8: Eléments minéraux étudiés et longueur d'onde

correspondante en absorption atomique.

Elément minéral	Longueur d'onde indiquée en nm
Magnésium	285.2
Manganèse	279.5
Cuivre	324.75

Fer	248.3
Cobalt	240.7
Zinc	213.9

-Détermination de la teneur en magnésium :

Le dosage des oligoéléments a été réalisé par un spectrophotomètre d'absorption atomique type: PYE UNICAM sp 2900 à flamme, air acétylène.

- Préparation de la gamme étalon de magnésium :

Solution mère de Mg à 1000 ppm (4,952 g de sulfate de magnésium (Mg SO₄) dans un 25ml d'HCl à 2%, compléter jusqu'à 1000 ml d'eau bidistillée). Solution fille de Mg à 100ppm ; diluer la solution mère 10 fois). La teneur en Magnésium est donnée par la formule suivante :

$$\text{Mg}\% = \frac{\text{X} \cdot \text{D} \cdot \text{V}}{\text{P} \cdot 10^4}$$

X: concentration lue sur le graphe. **D:** nombre de dilution. **V:** volume de la solution d'extraction (100ml).

P: Poids de la prise d'essai (0.5 g)

La lecture est réalisée à des longueurs d'ondes spécifiques pour chaque élément (Pinta *et al*, 1980 ; Ebdon *et al.*, 1998).

Les protocoles analytiques pour chaque élément étudié sont indiqués dans le tableau 16 et sont répertoriés en annexe.

6- Etude de la fraction protéique

L'étude de cette fraction commence par la détermination du taux des protéines totales dans les différentes parties des fruits suivi d'une évaluation des fractions protéiques et enfin une identification des acides aminés contenus dans l'hydrolysate protéique.

6-1- Dosage des protéines totales :

6-1-1- Méthode de Kjeldahl : La méthode consiste à mesurer la quantité d'azote organique d'un échantillon. Il faut évidemment savoir, pour l'échantillon analysé, qu'elle est la relation entre la quantité d'azote et celle de protéines. On ne l'applique qu'à des échantillons difficiles à homogénéiser. Comme du matériel végétal (**Gauthier, 1998**). L'azote total est dosé par volumétrie après minéralisation selon la méthode de Kjeldahl et une distillation. Selon **Lecoq (1965)**, la teneur en azote total est déterminée par la formule suivante:

$$N \% = \frac{V}{V'} (n - n') 0,05 \frac{1,4}{P}$$

N% : La teneur en azote total. **V :** Volume de la solution minéralisée et complétée = 100 ml.

V' : Volume de la soude ajoutée = 20 ml. **n :** Quantité (ml) d'acide sulfurique lue après titration.

n' : Quantité (ml) d'acide sulfurique lue après titration du blanc. **0,05 :** Normalité de l'acide sulfurique de titration. **P :** La masse (g) de la prise d'essai.

La teneur en protéine est obtenue par multiplication de la teneur en azote total par un coefficient moyen qui représente la richesse en azote des protéines animales ou végétales (Godon et Loisel, 1991). Ce coefficient prend la valeur de 6,25.

$$6,25 ; \text{Taux moyen d'azote} \quad \text{Protéine \%} = N \% \times 6,25$$

6-2- Détermination des différentes fractions protéiques :

Cette partie d'analyse, a été réalisée au sein du laboratoire de biochimie de la faculté des sciences exactes et naturelles de l'université de Reims Champagne Ardenne (France).

Plus largement utilisé, on a appliqué la méthode **Bradford** pour estimer rapidement la présence et la concentration en protéines solubles de nos échantillons afin de séparer les différentes fractions.

6-2-1- Préparation des échantillons :

- Extraction des protéines :

Avant toute chose, vérifier la présence d'azote liquide et mettre en marche la centrifugeuse afin qu'elle atteigne la température de (-4°C).

Solution de précipitation :

TCA	10 %	10g
2-mercaptoéthanol	0,07 %	70µL
Acétone	Compléter à 100mL	

Solution de rinçage :

2-mercaptoéthanol	0,07 %	70µL
Acétone	Compléter à 100mL	

Peser des tubes éppendorfs de 2 ml.

Broyer finement le matériel végétal à l'aide d'un mortier dans de l'azote liquide.

Mettre environ 200 µL (0,1 g) de poudre de chaque échantillon dans un eppendorfs de 2 mL. Ajouter environ 1,75 mL de la solution de précipitation. Placer 1 heure à (-20 °C).

Centrifuger pendant 10 min à 10000 g et à (-20 °C). Eliminer le surnageant et couvrir le culot avec 2 mL de la solution de rinçage en éliminant les résidus de TCA. Placer 1 heure minimum à (-20°C). Centrifuger encor pendant 15min à 10000 g à -20 °C. Eliminer le surnageant. Refaire des rinçages jusqu'à obtention d'un culot blanc. Sécher le culot avec l'azote gaz jusqu'à l'obtention d'un culot sec, c'est l'extrait protéique. Le dosage des protéines par la méthode de (Bradford, 1976) c'est un dosage [colorimétrique](#), basé sur le changement de longueur d'onde d'[absorbance](#), se manifestant par le changement de la couleur du [bleu de Coomassie](#) après liaison avec l'[arginine](#) et les résidus hydrophobes des [acides aminés](#) présent dans la ou les protéines. La forme [anionique](#) (liée) du colorant est bleue, et possède un [spectre d'absorption](#) maximal à 595 [nm](#). Les formes cationiques (libres) du colorant sont rouges et vertes, absorbant entre 465-470 nm. Le changement d'absorbance est proportionnel à la quantité de colorant lié, indiquant donc la concentration en protéines dans l'échantillon. Prélever 5 mg de l'extrait protéique (culot sec) de chaque échantillon. Ajouter 200 µl d'eau distillée dans des tubes eppendorfs, bien agiter à l'aide d'un vortex. A partir de cette solution préparer les dilutions 1/10^{ème} et 1/5^{ème}. Ajouter 200µl du réactif de Bradford pour obtenir un volume final de 1000 µL. Bien mélanger, attendre 5 min avant le dosage. La courbe d'étalonnage est tracée en utilisant la méthode de régression linéaire pour des séries appariées, l'équation de la droite de régression est :

$y = ax + b$. Où : **a** : La pente de la droite, **b** : l'erreur systématique de lecture de la solution de référence.

Les coefficients **a** et **b** sont appelés aussi coefficients de régression (Benichoux, 1985).

Tableau 9: Protocole de préparation de la gamme étalon des protéines:

H ₂ O en μL	Solution mère de BSA en μL	Solution Bradford en μL	Volume final en μL	Quantité de protéine en μg
800	0	200	1000	0
790	10	200	1000	1
780	20	200	1000	2
770	30	200	1000	3
760	40	200	1000	4
750	50	200	1000	5
700	100	200	1000	10

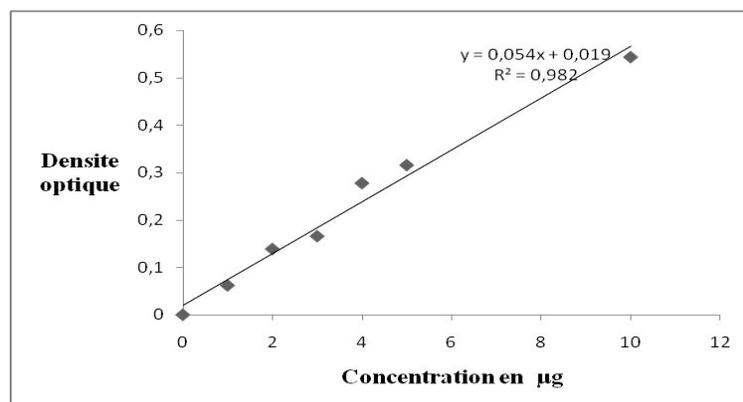


Figure 13: Courbe étalon des protéines pour les échantillons de la dilution 1/5ème

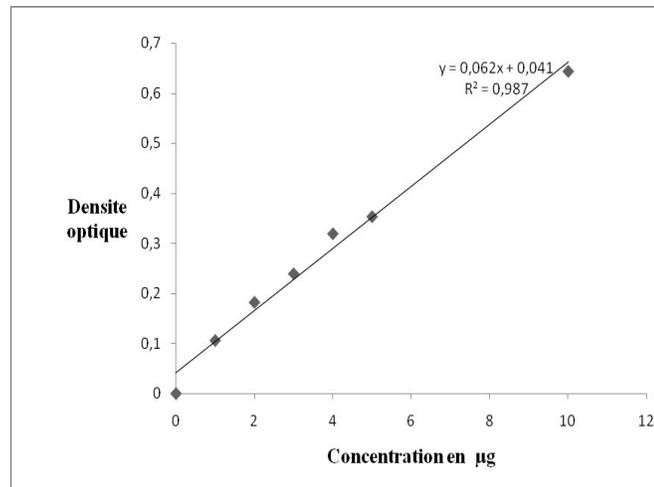


Figure N°14: Courbe étalon des protéines pour les échantillons de la dilution 1/10ème

Mesurer l'absorbance ou la densité optique à 595 nm contre le blanc, de la gamme étalon et des échantillons. La teneur en protéine est exprimée par la formule suivante :

$$\text{Protéine } \% = \frac{X \cdot D \cdot P}{V}$$

X : Valeur moyenne lue sur les deux graphes. **D** : Dilution de la solution. **P** : La masse de la prise d'essai.

V : Volume de la solution

6-2-2- Séparation des protéines par SDS-PAGE :

Le SDS-PAGE est la méthode la plus utilisée pour l'analyse qualitative des mélanges protéiques, le critère utilisé pour la séparation est le poids moléculaire et en particulier pour la purification et la détermination de la masse moléculaire des protéines (Walker, 2002). **Principe** : C'est une technique qui permet la séparation des molécules en se basant sur une de leur propriété physique. Le principe consiste à mettre la solution contenant les molécules à séparer sur un gel aqueux entre une anode et une cathode et à faire passer un courant. Le milieu de migration est constitué d'un gel de polyacrylamide coulé entre deux

plaques en verre maintenues en position verticale. La base et le sommet du gel baignent dans un liquide conducteur, l'anode est située en bas du gel, la cathode en haut. A l'échantillon, est ajoutée une molécule colorée pour surveiller la fin de la migration. Chaque molécule apparaît comme une bande fine, perpendiculaire au trajet de migration et dont l'intensité et l'épaisseur dépendent de sa concentration.

L'électrophorèse analytique en gel de polyacrylamide est réalisée en présence de SDS, détergent anionique capable de se fixer le long des chaînes polypeptidiques et donc de modifier la charge et la conformation des protéines (déroutement de leur structure tertiaire). Leur migration électrophorétique est alors uniquement fonction de leur masse moléculaire respective. La masse moléculaire apparente des différentes protéines séparées est estimée d'après la migration de protéines de référence (Page Ruler Prestained Protein 250) allant de 11 à 170 kDa. Avant d'être déposés, les échantillons normalisés en quantité de protéine sont mélangés à du tampon Laemmli et portés pendant 15 min à une température allant de 95 – 100 °C (Sid, 2006).

Solution d'acrylamide :

30 % acrylamide, 0,8 % bis-acrylamide, filtrer cette solution à travers le papier filtre, puis la stocker à 4°C au réfrigérateur.

Tampon de séparation pH 8,8 :

Tris (2-amino-2-hydroxyméthyl-1,3-propanediol) 1,5 M, SDS 0,1 % (p/v) (le pH est ajusté avec l'HCL).

Tampon de concentration pH 6,8 :

Tris 0,5 M, SDS 0,1 % (p/v) (le pH est ajusté avec l'HCL).

Tampon de migration pH 8,3 :

Tris/HCl 2,5 M, Glycine 192 mM, SDS 0,1% (p/v) pH 8,3.

Tampon de l'échantillon pH 6,8 :

Tampon échantillon Laemmli 5X : pour 15 mL de Tris-HCL 0,5M pH 6,8.

Tris 0,909 g

Bleu de bromophénol 0,075 g

SDS 10% 1,5 g

Saccharose 20% 3g

β -mercaptoéthanol 10% 1,5mL

Persulfate d'ammonium (APS) 10 % (p/v)préparée au moment de l'emploi.

SDS (Sodium Dodecyl Sulfate)10 %

TEMED(N,N,N',N'-Tétraméthyléthylènediamine).

L'échantillon solide peut être dissous directement dans le tampon à raison de 0,5 g /mL (**Walker, 2002**).

Solution de coloration (bleu de Coomassie) :

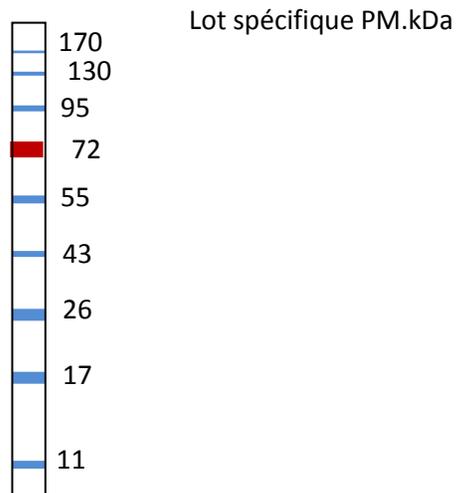


Figure 15:**Témoin** : Page Ruler Prestained Protein 250 (protéines standards dont le poids moléculaire est connu)

Selon la méthode Cleveland et al (1977), avant d'être déposés, les échantillons normalisés en quantité de protéine sont mélangés à du tampon Laemmli et portés 15 min à 95°C dans un bain Marie à sec à fin de les dénaturer. Dans nos essais, et après estimation de la teneur en protéine des échantillons par la méthode Bradford, on a utilisé un petit et un grand gel pour la séparation des fractions protéiques, ces échantillons sont dénaturés avec le tampon de l'échantillon comme le montre les tableaux ci-après :

Tableau 10: Le volume du tampon utilisé pour la dénaturation des échantillons dans le petit gel de 10 % (5mL de gel de séparation/plaque) 1,5 mm d'épaisseur :

sEchantillon	Protéines µg/µL	Volume (µL) à prélever pour 20 µg d'échantillon	Tampon échantillon 5X	Volume totale µL
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	2,63	07,60	1,90	9,50
<i>Crataegus monogyna</i>	1,68	11,90	2,98	14,88
<i>Crataegus azarolus</i>	1,39	14,38	3,60	17,95
<i>Celtis australis</i>	0,84	23,80	5,95	29,75
<i>Zizyphus lotus</i>	0,37	54,05	13,51	67,56

Tableau 11: Le volume du tampon utilisé pour la dénaturation des échantillons dans le grand gel de 10 % (35 mL de gel de séparation/plaque pour les gels de 20 cm x 16 cm) :

Echantillon	Protéine µg/µL	Le volume (µL) à prélever pour 20 µg d'échantillon	Tampon échantillon 5X	Volume totale µL
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	2,63	11,40	2,85	14,25
<i>Crataegus monogyna</i>	1,68	17,86	4,46	22,32
<i>Crataegus azarolus</i>	1,39	21,58	5,39	26,97
<i>Celtis australis</i>	0,84	35,71	8,92	44,63
<i>Zizyphus lotus</i>	0,37	81,08	20,27	101,35

Préparation des gels pour l'électrophorèse : Nettoyer les plaques et la cuves en verre de l'électrophorèse avec un détergent et les séchées. Fixer les plaques en verre sur un support vertical approprié. Mélanger les réactifs déjà préparé dans un bécher pour la formation des différents gels (gel de séparation et gel de concentration) suivant le tableau ci-dessous :

Tableau 12: Composition du petit gel de 10 % nécessaires à la réalisation d'une SDS-PAGE

		Petit gel 10 % (5 mL de gel de séparation/plaque)					
Gel de séparation	mL	Tampon de séparation pH 8,8	2,5	Gel de concentration 3 %	mL	Tampon de concentration pH 6,8	1,25
		Acrylamide 30 %	3,33		µL	Acrylamide 30 %	500
		H ₂ O	4,07		mL	H ₂ O	3,17
	µL	SDS 10 %	100		µL	SDS 10 %	50
		APS	50			APS	25
		TEMED	5			TEMED	5
	mL	Volume total	10		mL	Volume total	5

Tableau 13: Composition du grand gel de 10 % nécessaires à la réalisation d'une SDS-PAGE

		Grand gel 10 % (35 mL de gel de séparation/plaque pour les gels de 20 cm x 16 cm)					
Gel de séparation	mL	Tampon de séparation pH 8,8	8,75	Gel de concentration 5 %	mL	Tampon de concentration pH 6,8	3
		Acrylamide 30 %	23,34		mL	Acrylamide 30 %	2
		H ₂ O	28,46		mL	H ₂ O	6,88
	µL	SDS 10 %	700		µL	SDS 10 %	120
		APS	480			APS	48
		TEMED	48			TEMED	24
	mL	Volume total	70		mL	Volume total	12

Le gel de séparation est coulé rapidement et délicatement entre les 2 plaques en verre juste après l'ajout du TEMED, en évitant la formation de bulles d'air. Continuer à ajouter le gel du bas vers le haut jusqu'à 1cm du sommet supérieur. Après la polymérisation du gel de séparation, à l'étape suivante on prépare le gel de concentration et on le coule sur le gel de séparation en évitant la formation de bulles d'air, insérer le peigne de l'électrophorèse pour la formation des puits de dépôt des échantillons. Après la polymérisation, enlever le peigne et les plaques sont prêtes pour la séparation des protéines des échantillons. Remplir le réservoir inférieur de l'appareil par la solution tampon de migration puis fixer la plaque verticalement dans la cuve électrophorétique. Avant de remplir le réservoir supérieur, on verse délicatement le tampon de migration sur la plaque. A l'aide d'une micropipette on dépose les échantillons colorés en bleu et le témoin dans les puits préconçus, un par un. Remplir le réservoir supérieur de l'appareil par le tampon de migration.

6-3- Identification des acides aminés Chromatographie de partage

- **Hydrolyses des protéines :** Les techniques chromatographiques sont utilisées pour l'analyse immédiate dans le but de séparer et d'identifier les acides aminés des mélanges. L'identification des solutés est faite à l'aide d'étalons. La chromatographie sur papier est une chromatographie liquide-liquide. La phase stationnaire est un liquide fixé sur un support inerte. Cette chromatographie est ainsi dénommée car elle est basée sur le partage du soluté dans les deux phases liquides. Cette chromatographie liquide-liquide est fondée sur la partition différentielle de chacun des solutés entre deux liquides non miscibles, l'un constituant la phase stationnaire, l'autre la phase mobile. C'est une technique essentiellement qualitative.

L'identification des acides aminés : Elle va porter sur 13 acides aminés, dont 7 sont essentiels : Cystéine, Serine, Glycine, Arginine, Acide glutamique, Cystéine, *Thréonine*, *Valine*, *Leucine*, *Isoleucine*, *Phénylalanine*, *Tryptophane*, *Méthionine*. Les dépôts de l'hydrolysate et des acides aminés standards sont faits à l'aide d'une micropipette et sont distants entre eux de 1,5cm, en laissant vers la partie inférieure 2,5cm. Les dépôts sont fixés à l'aide d'un séchoir, une fois les dépôts terminés, on place les plaques dans une cuve en verre avec couvercle contenant le solvant (Butanol, Acide acétique, Eau, 4 : 1 : 4). La

migration du solvant est ascendante, donc les plaques sont retirées dès que le solvant atteint 2 à 3cm de la partie supérieure de la plaque. La plaque est séchée afin d'évaporer le solvant. Pour la révélation :La plaque est pulvérisée par le révélateur (Ninhydrine à 3% dans l'acétone) puis séchée à 100°C pendant 5mn dans une étuve. Ainsi on aura le développement de spots colorés. L'identification des acides aminés se base sur le calcul des R_F rapport frontal, après avoir encadré les spots à l'aide d'un crayon puis leur comparaison avec ceux des acides aminés standards. Par correspondance des R_F les acides aminés de l'échantillon seront identifiés.

Chapitre II

Résultats et discussions

1- Caractéristiques physiques des fruits étudiés

1-1- Détermination des différentes proportions des fruits :

Les proportions des pulpes/fruits et amandes/noyaux obtenus pour les espèces étudiées sont résumées dans le tableau N°14 représentés sous la forme de la Moyenne \pm écart type. Il ressort de ces résultats que les proportions en pulpe et amande sont variables selon les espèces. Le rapport pulpe/fruit trouvé permet d'exprimer des paramètres d'un grand intérêt du point de vue alimentaire ainsi il permet d'estimer la quantité exploitable par rapport au fruit entier ce qui a aussi un intérêt économique. Enfin il nous donne un aperçu assez clair sur les dimensions de nos fruits.

Tableau 14 : Rapport des poids des différentes parties des fruits

Espèce	Pulpe/Fruit(%)	Amande/Noyau (%)
<i>Celtis australis</i> L.	59,77 \pm 1,94	26,87 \pm 1,26
<i>Crataegus azarolus</i> L.	77,50 \pm 1,40	17,01 \pm 1,87
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	80,31 \pm 1,69	10,84 \pm 1,91
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	56,91 \pm 1,74	10,48 \pm 1,78
<i>Zizyphus lotus</i> L.	50,36 \pm 1,50	14,58 \pm 1,95

D'après les résultats obtenus pour le rapport pulpe/fruit, on constate que le rendement du genre *Crataegus* est plus important par rapport aux autres fruits avec une proportion de 80,31% pour *Crataegus monogyna* et 77,50% pour *Crataegus azarolus*. Alors que *Zizyphus lotus* représente le rendement le plus faible (50,36%). Pour l'*Elaeagnus angustifolia* avec un rendement de 56,91% et *Celtis australis* avec 59,77% la variation globale de ce rapport n'est pratiquement pas très différente. Donc le rendement en

partie comestible est meilleur dans le cas *Crataegus monogyna* et *Crataegus azarolus*. A partir des résultats du rapport amande/noyau du tableau N°14, on distingue que *Celtis australis* représente une amande plus grande par rapport aux autres fruits avec un rapport de 26,87%, tandis que ceux de *Crataegus monogyna* et *Elaeagnus angustifolia* sont faible avec des rapports de 10,84% et 10,48% respectivement du fait que leurs amandes sont réduites. *Zizyphus lotus* représente un rapport de 14,58% et *Crataegus azarolus* 17,01%. Ces proportions sont comparées aux valeurs d'abricot trouvées par (Brosse., 2000.) et évaluées de 21,9% à 38% et celles trouvées par (Belouad., 1998) avec un rapport de 30% ceci se traduit par une grande divergence par rapport à nos résultats cela s'explique par la différence des espèces. Les amandes de nos fruits peuvent avoir un intérêt économique et industrielle surtout si leur analyse qualitatives donne des résultats positifs et méritent d'être valorisés pour un but alimentaire, cosmétique ou pharmacologique.

1-2- Teneur en eau:

La détermination de la matière sèche permet d'exprimer les résultats des différentes fractions sous la forme de teneur par rapport à la matière sèche. Les résultats obtenus sont résumés dans le

Tableau 15: Matière sèche en g% de la pulpe et de l'amande des fruits recensés (Moyenne \pm écart type)

Espèce	Teneur en eau (%)		Matière sèche (%)	
	Pulpe	Amande	Pulpe	Amande
<i>Celtis australis</i> L.	18,32 \pm 0,54	16,18 \pm 0,51	81,68 \pm 0,54	83,82 \pm 0,51
<i>Crataegus azarolus</i> L.	69,38 \pm 0,38	08,23 \pm 0,47	30,62 \pm 0,38	91,68 \pm 0,47
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	69,49 \pm 0,78	06,55 \pm 0,49	30,51 \pm 0,78	93,45 \pm 0,49
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	18,39 \pm 0,71	07,39 \pm 0,89	81,61 \pm 0,71	92,61 \pm 0,89
<i>Zizyphus lotus</i> L.	12,27 \pm 0,29	07,57 \pm 0,57	87,73 \pm 0,29	92,43 \pm 0,57

Selon (Couplan., 2000), c'est l'eau qui tient en dissolution tout les sels minéraux, sucres, enzymes, etc..., dans les fruits, les proportions sont de l'ordre de 80 à 90% pour les fruits charnus, bien moins élevés mais très variables pour les fruits secs tel que les amandes de 5 à 20%. Des résultats, il ressort que les espèces *Crataegus* représentent les teneurs en eau de la pulpe les plus élevées avec 69,49% qui est un taux pratiquement le même pour *C.azarolus* et *C.monogyna*. Ces valeurs sont éloignées de celle trouvées par (Gloaguen., 1982) pour *C.monogyna* 92% et 91% pour *C.azarolus*, mais elles se situent dans la fourchette évaluée par (Traba *et al.*, 2006) pour les fruits charnus avec des teneurs de 85% pour les abricots et 70% pour les bananes. Avec cette teneur de 69,49% on peut intégrer *Crataegus* dans le groupe des fruits charnus. Vient en deuxième position l'*Elaeagnus angustifolia* et *Celtis australis* avec des teneurs en eau respective de 18,39% et 18,32% fruits assez pauvre en eau par rapport aux premiers (*C.azarolus* et *C.monogyna*) et aux fruits charnus, ces taux sont loin des valeurs trouvées par (Aymonin., 1993; Simmons., 1972) qui sont 65,6% pour *Elaeagnus angustifolia* et 90,23% pour *Celtis australis*, mais cette valeur est proche de celle des fruits secs comme les figues sèches avec 23%. Les baies de *Zizyphus lotus* représentent la teneur la plus faible en eau avec 12,27% ce qui nous permet de les classer aussi avec les fruits secs, comparée aux résultats obtenus par (Clause., 1992) sur *Zizyphus* avec une teneur de 64 à 85% cette proportion ne s'accorde pas avec nos résultats. La matière sèche des amandes étudiées est comprise entre 89,82% et 93,45% représenté par *Celtis australis* et *Crataegus monogyna* respectivement; nous précisons que les variations globales de ces teneurs ne sont pratiquement pas très grandes, *Elaeagnus angustifolia* et *Zizyphus* ont presque la même teneur avec 92,61% pour le premier et 92,43% pour le deuxième. *Crataegus azarolus* avec une valeur de 91,77%. Les taux de matière sèche des amandes s'accordent avec ceux rapportés par (Edward et Dennis., 1993) pour les amandes d'abricot avec 94,85% et ceux rapportés par (Couplan., 2000) pour les noix avec 93%. Avec de telles teneurs en eau, la conservation de ces amandes serait facile.

1-3- Les mensurations des fruits : Ces résultats montrent que nos fruits sont pulpeux avec un rapport Pulpe/Fruit qui dépasse 50% dont, les azéroles *Crataegus azarolus* L. et les cenelles *Crataegus monogyna* Jacq. occupent la première place avec 77,5% et 80,3% respectivement.

Tableau 16: Les mensurations des différentes parties des fruits en cm.

Espèce	Longueur du fruit	Section du fruit	Epaisseur de la pulpe	Longueur du noyau	Section du noyau
<i>Celtis australis</i> L.	0,81±0,039	0,82±0,014	0,16±0,013	0,45±0,013	0,47±0,022
<i>Crataegus azarolus</i> L.	1,67±0,093	1,69±0,043	0,42±0,016	1,22±0,14	0,92±0,069
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	1,55±0,299	1,66±0,066	0,41±0,009	1,19±0,16	0,89±0,064
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	2,30±0,058	1,63±0,051	0,43±0,017	1,93±0,31	0,57±0,01
<i>Zizyphus lotus</i> L.	1,19±0,040	1,26±0,0180	0,22±0,010	0,93±0,021	0,79±0,015

Ces résultats montrent que nos fruits sont pulpeux avec un rapport Pulpe/Fruit qui dépasse 50% dont, les azéroles *Crataegus azarolus* L. et les cenelles *Crataegus monogyna* Jacq. occupent la première place avec 77,5% et 80,3% respectivement. Nos résultats sont proches de ceux obtenus par Koyuncu et al., (2007). Ces derniers montrent que le rapport Pulpe/Fruit des azéroles se situe entre 64,35-84,69%. Le rapport Amande/Noyau ne dépasse 27% pour toutes les espèces, où les amandes des micocoules *Celtis australis* L. occupent la première place avec 26,87%.

Les différentes mesures des parties des fruits montrent qu'ils sont de petites tailles.

1-4- Potentiel énergétique: Tous les fruits étudiés sont riches en énergie en relation inverse avec la quantité d'eau, en effet les fruits présentant la plus grande quantité d'énergie s'avèrent les plus pauvres en eau.

Tableau 17 Teneur en énergie des fruits étudiés pour la pulpe et l'amande

Espèce	Energie Kcal/100g	
	Pulpe	Amande
<i>Celtis australis</i> L.	302,15	213,6 ± 32
<i>Crataegus azarolus</i> L.	72,49	256,23± 14
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	83,14	193,55±09
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	106,03	207,39± 04
<i>Zizyphus lotus</i> L.	411,98	318,11 ± 27

Tableau 18: L'apport énergétique de la partie comestible des fruits étudiés

comparés au fruits conventionnels (Régal., 1995).

Fruit	Kcal/100g	Fruit	Kcal/100g
Citron	29,00	<i>Crataegus azarolus</i>	72,49
Fraise	35,00	<i>Crataegus monogyna</i>	83,14
Framboise	38,00	Banane	90,00

Artichaut	40,00	<i>Elaeagnus angustifolia</i>	106,03
Pêche	40,00	Olives noires	123
Abricot	47,00	<i>Celtis australis</i>	302,15
Ananas	52,00	Olives vertes	332
Prune	52,00	Lentille	338
Pomme	54,00	Fèves seches	345
Mangue	60,00	<i>Zizyphus lotus</i>	411,98
Fruit de passion	62,00	Noix de cajou	612
Grenade	62,00	Pistache	617
Kaki	66,00	Amandes	634
Cerise	68,00	Noix	660
Raisin	72,00		

La quantité importante d'énergie observée dans les amandes des fruits est surtout liée à la proportion des la matière grasse présente dans cette partie.

