

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Université Abdelhamid Ibn
Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

Mémoire de fin d'études

Présenté par :

Mlle AMANZOUGARENE Meriem

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN AGRONOMIE

Spécialité : Biotechnologie Alimentaire

Thème

**Caractérisation physico-chimique des deux variétés de
l'amandier algérien (Bejaia, Bouira et Sétif) :**
prunusamygdalus amaris et prunusamygdalus dulcis

Laboratoires de l'Ecole Supérieure d'Agronomie de Mostaganem

Devant le jury :

PRESIDENT	M. BENBOUZIANE. B	MCB	UNIV. DE MOSTAGANEM
EXAMINATRICE	Mme. BERBER. N	MAB	ESAM
ENCADREUR	M. BOUDEROUA. K	Pr	ESAM

ANNEE UNIVERSITAIRE
2018/2019

Remerciement

Au terme de ce travail, Je remercie Allah, le bon Dieu miséricordieux de m'avoir aidé à réaliser ce travail. Je tiens à adresser l'expression de mes vifs remerciements à : Mr BOUDEROUA Kaddour, directeur de l'Ecole Supérieur d'Agronomie de Mostaganem d'avoir accepté de m'encadrer, et pour son aide dans l'encadrement de mon travail ; ses conseils, sa disponibilité, ses encouragements et sa patience. Membre de jury, mes sincères remerciements vont également à BENBOUZIANE Bouasria, Maître de conférence B à l'université de Mostaganem d'avoir accepté de présider ce travail; ses remarques et conseils me seront profitables. Je remercie aussi Mme BERBER Nadia, Maître assistant B à l'Ecole Supérieur d'Agronomie de Mostaganem d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Mr KHATEM Rachid maître assistant à l'université de Mostaganem, pour ses conseils précieux et ses aides pendant la réalisation de ce modeste travail. Je tiens à remercier également tout le personnel du laboratoire de l'Ecole Supérieure d'Agronomie de Mostaganem, plus particulièrement Nadir et Fatiha pour leurs conseils et leurs aides pendant le travail expérimental et pour le bon accueil. Mes sincères remerciements vont également à Mr AMANZOUGARENE Saïd pour son aide et ses conseils précieux.

J'ai le plaisir de dédier ce travail à :

Mon dieu qui m'a donnée la santé, la force, le courage, la croyance, le soutien « malgré toutes les difficultés » pour être là aujourd'hui entrain de vous présenter ce modeste travail.

Mes très chers parents, mes frères Mohamed et Mustapha, mes sœurs Sofia et Kenza pour leur soutien, affection et amour, leur confiance et patience et pour leurs sacrifices infinis, je le dédie à toute mes familles AMANZOUGARENE et GASMI pour les quelles j'exprime mon amour et mon respect le plus dévoué.

Mes beaux frères Khelifa et Hamid

Mes neveux Dalane et Amir,

Mes tantes, mon oncle Tarek et mes cousins(es),

Mes sincères remerciements pour Samir

Mes vifs remerciements pour Kenza, Yasmine, Khadidja et Feriel

Et mes chères amies Ariane, Rym, Rihab, Cherifa, Ikram et Hadjer.

A Aicha, Ryan, Manel

et les petits anges Mimiz, Zakaria et Lina,

A la famille Benmahdi et Mekhatria

Toutes les personnes qui me reconnaissent et qui mon aidées et contribuées à la réalisation de ce modeste travaille.

RESUME

Les fruits secs, dont l'amande (*Prunus amygdalus*), sont des denrées alimentaires riches en huiles connues et appréciées pour leurs vertus et leur qualité nutritionnelle. Les amandes sont classées en deux grands groupes : les amandes douces et les amandes amères.

L'étude a été conduite dans le but de caractériser et de déterminer la qualité nutritionnelle des amandes algériennes. Pour cela, deux cultivars amers provenant de la région de Sétif et de Bouira et un troisième cultivar d'amande douce provenant de la région de Bejaïa et achetée dans le commerce ont été soumis à des analyses de certains paramètres physico-chimiques. Les résultats obtenus (gamme de moyennes pour 100 g) ne montrent pas de différences significatives entre eux, excepté pour la teneur en potassium pour laquelle on a relevé une différence qui varie entre 520-700 mg/100g de matière brute (MB).

Les résultats montrent par ailleurs que ces trois cultivars sont riches en matière grasse, en Protéines et autre activité antioxydante avec des teneurs de l'ordre de 39,34 – 39,6 g/100g de MB et 36.34 – 41.30 mg/100g de MB respectivement. Les résultats obtenus étaient relativement assez homogènes, révélant des différences non significatives entre les cultivars testés. L'amande douce de Bejaïa a révélé de meilleures propriétés antioxydantes, présentant des valeurs de IC₅₀ inférieures dans tous les tests et les teneurs en antioxydants les plus élevées. Le traitement thermique adopté dans notre étude a provoqué une diminution et une augmentation en moyenne de 1.5 fois dans certains paramètres.

Mots clés : Amandes (*Prunus amygdalus*) amères et douces, amandes algériennes, caractérisation physico-chimique, activité antioxydante, traitement technologique (40-60°C)

ABSTRACT

Dried fruits, including the almond (*Prunus amygdalus*), are foods rich in oils known and appreciated for their virtues and nutritional quality. Almonds are classified into two broad groups: sweet almonds and bitter almonds.

The study was conducted with the aim of characterizing and determining the nutritional quality of Algerian almonds. For this, two bitter cultivars from the region of Setif and Bouira and a third sweet almond cultivar from the region of Bejaïa and purchased commercially were subjected to analyzes of certain physicochemical parameters. The results obtained (range of means per 100 g) do not show significant differences among them, except for the potassium content for which there is a difference that varies between 520-700 mg / 100g of raw material (RM).

The results also show that these three cultivars are rich in fat, Protein and other antioxidant activity with contents of the order of 39.34 - 39.6 g / 100g of MB and 36.34 - 41.30 mg / 100g of RM respectively. The results obtained were relatively homogeneous, revealing non-significant differences between the cultivars tested. Sweet almond from Bejaïa showed better antioxidant properties, with lower IC50 values in all tests and higher antioxidant levels. The heat treatment adopted in our study caused a decrease and an increase on average of 1.5 times in certain parameters.