2- Teneur en sucres solubles: Les résultats obtenus montrent à première vue, une variation de la teneur en sucres solubles varie selon l'espèce. En comparant la teneur en sucres des pulpes par fruit, on remarque que le fruit de *Elaeagnus angustifolia* présente la teneur la plus élevée 17,01%, elle se rapproche de celle

de *Celtis australis* avec une valeur de 16,71% suivie par celle de *Crataegus monogyna* 11,45%, et celle de *Zizyphus lotus* 10,55% et que la pulpe de *crataegus azarolus* présente une faible teneur 9.86%.

La pulpe de *Celtis australis* a une teneur de 16,71% , elle est assez proche à celle du raisin qui est de 16,5% supérieure à celle d'abricot 10% inférieure à celle de la datte fraîche (26,5%) donnée par Régal (1995).

Tableau 19 : Teneurs en sucres solubles de la pulpe et de l'amande des fruits (g/100g de matière sèche).

Espèce	Pulpe	Amande
	Teneur en sucres solubles (g/100g de MS)	Teneur en sucres solubles (g/100g de MS)
<i>Celtis australis</i> L.	16,71 ± 0,91	2,61 ± 0,16
<i>Crataegus azarolus</i> L.	9,86 ± 0,13	2,56 ± 0,33
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	11,45 ± 0,33	1,7 ± 0,98
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	17,01 ± 0,97	3,66 ± 0,28
<i>Zizyphus lotus</i> L.	10,55 ± 0,26	4,10 ± 0,23

Pour le fruit de *Crataegus*, Koyuncu *et al.* (2007) donnent une teneur en sucres solubles de 13%, elle est proche de celle de *Crataegus monogyna* 11,45% et relativement loin de celle de *Crataegus azarolus* qui est de 9,86%. Si on se réfère aux travaux de Ayaz *et al.*, 1999; Dzhangaliev *et al.*, 2003; Ayaz et Bertoft, 2001) qui rapportent une teneur en sucres solubles de 50% pour des variétés de *Elaeagnus angustifolia*, cette valeur est bien supérieure à celle obtenue dans notre étude 17,01%. Par

ailleurs, Sayed *et al.*,(2005) avancent une teneur en sucres solubles pour des variétés de *l'Elaeagnus umbellata* qui est de 8,34% inférieure à la teneur trouvées dans nos échantillons.

Concernant le fruit de *Zizyphus lotus* les sucres solubles est de l'ordre de 10,15%, elle est inférieure à celle trouvée pour l'espèce de *Zizyphus jujuba* donnée par Li *et al* (2007). Cependant, cette teneur se rapproche à celle de l'abricot et du kiwi 10% rapporté par Bretaudeau (1992).

D'après les résultats des teneurs des sucres solubles dans les amandes des fruits, on remarque que les amandes présentent des teneurs faibles par apports à celles présente dans la pulpe. En comparant la teneur en sucres solubles dans les amandes par fruit, on remarque que l'amande de *Zizyphus lotus* est caractérisée par la teneur la plus élevée 4,10%. Elle est assez proche de *l'Elaeagnus angustifolia* 3,66% suivie par celles de *celtis australis* 2,60% qui se rapproche a celle de *Crataegus azarolus* 2,56%, celle de *Crataegus monogyna* présentant une faible teneur 1,7%.

Si on se réfère aux travaux de Abdelaal *et al.*, (1986) rapportent une teneur de 4,4% pour des variétés des amandes d'abricot cultivées en Egypte. Kapoor *et al.*(1985) avancent une intervalle de 4,1-12,6% trouvée pour des variétés d'amande d'abricot cultivés en Inde. L'amande de *l'Elaeagnus angustifolia* 3,66% et celle de *Zizyphus lotus* 4,10% présentent des teneurs comprises dans l'intervalle mentionné par Kapoor *et al.*, (1987) supérieures à celles trouvées par Abdelaal *et al.*,(1986). Par ailleurs, les valeurs trouvées dans les amandes de *Celtis australis*, *Crataegus monogyna* et celle de *Crataegus azarolus* sont inférieures à celles trouvées par Kapoor *et al.*,(1987). Cette variation de la teneur en sucres solubles des fruits à été expliquée par (Ayaz *et al*, 1999 ; Travers, 2004) par les raisons suivantes :

-Les facteurs biologiques : La variété, l'âge de la plante, la charge des arbres, le stade de maturité des fruits et l'état physiologique du fruit lors de l'analyse.

-Les facteurs environnementaux : Sol, technique culturale et exposition

D'après les teneurs obtenus dans notre étude, ces fruits constitueraient une source non négligeable en sucres qui fournissent des calories, et confèrent aux fruits leur saveur sucrée et leurs arômes agréables. Ce qui a poussé les gens à penser de les transformer en plusieurs produits alimentaires notamment les confitures, les compotes, les marmelades, les jus.

2-1- Teneur en sucres réducteurs : D'après les résultats des teneurs en sucre réducteurs, on remarque que les sucres réducteurs varient selon l'espèce ; et au sein de la même espèce.

Tableau 20: Teneurs en sucres réducteurs des fruits en g pour 100g de

matière sèche.

Espèce	Pulpe	Amande
	g/100g MS	g/100g MS
<i>Celtis australis</i> L.	13,91 ± 0,9	1,21 ± 0,68
<i>Crataegus azarolus</i> L.	3,03 ± 0,75	1,30 ± 0,5
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	7,86 ± 0,13	Trace
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	13,50 ± 0,77	Trace
<i>Zizyphus lotus</i> L.	2,5 ± 0,25	Trace

Les résultats montrent aussi que les parties comestibles présentent des teneurs en sucres réducteurs élevées par rapport à celles des amandes. En comparant la teneur en sucres réducteurs par fruits, on remarque que la pulpe de *Celtis australis* présente la teneur la plus élevée 13,91%, elle est voisine de celle de *Elaeagnus angustifolia* 13,50% , suivi par celle de *Crataegus monogyna* et que la pulpe de *Crataegus azarolus* et de *Zizyphus lotus* présentent des faibles teneurs qui sont respectivement 3,03%, 2,50%. La

pulpe du fruit de *Celtis australis* présente une teneur (13,91%), ce qui correspond à 83% des sucres solubles contenus dans la partie comestible. Pour la pulpe *Crataegus monogyna* 7,86% présente une teneur qui est proche de l'intervalle 4,02- 6,09%.

Si on se réfère aux travaux de Sayed *et al.*, (2005) pour des variétés de *Elaeagnus umbelala*, rapporte une teneur de 8,13% elle est inférieure à celle dans notre échantillons 13,50%, ce qui correspond à 79% des sucres solubles contenus dans la partie comestible sont des sucres réducteurs, par ailleurs, ces résultats sont en concordance avec les travaux de Ayaz *et al.* (1999) ; Ayaz et Bertoft (2002), signalant que la majorité des sucres solubles de *Elaeagnus augustifolia* sont présentés par des sucres réducteurs (glucose, fructose).

La teneur en sucres réducteurs de *Zizyphus lotus* est de 2,5%, cette valeur est comprise dans l'intervalle 0,2%-14,1% trouvée pour des variétés de *Zizyphus jujuba* par Li *et al.*, (2007).

La variation de teneurs en sucres réducteurs peuvent être attribuée notamment au degré de maturation, ce paramètre a été expliqué par (Ayaz *et al.*, 1999; Ayaz et Bertoft, 2002), qui ont montrés que la majorité des sucres des fruits présentés principalement par le glucose et le fructose. En se référant au teneur en sucre soluble, on constate qu'une grande partie des sucres de nos fruits sont présentés sous formes des sucres réducteurs, pour *Celtis australis* 83,24% des sucres solubles contenus dans la partie comestible sont des sucres réducteurs et 16,75% représente le saccharose, pour le fruit de *Crataegus azarolus* 30,73% des sucres solubles contenus dans la partie comestible sont des sucres réducteurs., et 68,64% des sucres solubles contenus dans la partie comestible dans le fruit de *Crataegus monogyna*, pour l' *Elaeagus augustifolia* ce taux est de 79,36% alors que pour le fruit de *Zizyphus lotus* qui présente un taux faible qui est de 23,69%. Partir de ces résultats, on constate que nos fruits peuvent être une source non négligeable en sucres réducteurs. En se référant au teneur en sucre soluble, on constate qu'une grande partie des sucres de nos fruits sont présentés sous formes des sucres réducteurs, pour *Celtis australis* 83,24% des sucres solubles contenus dans la partie comestible sont des sucres réducteurs et 16,75% représente le saccharose, pour l' *Elaeagnus augustifolia* ce taux est de 79,36% et 68,64% des sucres solubles contenus dans la partie

comestible du fruit de *Crataegus monogyna*, la composition en sucres de ces fruits est proche de celle de la grenade, la pomme, le myrtille, la framboise, la fraise, dont ses glucides sont constitués majoritairement par du fructose, du glucose et de petites proportions de saccharose. Pour le fruit de *Crataegus azarolus* 30,73% des sucres solubles contenus dans la partie comestible sont des sucres réducteurs, alors que pour le fruit de *Zizyphus lotus* qui présente un taux faible qui est de 23,69%

2-2-Teneur en saccharose : D'après les résultats obtenus, on remarque que la pulpe de *Zizyphus lotus* présente la teneur la plus élevée 8,05%, suivie par celle du fruit de *Crataegus azarolus* qui est de 6,83% et celle du fruit de *Crataegus monogyna*, et de *Elaeagnus angustifolia* qui présentent des valeurs voisines respectivement 3,59% et 3,60% et que la pulpe du *Celtis australis* présente une faible teneur soit 2,8%.

Tableau 21: Teneur en saccharose des fruits en(g/100g de matière sèche).

Espèce	Pulpe	Amande
	g/100g MS	g/100g MS
<i>Celtis australis</i> L.	2,8 ± 0,21	1,4 ± 1,28
<i>Crataegus azarolus</i> L.	6,83 ± 0,33	1,26 ± 0,77
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	3,59 ± 0,45	1,7 ± 0,42
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	3,60 ± 0,71	3,05 ± 1,03
<i>Zizyphus lotus</i> L.	8,05 ± 0,22	4,10 ± 0,71

Pour le fruit de *Celtis australis* qui présente 2,8%, cette teneur est légèrement supérieure à celle trouvée pour la fraise 2% par (Apfelbaum *et al.*, 2002). Pour le fruit de *Crataegus azarolus* présente une teneur de (6,83), cette dernière est aussi proche à celle trouvée pour *Zizyphus lotus* 8,05%. Pour le fruit de

Crataegus monogyna, et *Elaeagnus angustifolia*, ils renferment des teneurs similaires 3,59%, 3,60%. A partir des résultats des teneurs en saccharose dans les amandes on remarque que les amandes présentent des quantités très modestes par rapport à celles des pulpes avec une seule exception de l'amande de *Zizyphus lotus* qui renferme une teneur élevée, elle est de 4,10%. Cependant l'amande de *l'Elaeagnus angustifolia* et de *Zizyphus lotus* renferment des teneurs comparables à celles trouvée par Kapoor *et al.*, (1987).et proche de celle de cacahuètes 4,5%. (Apfelbaum *et al.*, 2002).

2-3- Teneur en cellulose : Les résultats des teneurs en cellulose dans les fruits, présentent une variation selon le fruit, les amandes présentent des teneurs relativement élevées par rapport à celle de la pulpe.

Tableau 22: Teneur en cellulose des fruits en (g/100 g de matière sèche).

Espèce	Pulpe	Amande
	g/100g MS	g/100g MS
<i>Celtis australis</i> L.	05.08 ± 0.20	19.55 ± 1.13
<i>Crataegus azarolus</i> L.	11.97 ± 1.03	13.23 ± 0.77
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	11.40 ± 0.91	13.42 ± 0.56
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	03.92 ± 0.76	07.50 ± 0.51
<i>Zizyphus lotus</i> L.	04.84 ± 0.55	16.57 ± 0.19

En comparant la teneur en cellulose des pulpes par fruit, on remarque que les fruits de *Crataegus azarolus* et de *Crataegus monogyna* sont caractérisés par des teneurs élevées qui sont respectivement 11,97%, 11,4% suivi par celle de *Celtis australis* 5,08% qui se rapproche de celle de *Zizyphus lotus*, et que le fruit d'*Elaeagnus angustifolia* présente une faible teneur qui est de 3,92.%

Si on se réfère aux travaux de Demir et al. (2002) ils rapportent une teneur de 4,40% pour des variétés de *Celtis australis* cultivées en Turquie, elle est voisine à celle trouvée dans notre échantillon de *Celtis australis* 5,08%. Pour le fruit de *Crataegus azarolus*, *Crataegus monogyna*, ils renferment des teneurs supérieures à celle trouvées par Musa et al. (2005) pour des variétés de *Crataegus* cultivés en Turquie qui est de 4,67%. Pour le fruit de *Zizyphus lotus*, la teneur de 4.84% est proche de l'intervalle 5,24-7,81% trouvée par Li et al. (2007) pour des variétés cultivées en Chine. En comparant la teneur en cellulose dans les amandes, on remarque que l'amande de *Celtis australis* est caractérisée par une teneur importante 19,55% suivi par celle de l'amande de *Zizyphus lotus* avec 16,57%, ensuite celle de *Crataegus monogyna* 13,42% et celle de *Crataegus azarolus* 13.23% et que le fruit de *Elaeagnus angustifolia* présente un taux faible qui est de 7,5%. D'après ces teneurs en cellulose dans les amandes on peut dire que la cuticule qui enveloppe l'amande est responsable de cette richesse. Cette richesse en cellulose, participe considérablement à la texture des fruits, et confère aux parois leur rigidité (Dilmi-Bouras, 1998). Elle lui confère aussi une propriété fonctionnelle en nutrition.

2-4- Teneur en pectine : Les résultats sur la pectine, font remarquer que les pulpes des fruits renferment des teneurs élevées par rapport à celle trouvées dans les amandes.

Tableau 23 : Teneur en pectine des fruits en(g/100g de matière fraîche)

Espèce	Pulpe	Amande
	g/100g MS	g/100g MS
<i>Celtis australis</i> L.	0.44 ± 0.21	0.20 ± 1.22
<i>Crataegus azarolus</i> L.	2.61 ± 1.20	0.43 ± 0.71
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	1.60 ± 0.91	0.39 ± 0.23
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	1.43 ± 0.20	0.94 ± 0.79
<i>Zizyphus lotus</i> L.	2.07 ± 1.33	0.35 ± 0.86

Les résultats sur la pectine, font remarquer que les pulpes des fruits renferment des teneurs élevées par rapport à celle trouvées dans les amandes. En comparant la teneur en pectine des fruits, on

remarque que la pulpe de *Crataegus azarolus* et celle de *Zizyphus lotus* sont caractérisées par des teneurs élevées et voisines sont respectivement de 2,61%, 2,07% suivi par celles de *Crataegus monogyna* qui représente une teneur qui est de 1,60% qui se rapproche à celle de *Elaeagnus angustifolia*, elle est de 1,43%, et que *Celtis australis* présente une faible teneur, elle est de 0,44%. Concernant le fruit de *Zizyphus lotus* et celle de *Crataegus azarolus* leur teneurs en pectine sont comprises dans l'intervalle 0,57-2,79% trouvée par Li et al. (2006).

En comparant les teneurs en pectine dans les amandes par fruit, on remarque que l'amande de *Elaeagnus angustifolia* renferme la teneur élevée 0,94% suivi par celle de *Crataegus azarolus* qui est de 0,43%, celle de *Crataegus monogyna* 0,39% et celle de *Zizyphus lotus* 0,35% qui sont voisines, et que l'amande de *Celtis australis* présente une teneur faible 0,20% si on se réfère aux travaux de Bekker et Glushenkova ., (1997), on constate que la teneur en pectine présente dans l'amande du *Celtis australis* est similaire à celle du raisin 0,22%, et celle du *Crataegus azarolus* 0,43%, *Crataegus monogyna* 0,39% *Zizyphus lotus* sont proche à celle du raisin 0,44%. Par ailleurs, la teneur en pectine présente dans l'amande de *Elaeagnus angustifolia* est très proche de celle des framboises. Ces fruits renferment des quantités importantes dépassant celles trouvées dans les meilleures sources de pectines à l'instar du cassis avec 1,2%. le coing 0.6 à 0,7 %, ou l'abricot 0,5%. on constate alors que nos fruits sont riche en pectine. A partir de ces résultats, on peut produire alors une confiture riche en pectines par ces fruits, ou on peut éventuellement extraire ces pectines et les exploitées pour augmenter et améliorer le pouvoir gélifiant de certaines préparations de fruits en industrie alimentaire comme agents liants et épaississants et en médecine des comprimés de pectine purifiée ont été introduits pour le traitement des intoxications aux métaux lourds comme agent de chélation.

2-5- Identification des sucres par chromatographie sur couche mince :

Les résultats montrent que la pulpe de *Celtis australis*, *Crataegus manogyna*, *Elaeagnus angustifolia* renferme des sucres : le glucose, le fructose. L'absence de saccharose peut être expliquée par sa présence en quantité faible sous forme des traces ou l'absence totale de saccharose à cause de son

hydrolyse en glucose et fructose pendant la maturité par l'invertase. Ces résultats sont en concordance (Sakamura et Suga., (1987); Ayaz et Bertoft (2002), sur des variétés de *l'Elaeagnus augustifolia* cultivées en Turquie. Li *et al.*, (2007), rapportent que dans la plupart des fruits, les sucres majoritaires sont : le glucose et le fructose, alors que le saccharose subit une hydrolyse par l'invertase pendant la maturité. C'est le cas de la datte. La pulpe de *Crataegus azarolus* renferme trois sucres, glucose, fructose et saccharose. Ces résultats confirment ceux des prunes qui appartiennent à la même famille (Rosacées) que *Crataegus azarolus*, ou ses glucides se répartissent en glucose avec une part égale à celle du fructose et du saccharose.

Les résultats montrent aussi que l'amande de *Celtis australis*, *Crataegus azarolus* renferment un seul sucre, le saccharose. Si on se réfère aux travaux de Zurcher et Hadorn.,(1977), l'amande de *Zizyphus lotus* renferme le saccharose et un autre sucre probablement le raffinose, sucre habituellement présent dans les graines. L'amande de *Crataegus monogyna* contient seulement le glucose. En se référant aux chromatogrammes, on remarque que la coloration et la taille des spots correspondant aux sucres présents dans la pulpe est plus foncée et aussi grande que celles correspondant aux sucres présents dans l'amande des fruits, et ça traduit la diversité et la concentration des glucides simples présents dans les pulpes par rapport à celle des amandes. Pour le fruit de *Zizyphus lotus*, il renferme le saccharose et le glucose.

3- Détermination de la teneur en matière grasse et caractérisation physico-chimique des huiles végétales extraites

Les résultats obtenus dans ce volet sont la moyenne de *cinq* répétitions (Pulpe, amande).

3-1- Teneur en matière grasse totale

La détermination de la teneur en matière grasse "MG" a été réalisée selon la méthode "*Soxhlet*" NF ISO 8262-3. A partir d'un échantillon sec, broyé et à l'aide d'hexane, la matière grasse est extraite. Elle est récupérée puis pesée après l'évaporation du solvant.

Tableau 24: Teneur en matière grasse "g%" de matière sèche des cinq fruits

(Pulpe, amande)

Espèce	Teneur en matière grasse (g %)	
	Pulpe	Amande
<i>Celtis australis</i> L.	0.50 ± 0.12	39.00 ± 0.06
<i>Crataegus azarolus</i> L.	0.67 ± 0.08	16.75 ± 0.15
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	0.64 ± 0.04	15.95 ± 0.04
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	0.55 ± 0.08	16.45 ± 0.40
<i>Zizyphus lotus</i> L.	0.79 ± 0.02	29.73 ± 0.20

On constate que la teneur en matière grasse varie, non seulement en fonction de l'espèce, mais aussi en fonction de la partie étudiée des fruits (Pulpe ou amande), exprimée en g% de la matière sèche. Il est à signaler, que la teneur en matière grasse de la pulpe de nos fruits est faible allant de 0,5 à 0,8% du poids sec et celle de leurs amandes est élevée allant de 15,95 à 39% du poids sec, ce qui donne à ces amandes un caractère d'oléagineuses. En étudiant les lipides de trois variétés du fruit d'*Elaeagnus angustifolia* L." cultivé en Uzbekistan; Goncharova et Glushenkova., (1990), ont trouvés des teneurs allant de 3,5-13% de poids frais pour les amandes et 0,8-1,2% de poids frais pour la pulpe. Après avoir comparé nos résultats avec ceux des auteurs sus cités, on constate que la teneur en huile des amandes est légèrement supérieure a la valeurs de 15,23% de poids frais contrairement à celle de la pulpe 0,45% de poids frais. Ces différences peuvent s'expliquer par la disparité de l'origine des échantillons des fruits.

Praca., (2006), en travaillant sur les propriétés nutritionnelles et physico-chimiques des fruits du micocoulier *Celtis australis* L. en Slovénie, a signalé une teneur de 6,66 % d'huile extraite des amandes de matière fraîche. Cette teneur est très faible, en la comparant avec nos résultats : 32,67% de poids frais. D'après les teneurs trouvées, les amandes de nos fruits constitueraient une source non négligeable d'huile végétale qui pourrait être utilisée dans plusieurs domaines et devraient susciter un intérêt tout particulier.

3-2- Caractérisation physico-chimique des huiles végétales

3-2-1- Caractérisation physique

- Densité

La densité des huiles est mesurée selon la méthode du flacon. Les mêmes volumes d'eau et d'huile sont pesés, puis la masse d'huile est divisée par la masse d'eau. Ces résultats indiquent une similitude intra-espèce (Pulpe et amande de la même espèce) mais aussi une différence interspécifique.

Tableau 25 : Densité "D20/20" des huiles brutes extraites des cinq fruits (Pulpe, amande)

Espèce	Densité D20/20	
	Huile extraite de la pulpe	Huile extraite de l'amande
<i>Celtis australis</i> L.	0.8918 ± 0.00	0.9016 ± 0.00
<i>Crataegus azarolus</i> L.	0.9224 ± 0.00	0.9221 ± 0.00
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	0.9231 ± 0.00	0.9276 ± 0.00
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	0.9230 ± 0.00	0.9242 ± 0.00
<i>Zizyphus lotus</i> L.	0.8921 ± 0.00	0.8972 ± 0.00

En se référant aux valeurs de la densité "D20/20" données par (Frappier et Gosselin., 1999) des huiles végétales, on peut classer les nôtres comme suit :

[0,891-0,899] Huile de palme ; C'est le cas de l'huile de pulpe du "*Celtis australis* L." et l'huile de pulpe et des amandes du "*Zizyphus lotus* L."

[0,899-0,914] Huile du palmiste ; C'est le cas de l'huile des amandes du "*Celtis australis* L."

[0,922-0,927] Huile du carthame ; C'est le cas de l'huileHuile de pulpe et des amandes du "*Crataegus azarolus* L.", l'huile de pulpe et des amandes du "*Crataegus monogyna* Jacq." et l'huile de pulpe et des amandes de l'*Elaeagnus angustifolia* L.

- Indice de réfraction

Les résultats obtenus sur la variation de l'indice de réfraction des huiles extraites des pulpes et des amandes, confirment leur appartenance au groupe des huiles végétales et que ces huiles sont très riches en acide oléique et linoléique (Adrian et al., 1998).

Tableau 26 : Indice de réfraction " $n_D^{20^\circ C}$ " des huiles brutes extraites des cinq fruits (Pulpe, amande)

Espèce	Indice de réfraction $n_D^{20^\circ C}$	
	Huile extraite de la pulpe	Huile extraite de l'amande
<i>Celtis australis</i> L.	1.4616 ± 0.008	1.4770 ± 0.004
<i>Crataegus azarolus</i> L.	1.4690 ± 0.002	1.4710 ± 0.004
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	1.4650 ± 0.000	1.4775 ± 0.000
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	1.4680 ± 0.001	1.4718 ± 0.002
<i>Zizyphus lotus</i> L.	1.4630 ± 0.000	1.4695 ± 0.000

Cet indice varie en fonction de l'insaturation des huiles (Ollé., 2002).

Huiles riches en <i>acide oléique</i>	1,468 à 1,472
Huiles riches en <i>acide linoléique</i>	1,471 à 1,477
Huiles riches en <i>acide linoléique</i>	1,480 à 1,523

Selon les résultats obtenus, on remarque que les huiles extraites des pulpes des fruits sont moins insaturées que celles extraites de leurs amandes. Les huiles de la pulpe des azéroles *Crataegus azarolus* L. et des fruits de l'Olivier de Bohême *Elaeagnus angustifolia* L. sont riches en *acide oléique* ($I_R=1,4690$ et $1,4680$) respectivement). Cependant, les valeurs des indices de réfraction des huiles de la pulpe des micocoules *Celtis australis* L., *Crataegus monogyna* Jacq. et des jujubes *Zizyphus lotus* L. appartiennent à l'intervalle d'indice de réfraction de l'huile d'arachide [1,460-1,465].

En se référant au classement des huiles végétales donné par Ollé., (2002) les huiles des amandes de nos fruits sont réparties comme suit :

- Huiles riches en *acide oléique* et *linoléique* :

Huile des amandes des azéroles *Crataegus azarolus* L. et des fruits de l'Olivier de Bohême *Elaeagnus angustifolia* L.

- Huiles riches en *acide linoléique* : Huile des amandes des micocoules *Celtis australis* L. et des cenelles *Crataegus monogyna* Jacq.
- Huile riche en *acide oléique* : Huile des amandes des jujubes *Zizyphus lotus* L.

-. Couleur

Elle a été déterminée par une comparaison de la couleur des huiles brutes extraites et les nuances de la charte standard.

Tableau 27 : Couleur des huiles brutes extraites des *cinq* fruits (Pulpe, amande)

Espèce	Couleur	
	Huile extraite de la pulpe	Huile extraite de l'amande
<i>Celtis australis</i> L.	Jaune verdâtre brillant	Jaune verdâtre brillant
<i>Crataegus azarolus</i> L.	Jaune verdâtre foncé	Jaune grisâtre
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	Jaune rougeâtre terne	Jaune grisâtre
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	Jaune grisâtre	Jaune verdâtre
<i>Zizyphus lotus</i> L.	Jaune verdâtre pale	Jaune verdâtre pale

On peut remarquer que la couleur de nos huiles extraites est influencée par la présence des pigments, essentiellement la chlorophylle d'où la couleur verdâtre et les caroténoïdes d'où la couleur rougeâtre.

- Caractérisation chimique

-Indice d'acide : Cet indice renseigne principalement sur l'altération des triglycérides à la suite d'une hydrolyse chimique ou enzymatique lorsqu'ils se trouvent dans les conditions propices (Adrian et al.,1998).

Les résultats de l'indice d'acide sont mentionnés dans le tableau 23.

Tableau 28 : Indice d'acide des huiles brutes extraites des *cinq* fruits (Pulpe, amande).

Espèce	Indice d'acide	
	Huile extraite de la pulpe	Huile extraite de l'amande
<i>Celtis australis</i> L.	02.805 ± 0.00	04.207 ± 0.00
<i>Crataegus azarolus</i> L.	07.481 ± 0.00	08.415 ± 0.00
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	05.611 ± 0.00	02.805 ± 0.00
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	05.611 ± 0.00	02.805 ± 0.00
<i>Zizyphus lotus</i> L.	11.222 ± 0.00	04.488 ± 0.00

Ces résultats nous montrent une variation de l'indice d'acide selon l'espèce et une variation au sein de la même espèce en fonction de la partie étudiée (Pulpe ou amande), dont la valeur est comprise entre [2,805-8,415] pour l'ensemble des huiles sauf celle extraite de la pulpe des jujubes *Zizyphus lotus* L. avec une valeur un peu élevée.

Si on se réfère aux travaux de Bekker et Glushenkova., (1997), l'indice d'acide de l'huile des amandes des fruits de l'Olivier de Bohème *Elaeagnus angustifolia* L. est de 6,86, une valeur un peu élevée que celle trouvée dans notre étude.

De plus, il est intéressant de remarquer que les valeurs d'indice d'acide de l'huile des azéroles *Crataegus azarolus* L. (Pulpe et amande) et des jujubes *Zizyphus lotus* L. (Pulpe) dépassent la valeur limitée, pour les huiles brutes, à 7,1 ce qui signifie l'hydrolyse chimique ou enzymatique lors de l'extraction. Il est donc clair que, ces huiles sont facilement hydrolysables et nécessitent une attention particulière lors de l'extraction de la purification ou de leur conservation (Tchiégang et al., 2003).

- **Acidité** : L'acidité est le pourcentage des acides gras libres exprimés conventionnellement en *acide laurique* pour le "Coprah" et le "Palmiste", en *acide palmitique* pour le "Palme" et en *acide oléique* pour la majeure partie des corps gras (Ollé.,2002).

Tableau N°29 : Acidité des huiles brutes extraites des cinq fruits (Pulpe, amande)

Espèce	Acidité (%)	
	Huile extraite de la pulpe	Huile extraite de l'amande
<i>Celtis australis</i> L.	1.41 ± 0.00	2.82 ± 0.00
<i>Crataegus azarolus</i> L.	3.76 ± 0.00	4.23 ± 0.00
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	2.82 ± 0.00	1.41 ± 0.00
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	2.82 ± 0.00	1.41 ± 0.00
<i>Zizyphus lotus</i> L.	7.52 ± 0.00	2.82 ± 0.00

Les travaux de Goncharova et al., (1990) concernant l'étude des lipides du *Zizyphus jujuba* soulignent un pourcentage en acidité de 1,6% dans l'huile des amandes. Une teneur faible, si celle-ci est comparée avec la notre 2,82%. Cette augmentation pourrait être due au facteur variétal. Par ailleurs, l'acidité des huiles des amandes 1,41% et de la pulpe 2,82% des fruits de l'Olivier de Bohême "*Elaeagnus angustifolia* L." est en accord avec les résultats de Goncharova et Glushenkova., (1990) qui donnent les intervalles 0,1-1,2% pour l'huile des amandes et 2,5-7% pour l'huile de la pulpe.