Key words: Bitter and sweet almonds (*Prunus amygdalus*), Algerian almonds, physicochemical characterization, antioxidant activity, technological treatment (40 60 ° C)

ملخص

الفواكه المجففة ، بما في ذلك اللوز ، هي الأطعمة الغنية بالزيوت المعروفة وتقدر قيمتها بفضائلها وجودتها الغذائية. يتم تصنيف اللوز في مجموعتين: اللوز الحلو واللوز المر.

أجريت الدراسة بهدف تحديد وتحديد الجودة الغذائية للوز الجزائري. لهذا السبب ، تعرض اثنان من الصنفات المريرة من منطقة سطيف والبويرة وصنف ثالث من اللوز الحلو من منطقة بجاية وتم شراؤه تجارياً إلى تحليلات لبعض المقاييس الفيزيائية والكيميائية. لا تظهر النتائج التي تم الحصول عليها (مجموعة من الوسائل لكل 100 غرام) اختلافات كبيرة فيما بينها ، باستثناء محتوى البوتاسيوم الذي يوجد اختلاف يتراوح بين 520-700 ملغم / 100 جم من المواد الخام

أظهرت النتائج أيضاً أن هذه الأصناف الثلاثة غنية بالدهون والبروتين ونشاط مضادات الأكسدة الأخرى مع محتويات تتراوح بين 39.34 - 39.6 جم / 100 جم و 36.34 - 41.30 ملغم / 100 جم على التوالي. وكانت النتائج التي تم الحصول عليها متجانسة نسبياً ، وكشف الاختلافات غير الهامة بين الأصناف التي تم اختبارها. كشف اللوز الحلو في بجاية في جميع الاختبارات وأعلى محتويات مضادة للأكسدة. IC50 عن خصائص مضادة للأكسدة أفضل ، حيث كانت قيمه أقل تسببت المعالجة الحرارية المعتمدة في دراستنا في انخفاض وزيادة بمعدل 1.5 مرة في معايير معينة

الكلمات الأساسية: اللوز المر والحلو ، اللوز الجزائري ، التوصيف الفيزيائي الكيميائي ، نشاط مضادات الأكسدة ، (المعالجة التكنولوجية (40 60

Liste des abréviations.

Av.J.-C	Avant Jésus-Christ.
INRA	Institut national de la recherche agronomique.
FAO	L'organisation pour l'Agriculture et l'Alimentation
PNDA	Plan national pour le développement de l'agriculture
ANS	L'Apport Nutritionnel Conseillé.
MICI	Maladies inflammatoires chroniques intestinales.
ANC	Apports Nutritionnels Conseillés.
IMC	L'indice de la masse corporelle.
PPAR	Récepteur Activé par les Proliférateurs de Peroxysomes.
LDL	Lipoprotéine de basse densité.
USDA SR	Département de l'agriculture des états unis.
AACC	l'Association américaine des chimistes spécialistes des céréales
HDL	Lipoprotéine de haute densité.
ERO	Espèces réactives oxygénées.
ROS	Espèces oxygénés réactifs
MS	Matière sèche.
MM	Matière minérale.
MB	Matière brute
H	Humidité
Ech	Echantillon.
Tab	Tableau.
DNS	Acide dinitrosalicylique.
RDT	Rendement.
IP	indice de peroxyde.
ANOVA	Analyse de la variance (analysis of variance).
ALA	L'acide alpha-linoléique.
CVD	dépôt chimique en phase vapeur.
DPPH	2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl
%	Pourcentage
NaCl	Une solution de chlorure de sodium.
Kg	Kilogramme.
°C	Degré Celsius.

ha	Hectare.
G	Gramme.
%	Pourcentage.
Mm	Mili-mètre.
TE	Teneur en Eau.
Na	Sodium.
K	Potassium.
A.A. 19	Amande amère provenant de la région de Sétif.
A.A. 19 40°C	Amande amère provenant de la région de Sétif traitée à 40°C
A.A. 19 60°C	Amande amère provenant de la région de Sétif traitée à 60°C
A.A. 10	Amande amère provenant de la région de Bouira
A.A. 10 40°C	Amande amère provenant de la région de Bouira traitée à 40°C
A.A. 10 60°C	Amande amère provenant de la région de Bouira traitée à 60°C
A.D. 19	Amande douce provenant de la région de Sétif
A.D. 19 40°C	Amande douce provenant de la région de Sétif traitée à 40°C
A.D. 19 60°C	Amande douce provenant de la région de Sétif traitée à 60°C

Liste des figures

- Figure 01** Description du fruit d'amande. 3
- Figure 02** Fleurs, fruit à coque verte et mûr. 3
- Figure 03** Carte représentant des zones de provenance des trois variétés étudiées des amandes en Algérie.
- Figure 04** Schéma des protocoles des analyses physico chimiques effectuées
- Figure 05** Réaction du DNS avec un sucre réducteur
- Figure 06** Réaction d'un antioxydant avec le radical DPPH.
- Figure 07** Teneur en matière sèche des trois variétés d'amandes (amère et douce)
- Figure 08** Teneur en humidité des trois variétés d'amandes (amère et douce)
- Figure 09** Teneur en matière minérale des trois variétés d'amandes (amère et douce)
- Figure 10** Teneur en cellulose des trois variétés d'amandes (amère et douce)
- Figure 11** pH des trois variétés d'amandes (amère et douce)
- Figure 12** Teneur en protéines des trois variétés d'amandes (amère et douce)
- Figure 13** Teneur en matière grasse des trois variétés d'amandes (amère et douce)
- Figure 14** Teneur en sucres totaux des trois variétés d'amandes (amère et douce)
- Figure 15** Teneur en sucres réducteurs des trois variétés d'amandes (amère et douce)
- Figure 16** Teneur en potassium (K) des trois variétés d'amandes (amère et douce)
- Figure 17** Teneur en sodium (Na) des trois variétés d'amandes (amère et douce)
- Figure 18** Indice peroxyde des trois variétés d'amandes (amère et douce)
- Figure 19** Teneur en polyphénols des trois variétés d'amandes (amère et douce)
- Figure 20** Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.
- Figure 21** Teneur en flavonoïde des trois variétés d'amandes (amère et douce)
- Figure 22** Courbe d'étalonnage de la quercitrine.
- Figure 23** Courbe étalonnage de l'activité antioxydant de l'acide ascorbique.
- Figures (24-32)** Evolutions des taux d'inhibition de DPPH par les extraits lyophilisés des trois variétés d'amandes (amère et douce)

Liste des tableaux

- Tableau 01** Taxonomie de l'amandier (*Prunus Amygdalus*) selon Felipe, (2000).
- Tableau 02** Production arboricole (en 1000 tonnes) dans le monde, en Méditerranée et en Algérie et principaux pays producteurs. (Anonyme, 2005)
- Tableau 03a** Productions, superficies et rendements moyens de l'arboriculture fruitière enregistrés durant les campagnes 1995/1996 et 2004/2005.
- Tableau03b** Liste des variétés d'amandier cultivées en Algérie selon Auguste (1950)
- Tableau 04** Composition chimique d'amandier selon (Guy, 1999)
- Tableau 05** Résultat de la teneur en eau des trois variétés d'amande (amère et douce) (g/100g). Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.
- Tableau 06** Résultat de la teneur en eau des trois variétés d'amande (amère et douce) (g/100g).). Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.
- Tableau 07** Résultat de la teneur en eau des trois variétés d'amande (amère et douce) (g/100g). Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.
- Tableau 08** Résultat de la teneur en eau des trois variétés d'amande (amère et douce). (g/100g) Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.
- Tableau 09** Résultat de la teneur en eau des trois variétés d'amande (amère et douce). (g/100g). Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type..
- Tableau 10** Résultat de la teneur en protéine des trois variétés d'amande (amère et douce). (g/100g). Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.
- Tableau 11** Résultat de la teneur en protéine des trois variétés d'amande (amère et douce). (g/100g). Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.
- Tableau 12** Résultat de la teneur en sucres totaux des trois variétés d'amande (amère et douce) (g/100g). Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.

- Tableau 13** Résultat de la teneur en sucres réducteurs des trois variétés d'amande (amère et douce) (g/100g). Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.
- Tableau 14** Résultat de la teneur en potassium et sodium des trois variétés d'amande (amère et douce) (mg/100g). Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.
- Tableau 15** Résultat de l'indice de peroxyde des trois variétés d'amande (amère et douce) (meq d'O₂/Kg) Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.
- Tableau 16** Dosages des différents composés phénoliques des amandes amères et douces.
- Tableau 17** IC₅₀ des extraits déterminé par la méthode de DPPH.

SOMMAIRE

REMERCIEMENT

DÉDICACE

ABRÉVIATIONS

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I	
Généralités sur l'amandier	
Description et caractéristiques de l'amandier	
Historiques	3
Description	3
Caractérisation	4
Culture de l'amandier	5
Conditions climatiques	5
Choix de la parcelle	5
Exigences climatiques	6
Eau	6
Température	6
Période de plantation.	6
Période de récolte	6
Importance économique et intérêt nutritionnel des amandes	7
Importance économique	7
Intérêt nutritionnel des amandes	9
Propriétés et usages des amandes	10
CHAPITREII	
Apports nutritionnels conseillés des amandes	
Variétés des amandes	12
Propriétés diététiques nutritionnelles de l'amande	12
Les protéines	12
Vitamines	13

Les minéraux	13
Les glucides	14
Effets favorables des amandes	15
Anti cancérogène	15
Antivieillessement	16
Anti-stress	16
Effet des amandes amères sur l'hyperlipidémie	16
Maladie endothéliale	17
Les amandes médicinales en Chine	17
Profil lipidique des amandes	17
L'importance des amandes dans le régime alimentaire	18
Valorisation des amandes en industrie	18
Usages en médecine	19
Usage en cosmétique	19
Usage en alimentation	19
Usage en industrie	20
Activité antioxydantes des amandes	21
Introduction	21
Différents types de radicaux libres	21
Origine et production des espèces réactives oxygénées	21
L'activité anti oxydante et les dommages oxydatifs des radicaux libres	22
CHAPITRE III	
Matériels et méthodes	
Objectifs	24
Matériel végétal	24
Préparation de la poudre d'amande et traitements technologiques	25
Identification biométrique	26
Analyses physico-chimiques	26
Détermination de la teneur en matière sèche et en eau	26

Détermination de la teneur en matière minérale	27
Dosage du potassium et sodium	28
Dosage des sucres totaux	28
Détermination du taux des sucres réducteurs	29
Dosage des lipides totaux	29
Dosage des protéines brutes	30
Extraction et dosage des composés phénoliques	31
Indice de peroxydation	33
Dosage de la cellulose brute	33
Analyse statistique	34

CHAPITRE VI Résultats et discussion

Résultats et discussion de l'analyse physico-chimique des trois cultivars de Prunus amygdalus (Amère et douce)

Matière sèche	36
Teneur en eau	37
Matière minérale	38
Teneur en cellulose	40
pH	41
Teneur en protéines	42
La matière grasse	44
Teneur en sucres totaux	46
Teneur en sucres réducteurs	47
Teneur en minéraux (Na et K)	48
Indice Peroxyde	50
Composition en polyphénols totaux et flavonoïdes totaux	52
Activité antioxydante DPPH	55
Conclusion	60

REFERENCES

ANNEXE

RESUME

INTRODUCTION

Les noix sont des produits alimentaires huileux traditionnellement associés au régime alimentaire méditerranéen. Ils sont globalement populaires et appréciés pour leurs qualités sensorielles, nutritionnelles et de la santé (**Venkatachalam et Shridhar,2006**). Leur consommation régulière en doses modérées, réduit les taux sanguins de cholestérol total y compris le cholestérol LDL ; ils sont associés, avec d'autres aliments, à une incidence plus faible des maladies cardiovasculaires (**Salas-Salvado et autres 2005**).