- **Indice de saponification** : L'indice de saponification correspond au nombre de milligrammes de potassium nécessaire pour saponifier 1 gramme de matière grasse (Kartika., 2005).

Tableau 30: Indice de saponification des huiles brutes extraites des cinq fruits (Pulpe, amande)

Espèce	Indice de saponification	
	Huile extraite de la pulpe	Huile extraite de l'amande
<i>Celtis australis</i> L.	116.688 ± 0.07	188.300 ± 0.02
<i>Crataegus azarolus</i> L.	156.252 ± 0.04	192.960 ± 0.16
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	141.372 ± 0.25	184.008 ± 0.07
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	150.343 ± 0.17	184.856 ± 0.08
<i>Zizyphus lotus</i> L.	154.836 ± 0.12	195.300 ± 0.02

Les travaux de Bekker et Glushenkova.,(2001), sur l'étude des composants du fruit d'"*Elaeagnus angustifolia* L." ont déterminés que l'indice de saponification de l'huile des amandes est compris entre 184-197,5 , zone dans la quelle se situe notre résultat 184,856. Une différence est noté sur l'indice de

saponification en fonction des espèces et de même les parties fruit (Pulpe ou amandes). Les huiles extraites des pulpes de fruits présentent un faible indice de saponification, avec une moyenne inférieure à 157 cette valeur est également inférieure à l'indice de saponification des huiles usuelles, tel que l'huile d'olive 184-196, l'huile du maïs 187-195 et l'huile du tournesol 188-194. De plus, les indices de saponification des huiles obtenus des amandes ont des valeurs qui se situent également dans les intervalles des indices de saponification des huiles végétales usuelles (Kartika., 2005).

- **Indice d'iode** : L'indice d'iode nous permet de mesurer globalement le degré d'insaturation de la matière grasse.

Tableau 31 : Indice d'iode des huiles brutes extraites des *cinq* fruits (Pulpe, amande)

Espèce	Indice d'iode	
	Huile extraite de la pulpe	Huile extraite de l'amande
<i>Celtis australis</i> L.	52.029 ± 0.00	128.169 ± 0.00
<i>Crataegus azarolus</i> L.	45.684 ± 0.00	102.754 ± 0.00
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	19.035 ± 0.00	116.713 ± 0.00
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	74.871 ± 0.00	145.935 ± 0.00
<i>Zizyphus lotus</i> L.	22.842 ± 0.00	130.072 ± 0.00

L'indice de nos huiles varie non seulement de l'espèce mais aussi de la partie étudiée (Pulpe ou amandes), car à première vue on constate que les valeurs sont faibles, allant de 19-74. Alors que, les indices d'iode des huiles des amandes 102-145 sont comparables à ceux des huiles végétales usuelles, tel que l'huile de maïs 103-195, l'huile de sésame 104-120 et l'huile de tournesol avec 118-141. La valeur de

l'indice d'iode de l'huile des amandes des fruits de l'Olivier de Bohème *Elaeagnus angustifolia* L., 145,935 est comparable au résultat obtenu par Bekker et Glushenkova.,(2001) allant de 113,5-155.

Ces résultats nous permettent de dire que les huiles extraites des pulpes sont plus saturées que celle extraites des amandes, et moins sensibles à l'oxydation que celles ayant un indice d'iode élevé.

- **Indice de peroxyde** : D'après nos résultats, on peut remarquer que l'indice de peroxyde des huiles brutes varie significativement selon l'espèce et la nature des parties (Pulpe ou amandes). Ces valeurs sont inférieures à 10 Meq d'O₂/Kg d'huile, teneur maximum pour les huiles brutes (Fuhrer., 2005).

Tableau 32: Indice de peroxyde des huiles brutes extraites des cinq fruits (Pulpe, amande)

Espèce	Indice de peroxyde	
	Huile extraite de la pulpe	Huile extraite de l'amande
<i>Celtis australis</i> L.	2.25 ± 0.00	3.48 ± 0.00
<i>Crataegus azarolus</i> L.	2.00 ± 0.00	4.30 ± 0.00
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	1.75 ± 0.00	1.80 ± 0.00
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	1.62 ± 0.00	4.00 ± 0.00
<i>Zizyphus lotus</i> L.	1.37 ± 0.00	0.50 ± 0.00

De ces résultats, on peut déduire que nos huiles brutes n'ont pas subi d'oxydation, qui à éviter la formation des peroxydes et des hydroperoxydes responsables de l'altération des huiles

- **Taux des insaponifiables** : Le taux des insaponifiable de nos huiles végétales brutes varie entre 1-3%, une valeur élevée au taux moyen de tous les corps gras naturels qui varie entre 0,5-2%(Ollé., 2002).

En revanche, on se référant à Adrian et al., (1998), les huiles végétales peuvent renfermer des teneurs en insaponifiables nettement plus élevées jusqu'à 10-20%.

Tableau 33 : Taux des insaponifiables "%" des huiles brutes extraites des cinq fruits (Pulpe, amande)

Espèce	Taux des insaponifiables (%)	
	Huile extraite de la pulpe	Huile extraite de l'amande
<i>Celtis australis</i> L.	2.22 ± 0.11	1.32 ± 0.02
<i>Crataegus azarolus</i> L.	1.32 ± 0.03	1.03 ± 0.01
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	1.74 ± 0.02	1.06 ± 0.01
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	1.27 ± 0.05	2.83 ± 0.04
<i>Zizyphus lotus</i> L.	1.36 ± 0.02	1.02 ± 0.04

Cette fraction comprend les phytostérols, les pigments et les vitamines liposolubles.

- **Composition en acides gras des huiles végétales extraites :** Nous nous sommes limités à l'étude de la composition en acides gras des huiles extraites des amandes des fruits, compte tenu de leurs importances. L'identification des esters méthyliques a été faite par comparaison des temps de rétention de chaque pic du chromatogramme avec ceux obtenus pour les étalons.

Ces résultats nous indique l'existence de 16 pics fois 15, dont six sont les plus importants :

Acide palmitique 7,5-9,5%, avec la proportion la plus élevée 28,5% enregistrée pour l'huile des amandes des azéroles).

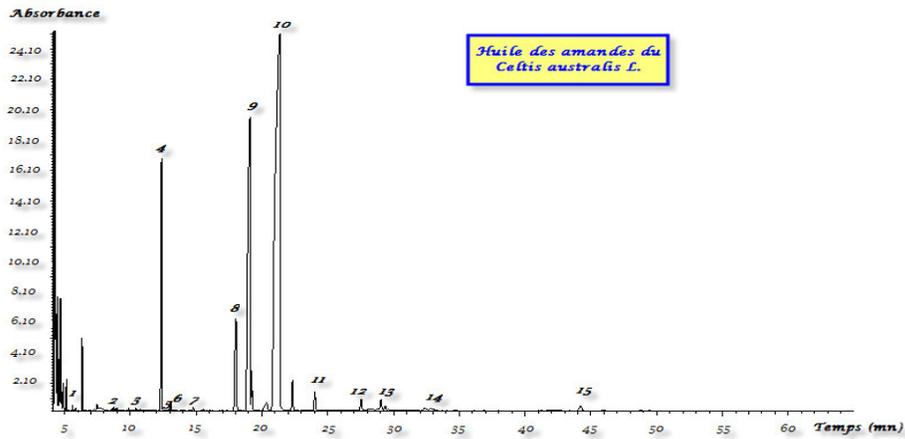
Acide palmitoléique 0,13-0,26%. Acide stéarique 4-7,5%. Acide oléique 24,6-50%. Acide linoléique (22,5-55%. Acide linoléique 0,5-7,5%.

Ces acides gras représentent 89-96% des acides gras totaux.

- Profil en acides gras des huiles des amandes des micoucoules *Celtis australis*L.

Tableau 34 : Composition en acides gras "%" de l'huile brute extraite des amandes des micoucoules "*Celtis australis* L."

Temps de retention	Composé proposé		Nombre de carbone	Proportion en %	Masse
	Dénomination chimique	Nom usuel			
5.612	Décanoïque	Acide caprique	C ₁₀	0.073	186
8.956	Tétradécanoïque	Acide myristique	C ₁₄	0.056	242
10.438	Pentadécanoïque	Acide pentadécyclique	C ₁₅	0.057	256
12.371	Hexadécanoïque	Acide palmitique	C ₁₆	7.524	270
12.899	7-Hexadécénoïque	Acide hypogénique	C ₁₆ : 1 ⁷	0.037	268
13.059	9-Hexadécénoïque	Acide palmitoléique	C ₁₆ : 1 ⁹	0.257	268
14.778	Heptadécanoïque	Acide margarique	C ₁₇	0.034	284
18.021	Octadécanoïque	Acide stéarique	C ₁₈	5.125	298
19.094	9-Octadécénoïque	Acide oléique	C ₁₈ : 1 ⁹	24.637	296
21.335	9-12-Octadécadiénoïque	Acide linoléique	C ₁₈ : 2 ^{9,12}	53.121	294
24.027	9-12-15-	Acide α-linolénique	C ₁₈ : 3 ^{9,12,15}	0.573	292
27.549	Eicosanoïque	Acide arachidique	C ₂₀	0.573	326
29.049	cic11-Eicosenoïque	Acide gadoléique	C ₂₀ : 1 ¹¹	0.700	324
34.711	Heneicosanoïque		C ₂₁	0.031	340
44.209	Docosanoïque	Acide béhénique	C ₂₂	0.285	354
56.695	Trisanoïque		C ₂₃	0.006	368



(1) $C_{10}:0$ - (2) $C_{14}:0$ - (3) $C_{15}:0$ - (4) $C_{16}:0$ - (5) $C_{16}:1^7$ - (6) $C_{16}:1^9$ - (7) $C_{17}:0$ - (8) $C_{18}:0$ - (9) $C_{18}:1^9$ - (10) $C_{18}:2^{9,12}$ -
 (11) $C_{18}:3^{9,12,15}$ - (12) $C_{20}:0$ - (13) $C_{20}:1^{11}$ - (15) $C_{22}:0$ - (16) $C_{23}:0$

Figure 16: Profil en acides gras de l'huile des amandes des micoucoules *Celtis australis* L.

obtenues par CG/SM

Cette huile est particulièrement riche en acide oléique 24,6 % et linoléique 54,1 %, qui sont voisins de ceux cités par (Ollé., 2002). pour l'huile de maïs $C_{18}:1 = 24-30\%$, $C_{18}:2^{9,12} = 45-55\%$, $C_{18}:3^{9,12,15} = 0,5-1,2\%$.

En comparant des teneurs en acides gras de cette huile cités par (Praca., 2006) du $C_{16}:0 = 6,74\%$, du $C_{18}:0 = 2,81\%$, du $C_{18}:1^9 = 14,19\%$ et du $C_{18}:2^{9,12} = 76,25\%$, avec les nôtres, on peut noter une variation qui pourrait être due aux raisons suivantes :

- Les pratiques culturales ;
- Les caractéristiques pédo-climatiques ;
- Les différences inter-variétales.

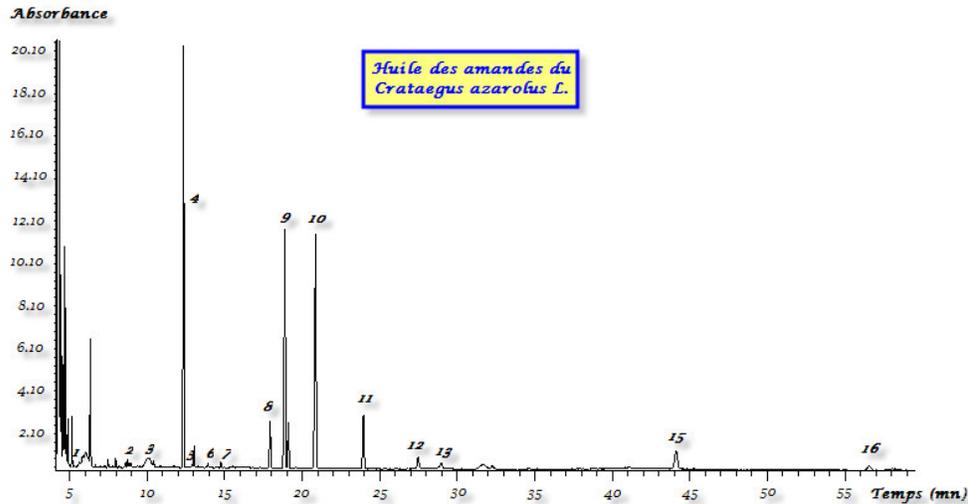
L'huile contient aussi 7,52 % d'acide palmitique et 5,12 % d'acide stéarique, qui se rapprochent à celle de l'huile d'argan $C_{16}:0 = 11,5-15\%$ et $C_{18}:0 = 4,3-7,2\%$ (Rahmani., 2005). Elle est essentiellement riche en acides gras polyinsaturés de type Oméga 6 qui pourrait contribuer aux apports si elle est

compléter par une huile riche en Oméga 3 (Plumey., 2003). Les Oméga 6 participent à l'élaboration d'acides gras hautement insaturés et d'eicosanoïdes, ils jouent un rôle important au niveau du système nerveux, de l'équilibre cardiovasculaire, de l'immunité, de la guérison des blessures et des réactions allergiques et inflammatoires (Grondin *et al.*,2002).

- Profil en acides gras des huiles des amandes des azéroles "*Crataegus azarolus* L."

Tableau 35: Composition en acides gras de l'huile brute extraite des amandes des azéroles "*Crataegus azarolus* L."

Tr	Composé proposé		Nombre de	Proportion en %	Masse
	Dénomination chimique	Nom usuel			
5.614	Décanoïque	Acide caprique	C ₁₀	0.079	186
8.946	Tétradécanoïque	Acide myristique	C ₁₄	0.223	242
10.429	Pentadécanoïque	Acide pentadécyclique	C ₁₅	0.256	256
12.349	Hexadécanoïque	Acide palmitique	C ₁₆	28.374	270
12.895	7-Hexadécénoïque	Acide hypogénique	C ₁₆ : 1 ⁷	0.177	268
13.025	9-Hexadécénoïque	Acide palmitoléique	C ₁₆ : 1 ⁹	1.376	268
14.751	Heptadécanoïque	Acide margarique	C ₁₇	0.408	284
17.923	Octadécanoïque	Acide stéarique	C ₁₈	4.099	298
18.883	9-Octadécénoïque	Acide oléique	C ₁₈ : 1 ⁹	26.567	296
20.863	9-12-Octadécadiénoïque	Acide linoléique	C ₁₈ : 2 ^{9,12}	25.372	294
23.952	9-12-15-Octadécatriénoïque	Acide α -linoléique	C ₁₈ : 3 ^{9,12,15}	5.996	292
27.480	Eicosanoïque	Acide arachidique	C ₂₀	1.551	326
28.968	cic11-Eicosénoïque	Acide gadoléique	C ₂₀ : 1 ¹¹	0.651	324
44.110	Docosanoïque	Acide béhénique	C ₂₂	3.693	354
56.695	Trisanoïque		C ₂₃	1.176	368



(1) C₁₀: 0 – (2) C₁₄: 0 – (3) C₁₅: 0 – (4) C₁₆: 0 – (5) C₁₆: 1⁷ – (6) C₁₆: 1⁹ – (7) C₁₇: 0 – (8) C₁₈: 0 – (9) C₁₈: 1⁹ – (10) C₁₈: 2^{9,12} – (11) C₁₈: 3^{9,12,15} – (12) C₂₀: 0 – (13) C₂₀: 1¹¹ – (15) C₂₂: 0 – (16) C₂₃: 0

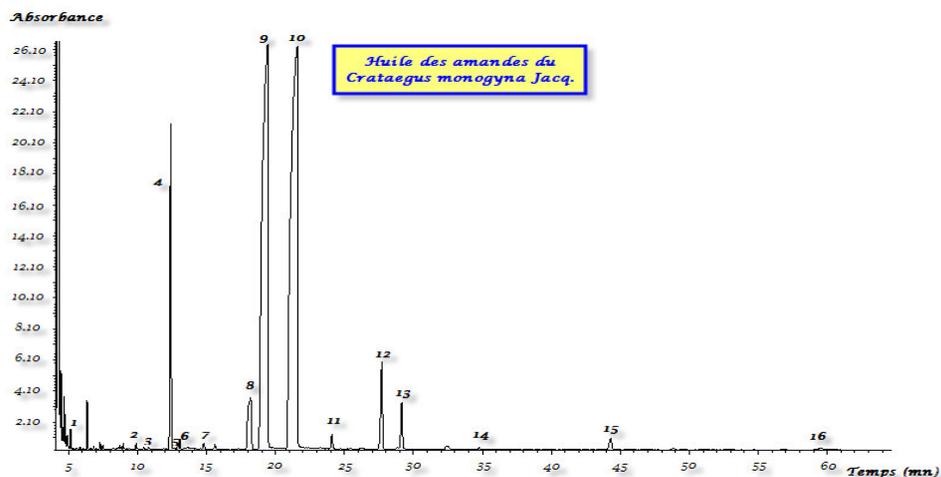
Figure 17 : Profil en acides gras de l'huile des amandes des azéroles "*Crataegus azarolus L.*" obtenu par CG/SM

Les teneurs en acide palmitique, oléique et α -linoléinique sont presque égales : 28,37 %, 26,57 % et 25,37 % respectivement.

On se référant aux teneurs d'acide palmitique des huiles végétales usuelles cités par Furher et *al.*, on peut noter la richesse des huiles du palme et du coton en cet acide, dont les teneurs sont 30-39 % et 21,4-26,4 % respectivement. L'huile contient aussi 4,01 % d'acide stéarique et 6 % d'acide α -linoléinique, valeurs voisines de celles de l'huile du soja avec 3-5 % pour C₁₈: 0 et 6-9 % pour C₁₈: 3^{9,12,15} (Ollé., 2002). Cette richesse en acide palmitique permettrait d'envisager pour cette huile une utilisation courante dans l'industrie agro-alimentaire pour la fabrication des produits de biscuiterie, sous l'appellation "Matière grasse végétale" (Bertin., 2002.).

- Profil en acides gras des huiles des amandes des cenelles "*Crataegus monogyna* Jacq."Tableau 36 : Composition en acides gras de l'huile brute extraite des amandes des cenelles "*Crataegus monogyna* Jacq."

Tr	Composé proposé Dénomination chimique	Nom usuel	Nombre de	Proportion	Masse
5.618	Décanoïque	Acide caprique	C ₁₀	0.007	186
8.961	Tétradécanoïque	Acide myristique	C ₁₄	0.065	242
10.450	Pentadécanoïque	Acide pentadécyclique	C ₁₅	0.031	256
12.430	Hexadécanoïque	Acide palmitique	C ₁₆	7.834	270
12.992	7-Hexadécénoïque	Acide hypogénique	C ₁₆ : 1 ⁷	0.089	268
13.064	9-Hexadécénoïque	Acide palmitoléique	C ₁₆ : 1 ⁹	0.167	268
14.807	Heptadécanoïque	Acide margarique	C ₁₇	0.131	284
18.133	Octadécanoïque	Acide stéarique	C ₁₈	1.405	298
19.420	9-Octadécénoïque	Acide oléique	C ₁₈ : 1 ⁹	38.931	296
21.501	9-12-Octadécadiénoïque	Acide linoléique	C ₁₈ : 2 ^{9,12}	45.865	294
24.086	9-12-15-Octadécatriénoïque	Acide α-linolénique	C ₁₈ : 3 ^{9,12,15}	0.341	292
27.708	Eicosanoïque	Acide arachidique	C ₂₀	2.959	326
29.155	cic11-Eicosénoïque	Acide gadoléique	C ₂₀ : 1 ¹¹	1.426	324
34.740	Heneicosanoïque		C ₂₁	0.059	340
44.303	Docosanoïque	Acide béhénique	C ₂₂	0.512	354
56.736	Trisanoïque		C ₂₃	0.019	368



(1) C₁₀: 0 – (2) C₁₄: 0 – (3) C₁₅: 0 – (4) C₁₆: 0 – (5) C₁₆: 1⁷ – (6) C₁₆: 1⁹ – (7) C₁₇: 0 – (8) C₁₈: 0 – (9) C₁₈: 1⁹ – (10) C₁₈: 2^{9,12} – (11) C₁₈: 3^{9,12,15} – (12) C₂₀: 0 – (13) C₂₀: 1¹¹ – (15) C₂₂: 0 – (16) C₂₃: 0

Figure 17': Composition en acides gras de l'huile brute extraite des amandes des cenelles "*Crataegus monogyna* Jacq."

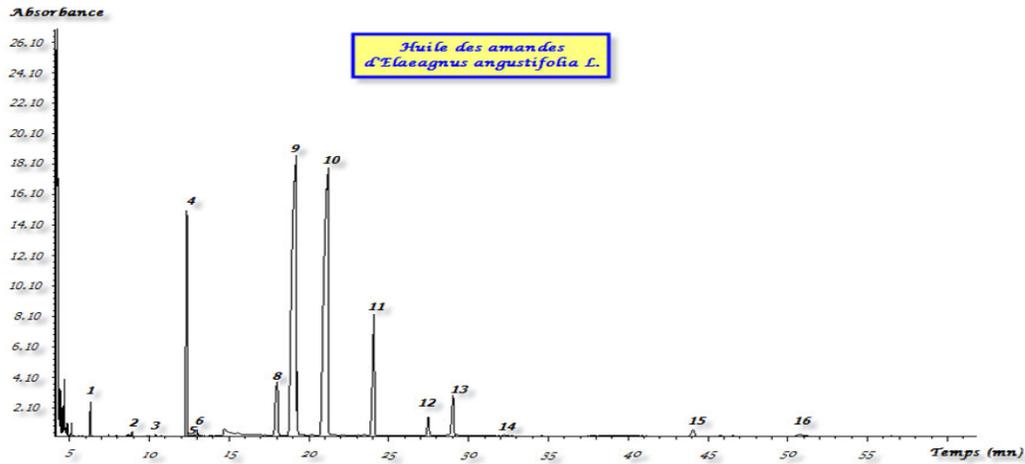
La composition en acides gras de cette huile est caractérisée par une teneur élevée en acides insaturés : monoinsaturés représentés par l'acide oléique 38,93 % et polyinsaturés représentés par l'acide linoléique 45,86 %. Ces teneurs se rapprochent de celles de l'huile d'arachide 35-72 % pour $C_{18} : 1^9$ et 13-45 % pour $C_{18} : 2^{9,12}$. On enregistre aussi la présence de l'acide palmitique à une proportion assez élevée 7,83 %, ainsi que la présence de l'acide arachidique avec une proportion faible 2,6 %.

On peut conclure que cette huile est une source d'Oméga 6, qui devrait être complétée par des huiles riches en acides gras polyinsaturés de type "Oméga 3" pour être utilisée.

- **Profil en acides gras des huiles des amandes des fruits de l'Olivier de Bohême *Elaeagnus angustifolia* L.**

Tableau 37: Composition en acides gras de l'huile brute extraite des amandes des fruits de l'Olivier de Bohême *Elaeagnus angustifolia* L

Tr	Composé proposé Dénomination chimique	Nom usuel	Nombre de	Proportion	Masse
5.593	Décanoïque	Acide caprique	C_{10}	0.027	186
8.925	Tétradécanoïque	Acide myristique	C_{14}	0.097	242
10.408	Pentadécanoïque	Acide pentadécyclique	C_{15}	0.046	256
12.352	Hexadécanoïque	Acide palmitique	C_{16}	8.032	270
12.862	7-Hexadécénoïque	Acide hypogénique	$C_{16} : 1^7$	0.057	268
13.004	9-Hexadécénoïque	Acide palmitoléique	$C_{16} : 1^9$	0.168	268
18.014	Octadécanoïque	Acide stéarique	C_{18}	4.321	298
19.099	9-Octadécénoïque	Acide oléique	$C_{18} : 1^9$	39.356	296
21.210	9-12-Octadécadiénoïque	Acide linoléique	$C_{18} : 2^{9,12}$	36.26	294
24.073	9-12-15-Octadécatriénoïque	Acide α -linoléique	$C_{18} : 3^{9,12,15}$	7.303	292
27.488	Eicosanoïque	Acide arachidique	C_{20}	1.041	326
29.036	cic11-Eicosénoïque	Acide gadoléique	$C_{20} : 1^{11}$	2.655	324
34.532	Heneicosanoïque		C_{21}	0.009	340
44.077	Docosanoïque	Acide béhénique	C_{22}	0.618	354
56.385	Trisanoïque		C_{23}	0.010	368



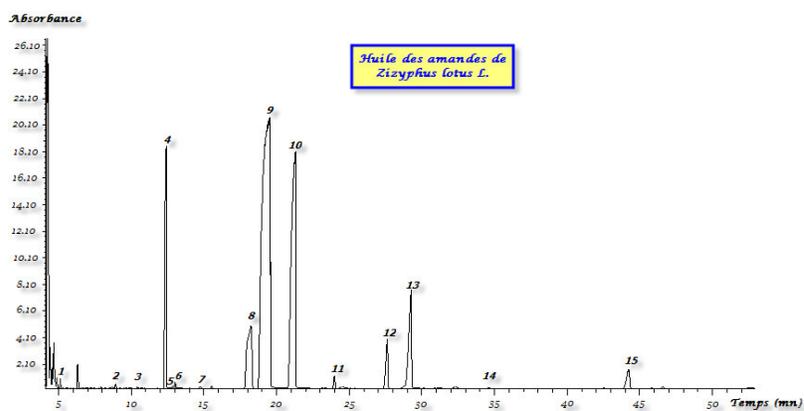
- (1) C₁₀: 0 – (2) C₁₄: 0 – (3) C₁₅: 0 – (4) C₁₆: 0 – (5) C₁₆: 1⁷ – (6) C₁₆: 1⁹ – (7) C₁₇: 0 – (8) C₁₈: 0 – (9) C₁₈: 1⁹ – (10) C₁₈: 2^{9,12} –
 (11) C₁₈: 3^{9,12,15} – (12) C₂₀: 0 – (13) C₂₀: 1¹¹ – (15) C₂₂: 0 – (16) C₂₃: 0

Figure 18 : Composition en acides gras de l'huile brute extraite des amandes des fruits de l'Olivier de Bohême "*Elaeagnus angustifolia L.*"

La composition de cette huile est caractérisée par une prédominance des acides gras insaturés. Ceci lui confère des actions hypocholestérolémiantes et antiathérogènes Armond., 1998. Avec un taux de 39,36 %, l'acide oléique est bien représenté dans cette huile, qui permet la régulation du cholestérol Bertin., 2002. et un taux de 36,36 % d'acide linoléique, acide gras essentiel qui permet la régénération des membranes cellulaires, la destruction des tissus et la protection des peaux [199]. On note aussi la présence des acides gras suivants en proportions relativement élevées, l'acide palmitique 8,03 %, l'acide stéarique 4,32 %, l'acide α -linoléique 7,3 % et l'acide gadoléique 2,65 %. Si on compare les résultats obtenus sur le profil en acide gras de cette huile avec ceux trouvés par (Earle *et al.*, 1960 ; Goncharova et Glushenkova.,1990 ; Bekker et Glushenkova., 1997), on constate la présence d'une différence significative qui pourrait être due aux : différences pédo-climatiques ou différences inter-variétales.

- Profil en acides gras des huiles des amandes des jujubes sauvages *Zizyphus lotus* L.Tableau 38 : Composition en acides gras de l'huile brute extraite des amandes des jujubes *Zizyphus lotus* L

Tr	Composé proposé Dénomination chimique	Nom usuel	Nombre de	Proportion	Masse
5.581	Décanoïque	Acide caprique	C ₁₀	0.014	186
8.919	Tétradécanoïque	Acide myristique	C ₁₄	0.084	242
10.401	Pentadécanoïque	Acide pentadécyclique	C ₁₅	0.024	256
12.411	Hexadécanoïque	Acide palmitique	C ₁₆	9.025	270
12.874	7-Hexadécénoïque	Acide hypogénique	C ₁₆ : 1 ⁷	0.058	268
13.010	9-Hexadécénoïque	Acide palmitoléique	C ₁₆ : 1 ⁹	0.134	268
14.753	Heptadécanoïque	Acide margarique	C ₁₇	0.077	284
18.150	Octadécanoïque	Acide stéarique	C ₁₈	7.106	298
19.306	9-Octadécénoïque	Acide oléique	C ₁₈ : 1 ⁹	49.882	296
21.233	9-12-Octadécadiénoïque	Acide linoléique	C ₁₈ : 2 ^{9,12}	22.973	294
23.984	9-12-15-Octadécatriénoïque	Acide α-linolénique	C ₁₈ : 3 ^{9,12,15}	0.409	292
27.624	Eicosanoïque	Acide arachidique	C ₂₀	2.367	326
29.261	cic11-Eicosénoïque	Acide gadoléique	C ₂₀ : 1 ¹¹	6.328	324
34.615	Heneicosanoïque		C ₂₁	0.047	340
44.225	Docosanoïque	Acide béhénique	C ₂₂	1.409	354
56.373	Trisanoïque		C ₂₃	1.472	368



(1) C₁₀: 0 – (2) C₁₄: 0 – (3) C₁₅: 0 – (4) C₁₆: 0 – (5) C₁₆: 1⁷ – (6) C₁₆: 1⁹ – (7) C₁₇: 0 – (8) C₁₈: 0 – (9) C₁₈: 1⁹ – (10) C₁₈: 2^{9,12} – (11) C₁₈: 3^{9,12,15} – (12) C₂₀: 0 – (13) C₂₀: 1¹¹ – (15) C₂₂: 0 – (16) C₂₃: 0

Figure 19 : Profil en acides gras de l'huile des amandes des jujubes "*Zizyphus lotus* L." obtenu par CG/SM

Les principales caractéristiques des huiles extraites des amandes sont leur teneur en acide oléique 49,88 %. Cette huile est constituée de 9 % d'acide palmitique, 7 % d'acide stéarique et 23 % d'acide linoléique.