L'amande scientifiquement connue sous le nom de *Prunus dulcis*, appartient à la famille des Rosacées (**Chen et al., 2005. Subhashinee et al.,2006**). Deux grands types d'amandes sont classés en amandes douces (*Prunus amygdalus dulcis*) et amandes amères (*Prunus amygdalus amara*)

Il est par la propagation et en particulier bien adapté à toute la région méditerranéenne. D'après **Vaviloff, 1929**, les principaux pays de culture de l'Amandier sont : le Portugal méridional, la Sicile, l'Ile de Chypre, la Syrie et l'Asie Mineure. Selon le même auteur, au Portugal cette culture est aussi ancienne qu'en Syrie et en Grèce. Il est également cultivé en grand au Maroc depuis très longtemps.

C'est un fruit oléagineux de forme ovoïde et plate avec ou sans la peau brune, elle est consommée à l'ensemble et utilisée dans divers produits de confiserie (**Subhashinee et al.,2006**).Leurs applications sont diverses; en industrie alimentaire, en pharmaceutique et en cosmétique (**Moayedi et al., 2011**). D'autre part, leurs huiles sont employées comme crème hydratante de peau, anti-ride et anti-vieillissante (**Jackson, 1992**).

L'amande représente une source nutritionnelle importante de par son contenu élevé en protéines et lipides (**Yada et al.,2011**) en fibres solubles (diététiques), en stérols, en acides gras mono-insaturés(**Moayedi et al., 2010**), en vitamines et en minéraux et qui contribuent pour les consommateurs d'amandes à réduire le risque des maladies cardiovasculaires (**Moayedi et al., 2010**) et à maintenir la bonne santé.

Au cours des 50 dernières années, des études de composition sur les amandes cultivées dans le monde entier ont largement mis l'accent sur les éléments nutritifs individuels (principalement des lipides ou acides gras) dans les génotypes d'amande (variétés ou cultivars et sélections de reproduction), ainsi que des études limitées sur les facteurs génétiques et environnementaux (**Yada et al., 2011**), mais peu de travaux scientifiques sur les propriétés

physique du fruit (tailles, poids ...) qui peuvent contribuer à la caractérisation des cultivars et affecter leur transformation technologiques et sur le plan économique : qualité et perte de **produit** (Sessiz et al., 2007. Kabas et al., 2006)

Concernant notre présente étude qui entre dans le cadre du mémoire de Master II, nous tenterons d'apporter une petite contribution en vue de valoriser les apports nutritifs des amandes algériennes dans l'alimentation humaine ainsi que leur caractérisation.

Dans cette optique, il a été jugé nécessaire de procéder aux analyses physico-chimiques et technologiques des trois cultivars dont deux cultivars amères provenant de la région de Sétif et de Bouira (cultivars locaux), l'autre étant douce achetée dans le commerce et provenant de la région de Bejaia (locale).

A cet égard, le travail est structuré de la façon suivante :

La première partie porte sur un aperçu bibliographique et comprenant deux chapitres :

- Chapitre 01 : Présentation de l'amandier (*Prunus amygdalus*).
- Chapitre 02 : Apports nutritionnels conseillés des amandes

Dans La deuxième partie nous aborderons la description du protocole expérimental utilisé portant sur l'étude physico-chimique des trois cultivars et leurs activités anti oxydantes.

Dans la troisième partie, nous présenterons et discuterons les résultats obtenus Enfin nous essaierons de terminer notre travail par une conclusion générale.

*Chapitre I : Généralité
sur l'amandier*

I- Historique :

L'amandier commun (*Amygdalus communis*,L) est originaire de l'Asie et du nord de l'Afrique. Les romains ne connurent d'abord que l'amandier à fruit amer ; ce ne fut que beaucoup plus tard qu'ils cultivèrent les variétés à fruits doux. Cet arbre s'est ensuite naturalisé dans tout le midi de l'Europe. Il passa d'abord en Asie Mineure, puis en Grèce (vers le V-VIe siècle av. J.-C.) et parvint notamment en Italie au IIIe siècle av. J.-C. Ce sont les Arabes qui l'ont introduit en Afrique du Nord où, résistant bien à la chaleur et à la sécheresse il a pu se développer (Silberfeld et al., 2013).

Cette culture, cependant, n'a pas reçu le développement mérité dans son habitat d'origine. Cela explique par la suite son introduction dans d'autres pays. L'amandier prend une place plus stable et importante dans les nouveaux pays de son habitat, comme les Etats-Unis, l'Espagne, l'Australie et l'Afrique du Sud (Transvaal). Les cultivars d'Amandiers sont très nombreux, et même la liste qui en est faite par les pomologues dépasse plusieurs centaines de noms. Les meilleures variétés d'Amandiers à rendement amandons / amandons + coque de 45 à 75 % se trouvent en Perse, Turquie, Transcaucasie et dans certaines régions méditerranéennes (ainsi qu'en Californie, comme la variété « Non pareil »). (Evreinoff, 1952)

II- Description et caractéristiques de l'amandier :

II. 1. Description :

L'amandier (*Prunus dulcis*) est un arbre de la famille des *Rosaceae*, genre *Prunus amygdalus* (tableau 01), connu par ses fleurs blanches ou rosées et d'une forme allongée et étroite. Il se présente comme un arbre dont la hauteur dépend de la race et de la variété : 6-8 m, parfois 10-12. En Afrique du Nord, la taille varie entre 3 et 5 m. Il vit en moyenne plus de 100 ans et se multiplie par semis ou par greffe. Son fruit est l'amande et est consommable par l'Homme. C'est une drupe, le mésocarpe a un aspect duveteux sous lequel se trouve un noyau allongé à coque plus ou moins dure selon les variétés : c'est l'endocarpe ou coque qui renferme 1 ou 2 graines appelées amandons. La graine est protégée par des téguments dont l'aspect change avec les variétés (couleur et rugosité) (Roberte de la taille, 1985).

Tableau 01 : Taxonomie de l'amandier (*Prunus Amygdalus*) selon **Felipe, (2000)**.

Ordre	<i>Rosales</i>
Famille	<i>Rosaceae</i>
Sous famille	<i>Amygdaloideae</i>
Genre	<i>Prunus</i>
Sous genre	<i>Amygdalus</i>

II. 2. Caractéristiques :➤ **Organes reproducteurs :**

- Type d'inflorescence : corymbe
- Répartition des sexes : hermaphrodite
- Type de pollinisation : entomogame
- Période de floraison : février – mars

➤ **Graine :**

- Type de fruit : drupe
- Mode de dissémination : endozoochore

➤ **Habitat et répartition :**

- Habitat type : matorrals méditerranéens
- Aire de répartition : méditerranéen

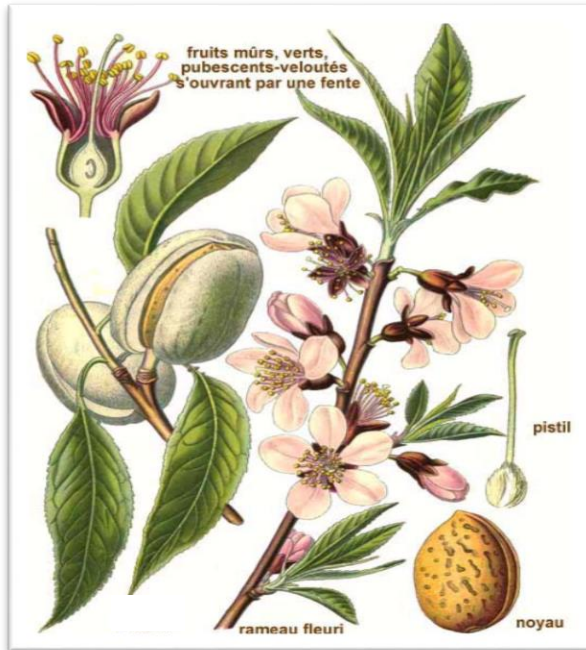


Figure 01 : description du fruit d'amande



Figure 02 : fleurs, fruit à coque verte et mûr

III- Culture de l'amandier :

L'amandier préfère un climat chaud et ensoleillé, sa floraison très précoce, impose une exposition abritée des vents froids, il préfère les sols caillouteux et profonds, redoute les sols argileux (lourds et compacts), n'aime pas l'humidité. Il s'adapte à la rigueur sur des sols sableux, composés de grès ou même de marnes (Silberfeld et al., 2013).

Selon les régions, (la floraison) (elle) s'étale de février jusqu'à la mi-avril, et précède toujours le développement des feuilles. Elle est relativement fugace, ne dure pas plus de 2 à 3 semaines (Silberfeld et al., 2013).

III. 1. Conditions climatiques

- Le gel est le principal facteur limitant la production d'amande.
- L'amandier est également très sensible à l'asphyxie racinaire.
- L'amandier a des besoins importants en lumière

III. 2. Choix de la parcelle

- Il faut proscrire les zones gélives et celles où le degré hygrométrique de l'air est élevé.
- Les parcelles en pied de colline ou situées près d'un cours d'eau doivent être évitées.

- Les sols alcalins ou à pH neutre sont optimaux pour la croissance de l'amandier.

III. 3. Exigences climatiques

III. 3. a. Eau :

L'amandier étant une espèce arboricole rustique, il possède un bon mécanisme d'adaptation à la sécheresse : en cas de stress hydrique il peut perdre une partie de ses feuilles. Cela lui permet d'être présent dans des régions à faible pluviométrie mais, dans ces conditions, la récolte est très modeste et non rentable. En revanche, l'amandier répond très bien à l'irrigation qui lui permet de quasiment doubler son rendement (*Résultats verger expérimental BRL au Mas d'Asport, Saint-Gilles Gard, 1969 – 1977*). Selon l'INRA, les besoins en eau varient de 400 à 850 mm par an. Ces besoins sont satisfaits par les réserves en eau du sol, les pluies et l'irrigation.

III. 3. b. Température

C'est un arbre fruitier rustique par rapport à beaucoup d'autres arbres fruitiers. Durant la période de repos végétatif, il peut résister à des températures très basses, jusqu'à -15 à -20°C. Quant à la période végétative, l'amandier est très sensible au gel. Ce paramètre est le principal facteur limitant de la production d'amande. Au printemps, l'amandier a besoin de froid pour débourrer et fleurir ; les besoins sont estimés entre 100 et 400 heures en dessous de 7°C (*Grasselly et Duval, 1997*)

III. 4. Période de plantation

La plantation de l'amandier doit se dérouler après son entrée en repos végétatif (entre fin octobre et mi-novembre) et avant le redémarrage de la végétation (fin février-début mars), en évitant les périodes de gel. Dans les régions où les vents forts de nord-ouest peuvent entraîner le dessèchement des jeunes plants, il est conseillé de planter en fin d'hiver, juste avant la reprise végétative. (*Evreinoff, 1952*)

III. 5. Période de récolte

La récolte des amandes vertes n'est pas mécanisable mais plutôt manuelle et a lieu vers le mois de juin, avant que la coque ne durcisse (période de 8 à 10 jours). On les détache par torsion pour éviter de blesser le rameau. Le rendement de cueille varie entre 15 et 20 kg à l'heure (*Grasselly et Duval, 1997*). L'amande verte ne se conserve pas longtemps (3 à 4

semaines) et se récolte en fonction de la demande. Une fois les amandes sont en phase de maturité (**en sec**) **la récolte est mécanisable**. Elle s'effectue lorsque le fruit « baille » c'est-à-dire que la gove est ouverte et la coque visible. On dispose de 12 à 15 jours pour réaliser l'opération dans de bonnes conditions. Une certaine variabilité des teneurs en nutriments individuels peut s'attendre puisque les amandes sont des produits naturels. La variabilité de la composition nutritionnelle reflète des facteurs génétiques, environnementaux et analytiques (**Pennington, 2008**).

IV- Importance économique et intérêt nutritionnel des amandes

IV. 1. Importance économique

IV. 1. a. Dans le monde

La production globale d'amandes non décortiquées est estimée à plus de 1.7 millions de tonnes en 2005, rapporté par l'organisation Mondiale pour l'Agriculture et l'Alimentation (**FAO**). Cette production a enregistré une augmentation d'environ 20 % durant les dix dernières années. 55% de la production mondiale vient des Etats-Unis suivis par l'Australie avec 8% et l'Europe avec 7%.