Cette composition se rapproche à celle de l'huile d'olive $C_{18} : 1^9 = 55-83 \%$, $C_{18} : 2^{9,12} = 3,5-21\%$ et $C_{18} : 3^{9,12,15} < 1,5 \%$ concernant leur richesse en acide oléique et linoléique qui pourrait avoir des effets hypocholestérolémiques et réduire les risques d'accident vasculaire cérébral (Thomas et Thomas ., 2004). On peut tirer de l'étude de la composition en acides gras des huiles extraites des amandes de nos fruits, que celles-ci pourraient être classés comme suit :

- Huiles riches en acide oléique $C_{18} : 1^9$

Ces huiles apportent de l'acide oléique en quantités significatives : l'huile des amandes des fruits de l'Olivier de Bohème "*Elaeagnus angustifolia* L." 39,36 % et l'huile des amandes des jujubes sauvages "*Zizyphus lotus* L." 49,88 %. Les "Oméga 9" renforcent l'efficacité des "Oméga 3" et "Oméga 6" au niveau de l'équilibre cardiovasculaire et des réactions allergiques et inflammatoires. Ils préservent également la jeunesse et l'élasticité de la peau (Couet *et al.*, 2006).

Le rapport des acides gras polyinsaturés à celui des acides gras saturés de l'*Elaeagnus angustifolia* L." et du "*Zizyphus lotus* L." est de 6,04 et 3,69 qui reste donc supérieur au rapport 1,25-1,50 recommandé (Rahmani., 2005). Le rapport $\omega 6/\omega 3$ de ces deux huiles est de 4,96 pour l'*Elaeagnus angustifolia* L." et 5,6 pour l'huile du "*Zizyphus lotus* L." ; dont l'idéal, ce rapport devrait se situer aux environs de 5 (Danielle., 2003). Selon leur teneur en acide α -linoléique, l'huile des amandes du "*Zizyphus lotus* L." pourrait être utilisé pour la friture ($C_{18} : 3^{9,12,15} < 2\%$) (Dilmi-Bouras., 1998) contrairement à celle de l'*Elaeagnus angustifolia* L.".

-Huiles riches en acide linoléique $C_{18} : 2^{9,12}$

Il s'agit de l'huile des amandes des micocoules "*Celtis australis* L." et des cenelles "*Crataegus monogyna* Jacq.". Les "Oméga 6" (acide linoléique) agissent sur la reproduction, le maintien de l'intégrité

de l'épiderme, le système immunitaire, la coagulation sanguine et diminuent le taux du cholestérol LDL et HDL (Apfelbaum *et al.*, 2002). Le rapport des acides gras polyinsaturés/acides gras saturés pour les deux huiles est supérieur à celui recommandé par les nutritionnistes 5,76 pour l'huile du "*Celtis australis* L." et 6,66 pour celle du "*Crataegus monogyna* Jacq.", ainsi, que le rapport $\omega 6/\omega 3$ est nettement trop élevé à l'idéal (92,7 pour l'huile du "*Celtis australis* L." et 134,5 pour celle du "*Crataegus monogyna* Jacq."). En se référant au teneur de l'acide α -linoléinique, ces huiles sont très bonnes du point de vue nutritionnel.

-Huile riche en acide palmitique $C_{16} : 0$

L'huile des amandes des azéroles a également une teneur élevée en acide palmitique. Cette augmentation pourrait avoir des effets préventifs contre l'oxydation des cellules.

En outre, son rapport des acides gras polyinsaturés/acides gras saturé 1,5 lui permet d'être classé parmi les huiles à consommés et recommandés par les nutritionnistes, alors que le rapport $\omega 6/\omega 3$ 4,23 est aux environs du rapport idéal.

Cependant, sa teneur en l'acide α -linoléinique, la prive d'être utilisé pour la friture.

4- Dosage des protéines:

4-1- Détermination de la teneur en protéines par la méthode de Kjeldahl :

D'après les résultats obtenus sur la variation de la teneur en protéine, on peut dire à première vue que les protéines sont concentrées dans les amandes plus que dans la partie comestible, ce qui leur confère le caractère d'être une source potentielle de protéines végétales.

Tableau 39 Teneur en protéine de la pulpe et de l'amande des fruits étudiés

(Moyenne \pm écart type).

Espèce	Pulpe		Amande	
	Azote total en g%	Pprotéine en g%	Azote total en g%	Protéine en g%
<i>Celtis australis</i> L.	0,31 \pm 0,05	1,93 \pm 0,34	2,77 \pm 0,24	17,36 \pm 1,52
<i>Crataegus azarolus</i> L.	0,10 \pm 0,04	0,62 \pm 0,27	3,05 \pm 0,06	19,11 \pm 0,37
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	0,14 \pm 0,01	0,87 \pm 0,12	3,67 \pm 0,12	22,95 \pm 0,79
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	0,29 \pm 0,03	1,84 \pm 0,17	3,62 \pm 0,08	23,26 \pm 0,52
<i>Zizyphus lotus</i> L.	0,19 \pm 0,09	1,18 \pm 0,56	2,27 \pm 0,14	14,22 \pm 0,89

D'après la table de composition de quelques aliments présentés par Messaili., (1995) la valeur des protides dans les fruits frais est estimée entre 0,3 à 2,8%, les protides de la pulpe de nos fruits sont dans cette fourchette, les résultats obtenus sont représentés dans le tableau N° avec 1,93% pour *Celtis australis* qui représente la valeur la plus élevée et l'azérolier (*Crataegus azarolus*) représente la valeur la plus faible avec 0,62% les autres valeurs se situent entre ces deux dernières qui sont : 0,87%, 1,18 et 1,84 pour *Crataegus monogyna*, *Zizyphus lotus* et *Elaeagnus angustifolia* respectivement. Nos valeurs se rapprochent à celle rapportées par Gloaguen., (1982) sur le genre *Crataegus* avec une teneur de 0,95%, et de Clause., (1992). sur *Zizyphus lotus* avec une valeur entre 0,8 à 2,1%, par contre les résultats obtenus par Simmons., (1972) sur *Celtis australis* avec un taux de 19,32% et ceux de Aymonin., (1993). sur *Elaeagnus angustifolia* avec une teneur de 14,9% sont largement supérieures à nos résultats.

Cette différence peut s'expliquer par la différence des espèces, les conditions de culture des fruits qui influent sur la valeur nutritionnelle ainsi que les conditions de conservation.

En ce qui concerne la teneur en protéine des amandes, il est clair que cette teneur varie dans des proportions allant de 23,26 à 14,22% pour *Elaeagnus angustifolia* la valeur la plus élevée et *Zizyphus lotus* la valeur la plus faible respectivement, les autres valeurs des échantillons se situent à 22,95%, 19,11% et 17,36% pour *Crataegus monogyna*, *Crataegus azarolus*, *Celtis australis* respectivement. A titre comparatif, Demir *et al.*, (2002), a montré que la teneur en protéines des amandes d'arachide est estimée entre 20 et 38%, Quezel et Santa., (1962). ont donné la valeur de protéine pour les graines de colza de l'ordre de 21,60% ces résultats se rapprochent des teneurs de nos fruits : *Elaeagnus angustifolia* 23,26%, *Crataegus monogyna* 22,95% et *Crataegus azarolus* 19,11%. Edward et Dennis., (1993) ont signalé une teneur de 25,70% pour les amandes amères d'abricot, légèrement supérieur à nos fruits. Selon Huxley., (1992), les protéines tiennent une place particulièrement importante car elles ne peuvent pas être remplaçable par un autre nutriment et leur importance tient essentiellement à leur fonction dans l'organisme de façon générale : les protéines végétales sont présent en quantité plus ou moins importante dans tout les végétaux et on constate que nos amandes possèdent un potentiel protéique non négligeable qui peut être exploiter dans différents domaine : alimentation humaine, alimentation de bétail, cosmétique, pharmacologique.

Pour les analyses qui suivent on a étudié les protéines des amandes, du fait qu'ils sont assez riches en cette noble fraction.

4-2-Détermination des différentes fractions protéiques par SDS-PAGE :

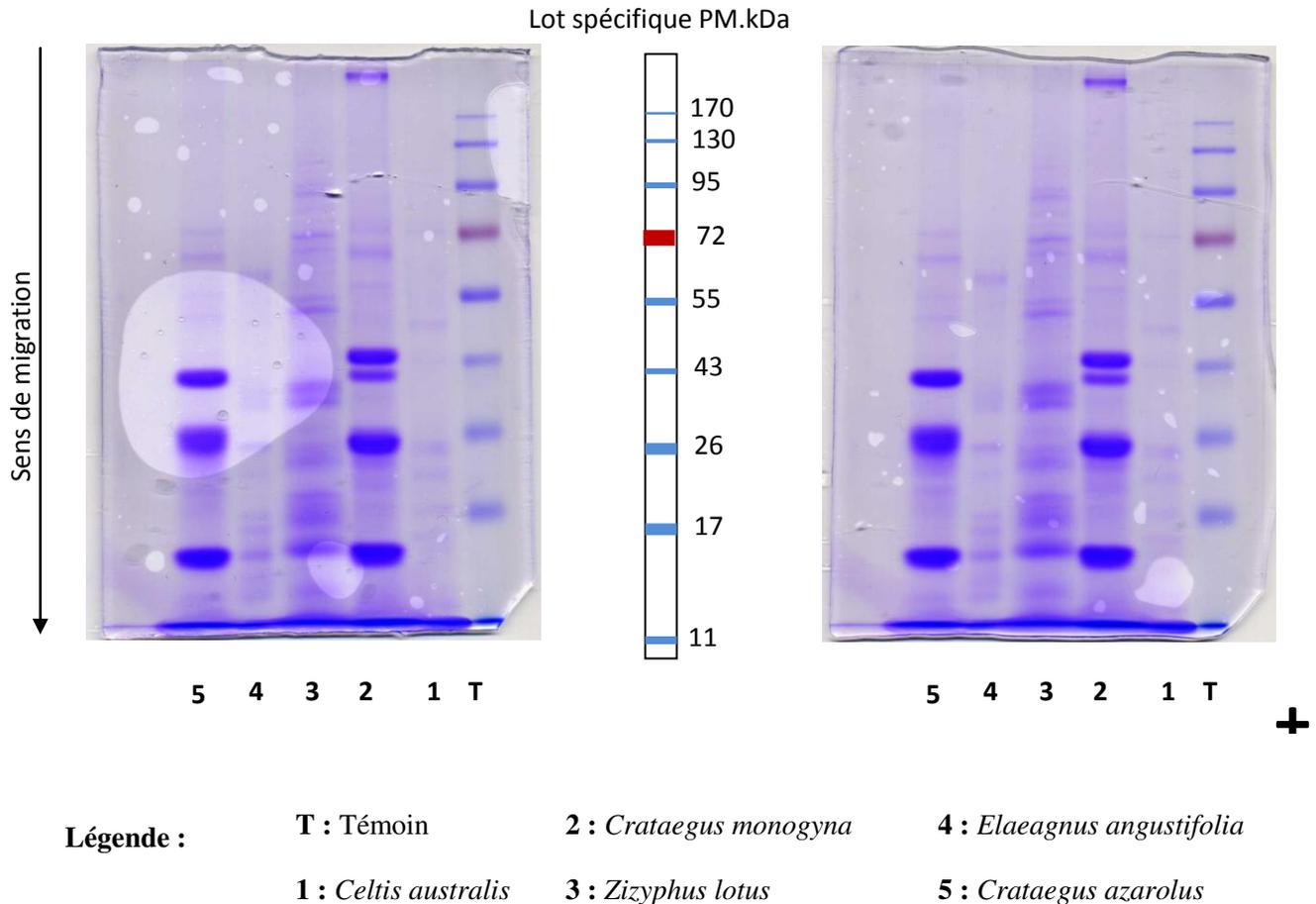


Figure 20: Pattern des amandes des fruits obtenus par électrophorèse sur gel de polyacrylamide en présence de SDS

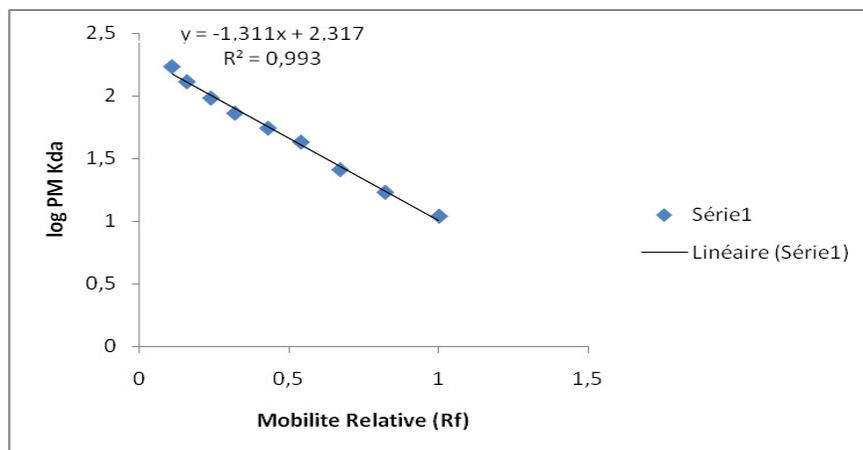


Figure 21: Courbe d'étalonnage utilisée pour la détermination des poids moléculaires des sous unités protéiques séparés.

L'analyse par électrophorèse sur gel polyacrylamide en présence de SDS des amandes de nos fruits observée sur la figure N° montre des différences discriminantes intra et interspécifique des patterns obtenus à l'exception du genre *Crataegus*.

Au niveau interspécifique, il convient de remarquer que l'échantillon3 (*Zizyphus lotus*) possède un nombre élevé de sous unités protéiques (17 taches) avec une variation de concentrations et de poids moléculaire, vient en 2^{ème} place *Crataegus azarolus* (échantillon5) avec 14 sous unités, *Crataegus monogyna* (échantillon2) avec 13 taches, *Elaeagnus angustifolia* (échantillon4) et *Celtis australis* (échantillon1) sont caractérisés par un nombre de sous unités inférieurs par rapport aux premiers qui est estimé à 11 et 7 respectivement.

Il a également été observé, qu'au niveau intraspécifique une variation importante au sein de la même espèce :

- *Celtis australis* : possède 7 sous unités dont la concentration et le Rf sont différents, on note une bande de Rf :0,48 correspondant à un poids moléculaire: 48,72Kda, une 2^{ème} bande de Rf : 0,69 dont le PM : 25,84Kda, la bande de Rf : 0,73 (PM :22,90Kda), une autre bande de Rf :0,79 (PM : 19,11Kda), une bande de Rf : 0,84 (16,43Kda), une bande de Rf : 0,96 (PM : 11,44Kda)et en fin une bande de Rf :1 dont le PM : 10,13Kda. Pour cet échantillon l'intensité des bandes est presque identique et négligeable autrement dit ces sous unités ne sont pas concentrées.

-*Crataegus monogyna* et*Crataegus azarolus* ces deux espèces possèdent pratiquement les mêmes sous unités sauf que la seconde possède une de plus c'est à dire que *C.monogyna* possède 13 sous unités et *C.azarolus* 14.

On commence par la 1^{ère} bande avec un Rf : 0,04 (PM : 183,89Kda)pour *C.monogyna* et pour *C.azarolus* Rf :0,05 (PM :178,42) dont l'intensité de la bande est plus importante que celle de la première,

La 2^{ème} bande avec un Rf : 0,30 (PM : 83,88Kda) pour *C.monogyna* et pour *C.azarolus* Rf : 0,31 (PM : 81,39Kda) avec une concentration pratiquement la même.

La 3^{ème} bande : *C.monogyna* Rf : 0,34 (PM : 74,34Kda) et pour *C.azarolus* Rf : 0,35 (PM : 72,13Kda) où son intensité est légèrement plus remarquable que celle de la première.

La bande 4 : on note un Rf : 0,40 (PM : 62,02) pour *C.monogyna* et Rf : 0,42 (PM : 58,39Kda) pour *C.azarolus*

La 5^{ème} bande : dont le Rf pour *C.monogyna* est 0,52 (PM : 43,17Kda) et celui de *C.azarolus* est de 0,46 (PM : 51,75Kda) ou on remarque que cette sous unités se trouve très proche de la bande 6 et très concentré pour la 2^{ème} espèce contrairement à la 1^{ère}, c'est une différence facile à repérer.

Pour les bandes 6, 7, 8, 9, 10, et 11 on remarque qu'elles sont identiques que se soit au niveau du Rf ou au niveau de la concentration des taches, il est également nette que les bandes 6, 7 et 11 sont typiquement très concentrés avec des Rf : 0,56 (PM : 38,26Kda), 0,68 (PM : 26,63Kda) et 0,88 (PM : 14,56Kda) respectivement pour les deux espèces. Les bandes 8, 9 et 10 sont moins concentrées que les premières avec des Rf : 0,72 (PM : 23,60Kda), 0,74 (PM : 22,22Kda) et 0,78 (PM : 16,69Kda) respectivement pour les deux espèces déjà sus citées.

Pour la bande 12, *C.monogyna* possède un Rf : 0,96 (PM : 11,44Kda) et *C.azarolus* possède un Rf : 0,94 (PM : 12,15Kda)

La bande 13 est caractérisée par un Rf : 0,96 (PM : 10,13Kda) pour *C.monogyna* et pour *C.azarolus* le Rf : 0,97 (PM : 11,10Kda)

Enfin une autre bande pour *C.azarolus* de Rf : 0,981 (PM : 10,13)

- *Zizyphus lotus* possède le nombre de sous unités le plus élevé 18 bandes bien distinctes représentées souvent en paire dont les Rf et les concentrations sont différentes.

- *Elaeagnus angustifolia* : est caractérisé par 11 sous unités dont la concentration et le Rf sont différents, on note une bande de Rf :0,39 qui correspond à un poids moléculaire: 63,93Kda, une 2^{ème} bande de Rf : 0,59 dont le PM : 34,95Kda, la bande de Rf : 0,61 (PM :32,90Kda), une bande de Rf :0,69 (PM : 25,84Kda), une autre bande de Rf : 0,73 (PM : 22,90Kda), une bande de Rf : 0,81 (PM : 17,99Kda), la bande 7 avec un Rf : 0,84 (PM : 16,43Kda)et en fin les bandes 8, 9, 10 et 11 correspondant respectivement aux Rf :0,88 (PM : 14,56Kda), Rf : 0,93 (PM : 12,52Kda), Rf :0,96 (PM : 11,44) et Rf :1 dont le PM : 10,13Kda. Il convient de remarquer que ces sous unités ne sont pas concentrée.

Rf: 0,23 (PM: 103,62Kda)

Rf: 0,65 (PM: 29,16Kda)

Rf: 0,32 (PM: 78,97Kda

Rf: 0,68 (PM: 26,63Kda

Rf: 0,34 (PM: 74,34Kda)

Rf: 0,72 (PM: 23,60Kda)

Rf: 0,42 (PM: 58,39Kda

Rf: 0,77 (PM: 20,30Kda)

Rf: 0,45 (PM: 53,33Kda)

Rf: 0,80 (PM: 18,54Kda

Rf: 0,58 (PM: 36,02Kda)

Rf: 0,82 (PM: 17,45Kda)

Rf: 0,61 (PM: 32,90Kda

Rf: 0,86 (PM: 15,47Kda)

Rf: 0,65 (PM: 29,16Kda)

Rf: 0,93 (PM: 12,52Kda

Rf: 0,97 (PM: 11,10Kda)

on en acides aminés :

Les acides aminés identifiés dans les cinq espèces étudiés sont résumés dans le tableau

Tableau N°40: Profil en acides aminés des espèces étudiés

Espèces	Cyt	Ser	Gly	Arg	Glu	Thr	Cys	Val	Met	Ile	Leu
<i>Celtis australis</i>	+	+	+				+				
<i>Crataegus azarolus</i>			+		+		+	•		•	•
<i>Crataegus monogyna</i>			+		+	•	+	•			•
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	+	+			+		+			•	
<i>Zizyphus lotus</i>	+	+		+			+				

+ : présence de l'acide aminé.

• : présence de l'acide aminé essentiel.

D'après les différents profils en acides aminés obtenus, on constate que l'espèce *Crataegus* renferme dans sa composition un grand nombre d'acide aminés essentiels qui sont : Val, Ile et Leu pour *Crataegus azarolus* et Thr, Val, et Leu pour *Crataegus monogyna*.

5- Teneur en vitamines :**5-1-Teneur en vitamines liposolubles :****5-1-1-Teneur en vitamine E (tocophérol).**

Le taux de tocophérol est une grandeur particulièrement intéressante pour la qualité d'une huile. Les tocophérols se comportent comme des antioxydants et protègent l'huile du rancissement. Les résultats obtenus à la suite de l'étude réalisée sur les parties comestibles et l'amande des 5 espèces de fruits, montrent qu'ils contiennent de la vitamine E mais la distribution de cette vitamine varie d'un fruit à un

autre, mais elle est localisée plus dans l'amande que dans la pulpe. On constate que les fruits les plus riches en tocophérol sont l'olivier de bohème et crataegus azarolus. Selon Praca (2006),

Tableau 41: Teneur en vitamine E dans la partie comestible et l'amande des 5 fruits non conventionnels exprimée en mg% ou mg/100g de matière fraîche.

Espèce	Vitamine E en mg/100g MF	
	Pulpe	Amande
<i>Celtis australis</i> L.	0.56±0.12	2.63±0.00
<i>Crataegus azarolus</i> L.	1.54±0.20	5.08±0.16
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	0.79±0.09	1.70±0.18
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	1.62±0.01	4.87±0.31
<i>Zizyphus lotus</i> L.	0.97±0.00	1.78±0.00

La teneur en tocophérol de la pulpe du fruit micocoulier a une valeur comprise entre 0.313 et 0.526 mg/100g de matière fraîche, la valeur trouvée est plus élevée par rapport aux résultats de Praca (2006) soit une teneur de 0.56±0.12 mg% de matière fraîche. Au sein de la même espèce, les valeurs de la teneur en vitamine E pour deux fruits de même variété : *Crataegus monogyna* et *Crataegus azarolus* sont différentes. On constate que la teneur est plus élevée en vitamine E dans le fruit azérolier (1.54±0.20 mg/100g MF) que le fruit de l'aubépine (0.79±0.09 mg/100g MF).

La quantité de tocophérol présente dans la partie comestible du fruit de *Elaeagnus angustifolia* de 1.62±0.01mg/100g de matière fraîche est inférieure à celle trouvée par Bekker et Glushenkova (2001) de 36.13 mg/100g de matière fraîche.

La teneur en vitamine E de la pulpe de jujubier est 1.47±0.01mg /100g de MF, cette teneur est inférieure à celle mentionnée par Guil-guerrero *et al* (2004), pour le fruit *Zizyphus jujuba* de valeur 4.12-5.98 mg/100g de matière fraîche. D'après Murdock (2002), le taux de tocophérol de la pulpe du fruit de jujubier cru, est de 19.5 mg/100g de matière fraîche, cette teneur est plus élevée par

rapport à nos résultats obtenus soit une teneur de 0.97 ± 0.00 mg/100g de MF. Selon, Cuvelier *et al* (2003), la nature de la répartition des tocophérols au sein des végétaux est due principalement à la variabilité de la teneur dans l'échantillon qui dépend de plusieurs facteurs (climatiques, géographiques organes.). En général, les fruits contiennent de faibles quantités en vitamine E, mais les amandes sont plus riches en vitamine E que les autres parties de la plante. La présence de méthionine dans les plantes est un facteur nécessaire pour synthèse de cette vitamine (Hee-Kim, 2003). Le tocophérol au cours de la maturation du fruit est responsable de changement de la couleur qui passe de la couleur verte à noir (Jiang *et al* ,2005). D'après Feinberg *et al* (1993), la teneur en tocophérol dans les fruits consommables varie de 0.1 à 0.35mg/100g MF, on peut affirmer que le taux de la vitamine E de nos échantillons est nettement supérieur à celui des fruits conventionnels.

5-1-2-Teneur en provitamine A (Caroténoïde) : Nous remarquons selon les résultats reportés dans le tableau N°42 que les caroténoïdes sont présentes dans l'ensemble des fruits étudiés mais la répartition en cette vitamine est différente. La teneur en caroténoïde est plus importante dans l'amande que dans la pulpe.

Tableau 42 Teneur en provitamine A en mg/100g de matière fraîche.

Espèce	Provitamine A en mg/100g MF	
	Pulpe	Amande
<i>Celtis australis</i> L.	0.75 ± 0.12	3.18 ± 0.05
<i>Crataegus azarolus</i> L.	1.27 ± 0.32	1.38 ± 0.04
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	1.37 ± 0.00	2.51 ± 0.01
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	2.40 ± 0.21	2.66 ± 0.02
<i>Zizyphus lotus</i> L.	1.47 ± 0.01	2.92 ± 0.00

D'après les données bibliographiques, (Praca, 2006), la teneur en caroténoïde de la pulpe du fruit *Celtis australis* est comprise dans l'intervalle (0.17-0.58 mg/100g de matière fraîche), elle est inférieure à notre résultat pour le même fruit. La teneur de caroténoïde de la baie du fruit d'azérolier

est inférieure à celle trouvée par Somon.,(1999). valeur comprise entre 380-680 mg/100g de matière fraîche. Par contre des teneurs nettement inférieures à nos résultats ont été rapportées par Couplan., (1993), il a réalisé un travail sur la composition d'une plante sauvage l'aubépine d'une valeur de 0.036mg/100g de MF. Selon Herrera (1984), suite à une comparaison entre le fruit monogyne et l'églantier a montré que la teneur en provitamine A dans le fruit monogyne est inférieure à celle du fruit d'églantier. D'après Bekker et Glushenkova., 2001. la teneur en provitamine A de l'olivier de bohème de 9.75mg% de matière fraîche, est supérieure par rapport à notre valeur, par contre notre résultat est proche à celui d'un fruit cousin à savoir l'argousier dont la valeur de la teneur en provitamine A est comprise entre 0.16-20.79 mg% de MF. D'après ce tableau, on constate que la teneur en provA n'est pas identique pour toutes les espèces et les autres variétés. Ces variations de teneur en provA dépendent de plusieurs facteurs et l'un des facteurs est : lors de la maturation des fruits, on observe une diminution de la teneur

en chlorophylle qui s'accompagne généralement d'une augmentation des caroténoïdes et la teneur des caroténoïde des fruits varie en fonction de leur coloration. Selon Feinberg *et al* (1993), la teneur en β -Carotène dans les fruits est de 0.002-2 mg/100g MF, donc nos résultats sont supérieurs aux fruits conventionnels. Selon Yano *et al* (2005), la composition du fruit en provitamine A dépend de plusieurs facteurs mais les facteurs essentiels sont: les facteurs climatiques et les conditions de croissances des fruits

5-2-Teneur en vitamines hydrosolubles

5-2-1-Teneur en vitamine C : Nous avons réalisé uniquement le dosage de la vitamine C dans la partie comestible de ces fruits, parce que les amandes, en général, sont pauvres en vitamine C (Bourgeois *et al.* ,2003).

Tableau 43 : Teneur en vitamine C en mg/100g de MF

Espèce	Vit C dans la Pulpe mg/100g de MF
<i>Celtis australis</i> L.	3.87±0.05
<i>Crataegus azarolus</i> L.	9.92±1.2
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	4.07±0.69
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	3.47±1.05
<i>Zizyphus lotus</i> L.	5.67±0.5

.Les résultats obtenus montrent que le fruit le plus riche en vitamine C est l'azérolier dont la teneur est de 9.92±1.2 mg/100g MF. Soepadmo (1991), montre que la teneur en vitamine C de la pulpe du fruit de micocoulier varie de 8 à 10mg/100g de matière fraîche et ne dépasse pas les 12 mg/100g MF d'acide ascorbique.

koyuncoet al (2006), signalent que le fruit azérolier est le plus riche en vitamine C d'une teneur de 27.58 mg/100g MF, par contre notre échantillon dont le taux en vitamine C est inférieur soit (9.92±1.2mg%MF). Il est possible de perdre de la vitamine C pendant le stockage. La teneur moyenne en vitamine C dans le fruit monogyne est inférieure à celle du fruit d'azérolier. La teneur moyenne en vitamine C du fruit *Crataegus monogyna* est environ de 4.07 mg/100g de MF. Le fruit monogyne est l'un des fruits sucrés et pigmentés mais sa teneur en vitamine C est faible, on explique ça selon Lecat (1951), qui a réalisé un travail sur la répartition et la distribution de la vitamine C chez les végétaux et montre que la teneur du fruit en vitamine C augmente régulièrement du cours de sa maturation. La teneur en acide ascorbique de la pulpe de l'olivier de bohème est 3.47±1.05 mg/100g du poids frais, cette teneur concorde avec celle trouvée par Bekker et Glushenkova (2001), Selon Bourgeois (2003), la vitamine C est présente en quantité notable dans l'argousier le cousin d'olivier de bohème, on peut

expliquer ces variations en acide ascorbique dans les fruits par un caractère de la variété que l'espèce. (Peyaund, 1944). D'après Murdock (2002), la teneur de vitamine C de fruit de jujubier cru a une teneur de 69 mg/100g MF. La teneur en vitamine C de la pulpe du fruit jujubier analysé est 5.67 ± 0.5 mg/100 g de matière fraîche, cette teneur en vitamine C est inférieure à celle d'autres variétés telles que *Zizyphus maritiana* : 30 mg/100g MF (Krosskinsy, 2002) et *Zizyphus spina christi* : 30 mg/100g MF (Couplan, 1998 ; Anthony, 2005). Selon Feinberg et al (1993), la teneur en vitamine C dans les fruits consommables est de 2-200 mg/100g MF, en comparaison avec les fruits consommables, la teneur en vitamine C de nos échantillons est inférieure par rapport aux fruits consommables.

5-2-2-Teneur en thiamine : La thiamine est un cofacteur qui assure certaines activités métaboliques comme la synthèse des glucides. La valeur de la pulpe du fruit de micocoulier est 0.035 ± 0.003 mg/100g de matière fraîche, cette teneur est identique pour le même fruit qui a été démontré par Soepadmo (1991), dont la valeur varie de 0.03 à 0.09mg/100g de matière fraîche

Tableau 44: Teneur en thiamine en mg/100g de matière fraîche.