La production autour du bassin méditerranéen est concentrée sur l'Espagne (255 503 t), le Maroc (116 923 t), l'Algérie (61943 t) et enfin l'Italie avec (79 599 t) (**FAOSTAT 2017**).

En Afrique du Nord, l'Amandier est bien souvent abandonné à lui-même et les soins qu'il reçoit sont loin d'être suffisants. C'est la cause - du reste - de son rendement faible et irrégulier. En Algérie par exemple (cas de l'Oranie), le rendement à l'hectare peut varier de 800 à 1 000 kg (**Evreinoff, 1952**)

Tableau 02: Production arboricole (en 1000 tonnes) dans le monde, en Méditerranée et en Algérie et principaux pays producteurs. (Anonyme, 2005)

Fruit	Monde	Méditerranée		Algérie		Principaux pays producteurs
	Production	Production	%	Production	%	
Abricots	3385	2023	60	145	4	Turquie - Iran
Amandes	1713	798	47	45	3	USA –Espagne
Cerises	3000	883	29	/	/	Turquie
agrumes	24005	5215	22	143	1	Brésil – Etats Unis

IV. 1. b. En l'Algérie

A partir du début des années 2000, l'Algérie a mis en place une politique de développement et de réhabilitation du secteur agricole à travers le Plan National pour le Développement de l'Agriculture (PNDA) par des subventions conséquentes au profit des agriculteurs. Cette opération qui consistait à redynamiser les différentes filières agricoles a permis entre autre le développement de la filière "arboriculture fruitière" à travers l'accroissement du rythme de plantation, l'arrachage des vieilles plantations et l'augmentation des quantités à l'exportation. Cette politique agricole s'est traduite par l'augmentation des superficies et de productions. Quant aux rendements, la production des amandes en Algérie a vu l'érosion passant de 21,1qx/ha comme rendement moyen en 1996 à 12,9 qx/ha enregistré en 2005 (Tableau 03a). Cette production reste insuffisante comparativement aux normes internationales (Anonyme, 2007).

Tableau 03a : Productions, superficies et rendements moyens de l'arboriculture fruitière enregistrés durant les campagnes 1995/1996 et 2004/2005.

Fruits	Campagne 1995/1996			Campagne 2004/2005		
	Sup.(ha)	Prod.(Qx)	Rdt.(qx/ha)	Sup.(ha)	Prod.(ha)	Rdt.(qx/ha)
Abricots	13040	412330	31.6	22888	1450965	63.4
Amandes	24860	52960	21.1	35099	453785	12.9
Cerises	2510	52960	8	2385	30810	12,9
Agrumes	40280	3227480	20.1	43995	6274060	142.6

L'amandier existe à l'état spontané en Algérie. De nombreuses introductions ont été réalisées, notamment les variétés dites « Princesse » tendre ou demi tendre.

Compte tenu du très grand nombre de semis d'amandes, **Trabut (1902)** a décrit une nouvelle variété qu'il a nommée Amarella, type intermédiaire entre l'amande douce et l'amande amère.

Auguste (1950) a mentionné les variétés d'Amandiers cultivées en Algérie (**annexe tableau 03b**).

Les variétés d'amandier autorisées à la production et à la commercialisation actuellement par l'Etat sont: AI, Non Parei, Nec Plus Ultra, Drake, Fournat de Brezenaud, Macona, Texas, Ferraduel, Mazetto, Princesse, Ferragnes.

IV. 2. Intérêt nutritionnel des amandes :

L'amande se consomme sous différentes formes : fraîche, effilée, en poudre,... etc. Son goût se marie aussi bien aux recettes salées qu'aux desserts auxquels elle apporte sa touche gourmande. L'amande est une source importante de composés biologiques et plus particulièrement la peau de l'amande qui est une source importante de polyphénols (**Llorach, 2010**)

L'amande qui est connue comme la reine des noix est un aliment de construction de santé efficace, à la fois pour le corps et l'esprit. Une consommation de 30 g d'amandes par

jour couvre 60 % de l'Apport Nutritionnel Conseillé (ANS) en polyphénols. Elle possède diverses propriétés pharmacologiques telles que les antistress (**Bansal et al., 2009**), antioxydant (**Pinelo et al., 2004**).

L'amande est un remède alimentaire utile pour l'anémie, car elle contient du cuivre, du fer et des vitamines. Du côté négatif, la réaction allergique potentielle des individus sensibles à certains composés protéiques peut présenter un risque associé à la consommation d'amandes (**Chen et al., 2006**).

L'apport énergétique de l'amande est en moyenne de 634 kcal pour 100 g, soit 2620 kJ. Une portion de 30 g d'amandes (soit environ 24 amandes) fournit environ 190 kcal, soit 786 kJ.

Tableau 04 : Composition chimique d'amandier selon (**Guy, 1999**)

Composants	Qté.
Protéines	18,1-21,2g
Glucides totaux	16-20g dont sucres simples : 4,5-5,0g
Fibres alimentaires insolubles	8,3-14,4g
Fibres solubles	0,8-1,9g
Potassium	728-900mg
Phosphore	440-520mg
Calcium	248-280mg
Magnésium	170-275mg
Fer	3,7-4,5mg
Sodium	1-2mg
Zinc, sélénium et antioxydants	Faibles quantités
Vitamine E (tocophérol)	25-28mg
Vitamine B2(Riboflavine)	0,35-0,8mg
Vitamine PP(Niacine)	3,5-4,6mg

V- Propriétés et usages des amandes :

L'amande, avec ou sans la peau brune est consommée comme la noix entière ou utilisée dans divers produits de confiserie (**Subhashinee et al., 2006**). Sa consommation a été associée à un risque réduisant les maladies chroniques et cardiovasculaires. Ces propriétés

peuvent être liées à la présence de flavonoïdes et d'autres composés phénoliques dans les noix (**Subhashinee et al., 2006**).

Le genre *Prunus* est rapporté comme ayant des propriétés biologiques intéressantes, comme sédatif, anti-inflammatoire, anti-hyperlipidémique, anti-tumorale et les activités antioxydantes (**Donovan et al., 1998; Wang et al., 1999; Sang et al., 2002**).

*Chapitre II : Apports
nutritionnels
conseillés des
amandes*

I- Variétés des amandes

Sur la base du goût, les amandes peuvent être divisées en deux espèces principales: les amandes amères et les amandes douces (**Borras, et al.,**).

- L'amandier doux (*Prunus amygdalusdulcis*) correspond en fait à la variété cultivée.
- A l'inverse, l'amandier amer (*Prunus Amygdalus amara*) dériverait de populations de la variété cultivée retournées à l'état sauvage.

L'amande douce est celle consommée par l'homme et elle est reconnue à l'échelle méditerranéenne que le caractère doux, qui est dominant génétiquement, est le fruit d'une sélection des arbres par les hommes et du cumul au fil du temps d'arbres à amandes douces au détriment des amandes amères. Les amandes amères se différencient de celles dites douces par leur teneur en amygdaline, responsable de leur amertume ; Selon **Yada et al., 2013** la concentration en amygdaline dans les graines est significative et peut atteindre en moyenne 9 %. Les amandes amères ne doivent donc pas rentrer dans la consommation alimentaire, mais il est reconnu que l'huile d'amandes amères peut être utilisée pour des fins esthétiques et thérapeutiques vu qu'elle ne présente aucun inconvénient d'intoxication à condition que l'extraction ait été faite à sec.

II- Propriétés diététiques nutritionnelles de l'amande

Les amandes sont riches en matières grasses (53 %), protéines (24%), minéraux (Magnésium, potassium et Calcium) et en vitamines (Vitamine E). En plus de leur valeur nutritionnelle, elles sont dotées de nombreuses vertus thérapeutiques et pharmacologiques comme anti-oxydants (**Pinelo et al.,2004**), anti-stresse (**Bansal et al, 2009**) et immunostimulant (**Puri et al., 2000**). Elles sont considérées, depuis nos ancêtres comme un remède alimentaire utile pour l'anémie en rapport à leur teneur en fer et des vitamines.

II.2. Les protéines

Des teneurs en protéines comprises entre 16 et 23 g / 100 g ont été rapportées dans des études de cultivars commerciaux d'amandiers cultivés en Californie (**Ahrens et al., 2005; Hall et al., 1958; Sathe, 1993; Venkatachalam et Sathe, 2006**).

Sathe (1993) a démontré qu'une protéine de stockage unique dominant la composition en protéines totales appelée « amandine ». Cette protéine est une globuline composée d'au moins deux types de polypeptides liés par des liaisons disulfure, **Riquelme et al. (1985)** ont trouvé qu'environ 95% de la protéine totale était composée de deux fractions principales, la globuline (74%) et l'albumine (21%), tandis que la glutéline et la prolamine ne représentaient que des fractions mineures. En général, une fourchette de teneur en protéines similaire a été signalée pour d'autres cultivars d'amandier dans les quelques études fournissant des informations suffisantes sur la méthode d'analyse utilisée pour l'analyse des protéines.

II.3. Vitamines

La documentation limitée sur les vitamines dans les amandes est principalement axée sur le contenu de tocophérols dans la fraction lipidique des noyaux et les effets du stockage sur la dégradation des tocophérols. Tocophérols et de tocotriénols sont des composés qui se différencient par l'activité de la vitamine E produit seulement dans les plantes. Il est bien établi que ces huit différents iso-formes de vitamine E sont des antioxydants et ont un rôle de protection dans les systèmes biologiques et les données récentes indiquent qu'ils ont également des propriétés hypocholestérolémique et neuroprotectrices anti-cancer (**Sen et al., 2007**).

L' α -tocophérol est la forme de vitamine E la plus biologiquement active et est utilisée préférentiellement dans le corps humain par rapport aux autres formes (**Brigelius-Flohe et al., 2002**). L'USDA SR (The National Nutrient Data base for Standard Reference) rapporte une activité naturelle de la vitamine E sous forme de Tocophérol et présente également des valeurs pour les autres tocophérols lorsque les données sont disponibles (**USDA, 2010**). Les amandes sont considérées comme l'une des sources alimentaires les plus riches en tocophérol (**Chen et al., 2006**).

II.4. Les minéraux

Les minéraux présents dans les tissus végétaux, y compris les graines telles que les amandes sont obtenus par la plante à partir du sol dans lequel elle se développe et de l'eau utilisée dans la production. Ainsi, la teneur en minéraux des tissus végétaux peut être affectée par de nombreux facteurs environnementaux et pratiques agronomiques, notamment: emplacement géographique des plantes ou des arbres, composition du sol, source d'eau, irrigation, ainsi que des composants d'engrais et d'autres aides à la production agronomique.

Les éléments minéraux les plus abondants que l'on trouve généralement dans les plantes sont le potassium, le calcium, le magnésium, le fer, le phosphore, le soufre et l'azote. La teneur en minéraux est parfois exprimée en termes généraux sous forme de teneur en cendres. Les amandes contiennent environ 3 g de cendre / 100 g (poids frais); les données limitées rapportées dans la littérature concernant la teneur en cendres incluent une moyenne de 3,05 g / 100 g obtenue pour un mélange de trois cultivars d'amandiers cultivés en Espagne (**Saura Calixto et al., 1981**), 3,4 g / 100 g d'amandes cultivées au Liban (**Cowan et al., 1963**), 2,3–3,7 g / 100 g chez divers cultivars d'amandiers cultivés en Italie (**Barbera et al., 1994; Ruggeri et al., 1998**) et 3,8 g / 100 (moyenne) dans certains types d'amandes de Turquie (**Aslantas et al., 2001**). La teneur en cendres de divers cultivars commerciaux cultivés en Californie se situerait entre 2,6 et 4,6 g / 100 g (**Ahrens et al., 2005; Hall et al., 1958; Sathe, 1993**). Dans les peaux d'amande, des teneurs en cendres de 3,4% (**Hall et al., 1958**) et de 4,0% (**Saura-Calixto et al., 1983**) ont été mesurées.