Espèce	Thiamine en mg/100g MF	
	Pulpe	Amande
<i>Celtis australis</i> L.	0.035 ± 0.003	0.046 ± 0.002
<i>Crataegus azarolus</i> L.	0.011 ± 0.002	0.031 ± 0.001
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	0.023 ± 0.003	0.051 ± 0.004
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	0.022 ± 0.001	0.056 ± 0.006
<i>Zizyphus lotus</i> L.	0.039 ± 0.005	0.016 ± 0.002

D'après Pyke (1940), La quantité en thiamine contenue dans la pulpe du fruit d'azerolier (0.014 mg/100g MF est proche de nos résultats soit 0.011 mg/100g de matière fraîche et pour le

même auteur Pyke (1940), cite aussi que la teneur en thiamine du fruit *Crataegus monogyna* de 0.009 mg/100g MF est supérieure à notre échantillon avec une teneur de 0.005 mg/100g de matière fraîche. La teneur en thiamine de la baie du jujubier de 0.039 ± 0.005 mg/100g MF, est supérieure au résultat qui a été trouvée par Murdock (2002), pour la même espèce de 0.02 mg/100g MF.

On constate que la teneur en thiamine de la pulpe du fruit jujubier est proche à celle des autres variétés des fruits qui sont *Zizyphus mauritiana* (B1 :0.03 mg/100g MF cité par CNEVA 1993) et *Zizyphus Spina christi* (B1 :0.004 mg/100g MF cité par Anthony ,2005).

On peut expliquer le faible taux en thiamine pour les 5 fruits analysés, que les fruits murs ; en général sont pauvre en thiamines, des faibles teneurs dépendent du degré de la maturation et des conditions climatiques(Pyke.1940).

La concentration de la thiamine influe sur la densité de coloration des plantes et sa distribution est plus observée dans les amandes que dans les fruits (Genevois, 1988).

5-2-3-Teneur en pyridoxine : On remarque le fruit qui possède une teneur élevée en vitamine B6 est le *Zizyphus lotus* et la localisation de pyridoxine dans les amandes est plus élevée que dans les fruits.

Tableau 45 Teneur en pyridoxine en mg/100g de matière fraîche.

Espèce	Pyridoxine en mg/100g MF	
	Pulpe	Amande
<i>Celtis australis</i> L.	0.025 ± 0.003	0.07 ± 0.003
<i>Crataegus azarolus</i> L.	0.012 ± 0.003	0.12 ± 0.001
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	0.012 ± 0.002	0.05 ± 0.004
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	0.026 ± 0.001	0.13 ± 0.006
<i>Zizyphus lotus</i> L.	0.038 ± 0.005	0.03 ± 0.002

Le teneur en pyridoxine de la pulpe du fruit *Celtis australis* (0.025mg/100g de matière fraîche) est un peu inférieure par rapport à la teneur des autres fruits consommables qui présentent une teneur en vitamine B6 comprise entre 0.03-0.35 mg% de matière fraîche (Lintas, 1992). D'après les résultats obtenus, on constate que la teneur en pyridoxine est identique au niveau deux parties comestibles pour les deux fruits *azérolier* et *l'épine noble* dont la teneur est de 0.012 mg/100g MF ces teneurs comparées avec d'autres fruits de la même famille est la rosacées. Comme les pommiers et les poiriers, ces fruits ont des teneurs en pyridoxine respectivement de 0.03 et 0.02 mg/100g MF valeur supérieures a nos résultats pour les deux fruits.

Le fruit d'*Elaeagnus angustifolia* contient une teneur acceptable en Vit B6 de ur 0.016 mg/100g de matière fraîche, cette teneur est moins élevée par rapport à d'autres fruits non conventionnels par exemple les figoes avec une teneur de 0.04 mg /100g de MF (Andrian *et al* ; 1982). La valeur de vitamine B6 de la partie comestible du fruit jujubier *Celtis australis* est de 0.038 mg/100g du poids frais, cette teneur est inférieure à celle trouvée par Murdock (2002), de 0.078 mg/100g MF. Selon Feinberg *et al* (1993), la teneur en pyridoxine dans les fruits consommables est de 0-0.42 mg/100g MF, nos résultats concordent avec ces valeurs. La valeur de la teneur en pyridoxine dans l'amande des 5 fruits testés est inférieure aux valeurs rapportées par USDA, 1974. On peu expliquer la faible teneur en pyridoxine dans la pulpe et les amandes des 5 espèces étudiées et la distribution de cette vitamine dépend de deux facteurs sont :La présence des fibres (celluloses, lignines, pectines) diminue la présence de pyridoxine de 5-10%. La présence aussi des sucres réducteurs qui diminuent de 70 à 80% de la teneur en vitamine B6 dans les tissus végétaux (Reynolds .1988).

D'après les références bibliographiques concernant les 5 espèces étudiées, on constate que les fruits *Crataegusspp* et *Elæagnus* contiennent une teneur élevée en fibres et en sucres réducteurs par contre le reste des fruits étudiés *Celtis* et *Zizyphus* possèdent des teneurs faibles en fibres et sucres réducteurs. C'est pour cette raison, on confirme la teneur élevée en pyridoxine dans ces deux fruits.

5-2-4-Teneur en biotine : On remarque que le fruit qui contient le plus de vitamine B8 est l'olivier de bohème et la distribution de biotine est concentré dans les amandes pour les cinq fruits. La teneur en biotine de la pulpe du fruit *Celtis australis* de 0.011 µg/g de matière fraîche, est identique à celle de la banane fraîche d'une valeur de 0.013 µg/g de matière fraîche (Staggs *et al.*, 2004).

Tableau 46 : Teneur en biotine dans la partie comestible et l'amande pour les 5 fruits non conventionnels exprimé en µg/g de matière fraîche

Espèce	Biotine en mg/100g MF	
	Pulpe	Amande
<i>Celtis australis</i> L.	0.012±0.003	0.42±0.007
<i>Crataegus azarolus</i> L.	0.021±0.006	0.51±0.004
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	0.031±0.008	0.40±0.003
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	0.050±0.003	0.68±0.009
<i>Zizyphus lotus</i> L.	0.15±0.009	1.28±0.008

Selon les résultats obtenus, on remarque que la teneur en biotine dans le fruit *monogyne* est supérieure par rapport à celle de l'*azérolier* pour des valeurs respectivement 0.031 et 0.021 µg/g de MF, la teneur en biotine du fruit *monogyne* est proche à celle de la framboise d'une teneur de 0.03 µg/g de matière fraîche. En ce qui concerne le fruit *azérolier*, sa teneur en biotine est presque identique à celle de la pomme avec une teneur de 0.02 µg/g de MF (Staggs *et al.*, 2004).

Le fruit *Elaeagnus angustifolia* contient une teneur acceptable en biotine de valeur 0.05 µg/g de matière fraîche, cette teneur est proche à celle de l'orange avec une teneur de 0.049 µg/g de matière fraîche (Staggs *et al.*, 2004). La valeur de la vitamine B₈ de la partie comestible (0.015 µg/g

du poids frais) cette valeur elle st proche à celle trouvée par Staggs et al (2004), pour d'autre fruit la fraise de teneur 0.015 µg/g de matière fraîche. Aussi la variation des vitamines obtenues dépend de la méthode choisie (chimique, microbiologique...). La teneur en biotine des amandes de l'arachide et les graines de tournesol 0.44 et 1.75 et 0.78 µg/g de matière fraîche (Staggs *et al* ,2004) est presque identique à celle de l'ensemble des fruits étudiés non conventionnels.

6- La fraction minérale

6-1- Teneur en cendres :

Le taux des cendres nous permet d'exprimer les résultats de la matière organique par rapport au poids total de la partie comestible et de l'amande de fruit. (Linden, 1994).

Tableau 47: Taux des cendres et de la matière organique de la pulpe et de l'amande des cinq fruits

Espèce	Pulpe		amande	
	Cendres%	Matière organique%	Cendres%	Matière organique%
<i>Celtis australis</i> L.	4.90±0.02	95.10±0.02	4.00±0.01	96.00±0.01
<i>Crataegus azarolus</i> L.	4.10±0.1	95.90±0.1	6.80±0.05	93.20±0.05
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	5.00±0.07	95.00±0.07	5.20±0.12	94.80±0.12
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	4.20±0.26	95.80±0.26	3.6±0.04	96.40±0.04
<i>Zizyphus lotus</i> L.	3.20±0.15	96.80±0.15	3.00±0.3	97.00±0.3

Les résultats analytiques exprimés en pourcentage du taux de la cendre et de la matière organique de la partie comestible et de l'amande des cinq fruits étudiés se présentent comme suit .

Selon Bretaudeau et Fauré (1992), après incinération, on obtient une cendre grisâtre représentant les diverses substances minérales, soit environ 0.3 à 3% du poids frais d'origine. L'analyse des cendres révèle la richesse de l'échantillon en éléments minéraux.

A partir de ces résultats obtenus, on constate que la teneur la plus élevée en sels minéraux dans la pulpe du fruit de *Crataegus monogyna* soit 5% et avec le micocoulier pour une teneur de 4.9% de matière sèche. On observe aussi que les teneurs en cendres de la pulpe et de l'amande sont très proches excepté pour l'azérolier. Selon Demir *et al* (2002), la teneur en cendre de la pulpe du fruit micocoulier est de 15.29% soit 3 fois plus élevée que celle trouvée dans notre travail (4.9% de matière sèche). Par contre l'azérolier cité par Oczan *et al* (2005), présente une teneur de 2.28% teneur plus faible que celle que nous avons trouvée soit 4.1% de MS. Quant au *Crataegus monogyna* dont la teneur est de 5 %, elle est identique à celle donnée par Herrera (1984), soit une valeur de 4.3% de MS. Chez l'olivier de bohème, le contenu minéral total est de 4.5% de matière sèche, cette valeur est élevée par rapport à celle trouvée par Sayed *et al* (2005), sur la variété *Elaeagnus embellata* soit 1.04% de MS. Selon Murdock (2002), la teneur en éléments minéraux du fruit de jujubier est supérieure à celle de notre échantillon 3.20% de matière sèche. On remarque que pour la même variété, la teneur en cendre est différente, la variation des minéraux dépend de plusieurs facteurs :

- Externes (climat, engrais, irrigation....)
- Internes (âge et génétique de l'espèce).

Ces arbres et arbustes étudiés sont considérés comme des espèces sauvages. L'analyse réalisée sur les amandes des 5 fruits étudiés a révélé des taux des cendres pratiquement élevés par rapport à ceux des amandes douces (2%), des noix (1.5%), ce qui explique leur richesse en éléments minéraux. La teneur de minéraux de l'amande de micocoulier est identique à celle de la noisette et de soja, dont la teneur est de 3% de MS (Bretaudeau et Fauré, 1992).

Tableau 48 : Comparaison entre les amandes des fruits oléagineux et celles des fruits des espèces étudiées selon la teneur en cendres.

<i>Espèces</i>	Les fruits oléagineux			Les fruits étudiés				
	Colza	Tournesol	Arachide	Celtis australis	Crataegus azerolus	Crataegus monogyna	Elaeagnus angustifolia.	Zizyphus lotus
Cendres								
<i>g/100g</i>	3.50	3.0-5.0	3.00	4.00	6.80	5.20	3.60	3.00
<i>de MS</i>								

6-2- Teneur en éléments minéraux :

6-2-1- Eléments majeurs :

Ces résultats sont la moyenne des 5 répétitions : P, Ca, Mg, Na, et K.

-Teneur en phosphore : La teneur moyenne en phosphore pour les 5 fruits est plus importante dans l'amande que celle que l'on trouve au niveau de la pulpe. L'amande constitue la partie la plus riche en phosphore pour l'ensemble des fruits étudiés. Même conclusion trouvée par Largois (1994), dont la teneur en phosphore est comprise entre 30-80mg/100g de MS.

Nous remarquons également que le fruit *monogyne* est le plus riche en cet élément aussi bien dans la partie comestible que dans l'amande.

T

Tableau 49 : Taux de phosphore dans la partie comestible et l'amande pour les 5 échantillons exprimé en mg/100g de MF.

Espèce	Phosphore en mg/100g MS	
	Pulpe	Amande
<i>Celtis australis</i> L.	18.74±1.39	36.78±1.22
<i>Crataegus azarolus</i> L.	13.11±1.48	27.91±0.21
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	20.09±4.03	60.38±1.91
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	11.83±1.80	25.66±2.61
<i>Zizyphus lotus</i> L.	10.62±1.70	24.00±0.63

La teneur en phosphore du fruit *Celtis australis* dans la pulpe est voisine à celle citée par Praca (2006), en Slovaquie, par contre, elle est très faible par rapport à celle trouvée par Demir *et al* (2002), en Turquie. Donc, on remarque que les deux travaux sont réalisés sur le même fruit et dans des pays différents, mais la teneur en phosphore est différente et ça s'explique par la variation, en général, de plusieurs facteurs (répartitions ces espèces, climatique, type du sol.....). En ce qui concerne la partie amande du fruit *micocoulier*, la teneur en phosphore a une valeur qui se rapproche de celle citée par Praca (2006), (46.1±0.20 mg/100 g de MS).

Nos résultats montrent que la partie comestible du fruit de l'*azérolier* est très riche en phosphore a une valeur 13.11±1.48mg/100g de MS, cette dernière est supérieure élevée à celle mentionnée par Koyunco *et al* (2006), dont la valeur est de 1.16 mg/100g de MS.

Concernant le fruit *Crataegus monogyna*; sa teneur en phosphore de la pulpe est de 20.09 ± 4.03 mg/100g de MS, cette dernière est faible à celle donnée par Herrera (1984), qui est de 50 mg/100g de MS.

La teneur moyenne en phosphore de la pulpe du fruit d'olivier de bohème est de 11.83 ± 6.80 mg/100g de MS, cette valeur est inférieure par rapport à celle trouvée par Sayed *et al* (2005), sur un fruit voisin de notre espèce d'*Elaeagnus embellata* soit 54mg/100g de MS. Par ailleurs, la teneur en phosphore du fruit de jujubier est de 10.62 ± 1.70 mg/100g de MS, , cette valeur est très élevée à celle citée par Murdock (2002), ayant réalisé des analyses sur le jujubier cru (65 mg/kg de MS) . D'autres études réalisées sur d'autres variétés telles que *Zizyphus maritiana* et *Zizyphus jujuba* (arbre cultivée) par Jama *et al*, (2007), ont montré leurs teneurs en phosphore sont respectives soit de 89.3 ± 1.3 , 105 ± 1.8 mg/100g de matière sèche .Ces dernières sont très élevées à celles étudiées par nos soins.

Tableau 50 : Teneur en phosphore de quelques fruits (NVCF, 1999)

Fruit	Phosphore (mg/100g) de MS
Abricot	23
Pêche	20
Orange	22
Banane	30
Pomme	10
Fraise	25

D'après les valeurs de la teneur en phosphore de la pulpe de la majorité des fruits consommables représentées dans le tableau ci-dessus, nous remarquons que la teneur en phosphore au niveau de la partie consommable de nos échantillons est faible. Mais elle se situe dans l'intervalle (0-1000 mg/100g de MS) donné par Pinta (1980). On peut donc conclure que la teneur moyenne en phosphore des cinq fruits est dans les normes.

Les teneurs en phosphore des amandes des cinq fruits étudiés sont nettement inférieures à celles rapportées par Bretaudeau et Fauré (1992); Frenot et Vierling. (2002), pour les amandes (450 mg/100g) et les noix (300 mg/100g de MS). Le taux de phosphore de la pulpe et de l'amande de ces fruits est excessivement bas pour toutes les espèces (10-20 mg/100g). Ce faible taux dépend de la teneur des quantités de phosphore contenues dans le sol comme souligné par Gauttier (1993a ;1993 b), la diminution de la teneur en phosphore des espèces est corrélée à une augmentation du calibre des fruits (cas de zizyphus on un calibre mais une teneur faible de P).et aussi corrélée aux types des sols calcaires. En plus des vertus médicales et ornementales, ces arbres et arbustes, peuvent aussi être utilisés pour alimentation des adultes et des enfants, car ils constituent une source de phosphore pour ces deniers.

-Teneur en calcium : Il ressort que le fruit le riche en calcium soit dans les deux parties est le fruit de micocoulier. La valeur moyenne du calcium de la partie comestible du fruit de micocoulier est de 2468.64 ± 2.16 mg/100 de MS, cette teneur est très faible aux valeurs mentionnées par Demir *et al* (2002) et Praca (2006), qui sont respectivement de 4397.30 mg/100g et 3537.93 mg/100g de MS.

Tableau 51: Taux de calcium exprimé en mg/100g

Espèce	Calcium en mg/100g MS	
	Pulpe	Amande
<i>Celtis australis</i> L.	2468.64±2.16	2238.7±5.50
<i>Crataegus azarolus</i> L.	434.96±0.00	434.96±0.00
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	414.18±9.10	544.10±7.00
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	381.88±4.80	514.69±6.97
<i>Zizyphus lotus</i> L.	490.84±0.00	337.38±0.00

La teneur en calcium de l'amande du fruit de micocoulier de 2387 ± 5.50 mg/100g MS, est inférieure par rapport à celle trouvée par Praca (2006), 3392.286 mg/kg de MS. Selon les résultats mentionnés dans le tableau N°51, nous remarquons que la teneur en calcium des deux parties du fruit azérolier est identique (434.96 ± 0.00 mg/100g de matière sèche). la teneur de calcium de la pulpe du même fruit est supérieure à celle citée par Oszcan *et al* (2005), dont la valeur est de 304.63 ± 19.99 mg/100g de MS. Herrera (1984) ; rapporte que la teneur en calcium de la baie du fruit *aubépine* (440 mg/100g de MS) est identique à celle trouvée dans notre étude (414.18 ± 9.10 de MS). D'autre part, La pulpe du fruit de *l'olivier de Bohème* contient une teneur de calcium de 381.88 ± 4.80 mg/100g de MS, cette teneur est supérieure à celle mentionnée par Sayed al (2005), qui a travaillé sur d'autres variétés : *Elaeagnus embellata* et a trouvé que la teneur en calcium de ce fruit est une valeur de 49 mg/100g de MS. Le taux de calcium dans la pulpe de *jujubier* est 490.84 ± 0.00 mg/100g de matière sèche, ce taux est plus élevé à celui trouvé par Murdock (2002), une valeur 21 mg/100g de MS.

Amandes : On constate que les teneurs de calcium de la partie non comestible des cinq fruits étudiés sont supérieures à celles des noisettes (230 mg/100g) et les noix sèches (200 mg/100g de MS). Selon

Pinta (1980) et Heller *et al* (1998), la teneur en calcium chez les végétaux varie entre 100 et 6000 mg/kg de matière sèche, on peut donc conclure que nos résultats sont dans les normes.

Tableau 52: Teneur en calcium de quelques fruits (Suzan *et al.*,2002).

Fruit	Teneur en Calcium mg/100g de MS
Datte	41.00-62.00
Agrume	42.00
Pomme	7.10
Abricot	9.00

D'après Suzan *et al* (2002), les valeurs de la teneur en calcium dans les fruits consommables sont très faibles à celles obtenues avec nos échantillons. Les teneurs en calcium sont faibles pour la majorité des espèces mais atteignent toutes des valeurs normales de l'ordre 400 mg/100g de matière sèche pour tout ces fruits et ces amandes, sauf le fruit de micocoulier qui contient une teneur élevée en calcium qui dépasse 2000 mg/100 g de MS. Compte tenu des faibles quantités de calcium dans sol et l'antagoniste de magnésium et de potassium sur l'absorption du calcium . On explique alors la variation de la teneur en calcium dans les mêmes variétés dépend des facteurs suivants :

Facteurs internes : Le végétal lui-même, on observe une variation de la composition en minéraux;

L'age de l'organe, chez les végétaux âgés, on constate que la teneur en calcium est plus élevée (micocoulier) par rapport à celle des végétaux jeunes (Heller *et al*, 1998).

-Facteurs externes:

Zone de répartition des arbres et arbustes (aride, semi-aride, humide, tropicale...);

Climat (précipitation, température, vent, lumière,.....);

Texture du sol;

Utilisation des engrais, irrigation, drainage. (Jaffré, 1977)

- **Teneur en magnésium** : Il ressort des résultats obtenus que la pulpe la plus riche en magnésium est celle du micocoulier dont sa teneur est 573.95 ± 33.47 mg/100g de MS, mais cette dernière est très faible par rapport à celle donnée par Demir *et al* (2001), de 6732.5 ± 69.93 MS. Par contre chez le même fruit, notre résultat est nettement supérieur à celui obtenu par Praca (2006), (47.14 ± 3.86 mg/100g du MS).

Chez le même auteur, la teneur en magnésium au niveau de l'amande du micocoulier est supérieure soit 193.92 ± 2.8 mg/100g de matière sèche.

Tableau 53 : Taux de magnésium en mg/100g de MS.

Espèce	Magnésium en mg/100g MS	
	Pulpe	Amande
<i>Celtis australis</i> L.	573.95 ± 33.47	174.14 ± 61.94
<i>Crataegus azarolus</i> L.	184.59 ± 0.49	1053.12 ± 1.46
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	156.52 ± 15.43	1887.52 ± 0.00
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	474.69 ± 0.63	1419.85 ± 3.31
<i>Zizyphus lotus</i> L.	397.91 ± 18.82	1349.06 ± 56.94

Il ressort des résultats obtenus que la pulpe la plus riche en magnésium est celle du micocoulier dont sa teneur est 573.95 ± 33.47 mg/100g de MS, mais cette dernière est très faible par rapport à celle donnée par Demir *et al* (2001), de 6732.5 ± 69.93 MS. Par contre chez le même fruit, notre résultat est nettement supérieur à celui obtenu par Praca (2006), (47.14 ± 3.86 mg/100g du MS). Chez le même auteur, la teneur en magnésium au niveau de l'amande du micocoulier est supérieure soit 193.92 ± 2.8 mg/100g de matière sèche. Quant à l'azérolier, la teneur en magnésium

dans la partie comestible (184.59 ± 0.49 mg/100g de MS) est nettement plus élevée que celle citée par Koyunco *et al* (2006), soit 7.1 mg/100g de MS. Ozcan *et al* (2005), ont donné un résultat proche du notre (150.25 ± 12.0 mg/100g de MS). La teneur en magnésium chez le monogyne aussi faible qu'elle est (156.52 ± 15.43 mg/100g MS) dans notre étude, mais elle reste toujours supérieure à celle trouvée par Herrera (1984), dont la valeur est de 60mg/100g MS. L'olivier de Bohème dont la teneur en magnésium est la plus élevée dans notre étude 474.69 ± 0.63 mg/100g. Sayed et al (2005), a cité pour une autre de la même variété *Elaeagnus embellata* une valeur très faible de 33 mg/100g de MS. Classé troisième au plan teneur en magnésium, le jujubier a une valeur de 397.91 ± 18.82 mg, plus importante à celle donnée par Murdock (2002).

La teneur en magnésium du *Zizyphus spin-christi* mentionnée par Anthony (2005), est de 2.8 mg mais cette valeur est insuffisante par rapport à celle du *Zizyphus lotus* de notre étude.

Tableau 54: Teneur en magnésium de quelques fruits

(NVCF., 1999).

Fruit	Teneur en Manesium mg/kg de MS.
Raisin	100
Abricot	110
Pêche	100
Orange	120
Banane	350
Pomme	50
Fraise	130

Par comparaison avec les fruits consommables, nous concluons que les fruits utilisés dans notre étude sont plus riches en magnésium que ceux des espèces fruitières. Nous constatons que les amandes des fruits étudiés contiennent du magnésium mais leurs teneurs sont inférieures à celles des

amandes (2540mg/100g) et les noix (1320mg/100g de MS) sauf pour le micocoulier et l'olivier de bohème dont les taux en magnésium sont assez proches. Les valeurs du taux en magnésium obtenues à partir de nos échantillons sont dans les normes et sont comprises dans l'intervalle (100-1000 mg/kg de matière sèche) établi par Pinta (1980). La teneur en magnésium pour la majorité des fruits étudiés est donc variable, les espèces qui sont moins riches en magnésium sont rencontrées chez les rosacées (*Crataegus monogyna*, *Crataegus azarolus*) d'une valeur de 170 mg/100 g de matière sèche, par contre les teneurs assez fortes en magnésium sont trouvées chez les espèces (*jujubier*, *olivier de bohème*, *micocoulier*) dont leurs teneurs dépassent les 390 mg/100g de matière sèche. On constate que le taux de magnésium n'est pas très élevé et ceci peut s'expliquer par une prédominance de magnésium sur le potassium.

-Teneur en sodium : D'après les résultats qui figurent dans le tableau N°55, nous remarquons que la répartition du sodium est plus importante dans l'amande que dans la pulpe. On relève également que le fruit le plus riche en sodium est le *monogyne* aussi bien au niveau de l'amande que de la pulpe. La teneur en sodium dans la partie comestible du fruit de micocoulier (17.44±1.38mg) est très faible par rapport à celle trouvée par Praca (2006), (524.14 mg), mais plus importante au résultat cité par Demir *et al* (2002), soit 9.55±0.57mg/100g de MS.

Tableau 55: Taux de sodium en mg/100g

Espèce	Sodium en mg/100g MS	
	Pulpe	Amande
<i>Celtis australis</i> L.	17.44±1.38	41.46±0.00
<i>Crataegus azarolus</i> L.	13.70±0.00	11.24±0.83
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	31.20±0.00	37.49±4.16
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	15.65±0.02	34.705±0.03
<i>Zizyphus lotus</i> L.	11.45±0.00	25.41±0.63

Chez le *Crataegus* spp, la teneur en sodium au niveau de la partie comestible (13.70±0.00 mg), est très faible par rapport à celle trouvée par Koyunco *et al* (2006), soit 3 mg, également inférieure chez Ozcan *et al* (2005), avec une valeur 31.21 mg/100g de matière sèche. Le *monogyne* a une teneur en sodium identique à celui trouvé par Herrera (1984), de valeur 30 mg/100g de MS.

Sabir *et al* (2005), ont obtenu chez une espèce voisine de l'olivier de bohème, une teneur en sodium plus élevée 200-800 mg que la notre 15.65 ± 0.02 mg/100g de MS.

Par ailleurs, le fruit du jujubier a une teneur de Na de valeur de 11.40 mg/100g de matière sèche, elle est plus élevée à celle trouvée par Murdock (2002), soit 3 mg/100g de MS.

Tableau 56: Teneur en sodium de quelques fruits consommables (NVCF., 1999).

Fruits	Teneur en Na (mg/100g)
Raisin	6
Abricot	5
Pêche	3
Orange	3
Banane	3
Pomme	2
Fraise	5

En comparant nos résultats obtenus avec les arbres fruitiers, nous remarquons que les fruits étudiés contiennent des teneurs en sodium très élevées par rapport à celles des arbres fruitiers. Le taux du sodium dans les amandes et les noix sont respectivement 6 et 3 mg/100g de MS, ces teneurs sont inférieures à celles de nos échantillons. (NVCF., 1999). Praca (2006), signale une teneur de sodium dans le fruit de micocoulier de 406.2 ± 34.30 mg/kg de MS mais cette valeur est voisine à nos résultats. D'après Pinta (1980), la teneur de sodium chez les végétaux varie de 10 à 600 mg/100g de matière sèche, donc nos résultats sont dans les normes.

La teneur moyenne en sodium pour la majorité des espèces étudiées est basse dont les valeurs sont comprises entre 11.4 et 31.2 mg/100g de MS, cette faible teneur en sodium dépend de la dominance de phosphore sur le sodium et le type du sol "calcaire". D'après Levitt (1980), la présence de sodium en faible concentration peut s'expliquer par l'augmentation de l'absorption de potassium,

tandis qu'une concentration élevée en sodium diminue l'absorption des cations indispensables tels que le potassium et le calcium. Les variations des teneurs en sodium des fruits utilisés dans notre étude et les fruits étudiés par d'autres auteurs dépendent de l'alimentation minérale agissant à la fois sur le développement végétatif de l'arbre, son fonctionnement et sur la composition physico-chimique des fruits.

-Teneur en potassium : Il ressort de l'analyse du tableau N°57, que la plus forte concentration de potassium concerne uniquement le *Crataegus monogyna* au niveau de la partie comestible aussi que pour l'amande avec respectivement 1694.80 ± 31.71 mg et 959.73 ± 30.74 mg. Herrera (1984), a cité pour la même espèce une teneur de potassium au niveau de la pulpe de 1250 mg/100g de matière sèche.

Tableau 57: Taux de potassium en mg/100g

Espèce	Calcium en mg/100g MS	
	Pulpe	Amande
<i>Celtis australis</i> L.	573.95 ± 33.47	174.14 ± 34.94
<i>Crataegus azarolus</i> L.	184.59 ± 0.49	1053.12 ± 1.46
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	156.52 ± 15.43	1887.52 ± 0.00
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	474.69 ± 0.63	1419.85 ± 3.31
<i>Zizyphus lotus</i> L.	397.91 ± 18.82	1349.06 ± 82.44

La teneur en potassium du micocoulier est élevée par rapport aux valeurs trouvées dans la bibliographie (Demir *et al.*, 2002 ; Praca, 2006). L'azérolier quant à lui avec une teneur de 134.99 ± 11.78 mg/100g de matière sèche, elle n'est pas loin de résultat proposé par Koynuco *et al* (2006), soit une teneur 158 mg/100g de MS. Sayed *et al* (2005). toujours pour le même fruit d'une espèce voisine à l'Olivier de Bohême cite une valeur de 364 mg, légèrement supérieure à nos résultats : 329.89 ± 5.13 mg/100g de MS. Dans notre étude, Le jujubier constitue l'espèce la plus pauvre en

potassium soit 134.99 ± 11.78 mg. Cette dernière reste également faible à celles données par Murdock (2002), pour le jujubier cru et CNEVA(1993), pour *Zizyphus mauritiana* c'est-à-dire respectivement 250 et 375 mg/100g de matière sèche.

Tableau 58: Teneur en potassium de quelques fruits

(Bretaud et Fauré, 1992 ; NVCF., 1999).

Fruit	Teneur en Potassium en mg/100g de MS
Abricot	23
Pêche	20
Orange	22
Banane	30
Pomme	10
Fraise	25

L'analyse des valeurs contenues dans ce tableau nous permet d'attester que la teneur en potassium est bien supérieure à celle des arbres fruitiers. L'amande de micocoulier renferme une teneur de 328.60 ± 0.00 mg de potassium, valeur inférieure par comparaison à celle citée par Praca(2006), qui est 401.8 ± 12.00 mg/100g MS.

Le taux de potassium dans l'amande et la noix sont respectivement 450 et 500 mg/100g de MS, ces dernières teneurs sont supérieures à celles de nos échantillons à l'exception du *Crataegus monogyna* (tableau57). D'après Pinta (1980), la teneur en sodium chez les végétaux varie entre 100-3000 mg/100g de matière sèche, nos résultats dans les normes. La teneur en potassium concernant les fruits étudiés a une relation avec la nature du sol. Trabaud (2001), ont déterminé que plus l'augmentation de calcium dans le sol plus la teneur en potassium n'est faible.

6-3- Eléments mineurs « oligo-éléments » : Ces résultats sont la moyenne des 5 répétitions: Cu, Fe, Mn, Zn, Co, en mg/100g.

6-3-1-Teneur en cuivre : D'après le tableau 59, nous constatons que la plus grande part du cuivre se trouve dans l'amande que dans la pulpe pour les 5 fruits. Le fruit qui contient la teneur la plus élevée en cuivre est l'olivier de Bohème avec 0.59 ± 0.05 mg/100g de matière sèche dans la pulpe et l'amande avec 3.15 ± 0.35 mg/100g de matière sèche.

Tableau 59 : Taux de cuivre en mg/100g

Espèce	Cuivre en mg/100g MS	
	Pulpe	Amande
<i>Celtis australis</i> L.	0.36 ± 0.11	2.26 ± 0.04
<i>Crataegus azarolus</i> L.	0.44 ± 0.00	1.80 ± 0.35
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	0.31 ± 0.10	1.44 ± 0.00
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	0.59 ± 0.05	3.15 ± 0.35
<i>Zizyphus lotus</i> L.	0.37 ± 0.10	2.11 ± 0.00

La quantité de cuivre présente dans la partie comestible du fruit de micocoulier ($0,36\pm 0.11$ mg/100g de matière sèche) est presque identique à celle trouvée par Demir *et al* (2006), et un peu supérieure à celle mentionnée par Praca (2006), avec des valeurs respectives de 0.36 ± 0.11 et 0.11 ± 0.09 mg/100g de matière sèche. D'après Praca (2006) la teneur en cuivre de la partie comestible du micocoulier est nettement inférieure à nos résultats d'une valeur de 0,047 mg/100g de MS. Koyunco *et al* (2006), ont rapporté que la teneur en cuivre de la pulpe crataegus spp (1.6ppm de MS) est inférieure aux valeurs trouvées pour les deux fruits : azerolier et monogyne qui sont respectivement 0.44mg/100g et 0.31mg/100g de matière sèche.

D'après l'étude réalisée sur la composition du fruit de l'argousier, Bekker et Glushenova (2001) ont trouvé que la teneur de cuivre de ce fruit est comprise entre 1.2 et 1.9 mg/100g de matière sèche. Cette dernière est élevée par rapport à celle obtenue à partir de l'olivier de bohème (0.59 ± 0.05 mg/100g de MS). Le taux de cuivre de la pulpe du jujubier, fruit étudié, est inférieur par rapport aux valeurs trouvées dans la bibliographie (Murdock, 2002 ; Anthony, 2005 ; Wei LI et al., 2007).

Tableau 60: La teneur en cuivre de quelques fruits

(Bretaudeau et Faure,1992).

Fruit	Teneur en cuivre mg/Kg de MS
Abricot	0.12
pomme	0.12
Orange	0.04
Banane	0.04

D'après les valeurs de la teneur en cuivre figurées dans le tableau ci-dessus, nous remarquons que les fruits conventionnels sont riches en cuivre par rapport à nos échantillons.

Alors la teneur en cuivre de la partie non comestible est supérieure par rapport à celle des autres amandes sèches et les noix sèches qui contiennent 1mg/100g de cuivre d'après Bretaudeau et Fauré., (1992).Donc, on peut dire que l'amande de ces fruits contient une teneur élevée en cuivre. Chez les végétaux, la teneur en cuivre varie de 1 à 10mg/100g (Pinta., 1980), donc, on peut conclure que nos résultats sont dans les normes. La quantité de cuivre du sol disponible pour les végétaux dépend des réserves présentant dans la roche et surtout des conditions physicochimiques régnant le sol (Saur,1990). On affirme donc que les fruits étudiés et précisément au niveau de la partie amande est une source de cuivre. Le cuivre est un oligoélément indispensable à la vie et dont la carence induit des phénomènes pathologiques chez tous les être vivant. Par contre, à forte dose cet élément peut devenir toxique. On constate pour les fruits étudiés, que la teneur en cuivre ne dépasse pas 0.59 mg/100g pour la partie comestible et 3.2 mg/100mg de matière sèche pour l'amande, ces teneurs ne posent pas de problème de toxicité lors de leur consommation. La concentration en cuivre dans les plantes est comprise entre de 0.5 à 2 mg/100g MS, suivant les espèces végétales, l'état de

développement de la plante et la toxicité en cuivre, elle est atteinte à partir d'une concentration comprise entre 1.5-3 mg/100g de MS. Donc, on remarque que nos fruits ne présentent aucun risque sauf le fruit d'olivier de bohème qui possède une teneur élevée en cuivre d'une valeur de 3.15 ± 0.35 mg/100g de MS. On explique cette faible teneur en cuivre par diminution d'absorption du cuivre étant liée à la concentration élevée du zinc qui utilise les mêmes sites d'absorption au niveau des racines et le type des sols acides ou sablés (Saur, 1990). D'après Askoy *et al* (1999), les feuilles et les fruits *Elaeagnus angustifolia* (Elaeagnaceae) sont utilisés comme un indicateur de pollution pour les métaux lourds : Pb, Cu, Zn.

6-3-2-Teneur en fer : Les résultats obtenus montrent que le fer est présent dans tous nos échantillons aussi bien dans la pulpe que dans l'amande, mais sa répartition est différente d'un fruit à un autre. La concentration du fer la plus élevée se trouve au niveau de la pulpe d'olivier de bohème dont la valeur est de 6.98 ± 2.97 mg/100g de MS.

Tableau 61 : Taux de fer en mg/100 g de matière sèche.

Espèce	Fer en mg/100g MS	
	Pulpe	Amande
<i>Celtis australis</i> L.	3.12 ± 0.44	5.62 ± 0.00
<i>Crataegus azarolus</i> L.	4.56 ± 0.72	4.55 ± 0.15
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	4.09 ± 0.03	4.33 ± 0.38
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	6.98 ± 2.97	4.65 ± 0.01
<i>Zizyphus lotus</i> L.	1.33 ± 0.01	1.21 ± 0.07

Selon les résultats obtenus mentionnés dans le tableau 18, on constate que la concentration du fer de la pulpe du fruit de micocoulier est 3.12 ± 0.44 mg/100g de matière sèche, cette teneur est très supérieure à celles trouvées par Demir *et al* (2006) et Praca (2006), qui sont respectivement de 2.13 ± 0.71 et 0.96 ± 0.17 mg/100g de matière sèche.

L'analyse effectuée également sur l'amande de fruit *Celtis australis* montre que la teneur en fer est proche à celle mentionnée par Praca (2006), qui a fait une étude sur la composition biochimique du fruit de micocoulier et il a trouvé une valeur de 5.3 ± 0.71 mg/100g de matière sèche. Ozcan (2005), rapporte que la teneur en fer de la pulpe du fruit de l'espèce *crataegus spp* est 3.27 ± 0.24 mg/100 MS, mais elle est inférieure aux valeurs obtenues au cours de notre étude concernant les fruits azérolier et monogyne dont les teneurs sont : 4.56 ± 0.72 mg/100 get 4.09 ± 0.03 mg/100 g de matière sèche. Le contenu total en fer de la pulpe du fruit d'olivier de Bohème (6.98 ± 2.97 mg/100 g de matière sèche) trois fois plus élevé à celui mentionné par Bekker et Glushenova (2001), qui a travaillé sur une autre variété, l'argousier et a cité une teneur en fer de 2.4 mg/100 g de matière sèche. La concentration en fer dans la partie comestible est importante chez *Zizyphus mauritiana* (CNEVA, 1993 et *Zizyphus spina-Christi* (Anthony, 2005), et *Z. jujuba* (Zhao *et al*, 2006 ; Zhihui *et al* .,2007) ayant des valeurs de 3mg/100g de matière sèche pour les deux variétés.

Tableau 62 : Teneur en fer de quelques fruits consommables

(NVCF., 1999).

Fruit	Teneur en fer mg/100g MS
Datte	0.5
Prune	0.3
Pomme	0.2
Abricot	0.3

Selon les valeurs de la teneur en fer portées dans le tableau N°61, on peut donc conclure que la pulpe des 5 fruits étudiés est riche en cet oligoélément. Par ailleurs, les teneurs en fer de l'amande des fruits de notre étude sont plus élevées par rapport à l'amande crue, l'amande sèche et les noix sèches qui contiennent respectivement 1.4, 4 et 2.3 mg/100g de matière sèche (Bretaudéau et Fauré ; 1992). D'après Pinta (1980), la teneur en cuivre dans les végétaux est comprise entre 4-25mg/100g de MS, donc nos résultats sont situés dans cette fourchette. Selon Xian (1989), l'absorption du fer par les plantes dépend d'une part des conditions climatiques sous lesquelles le fer se présente dans le sol et

d'autre part des conditions physico-chimiques du milieu et aussi les variations de la teneur selon des conditions extérieures telles que contenu du sol, vent, lumière, température,...

L'un des facteurs intérieurs qui influent sur la concentration de fer la présence de calcium dans le milieu (plante) peut influencer sur l'absorption de fer par la plante, cette interaction est positive. La teneur en fer est faible au niveau des amandes et les pulpes des fruits analysés, cette teneur dépend de l'augmentation de concentration du magnésium et du manganèse (Abdul et Abdul, 1969).

Pour l'ensemble des fruits étudiés, la concentration de calcium et celle du fer sont élevées et on peut considérer que ces fruits sont une source de fer pour les enfants et ne présentent aucun risque pour la consommation.

6-3-3-Teneur en manganèse : La valeur de la teneur en manganèse lors de l'analyse des 5 fruits est beaucoup plus importante dans l'amande que dans la pulpe, sauf chez l'olivier de Bohême où le taux du manganèse est faible.

Le *Celtis australis* présente une teneur en manganèse de 2.07 ± 0.13 mg/100g MS, est presque identique au résultat obtenu par Demir *et al* (2002), d'une valeur de 2.13 ± 0.17 mg/100g de MS. Par contre notre résultat est dix fois plus élevé à celui rapporté par Praca (2006), (0.20 ± 0.08 mg/100g de matière sèche)

Tableau 63: Taux de manganèse en mg/100g MS

Espèce	Manganèse en mg/100g MS	
	Pulpe	Amande
<i>Celtis australis</i> L.	2.07 ± 0.13	5.14 ± 2.30

<i>Crataegus azarolus</i> L.	0.37±0.06	8.86±0.96
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	1.52±0.25	6.81±0.45
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	0.97±0.15	0.89±0.14
<i>Zizyphus lotus</i> L.	2.17±0.92	7.87±4.30

. Praca (2006), a travaillé sur le même fruit et la teneur en manganèse obtenue dans l'amande du fruit de micocoulier (1.28 ± 0.03 mg/100g de MS), est inférieure à nos résultats soit 51.45 ± 23.04 mg/100g de MS. Nous constatons que les teneurs en manganèse dans les pulpes des fruits monogyne et azérolier sont identiques. La partie comestible de l'azérolier a la même teneur en manganèse de 0.37 ± 0.06 mg/100g de MS que celle mentionnée par Koyunco *et al* (2006), de 0.31 mg/100g de matière sèche.

Selon Herrera (1984), la teneur en minéraux pour le fruit églantier « *Rosa canina* » est proche à celle du fruit de *crataegus monogyna*, donc cette teneur en manganèse trouvée par Demir *et al* (2001); Ozcan *et al* (2005), ($0.36- 0.45$ mg/100g de matière sèche) est très élevée par rapport à notre échantillon (1.52 mg). Du point de vue composition en manganèse du fruit de l'olivier de bohème on constate que la teneur en Mn est identique au fruit l'argousier de valeur entre 4.1-7.3 mg/100g de matière sèche (Bekker *et al*, 2001). Deux remarques s'imposent pour l'olivier de bohème qui sont les suivantes :

- c'est l'espèce la plus pauvre en manganèse par rapport aux fruits étudiés.

- la deuxième remarque c'est la faible concentration en manganèse aussi bien

au niveau de la pulpe qu'au niveau de l'amande. La teneur en Mn de 1mg/100g déterminée par Murdock (2002), est inférieure par rapport à de nos échantillons. Les résultats de la teneur en manganèse de nos échantillons sont donc comprises dans l'intervalle (0.5-20mg/100g de MS) donné par Pinta (1980).

Tableau64: Taux de manganèse en mg/100g MS (Bretaudeau et Fauré.1992).

Fruits	Teneur en Mn en mg/Kg de MS
Raisin	0.1
Pêche	0.66
Orange	0.05
Banane	0.7
Pomme	0.04
Fraise	0.28

Par comparaison des résultats, nous remarquons que les fruits étudiés sont nettement riches en manganèse que les fruits conventionnels. Saur (1989), montre que la richesse du sol en matières organiques diminue la biodisponibilité de cet élément qui est un oligoélément plus important pour la croissance des végétaux. Pour cette raison, on trouve une teneur élevée manganèse dans les fruits et ses amandes étudiés. Les amandes des fruits étudiés contiennent une teneur élevée en manganèse par rapport aux amandes sèches de valeur 1.94mg/100g de matière sèche. (Bretaudeau et Fauré, 1992), à l'exception de l'*Elaeagnus angustifolia* dont le taux de manganèse est de 0,89mg/100g de MS.

6-3-4-La teneur en zinc : L'ensemble de ces résultats confirme la présence de zinc au niveau des cinq fruits, mais les fruits qui contiennent des teneurs élevées en zinc sont *Celtis australis* et *Elaeagnus angustifolia*. La distribution du zinc est importante dans la partie non comestible que dans la pulpe. La teneur moyenne de zinc dans la pulpe de *Celtis australis* est élevée par rapport aux valeurs rapportées dans la bibliographie (Demir *et al*, 2002 et Praca, 2006). Nous constatons également que la teneur en zinc de l'amande du fruit de micocoulier est proche au résultat obtenu par Praca (2006).

Tableau 65 : Taux de zinc en mg/100gMS

Espèce	Zinc en mg/100g MS	
	Pulpe	Amande
<i>Celtis australis</i> L.	0.56±0.00	1.45±0.10
<i>Crataegus azarolus</i> L.	0.22±0.01	1.15±0.19
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	0.32±0.01	1.24±0.01
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	0.52±0.14	1.67±0.01
<i>Zizyphus lotus</i> L.	0.44±0.02	1.33±0.05

La teneur en zinc présent dans la baie du fruit de jujubier est très faible par rapport à celles trouvées par Murdock (2002), pour le jujube cru et Anthony (2005), pour la variété *Zizyphus spinachristi*. Le phosphore, le cuivre et le fer peuvent entrer en compétition avec le zinc dans l'absorption (Bethet *et al*, 1983). Selon Berthet *et al* (1983), qui estime que ce métal s'accumule rapidement dans les zones urbaines et la migration de ce métal dans les végétaux dépend plus de leur stade de croissance et les propriétés physico-chimiques du sol. La diminution du taux de zinc dans les espèces étudiées s'explique par la présence de certains éléments majeurs dans les sols et ne reçoivent aucun apport fertilisant. La variation de la composition minérale d'un végétal varie selon les espèces et au sein même d'une espèce. Elle dépend des conditions de culture (qualité du sol, climat, irrigation, traitements...) et de la période de récolte précoce ou tardive.

Tableau 66 : Teneur en zinc de quelques fruits (Bretaud et Fauré, 1992).

Fruit	Teneur en Zn
	mg/Kg MS

Abricot	0.4
Pêche	0.2
Orange	1.7
Banane	2.3
Pomme	1.0
Fraise	0.09

D'après l'analyse réalisée sur les fruits testés dans cette étude, on peut affirmer que ces fruits sont pauvres en zinc en comparaison avec les fruits consommables. Selon Pinta (1980), l'intervalle de zinc dans les végétaux est compris entre (0.1-10mg/100g de matière sèche) donc, nos échantillons ne présentent aucun risque de toxicité et aussi on considère que ces fruits comme une source en zinc pour les enfants qui en consomment. D'après les résultats obtenus des teneurs en zinc au niveau des 5 fruits étudiés,

on constate que le zinc est très concentré dans la partie amande du fruit et sa concentration est d'environ 3 à 5 fois supérieure à celle de la partie pulpe. Le taux de zinc dans l'amande et la noix sont respectivement de 1.5 et 2mg/100g de matière sèche (Bretaudeau et Fauré.1992), ces teneurs sont élevées par rapport aux amandes des 5 fruits étudiés. La teneur en zinc est variable selon les végétaux et l'organe considéré (Berthet, 1983). Même si la teneur en Zn et Cu est élevée, mais elle ne dépasse pas le seuil de toxicité pour la consommation. Ces 5 fruits sont donc considérés comme une source en zinc.

6-3-5-Teneur en cobalt : De ces résultats, on constate que la distribution de cobalt pour les cinq fruits analysés est localisée beaucoup plus dans l'amande que dans la pulpe. La teneur en cobalt trouvée dans la pulpe du fruit de micocoulier (0.14 ± 0.04 mg/100g de MS) est supérieure à celle trouvée par Demir *et al* (2002), de valeur 3.46 ± 0.15 ppm de matière sèche.

Tableau N° 67: Taux de cobalt en mg/100g

Espèce	Cobalt en mg/100g MS	
	Pulpe	Amande
<i>Celtis australis</i> L.	0.14±0.04	0.15±0.00
<i>Crataegus azarolus</i> L.	0.08±0.04	0.12±0.05
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	0.17±0.02	0.13±0.03
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	0.03±0.01	0.10±0.00
<i>Zizyphus lotus</i> L.	0.03±0.00	0.17±0.02

Parmi les 5 fruits testés, il y a seulement deux fruits : monogyne et azérolier dont la teneur en cobalt dans leur partie comestible est presque identique. Mais, cette valeur est faible par rapport à la teneur en cobalt pour le fruit *crataegus*. D'après (Bekker et Glushenkova., 2001) la teneur en cobalt de la pulpe de fruit l'argousier varie entre 0.58-0.97 mg/100g MS, cette teneur est élevée par rapport à notre fruit, le cobalt plus présent dans la pulpe du fruit de jujubier que dans l'amande. En comparant les résultats obtenus avec ceux trouvés par Pinta (1980), on déduit que les valeurs sont situées dans l'intervalle de teneur en cobalt pour les végétaux comme suit : 0.001 à 0.3 mg/100g MS. On trouve que nos résultats sont dans les normes pour les cinq fruits « pulpe et amande ». On peut dire également que ces fruit ne présentent aucun risque pour la santé des enfants au contraire ils assurent un apport non négligeable.

Conclusion générale

Au terme de ces travaux nous considérons que le patrimoine national floristique recel des espèces ayant des potentialités remarquables tant au point de vu alimentaire, pharmacologique ou cosmétique. Les substances ou produits qui en sont extraits possèdent une forte valeur ajoutée et peuvent contribuer au développement économique.

Tout d'abord l'étude bibliographique sur ces petits fruit à montré qu'il reste beaucoup de chose à faire, soit du point de vue de la caractérisation de ces espèces ou du point de transformation. Elle a montré aussi que ces fruits sont consommés par les êtres humains depuis longtemps là ou elles poussent dans le monde et ne présentent aucune propriété antinutritionnelle ou toxique empêchant leurs utilisation alimentaire, pharmacologique ou cosmétique.

Ces fruits de consommés en automne possèdent une pulpe sucrée, ils procurent donc de l'énergie des vitamines et des minéraux. L'huile des amandes de ces fruits est fine et peut avoir des

utilisations cosmétiques et pharmacologiques certaines. Ils sont très appréciés par les consommateurs surtout les enfants en automne.

Présentés à ces derniers par des marchands ambulants près des écoles dans pratiquement toutes les villes du pays ils sont consommés en quantité non négligeable. Ils peuvent procurer autant de nutriments que les fruits conventionnels tels que la pomme. En plus, ces fruits sont riches en métabolites secondaires ayant entre autre des propriétés antioxydantes. Ces fruits peuvent constituer une matière première à l'industrie de la conservation soit sous formes de purée, de nectar ou de fruit entier au sirop ou sous forme de confiture. Des fruits de la même catégorie constituent au Canada une filière de l'industrie fruitière c'est le cas des Bleuets et des canneberges. Les huiles des amandes de ces fruits sont présentes en quantité appréciable et peuvent avoir des utilisations cosmétiques et pharmacologiques certaines au cas le moins favorable utilisées comme huile alimentaire.

La pulpes de ces fruits est farineuse et apte à une conservation de longue durée et peut être incorporée dans de nombreuses préparations comme dans les aliments diététiques ou les préparations pour enfants. Les fruits de *Zizyphus lotus* L appelé aussi jujube ou N'beg en Algérie, c'est le jujubier des lotophages, différent des dattes chinoises ou jujubes cultivées, appelé annab en Algérie. Les fruits de *Zizyphus lotus* du jujubier sauvage sont brun foncés à maturité et présentent une pulpe à texture croquante, une flaveur spécifique et un gout sucré. Ces propriétés lui confère la possibilité de pouvoir être conservée pour de longue durées jusqu'à une année voir plusieurs années. De ce fait, il serait possible d'envisager différentes transformation comme farine et de l'incorporer dans les différents produits alimentaires soit comme additif ou comme matière première. Les huiles des amandes des ces fruit peuvent être utilisées dans les préparations pharmaceutiques, cosmétiques au même titre que l'huile d'Argan, celle du Jojoba ou celle des figues de barbarie ou éventuellement alimentaire. Toutes les amandes étudiés contiennent une fraction non négligeable en protéines végétales et peuvent être utilisée comme sources dans l'alimentation animale.

Références Bibliographiques

Abdelaal M.H., Hamza M.A., Rahma E.H., 1986.In vivo digestibility, pharmacological and functional properties of apricot kernel proteins. *Food Chemistry*, 19:197-207.

Abdelguerfi A., 2003. Evaluation des besoins en matières de renforcement des capacités nécessaires à la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité importante par l'agriculture -Bilans des expertises- Plan d'action et stratégie nationale sur la biodiversité.

Abdel-Zaher A.O., Salim S.Y., Assaf M.H. and Abdel-Hady R., 2005.Antidiabetic activity and toxicity of *Zizyphus spina-christi* leaves. *Journal of Ethnopharmacology*, 101: 129-138.

Abdoul-Azize, S., Bendahmane, M., Hichami, A., Dramane, G., Simonin, A. M., Benammar, C., ...& Khan, N. A. (2013). Effects of *Zizyphus lotus* L.(Desf.) polyphenols on Jurkat cell signaling and proliferation. *International immunopharmacology*, 15(2), 364-371.

Abdul M., Abdul R.,1996. Concentrations et croissances de lombriciens et de plantes dans des sols contaminés ou non par Cd,Cu, Fe et Zn :interactions- plante-sol-lombricien. *Soil Ecol. Biochem*, 28(8) : 1037-1044.

Ahmedov V.A., and Halmatov H.H., 1969. Pharmacognostic studies on *Zizyphus jujube* L. growing in Uzbekistan. *Rastitel'nye Resursy*, 5: 579-581.

Aksoy A., Sahin U.,1999, *Elaeagnus angustifolia* L. as a Biomonitor of Heavy Metal Pollution. *Journal of botany*. Volume 23, Turkey ,pp: 83-86.

Ali N.A.A., Julish W.D. Kusnick C. and Lindequist U., 2001.Screening of Yemeni medicinal plants for antibacterial and cytotoxic activities. *Journal of Ethnopharmacology*, 74: 173-179.

Anthony C., 2005. A review of *Zizyphus spina—Christi*. Technical (Ed) disponible sur [www.Zizyphus spina-Christi paper.pdf](#). Consulté le 16/01/2007.

AOCS Cd Id-92, 1997.Determination of iodine value."American Oil Chemistry 'Society'".

Apfelbaum M., Romon M., Dubus M., 2002.Diététique et nutrition. Masson (Ed). Paris, 400p.

Armond M., 1998. Digestion et absorption des lipides: acquisitions récentes. *Act. Méd. Int. Métabolismes- Hormones- Nutrition*, 2 : 14-18.

Audigié C.L., Figarella J., Zonszain F., 1978. Manipulations d'analyses biochimiques. Doin (Ed). Paris, 274p.

Ayaz F. A., Bertoft E., 2001. Sugar and Phenolic Acid Composition of Stored Commercial Oleaster Fruits. *J FCA* .14 :505-511.

Ayaz F. A., Kadioglu A., Dogu A., 1999, Soluble Sugar Composition of *Elaeagnus angustifolia*L. Var. *orientalis* (L.)Kuntze (Russian olive) Fruits. *Journal of botany*.volume 23, Turkey, pp: 349-354.

Aymonin G.G., 1993. Guide des arbres et des arbustes. Sélection du Reader's Digest (Ed).Paris, 351p.

- Baba Aissa F., 1999.** Les plantes médicinales en Algérie. Bouchène et Addiwen (Ed). Alger, 181p.
- Bahri-Sahloul, R., Ben Fredj, R., Boughalleb, N., Shriaa, J., Saguem, S., Hilbert, J. L., ...& Harzallah-Skhiri, F. (2014).** Phenolic composition and antioxidant and antimicrobial activities of extracts obtained from *Crataegus azarolus* L. var. *aronia* (Willd.) Batt. ovaries calli. *Journal of Botany*, 2014.
- Bahorun T., 1997.** Substances naturelles actives : la flore mauricienne, une source d'approvisionnement potentielle. Food and Agricultural Research. Conseil Mauritius, Amas.
- Bailey L.N., Bailey E.Z., 1976.** A Concise Dictionary of Plants Cultivated in the United
- Bekker N.P., Glushenkova A.I., 1997.** Lipids of the leaves of *Elaeagnus angustifolia*. Surface lipids. *Chemistry of Natural Compounds*, 33(5) : 543-544.
- Bekker N.P., Glushenkova A.I., 2001.** Components of certain species of the Elaeagnaceae family. *Chemistry of Natural Compounds*, 37(2) : 97-116.
- Bekker N.P., Glushenkova A.I., 2001.** Components of certain species of the Elaeagnaceae family. *Chemistry of Natural Compounds*, 37(2): 97-116.
- Bellini E., Giordani E., 1998.** Conservation, evaluation, exploitation and collection of Minor Fruit Tree Species. Horticulture Departement. University of Florence. Italie.
- Belouad A., 1998.** Etymologie des noms de plantes du Bassin Méditerranéen. OPU (Ed). Alger, 91p.
- Berthet B., Amiard C., Metayer.C., Amiard J.C., 1983.** Etude des voies du plomb l'environnement aux végétaux cultivés; application à l'utilisation agricole de boues de station d'épuration. Springer Nontes, 448-452.
- Bertin S., 2002.** Les huiles vierges de Bertin.
- Bogdanski K. A., 1965 .**Diverses méthodes de dosage de la vitamine .Springer. Pologne.227-236.
- Bourad P., Charon Y., Corbin D., Michaut L., Ruetschmann C. and Vade S., Veron G., 1992.** Le guide, Traité pratique du jardinage. Clause jardin (Ed). Paris, 854p.
- Bourgeois C.F., 2003.** Les vitamines dans l'industrie agroalimentaire, Tech&Doc (Ed). Paris, 732p.
- Boussard R., Cuisance P., 1984.** Arbres et arbustes d'ornement des régions tempérées et méditerranéennes. Tec et Doc (Ed). Paris, 600p.
- Bretauudeau J., Fauré Y., 1992.** Atlas d'arboriculture fruitière .Lavoisier .Paris.234p.
- Brosse J., 2000.** Larousse des arbres et des arbustes. Larousse (Ed). Canada, 576p.
- Caronona M.D., Llorach R., Obon C., Rivera D., 2005.** "Zahraa", a Unani multicomponent herbal tea widely consumed in Syria: Components of drug mixtures and alleged medicinal properties. *Journal of Ethnopharmacology*, 102 : 344-350.
- Catoire C., Zwang H. Bouet C., 1999.** Les jujubiers ou le Ziziphus. Fruits oubliés, article du n°1.

Çakmakçı, S., Topdaş, E. F., Kalın, P., Han, H., Şekerci, P., P Köse, L., & Gülçin, İ. (2015).Antioxidant capacity and functionality of oleaster (*Elaeagnus angustifolia* L.) flour and crust in a new kind of fruity ice cream. *International Journal of Food Science & Technology*, 50(2), 472-481.

Chang Q., Zuo Z., Chow M.S.S., Ho W.K.K., 2006.Effect of storage temperature on phenolics stability in hawthorn (*Crataegus pinnatifida* var. major) fruits and a hawthorn drink. *Food Chemistry*, 98: 426-430.

Chevalier A., 1996.The Encyclopedia of Medicinal Plants. Dorling Kindersley limited (Ed). London, 336p

Chiej R., 1984.Encyclopaedia of Medicinal Plants.MacDonald.ISBN 0-356-10541-5.

Chopra R.N., Nayar S.L., Chopra I.C., 1986.Glossary of Indian Medicinal Plants (Including the Supplement).Council of Scientific and Industrial Research, New Delhi.

Clause S.A., 1992.Le guide. Clause Jardin (Ed). Paris, 854p.

Cleveland, D. W., Fischer, S. G., Kirschner, M. W., & Laemmli, U. K. (1977). Peptide mapping by limited proteolysis in sodium dodecyl sulfate and analysis by gel electrophoresis. *Journal of Biological Chemistry*, 252(3), 1102-1106.

CNEVA., 1993. Répertoire général des aliments, Composition des fruits exotiques, fruits de cueillette d'Afrique. ORSTOM et Tec&Doc et INRA(Ed).Paris, 207p.

Couet M.C., Krempt M.H., Lairon M.D., 2006. Rapport sur les acides gras de la famille oméga 3 et système cardiovasculaire : intérêt nutritionnel et allégations. Masson (Ed).Paris, 70p.

Couplan F., 2000. Dictionnaire Etymologique de Botanique. Delachaux et Nestlé (Eds). Paris, 283p.

Cuisance P., 1981. Arboriculture ornementale. J.B. Baillière (Ed). Paris, 250p.

cut fruits and vegetables Science, Technology, and Market.CRC(Ed).London, pp 56-89.

Cuvelier C., Dotreppe O., Istasse L.,2003. Chimie, sources alimentaires et dosage de la vitamine. E Ann. Méd. Vét., 147, pp: 315-324

Danielle V., 2003. Programme anti-âge. Alpen (Ed). Paris, 98p.

Demir F., Dogan H, Ozcan M, Hacıferogullari H ; 2002.Nutritional and physical proprieties of hackberry (*Celtis Australis*).Journal of food engineering 54 :241-247pp.

Deymié B., 1974.Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaire. lavoisier Tec et Doc (Ed). vol 4. Paris.988p.

Diallo D., Sanogo R., Yasambou H, Traoré A., Coulibaly K, Maïga A., 2004. Etude des constituants des feuilles de *Ziziphus mauritiana* Lam (Rhamnaceae), utilisées traditionnellement dans le traitement du diabète au Mali. C. R. Chimie, pp : 1073–1080

Dillemann G. et Paris R., 1960. Recherche sur les zones arides : les plantes médicinales des régions arides considérée surtout du point de vue pharmacologique. UNESCO (Ed). Paris, 346p.

- Dilmi-Bouras A., 1998.** Les constituants alimentaires et leur rapport avec la santé. OPU (Ed). Alger, 272p.
- Dzhangaliev A.O., Salova T.N., Turekhanova P.M., 2003.**The wild fruit and nut plants of Kazakhstan. Horticultural Reviews, 29: 46-52.
- Edward F.G., Dennis G.W., 1993.***Celtis australis* : Mediterranean Hackberry. Serie of the Environnement Horticulture Department. Florida.
- Edward F.G., 1996.** Zizyphus jujuba.Serie of the Environnement Horticulture Department. Florida.
- Epfrain K.D., Osunkwo U.A., Onyeyilli P., Ngulde A., 1998.** Preliminary investigation of the possible antinociceptive activity of aqueous leaf extract of Zizyphus spina-christi (L.) Desf. Indian Journal Pharmacol, 30 : 271-272.
- Facciola S., 1990.**Cornucopia.A Source Book of Edible Plants.ISBN 0-9628087-0-9.
- FAO, 1988.** Manuel de fixation des dunes. Cahier FAO conservation 18. Rome.
- Favier, J. C., Ireland-Ripert, J., Toque, C., Feinberg, M., 1995.**Table de composition (Composition tables) INRA, CIQUAL-REGAL, Tec & Doc Lavoisier; Paris.
- Feinberg M, Favier J-C., Ireland J., 1993.** Tables de composition des aliments réalisation, utilisation in Alimentation et Nutrition Humaines. ESF (Ed).Paris, pp 1410-1432.
- Felix G., 1947.** Distribution of thiamine and distribution in the tomatoplant.Springer.pp:620-629.
- Foster s. and Duke J.A., 1990.**A Field Guide to Medicinal Plants Eastern and Central N. America.ISBN 0395467225.
- Frappier R., Gosselin D., 1999.** Le guide des bons gras. Maxam (Ed). Québec, 403p.
- Frenot M., Vierling A., 1999.** Biochimie des aliments et de nutrition. Tech&Doc (Ed), Paris, 450p.
- Fulton G.K., Barbara S.L., Charles N.M., 1996.**Gas Chromatography and Mass Spectrometry.Academic Press (Ed). London, 192p.
- Furher K., 2005.** Graisses comestibles, huiles comestibles et graisses émulsionnées. Manuel Suisse des denrées alimentaires.
- Gamble J.S., 1972.**A Manual of Indian Timbers. Bishen Singh Mahendre Pal Sing.
- Genders R., 1994.**Scented Folra of the world. Robert Hale. London. ISBN 0-7090-5440-8.
- Genevois L., 1988.** Les vitamines du groupe B chez les végétaux. Springer.Bordeaux.206-207.
- Ghazanfar S.A., 1994.** Handbook of Arabian medicinal plants. Boca Raton: CRC Press.
- Ghedira, K., Chemli, R., Caron, C., Nuzillard, J. M., Zeches, M., & Le Men-Olivier, L. (1995).**Four cyclopeptide alkaloids from *Zizyphus lotus*.*Phytochemistry*, 38(3), 767-772.
- Ghost A., Lysias Derrida C., 2007.**Jujube Fruit: a magic fruit berry for emotion controlling and more. Pure Herb and extract processing and formation.

- Gloaguen J.C., 1982.** Connaître et reconnaître les arbres et les arbustes des forêts et compagnes. Ouest France (Ed). Paris, 222p.
- Glombitza K.W., Mahran G.H., Mirhom Y.W., Michel K.G., Mtawi T.K., 1994.** Hypoglycemic and antihyperglycemic effects of *Zizyphus spina-christi* in rats. *Planta-media*, 60: 244-247.
- Goncharova N.P and Glushenkova A.I., 1990.** Lipids of *Elaeagnus angustifolia* L. fruit. *Chem. Nat. Comp.*, 26: 12-15.
- Goncharova N.P, Isamukhamedov A.S., Glushenkova A.I., 1990.** Lipids of *Zizyphus jujuba*. *Chem. Nat. Comp.*, 26(1): 16-18.
- Gong J.R., Zhao A.F., Huang Y.M., Zhang X.S. and Zhang C.L., 2006.** Water relations, gas exchange, photochemical efficiency and prooxidative stress of four plant species in the Heihe drainage basin of northern China. *Photosynthetic-Praha*, 44(3): 355-364.
- Grieve A., 2003.** A Modern Herbal. Vol 1. Jonathan (Ed). Graet Britain, 566p.
- Groncin I., Smadja J., Armougon R., 2002.** Fiche technique : les triacylglycérols des huiles des graines de cucurbitacées tropicales des genres *lagenaria* et *Liffa*. *Oléagineux, corps gras, lipides*, 9(2) : 169-173.
- Guignard J.L., 1998.** Abrégé de botanique. Masson (Ed). Paris, 212p.
- Guil-guerrero L., Iaz Delgado A., Matallana Gonz M.C., M.E. Torija Isasa ,2004.** Fatty Acids and Carotens in Some Ber (*Zizyphus jujuba* Mill) Varieties. *Plant Foods for Human Nutrition*. 59: 23–27.
- Hadjimitsi E. and Zabetakis I., 2005.** The Aroma of jam prepared from fruits of mosphilla (*Crataegus azarolus* L.). *Favour and Fragrance Journal*, 20 (5): 507-511.
- Han B.H., Park M.H., 1986.** Folk Medicine: The Art and Science. The American Chemical Society (Ed). Washington, 205p.
- Hedrick U.P., 1972.** *Sturtevant's Edible Plants of the World*. ISBN 0-486-20459-6.
- Hee-Kim G., 2003.** Determination of vitamin U in food plants. *Food Scie Technol*. 9(4) :316-319.
- Heller R., Ensault R., Lance C., 1998.** *Physiologie végétale*. Dunod. 324p.
- Herrera C M.,1984.** Seed dispersal and fitness determinants in wild rose: Combined effects of hawthorn, birds, mice, and browsing ungulates. Springer. Spain. *Oecologia* N°63, pp: 393-386.
- Hosseinzadeh H. Taheri M.R., 2000.** Antinociceptive effects of *Elaeagnus angustifolia* in mice. *Medicinal Journal of Islamic Republic of Iran*, 14: 77-81.
- Hosseinzadeh H., Ramezani M., Namjo N., 2003.** Muscle relaxant activity of *Elaeagnus angustifolia* L. fruit seeds in mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 84: 275-278.
- Houghton P.J., Oh M.H., Whang W.K., Cho J.H., 2004.** Screening of Korean herbal medicines used to improve cognitive function for anti-cholinesterase activity. *Phytomedicine*, 11: 544-548.
- Hutchens AR (1973).** *Indian Herbage of North America*. Shambhala (Ed). Boston, 382p.

- Huxley A., 1992.**The New RHS Dictionary of Gardening. Mac Millan Press, ISBN 0-333-47494-5.
- Jacamon M., 1992.**Guide de dendrologie. ENGREF (Ed). Nancy, 274 p.
- Jaffré T., 1977.** Composition chimique élémentaire des tissus foliaires des espèces végétales colonisatrices des anciennes mines de nickel en nouvelle Calédonie. Vol. XII Cah. O.R.S.T.O.M., (4): 323-330
- Jama B.A., Mohamed A.M., Mulatya j . ,Njuia. N.,2007.**Comparing the « Big Five »: a framework for sustainable management of indigenous fruit trees in the drylands of East and central Africa.elsevier.Ecological indicators.10p.
- Jawanda J.S., Bal J.S., Josan J.S.,Mann S.S., 1981.**Ber cultivation in Punjab. Punjab Horticultural Journal, 21: 17-22.
- Jiang L., Yamguchi T., Takamura H., Matoba M., 2005.** Characteristics of Shodo Island Olive Oils in Japan, Fatty Acid Composition and antioxidative Compounds. *Food sci Technolo Res.*, 11 (3):
- Kader A- A., 2002.** Quality Parameters of Fresh-cut Fruit in and Vegetable Products fresh145
- Kamalinejad K., Ahmadiani A., Saremi S., Semnianian S., Saeedi F., Javan F. and Hosseiny M., 2000.** Antinociceptive and anti-inflammatory effects of *Elaeagnus angustifolia* fruit extract. *Journal of Ethnopharmacology*, 72 : 287-292.
- Kartika I.K., 2005.** Nouveau procédé de fractionnement des graines de tournesol : expression et extraction en extrudeur bi-vis, purification par ultrafiltration de l'huile de tournesol. Thèse de Doctorat. Institut polytechnique de Toulouse, 333p.
- Katz G. and Shafroth P.B., 2003.**Biology, ecology and management of *Elaeagnus angustifolia* L. (Russian olive) in Western North America. *Wetlands-Wilmington then MCLEAN*, 23(4): 763-777.
- Kayani, S., Ahmad, M., Zafar, M., Sultana, S., Khan, M. P. Z., Ashraf, M. A., ...& Yaseen, G. (2014).** Ethnobotanical uses of medicinal plants for respiratory disorders among the inhabitants of Gallies–Abbottabad, Northern Pakistan..*Journal of ethnopharmacology*, 156, 47-60.
- Ken F., 2000.** Notes from observations, tasting etc at Plants For a Future and fiel trips.
- Kirtikar, K.R. and Basu, B.D., 1984.**Indian Medicinal Plants, Lalit Mohan Basu (Ed).Allahabad, 593p.
- Kohl P., 2006.** Mesures de densités. Ecole Nationale de Chimie Physique et Biologie de Paris.
- Koyuncu T., Pinar Y. and Lule F., 2007.**Convective drying characteristics of azerole red (*Crataegus monogyna* Jac.) and yellow (*Crataegus aronia* Bosc.) fruits. *Journal of Food Engineering*, 78 (4) : 1471-1475.
- Kriventsov V.I. and Karakhanova S.V., 1970.** The rutin content of jujube fruits [In Russian].Byulleten Gosudars to vennogo Nikitskogo Botanickogo Sada, 3 (14) : 57-69.
- Kunkel G., 1984.**Plants of Human Consumption.ISBN 3874292169.

Lahlou M., El Mahi M. and Hamamouchi J., 2002.Evaluation of antifungal and molluscidal activities of Moroccan *Zizyphus lotus* (L.)Desf. .*Annales Pharmaceutiques Françaises*, 60(6) : 410-414.

Largois D., 1994. Alimentation vivante.2 editions. Doin. Paris.59

Launert E., 1981. Edible and Medicinal Plants.ISBN 0-600-37216.

Le coq R., 1965. Manuel d'analyse alimentaire et d'expertise usuelle. Doin (Ed). Paris 2107p.

Le Crouéour G., Thépenier P., Richard B., Petermann C., Ghédira K. and Zèches-Hanrol M., 2002.Lotusine G: A new cyclopeptide alkaloid from *Zizyphus lotus*. *Fitoterapia*, 73 : 63-68.

Lecat P., 1951.Repartition et variations du système ascorbiques chez les végétaux.

Leviitt J., 1980. Salt and ion stress in Response of plant to environmental stresses..Academie Press.New York. (3):365-406p.

Li, J.W., L.P. Fan, S.D. Ding and X.L. Ding, 2007. Nutritional composition of five cultivars of Chinese jujube. *Food Chem.*. 103: 454-460.

Linden G ; Lorient D., 1994. Biochimie agro-industrielle (Valorisation alimentaire et la production agricole). Masson (Ed). Paris, 360p.

Lintas S., 1992. Nutritional aspects of fruits and vegetable consumption. CIHEM (Ed), Rome, Italy, 87p.

Liu Y., 2006.Determination of decomposition on *Elaeagnus angustifolia* from Inner Mongolia Psammophyte to Nitrite. *Guangdong Weiliang Yuansu Kexue*, 13(1): 41-44.

Ljubuneie P., Portonaya I., Cogan U., Azaich H. and Bomzon A., 2005.Antioxydant activity of *Crataegus aronia* aqueous extract used in traditional Arab medicine in Israel. *Journal of Ethnopharmacology*, 101 : 153-161.

Lurent L., 1991, éléments minéraux, techniques d'analyses et contrôles dans l'industries agroalimentaires .lavoisier. Tec& Doc. Paris, 987p.

Lust J., 1983. The Herb Book.ISBN 0-553-23827-2.

Mark S., Dan O., Larry H., Joe S. and Emmy S., 2002.History, biology, ecology, supression and revegetation of Russian-Olive sites (*Elaeagnus angustifolia* L.).Washington. *Plants Materials*, 47 : 1-12.

Martin P., Gagnard J., Cautier P ., 1990, Analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicale.Masson.Paris, 161-170p.

Messaili B., 1995. Botanique : systématique des Spermaphytes.OPU (Ed). Alger, 91p.

Milouane P., 2000. Le truffaut "Encyclopédie pratique illustré du jardin". Bordas (Ed). Paris, 800p.

Mirhydar H., 1998. Encyclopedia of Plants : Indications of plants in the prevention and treatment of Diseases. Islamic Farhang, Tehran, 2 : 163-164.

- Mitchell A., 1986.** Tous les arbres de nos forêts. Elsevier Séquoia (Ed). Bruxelles, 413p.
- Multon G L., 1991.** Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaire .lavoisier Tec et Doc (Ed). vol 2. Paris, 456p.
- NF ISO 8262-3, 2006.** Détermination de la teneur en matière grasse. Association Française de Normalisation "AFNOR". Paris, France.
- NF T 60-205, 1975.** Vegetable and animal fats and oils -Determination of unsaponifiable matter-. Association Française de Normalisation "AFNOR". Paris, France.
- NF T 60-206, 1990.** Détermination de l'indice de saponification. Association Française de Normalisation "AFNOR". Paris, France.
- NFT 60-204, 1985.** Détermination de l'indice d'acide et de l'acidité (Méthodes titrimétriques). AFNOR (Ed), Paris.
- NFT 60-212, 1974.** Détermination de l'indice de réfraction (Corps gras). Association Française de Normalisation "AFNOR". Paris, France.
- NFT 60-220, 1995.** Détermination de l'indice de peroxyde. Association Française de Normalisation "AFNOR". Paris, France.
- Nikolaeva A.G., Karivenchuk P.E and Prokopenko A.P., 1971.**Elaeagnus angustifolia flavonoïds. Farm, 26 : 56-60.
- Nishino C., Enoki N., Tawata S. and Mori A., 1987.**Antimicrobial activity of flavonoïds against Staphylococ epidermidis, a skin bacterium. Agriculture Biological Chemistry, 51: 139-143.
- Nour A.A.A.M., Ali A.O. and Ahmed A.H.R., 1987.**A chemical study of Ziziphus spina-christi (Nabag) fruits grown in Sudan.Tropical Science, 27(4) : 271-273.
- NVCF., 1999,** Valeur nutritive de quelques aliments usuels. Ministre de la Santé, Canada, 56p.
- Ody P., 1995.** Les plantes médicinales "Encyclopédie Pratique". Sélection du Reader's Digest (Ed). Paris, 192p.
- Ollé M., 2002.** Analyse des corps gras. Technique d'Ingénieur. P3325.
- Ozcan M., Haciseferog H., Marakog T-M.,Arslan D.,2005 .** Hawthorn (Crataegus spp.) fruit: some physical and chemical properties.Journal of Food Engineering 69 .pp:409–413
- Ozcan M., Haciseferogùllari H., Marakoglu T. and Arslan D., 2005.** Hawthorn (Crataegus spp.) fruit: some physical and chemical properties. Journal of Food Engineering, 69: 409-413.
- Ozenda P., 1977.** Flore de Sahara. CNRS (Ed). Paris, 322p.
- Parrek O.P., 2001.** Ber.Southampton, UK: International Centre for Underutilised crops pub.
- Perdue R.E. and Hartwell J.L., 1976.**Plants and Cancer Proceedings of the 16th Annual Meeting of the society for Econ. Bot. Cancer treatment Rep., 60 : 973.
- Perry L.M., 1980.** Medicinal Plants of the East and Southeast Asia.MIT Press. London, 131p.

- Peynaud E.,1944.** La vitamine C dans les fruits a noyau.Springer.184-191.
- Pinta M ;Bourdon B ; Rousselet F., 1980.** Spectrophotometrie d'absorption atomique. Masson et Arston (Ed). Paris, 478p
- Pittler M.H., Schmidt k. and Ernest E., 2003.** Hawthorn extract for treating chronic heart failure: meta-analysis of randomized trials. Am.J.Med, 114 (8) : 665-674.
- Plumey L., 2003.** Aliments et boissons. Tome 1. ENP Nutrition. 3ème édition.
- Polletti A., 1987.** Fleurs et plantes médicinales. Delachaux et Nestle (Eds). Paris, 191p.
- Praca S., 2006.**Nutritionaland phisico-chemeical properties oh Hackberry Cletis australis. Graduation thesis : University studies. Ljubljana, 101p.
- Pyke M.,1940,** Obsevation on the distribution of vitaminB1 in some plant From the Research Laboratories, Vitamins Limited, London, 330-334p.
- Quezel P. et Santa S., 1962.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques Méridionales. Tome 1. Centre National de la Recherche Scientifique (Ed). Paris, 566p.
- Rahmani M., 2005.** Composition chimique de l'huile d'argane "vièrge". Cahiers agricultures, 14(5) : 61-463.
- Ramezani M., Hosseinzadeh H. and Daneshmand N., 2001.** Antinociceptive effect of Elaeagnus angustifolia fruit seeds in mice. Fitoterapia, 72 : 255-262.
- Razek H.R., Kamali M., Hosseine-Bidis M. and Fallahi M., 1999.**Wound healing properties of Elaeagnus angustifolia. Journal of Pharmacy and Pharmacology, SUPP, 128.
- Renault J.H., Ghedira K., Thepenier P., Lavaud C., Zeches-Hanrott M. et Le Men-Olivier L., 1997.** Dammarane saponins from Zizyphus lotus, Phytochemistry, 44(7) : 1321-1327.
- Reynolds .R .D., 1988.** Bioavailability vitamin B6 from plant foos.AJCN. 48:863-867
- Rol R., 1965.** Flore des arbres, arbustes et arbrisseaux. Tome 4. Essences introduites. La Maison rustique (Ed). Paris, 95p.
- SabirS.M.,Maqsood H.,HayatI.,Khan M.G.,2005.** Elemental and Nutritional of sea Buckthorn (Hippophae rhamnoides ssp) berries of Pakistani origin.*journal of medicinal food.Vol8.No.4,518-522.*
- Saur E., 1990.**Mise au point bibliographique, au sujet de la nutrition oligo-minérale des plantes supérieures. INRA. France.47: 367-389.
- Sakamura, F., Suga, T. (1987).**Changes in chemical components of ripening oleaster fruits. *Phytochemistry*, 26(9), 2481-2484.
- Sayed A.,Mubacher S.,Sabir M.,Hussain S .,2005.** Morphological and biochemical variations in *Elaeagnus umbellata Thunb.*from mountains of Pakistan. *Acta Bot.Croat.* Pakistan, **64** (1): 121–128.
- Simmons A.E., 1972.**Growing Unusual Fruit. David and Charles, ISBN 0-7153-5531-7.

Skerget M., Kotnik P., Hadolin M., Rizner Hars A., Simonic M. and Knez Z., 2005. Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonol in some plant materials and their antioxidant activities. *Food Chemistry*, 89: 191-198.

Soepadmo E., 1991. *Celtis australis Lamk.* Plant resources of South East Asia in: Edible fruits and Nuts. Wageningen. Netherlands, 447p.

Somon E., 1985. Arbres, arbustes et arbrisseaux en Algérie. OPU (Ed). Algérie, 143 p.

Somon S. 1999. Guides des aliments. Kone Mann. Quebec. 224p.

Staggs C.G., Sealey. Mc Cobe. B.T., 2004. Determination of the biotin content of select foods using accurate and sensitive HPLC/avidin binding. *Journal of food composition and analysis*. Elsevier. 767-776. States and Canada, Macmillan Co(Ed), New York, 118 p.

Sudharsan C. and Hussain J., 2003. In vitro clonal propagation of a multipurpose tree, *Ziziphus spina-christi* (L.) Desf. *Turkish Journal of Botany*, 27: 167-171.

Suzan E. Gebhardt D., Robin G., Thomas R., 2002. Nutritive Value of Foods. USDA. Washington, 90 p.

Svedström U., Vuorela H., Kostianem R., Laakso I. and Hiltunen R., 2006. Fractionation of polyphenols in hawthorn into polymeric procyanidins, phenolic acids and flavonoids prior to high performance liquid chromatographic analysis. *Journal of chromatography "A"*, 1112 : 103-111.

Tchiégang C., Kapchie N.V. et Parmentier M., 2003. Qualité physico-chimique des huiles des fruits de l'aïele (*Canarium Schweinfurthii* Engl) en fonction de quelques traitements traditionnels de conservation. *Food Africa*.

Thomas S.C. et Thomas H.J., 2004. Production et utilisation de l'argousier (*Hippophae rhamnoides* L.). Les press Scientifiques de CNRC (Ed). Ottawa, 145p.

Tomoda M., Shimuju N. and Gonda R., 1985. Pectic substances II. The location of O-acetyl groups and the smith degradation of *Zizyphus Pectin* A. *Chemical and pharmaceutical Bulletin*, 33 (9): 4017-4020.

Tomoyoshi K. and Funio Y., 1972. Standard Color Charts. Color Research Institute Japon.

Traba J., Arrieta S., Herranz J. Clamagirand M. C., 2006. Red fox (*Vulpes vulpes* L.) favour seed dispersal, germination and seedling survival of Mediterranean Hackberry (*Celtis australis* L.). *Acta Oecologica*, 30(1) : 39-45.

Trabaud L., 2001. Relations entre les teneurs en bioéléments chez divers végétaux méditerranéens. *Ann. For. Sci.*, INRA, 58: 555-567

Tripathi M.K., Santra A., Chaturvedi O.N. and Karim S.A., 2004. Effect of sodium bicarbonate supplementation on ruminal fluid pH, feed in take, nutrient utilization and growth of lambs fed high concentrate diets. *Animal feed science and technology*, 111: 27-39.

Uphof J.C.Th., 1959. Dictionary of Economic Plants. Weinheim.

Urbonaviciute V.J., Jakstas O., Kornysova O., Janulis V. and Maruska A., 2006. Capillary electrophoretic analysis of flavonoids in single-styled hawthorn (*Crataegus monogyna* Jacq.) ethanolic extracts. *Journal of Chromatography "A"*, 1112: 339-344.

USDA, 1974. Seeds of woody plants in the United States. USDA Agr. N° 450.

Van Soest, P. U., & Wine, R. H. (1967). Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 50(1), 50-55.

Viereling W., Brand N., Gaedeke F., sensch K.H., Scheneider E. and Scholz M., 2003. Investigation of the pharmaceutical and pharmacological equivalence of different hawthorn extracts. *Phytomedicine*, 10: 8-16.

Vivar-Vera M.A., Salazar-Montoya J.A., Calva-Calva G. and Ramos-Ramirez E.G., 2007. Extraction, thermal stability and kinetic behavior of pectinmethylesterase from hawthorn (*Crataegus pubescens*) fruit. *LWT*, 40 (2): 278-284.

Wahida B., Abderrahman B. and Nabil C., 2007. Antiulcerogenic activity of *Zizyphus lotus* (L.) extracts. *Journal of Ethnopharmacology*, 112(2): 228-231.

Wang Q., Ruan X., Huang J.H., Xu N.Y. and Yan Q.C., 2006. Intra-specific genetic relation ship analyses of *Elaeagnus angustifolia* based on RP-HPLC biochemical markers. *Journal of Zhejiang University Science B*, 7(4): 272-278.

Wei LI J., Ping Fan L., Dong Ding S. , Lin Ding X., 2007.,. Nutritional composition of five cultivars of chinese jujube. *Food Chemistry elsevier*. 103:454-460

Wenyuan M., 1998. A study on *Elaeagnus angustifolia* for Fuelwood and Fodder in Arid Zone. Research Institute of Forestry. China.

Xian X., 1988. Appréciation de la mobilité et de la biodisponibilité des éléments en traces du sol. *Science du Sol*, 22:103-112.

Yano M., Kato M., Ikoma Y., Kawasaki A., Fukazaw Y., Sugiura M., Matsumoto H., O'Hara Y., 2005. Quantitation of Carotenoids in Raw and Processed Fruits in Japan. *Food Sci. Technol*, 11(1) :13-18.

Zargari A., 1990. Medicinal Plants. Tehran University Press, 4: 275-277.

Zhang B.Z. and Zhao K.F., 1996. Study on salt tolerance in *Robinia* and *Elaeagnus angustifolia*. *Shandong Science*, 9(2): 53-55.

Zhang Z., Ho W.K.K., Huang Y. and Chen Z.Y., 2002. Hypocholesterolemic activity of hawthorn fruit is mediated by regulation of cholesterol-7 α -hydroxylase and acyl CoA: Cholesterol acyltransferase. *Food Research International*, 35: 885-891.

Zhao C., Wang M., Wei G.X., Deng J.M. and Cheng D.L., 2007. Effects of ground water depth variation on photosynthesis and photoprotection of *Elaeagnus angustifolia* (L.). *Trees-Burlin-*, 21(1): 55-63.

Zhao J., Li S.P. , Yang F.Q., P.Li ., Wang Y.T. 2006. Simultaneous determination of saponins and fatty acids in *Zizyphus jujuba* (Suanzaoren) by high performance liquid chromatography-evaporative light scattering detection and pressurized liquid extraction. *Journal of Chromatography A*, 1108: 188-194.

Zhao, Z., Liu, M., & Tu, P. (2008). Characterization of water soluble polysaccharides from organs of Chinese Jujube (*Zizyphus jujuba* Mill. cv. Dongzao). *European Food Research and Technology*, 226(5), 985-989.

ANNEXES

- Préparation de la gamme étalon pour le dosage des sucres solubles :

Prendre 0,1g de glucose dans 100 ml, puis prendre 20 ml et compléter par l'eau distillée jusqu'à 100 ml. On obtient alors une solution mère de 200 µg/ml.

Tableau 68: Protocole de préparation de la gamme étalon du glucose

N° de tube	01	02	03	04	05	06
Solution mère (ml)	00	0.4	0.8	1.2	1.6	2
Eau distillée (ml)	02	1.6	1.2	0.8	0.4	00
Phénol à 80% (gouttes)	03	03	03	03	03	03
Acide sulfurique concentré (ml)	03	03	03	03	03	03
Concentration en µg/ml	0	16	32	48	64	80
Densité optique	00	0.52	1.20	1.35	1.68	2.26

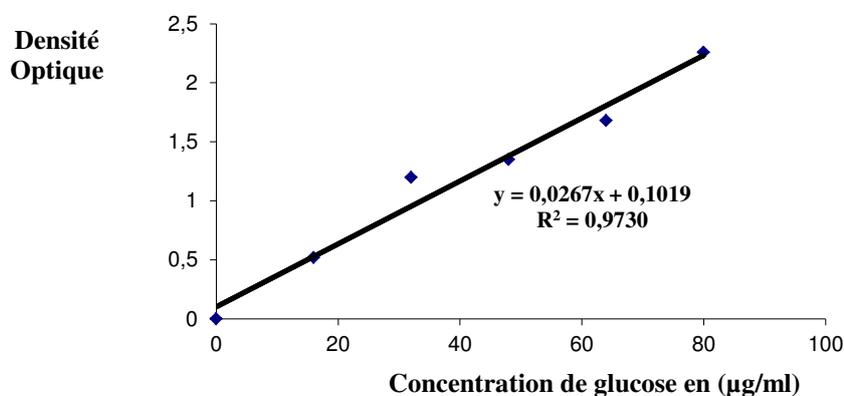


Figure 22: Représentation de la courbe standard DO = f ([Glucose]).

- Préparation de la gamme étalon pour le dosage des sucres réducteurs:

A l'aide d'une solution étalon de glucose à 1g/100 ml, on réalise une série de 5 solutions étalon filles de concentration allant de 0,025 à 0,125g/100 ml.

Tableau 69 : la gamme étalon des sucres réducteurs

N° tube	1	2	3	4	5
[glucose] en g/100ml	0,025	0,05	0,075	0,1	0,125
La solution A en ml	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
La solution B en ml	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Le volume de la solution de glucose nécessaire en ml	16	12	9	6	5

- Préparation de l'échantillon :

Introduire dans un tube à essai

- 1,5 ml de solution A
- 1,5 ml de solution B

Mettre la liqueur de Fehling à ébullition, puis verser goutte à goutte le filtrat de l'échantillon contenu dans la burette graduée jusqu'à la décoloration complète et la formation d'un précipité rouge brique de Cu₂O.

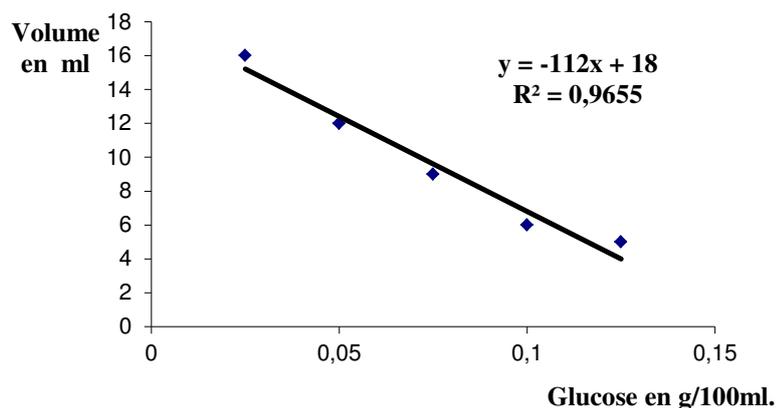


Figure 23 : Représentation de la courbe standard, $V = f([\text{Glucose}])$.

- Expression des résultats :

Le pourcentage des sucres réducteurs est calculé par la relation suivante :

$$\text{Sucres réducteurs \%} = \frac{X \cdot 100}{P}$$

X : la concentration en g/100ml.

P : poids de prise d'essai.

Détermination de la teneur en saccharose :

La teneur en saccharose est obtenue par la différence entre la teneur en sucres solubles et les sucres réducteurs dans l'échantillon.

$$\% \text{ Saccharose} = \% \text{ sucres solubles} - \% \text{ sucres réducteurs}$$

Tableau 70: Gamme étalon de la vitamine E "tocophérol"

N° de tube	1	2	3	4	5	6
Solution de tocophérol 55 ppm en ml	0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
Chloroforme en ml	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
Réactif en ml	5	5	5	5	5	5
Concentration en ppm	0	1	2	3	4	5
Densité optique	0	0,06	0,09	0,15	0,18	0,24

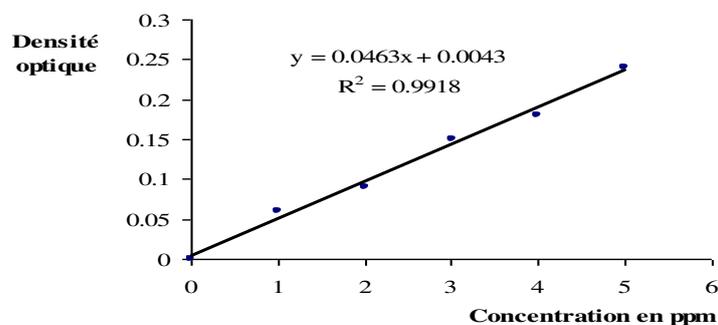


Figure 24: Courbe d'étalonnage de la vitamine E.

- **Préparation de la solution étalon de carotène:** La solution mère de carotène à 1500 ppm (15 mg de carotène dans 10 ml d'hexane).

Prenez 1 ml de la solution mère et compléter jusqu'à 27,2 ml avec l'hexane pour avoir une solution de 55 ppm.

Pour le dosage de la provitamine A, le même protocole a été suivi sauf que la lecture se fait à une longueur d'onde de 450 nm.

Tableau 71 : Protocole de préparation de la gamme étalon de la provitamine A

N° de tube	1	2	3	4	5	6
Solution de tocophérol à 55 ppm en ml	0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
Chloroforme en ml	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
Réactif en ml	5	5	5	5	5	5
Concentration en ppm	0	1	2	3	4	5
Densité optique	0	0,10	0,17	0,27	0,35	0,36

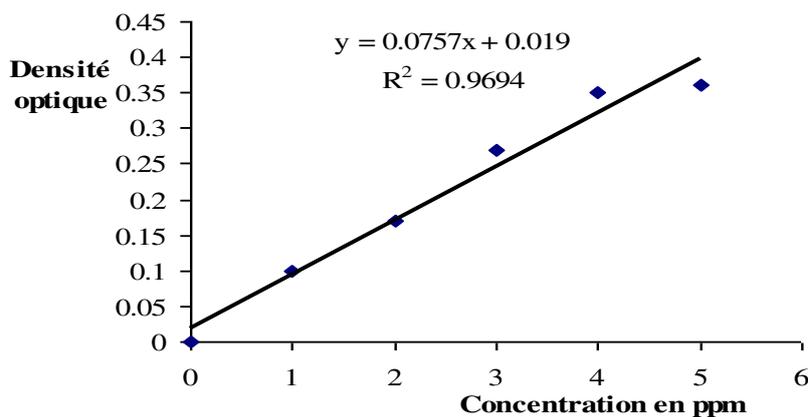


Figure 25 : Courbe d'étalonnage de la provitamine A

Préparation de la solution étalon de thiamine : La solution mère de thiamine à 10.000 ppm (0.1 g dans 10 ml d'eau distillée). Prendre 5ml de solution mère et compléter jusqu'à 20 ml avec l'eau distillée pour avoir une solution de 2500 ppm.

Tableau 72 : Protocole de préparation de la gamme étalon de la vitamine B₁.

N° de tube	01	02	03	04	05	06
Solution de thiamine 2500 ppm en ml	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2
Eau distillée	2	1,6	1,2	0,8	0,4	0
Phénylhydrazine C ₆ H ₅ -NH ₂ -NH ₂	8	8	8	8	8	8
Concentration en ppm	0	100	200	300	400	500
Densité optique	0	0,25	0,37	0,56	0,75	0,99

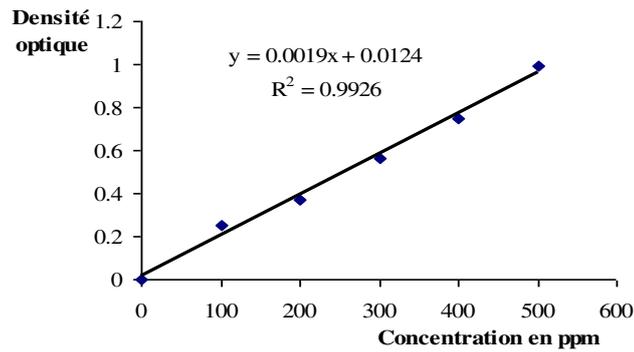


Figure 26 : Courbe d'étalonnage de la vitamine B₁

Expression des résultats :

$$\text{Vit B}_1 \% = \frac{C \cdot 5 \cdot V}{m \cdot 10^4}$$

C : Concentration lue sur le graphe

5 : Nombre de dilution

V : Volume de la solution d'extraction

m : Masse de la prise d'essai

10⁴ : Facteur de conversion du taux de vitamine B₁ du ppm au % de matière fraîche.

Dosage de la vitamine B₆ :

Principe :

Le chlorure de pyridoxine très soluble dans l'eau est protégé en milieu acide.

La **vitamine B₆** existe naturellement sous différentes formes, elle se trouve sous la forme de pyridoxine surtout dans les légumes et fruits (**Multon, 1991**).

Matériel :

- Broyeur
 - Centrifugeuse, type SIGMA-3K.20
 - Etuve, type : HERAEUS
 - PH mètre, type INOLAB. WTW
 - Spectrophotomètre, type : SHIMADZU. UV 120-01

Réactifs :

- HCl 2 M
- Eau distillée
- NaOH
- Solution de pyridoxine (pyridoxine, 50 mg/ml, Hémopharme)
- Benzène
- Solution tampon phosphate de pH=7 constituée de 20 ml phosphate disodique et de 80 ml phosphate dipotassique.
- Ferricyanure de potassium en solution à 0,1%
- Diéthyl-p-phénylenediamine en solution à 0,1%

Solution mère à 100 ppm en ml	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	Préparation de Pyridoxine :
Eau distillée	2	1,8	1,2	0,8	0,4	0	
Tampon pH 7 (ml)	10	10	10	10	10	10	
Ferricyanure de potassium (ml)	1	1	1	1	1	1	
Diéthyl-p-phénylenediamine	1	1	1	1	1	1	
[C] en ppm	0	2,85	5,71	8,57	11,42	14,28	
Densité optique	0	0.06	0.12	0.18	0.22	0.28	

solution mère de pyridoxine à 50.000 ppm.

Prenez 0,1 ml de solution mère et compléter jusqu'à 50 ml avec l'eau distillée pour avoir une solution de 100 ppm.

Tableau 73 : Protocole de préparation de la gamme étalon de la Pyridoxine

Mode opératoire :

Pesez 5 g de la pulpe broyée de chaque espèce ou de l'amande. L'extraction se fait par 50 ml d'HCl, on porte dans un autoclave à 121 °C pendant 2 heures, on filtre l'extrait et on ajuste le pH à 4,5 par du NaOH à 2 %.

Dans un tube à essai mettre 2 ml d'extrait ajouter 10 ml d'une solution tampon pH= 7 dans les proportions 2 ml et 8 ml

On ajoute ensuite dans les mêmes proportions 10 ml de benzène, la réaction de coloration se fera avec une Solution à 0,1% de Diéthyl-p-phénylenediamine 1ml.

On ajoute ensuite après agitation 1ml d'une solution à 1% de ferricyanure de potassium.

On centrifuge (5000 tours/mn pendant 10 mn), on élimine la fraction apolaire et on fait la lecture à 605 nm.

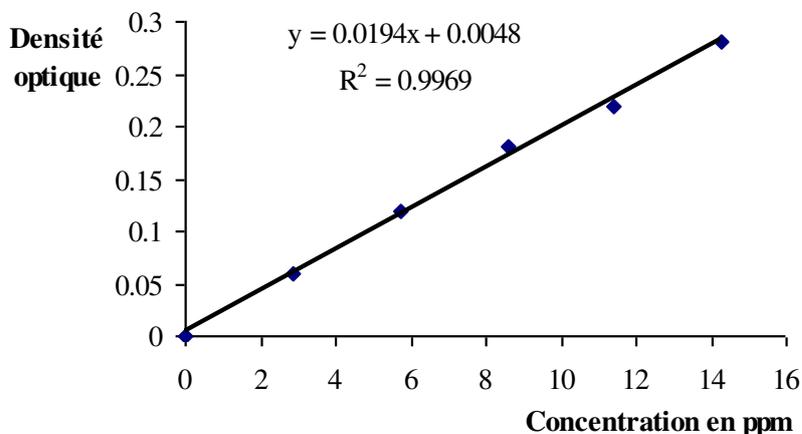


Figure 27: Courbe d'étalonnage de la vitamine B₆

Expression des résultats : $\text{Vit B}_6 \text{ \%} = \frac{C \cdot 7 \cdot V}{m \cdot 10^4}$

C : Concentration lue sur le graphe

7 : Nombre de dilution

V : Volume de la solution d'extraction

m : Masse de la prise d'essai

10⁴ : Facteur de conversion du taux de vitamine B₁ du ppm au % de matière fraîche.

Dosage de la vitamine C :

Principe:

En milieu acide, la solution d'iodate de K (KIO₃) oxyde l'acide ascorbique (vitC) en acide oxyascorbique (aldéhydroascorbique) (**Bogdanski , 1965**)

Matériel

- Agitateur ULTRA TURRAX, type IKA-WERK
- Balance de précision, type : SARTORIUS

Réactifs

- HCl à 2%
- Eau distillée
- Soluyion d'amidon à 0,5%
- Iodure de potassium (KI) à 1%
- Iodate de potassium (KIO₃) 1/ 1000N

Mode opératoire:

Une quantité de 10 g de pulpe de fruit est réduite en purée et mise en présence de 50 ml de HCl à 2%

Après 10 mn, ce mélange est transvasé dans un bécher de 100 ml. Le contenu est filtré et on complète à 100 ml avec l'eau distillée dans une fiole de 100 ml.

La détermination de la vitamine C proprement dite s'effectue en deux temps.

Première temps :

On prend 10 ml d'extrait filtré et on le place dans un erlenmeyer avec 30 ml d'eau distillée, on ajoute 1 ml de solution d'iodure de K à 1% et 2 ml de solution d'amidon à 0,5%.

On titre à l'aide d'une solution d'iodate de K (KIO₃) 1/1000N jusqu'au virage au bleu.

Deuxième temps:

Témoins : dans les mêmes conditions, on prend 10 ml de HCl à 2% et 30ml d'eau distillée dans un erlenmeyer, on ajoute 1 ml d'iodure de K à 1% et 2 ml de solution d'amidon à 0,5%

Expression des résultats :

D'après **Provan et al. (1978)**, le calcul de la teneur en vitamine C est fait selon la formule suivante :

$$X = \frac{N \cdot V_1 \cdot 0.0088}{G \cdot V_2} \times 100$$

X : Poids en mg d'acide ascorbique par 100 g de produit analysé (mg/100 g).

N : Nombre de ml d'iodate de K (résultats de la différence entre le titrage essai et letitrage témoins.

V₁ : Volume total d'extrait obtenu pour l'analyse (100ml).

G : Quantité de produit analysé (10g de pulpe de fruit).

V₂ : Quantité d'extrait filtré soumis à l'analyse (10ml).

Dosage du phosphore

Tableau 74 : Protocole de préparation de la gamme étalon de phosphore

Solution de phosphore 50 ppm en ml	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Solution d'acide ascorbique 0,1% en ml	6,5	6,4	6,3	6,2	6,1	6
Réactif sulfomolybdique (ml)	2	2	2	2	2	2
HCl 1.5% (1.5ml)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Concentration finale en ppm	0	0,5	1	1,5	2	2,5
Densité Optique	0	0,10	0,17	0,28	0,36	0,45

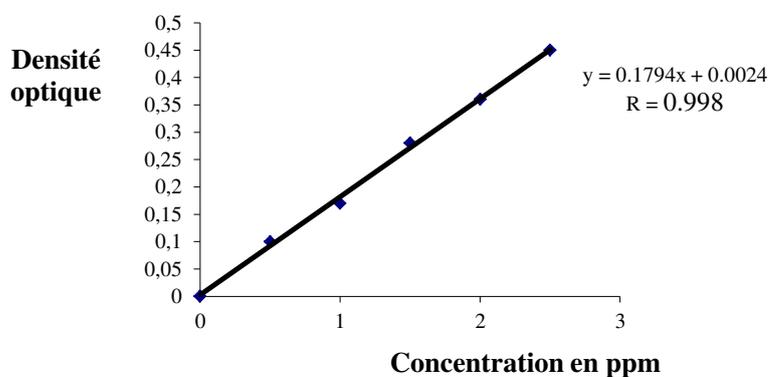


Figure 28: Courbe d'étalonnage de phosphore

Dosage du sodium

Tableau 75 : Protocole de préparation de la gamme étalon du sodium

N° de tube	01	02	03	04	05	06
Solution mère de Na à 100 ppm en ml	0	2	4	8	16	32
Eau bidistillée en ml	100	98	96	92	84	68
Concentration finale de K en ppm	0	2	4	8	16	32
Densité optique	0	0,015	0,027	0,034	0,051	0,092

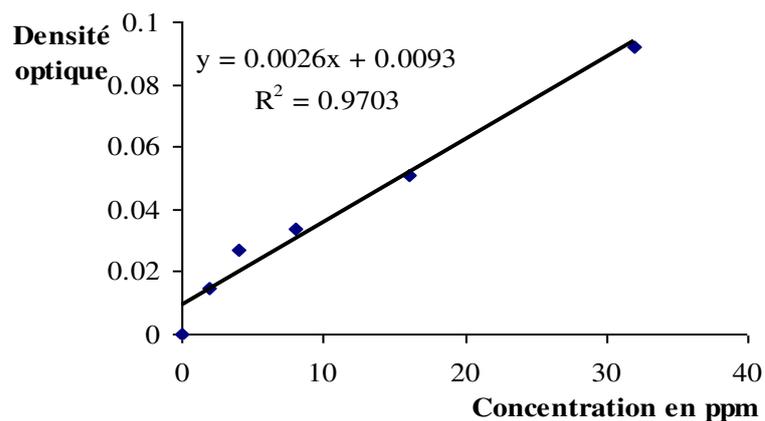


Figure 29: Courbe d'étalonnage de sodium

Dosage du magnésium

Tableau 76 : Protocole de préparation de la gamme étalon de magnésium

Solution mère de magnésium à 100 ppm en ml	0	1	2	3
Eau bidistillée en ml	100	99	98	97
Concentration en ppm	0	1	2	3
Densité optique	0	0,034	0,082	0,145

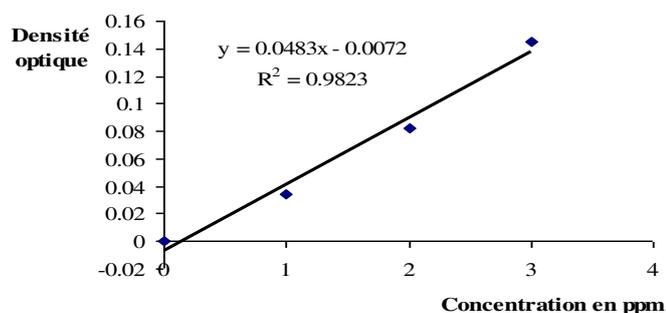


Figure 30 : Courbe d'étalonnage de magnésium

Dosage du calcium

Tableau 77: Gamme étalon de calcium

Solution mère de calcium à 100 ppm en ml	0	0.5	1	2
Eau bidistillée en ml	100	99.5	99	98
Concentration [C] en ppm	0	0.5	1	2
Densité optique	0	0.140	0.379	0.8504

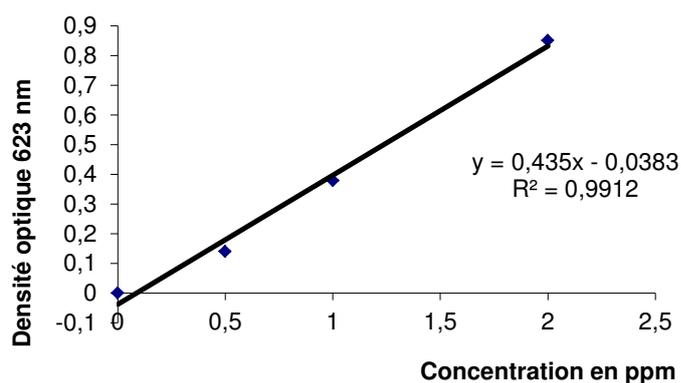


Figure 31 : Courbe d'étalonnage de calcium

Expression des résultats :

La teneur en Calcium est donnée par la formule suivante :

$$\text{Ca \%} = \frac{\text{X} \cdot \text{V} \cdot \text{D}}{\text{P} \cdot 10^4}$$

Où

X: concentration lue sur le graphe

D: nombre de dilution

V: volume de la solution d'extraction (100ml)

P: Poids de la prise d'essai (0.5 g)

Dosage du potassium

Tableau 78 Gamme étalon de potassium

Solution mère de Na (100 ppm) en ml	0	2	4	8	16	32
Eau bidistillée en ml	100	98	96	92	84	68
Concentration finale en ppm	0	2	4	8	16	32
Densité optique	0	0.1	0.2	0.3	0.4	1.3

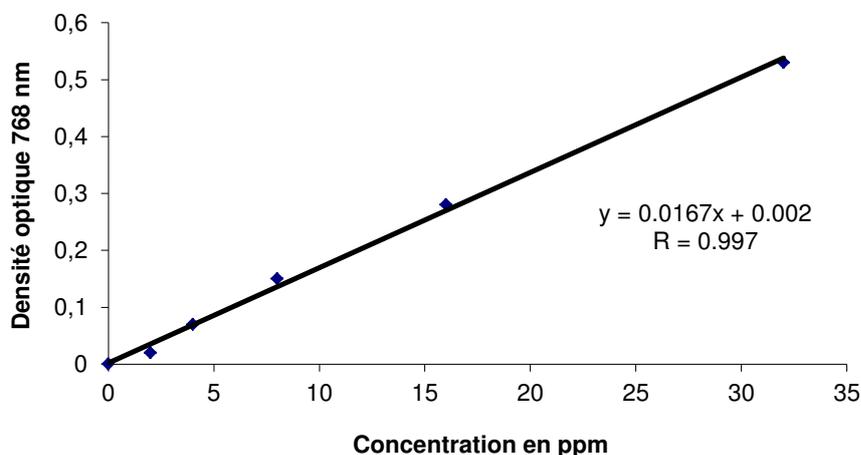


Figure 32: Courbe d'étalonnage de potassium

➤ **Expression des résultats :**

La teneur en potassium est donnée par la formule suivante :

$$K \% = \frac{X \cdot V \cdot D}{P \cdot 10^4}$$

P.10⁴

Où

X: concentration lue sur le graphe

D: nombre de dilution

V: volume de la solution d'extraction (100ml)

P: Poids de la prise d'essai (0.5 g)

Dosage du manganèse

Tableau 79 Gamme étalon du manganèse

Solution mère de Mn (100ppm) en ml	0	0.5	1	2
Eau bidistillée en ml	100	99.5	99	98
Concentration en ppm	0	0.5	1	2
Densité optique	0	0.014	0.027	0.05

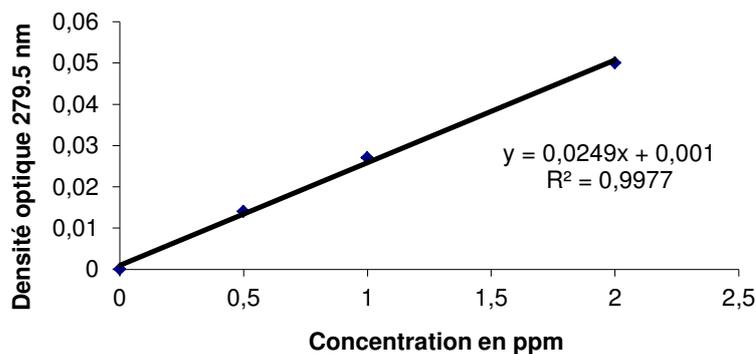


Figure 33: Courbe d'étalonnage du manganèse

➤ **Expression des résultats :**

La teneur en **manganèse** est donnée par la formule suivante :

$$\text{Mn \%} = \frac{\text{X} \cdot \text{V} \cdot \text{D}}{\text{P} \cdot 10^4}$$

Où

X: concentration lue sur le graphe

V: volume de la solution d'extraction (100ml)

P: Poids de la prise d'essai (0.5 g)

D: nombre de dilution

Dosage du cuivre

Tableau 80 : Gamme étalon du cuivre

Solution mère de Cu (100ppm) en ml	0	0.5	1	2
Eau bidistillée en ml	100	99.5	99	98
Concentration en ppm	0	0.5	1	2
Densité optique	0	0.007	0.015	0.032

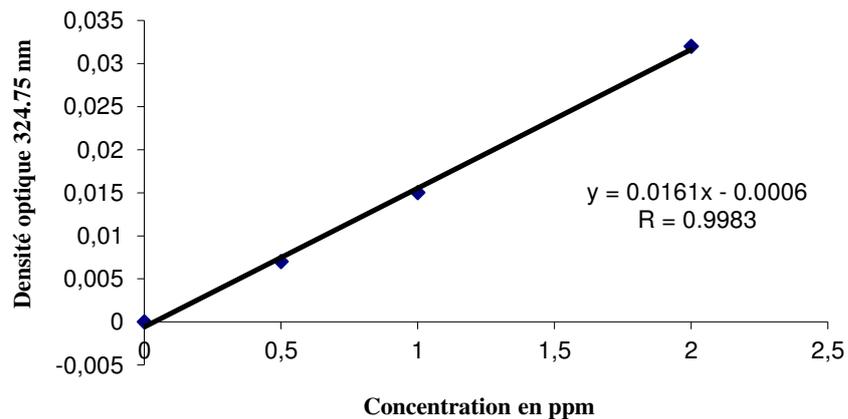


Figure 34: Courbe d'étalonnage du cuivre

➤ **Expression des résultats :**

La teneur en **Cuivre** est donnée par la formule suivante :

$$\text{Cu \%} = \frac{\text{X} \cdot \text{V} \cdot \text{D}}{\text{P} \cdot 10^4}$$

Où

X: concentration lue sur le graphe

V: volume de la solution d'extraction (100ml)

P: Poids de la prise d'essai (0.5 g)

D: nombre de dilution

Dosage du zinc

Tableau 81 Gamme étalon du zinc

Solution mère de Cu (100ppm) en ml	0	0.25	0.5	1
Eau bidistillée en ml	100	99.75	99.5	99
Concentration en ppm	0	0.25	0.5	1
Densité optique	0	0.006	0.014	0.032

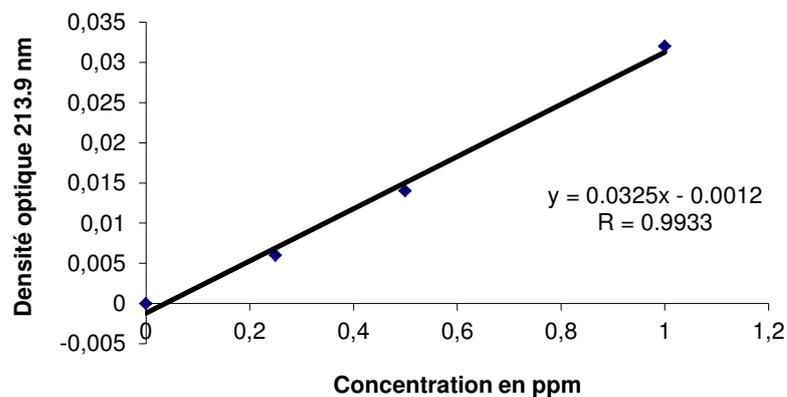


Figure 35: Courbe d'étalonnage du zinc

➤ **Expression des résultats :**

La teneur en Calcium est donnée par la formule suivante :

$$\text{Zn \%} = \frac{\text{X} \cdot \text{V} \cdot \text{D}}{\text{P} \cdot 10^4}$$

Où

X: concentration lue sur le graphe

V: volume de la solution d'extraction (100ml)

P: Poids de la prise d'essai (0.5 g)

D: nombre de dilution

Dosage du fer

Tableau 82 : Gamme étalon du fer

Solution mère de Fe (100ppm) en ml	0	0.75	1.5	3
Eau bidistillée en ml	100	99.25	98.5	97
Concentration en ppm	0	0.75	1.5	3
Densité optique	0	0.012	0.023	0.048

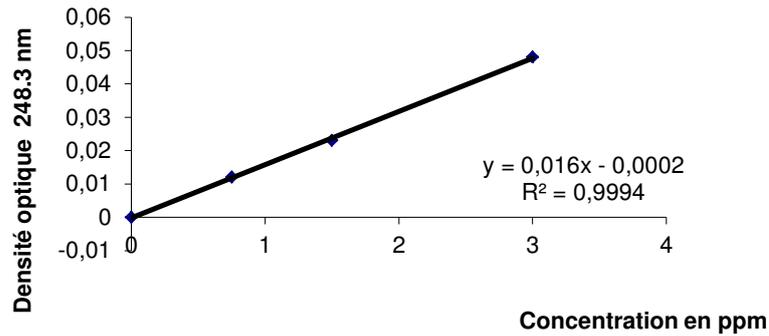


Figure 36: Courbe d'étalonnage du fer

➤ **Expression des résultats :**

La teneur en fer est donnée par la formule suivante :

X: concentration lue sur le graphe

V: volume de la solution d'extraction (100ml)

P: Poids de la prise d'essai (0.5 g)

D: nombre de dilution

$$\text{Fe \%} = \frac{\text{X} \cdot \text{V} \cdot \text{D}}{\text{P} \cdot 10^4}$$

Dosage du cobalt

Tableau 83 : Gamme étalon du cobalt

Solution mère de Co (100ppm) en ml	0	0.25	0.5	1
Eau bidistillée en ml	100	99.75	99.5	99
Concentration en ppm	0	0.25	0.5	1
Densité optique	0	0.009	0.017	0.033

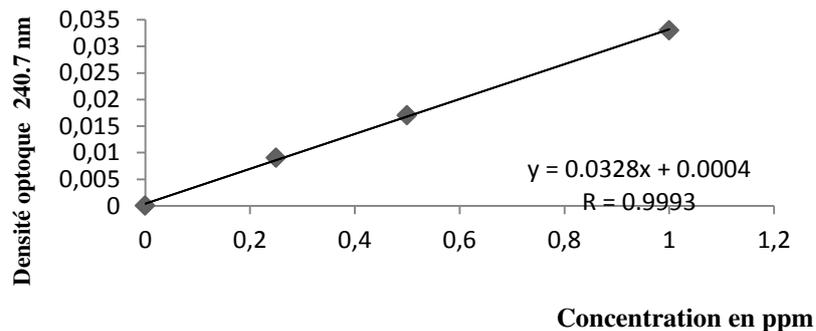


Figure 37: Courbe d'étalonnage du cobalt

Expression des résultats :

La teneur en Cobalt est donnée par la formule suivante

X: concentration lue sur le graphe

V: volume de la solution d'extraction (100ml)

P: Poids de la prise d'essai (0.5 g)

D: nombre de dilution

$$\text{Co \%} = \frac{\text{X} \cdot \text{V} \cdot \text{D}}{\text{P} \cdot 10^4}$$