II. 5. Les glucides

Les sucres, les amidons et les polysaccharides non amyliques (cellulose, hémicelluloses, etc.) sont les hydrates de carbone que l'on trouve généralement dans les graines et autres tissus végétaux. Parmi ces glucides contenus dans les amandes, seuls les sucres, l'amidon et certains alcools de sucre peuvent être digérés, absorbés et métabolisés par l'homme afin de constituer une source d'énergie. De nombreuses études ont confirmé que les amidons résistants améliorent la sensibilité à l'insuline chez les patients atteints de syndrome métabolique (**Johnston et al., 2010**).

II. 5. a. Les sucres

Des différences de teneur en sucres solubles dans les cultivars ont été rapportées dans les amandes obtenues d'une récolte dans les vergers expérimentaux du CEBAS (**Romero et al., 1988a**). Ce groupe a confirmé que le saccharose était le sucre prédominant dans les noyaux de neuf cultivars différents, allant de 3,1 à 5,3 g / 100 g, et a détecté de faibles quantités de sucres réducteurs.

Les amidons résistants résistent aux enzymes digestives et atteignent le gros intestin (**Perera et al., 2010**). Les pré-biotiques sont des glucides indigestibles qui ont des effets bénéfiques sur l'hôte sain en stimulant la croissance et l'activité d'une ou plusieurs bactéries dans le tractus intestinal et de la promotion de la santé (**Mahious et al., 2006**). Les

polysaccharides non amylacés sont non digestibles et ne peuvent donc pas être utilisés comme source d'énergie, mais ils favorisent des effets physiologiques bénéfiques pour la santé humaine. Selon l'Association américaine des chimistes spécialistes des céréales (**the American Association of Cereal Chemists, AACC**)

II.5. b.Fibres alimentaires

Divers chercheurs ont tenté de mieux caractériser les polysaccharides non amylacés qui constituent le matériau de la paroi cellulaire des noyaux et des peaux d'amande (**Dourado et al., 2004; Ellis et al., 2004; Mandalari et al., 2010; Ren et al., 2001**).

La méthodologie enzymatique-gravimétrique a été utilisée par **Ruggeri et al. (1998)** qui ont signalé des teneurs en fibres alimentaires de 10,8 à 13,5 g / 100 g dans des cultivars d'amandiers cultivés en Italie. En utilisant la chromatographie d'échange d'anions, ces chercheurs n'ont pas détecté les sucres solubles raffinose ou stachyose; ces oligosaccharides sont maintenant couramment considérés comme des composants de fibres alimentaires solubles (**AACC, 2001**). **Lintas et Cappelloni (1992)** ont utilisé des méthodes gravimétriques enzymatiques et ont trouvé 14,4 g de fibres alimentaires insolubles et 0,78 g de fibres alimentaires solubles (15,2 g de TDF) pour 100 g d'amandes (aucun cultivar identifié).

III- Effets favorables des amandes

Certains composants bioactifs des fruits à coques (Amandes, noix...), tels que les vitamine E principalement α -tocophérol 8,5-19 mg/100g (**Lopez-Ortiz et al., 2008 ; Burns et al., 2015**) les phytostérols, l'acide folique, le sélénium et le magnésium sont supposés avoir des propriétés anti oxydantes, anti inflammatoires ou anti cancérogènes (**Yada et al., 2011**).

III. 1. Anti cancérogène

Une très récente étude ouvre des perspectives nouvelles dans la gestion de l'après-cancer du côlon. Elle a permis de découvrir que les personnes souffrant d'un cancer du côlon (stade III) qui consommaient des fruits à coque comme les amandes connaissaient une baisse significative de récurrence et des risques de décès (**Fadelu et al., 2018**), une raison pour laquelle on pourrait admettre un effet protecteur de la consommation de noix et plus particulièrement la consommation modérée des amandes sur le risque du cancer.

Les personnes atteintes de maladies intestinales comme les maladies inflammatoires chroniques intestinales (MICI) et maladies cœliaques peuvent consommer les amandes l'esprit tranquille.

III. 2. Antivieillessement

Les amandes sont d'excellentes alliées contre le vieillissement cellulaire car elles ont un pouvoir antioxydant élevé leur permettant de neutraliser les radicaux libres (**Pinelo et al., 2004**) qui peuvent endommager les cellules, les tissus et même l'ADN. Une poignée de 30g d'amandes procure 65 % des Apports Nutritionnels Conseillés (ANC) en vitamine E, qui contribuent à protéger les cellules du stress oxydatif. Côté externe, les amandes possèdent les éléments favorisant la réduction des rides notamment chez la femme post-ménopausée (**Ahmad, 2010**).

III. 3. Anti-stress

Du côté du cerveau, les amandes, riches en calcium, cuivre, potassium, magnésium, manganèse, phosphore et vitamine B possèdent des micronutriments qui favorisent les processus cognitifs tels que la concentration, l'attention, les différentes formes de mémoire. Elles constituent une source de fer, de vitamine PP et de vitamine B1 dont l'ensemble stimule le métabolisme énergétique. Enfin les amandes sont également une source de folate (B9) qui, combiné avec le fer, le magnésium, la vitamine PP et la vitamine B2 contribue à réduire l'épuisement et la fatigue. Par ailleurs, ses effets en corrélation avec ceux du cuivre et du zinc, favorisent le bon fonctionnement du système immunitaire.

III. 4. Effet des amandes amères sur l'hyperlipidémie

Plusieurs études ont tendance à montrer que les amandes, en raison de leur richesse en composés polyphénoliques, en particulier des flavonoïdes et des acides phénoliques qui existent dans la peau et le noyau (**Milbury, Chen, Dolnikowski, & Blumberg, 2006**) pourraient expliquer son effet hypolipidémiant chez les patients hyper-lipidémiques. En effet, une étude menée sur des patients atteints d'hyperlipidémie a révélé que l'enrichissement de jus de pomme avec de la gomme d'amande amère augmente non seulement l'acceptabilité, mais diminue aussi le poids du corps, le tour de taille ainsi que l'IMC et la résistance à l'insuline chez les sujets en surpoids avec hyperlipidémie ainsi que la diminution des taux sériques de

triglycérides. Cette dernière peut être expliquée par la teneur en flavonoïdes, ainsi que l'activation des Récepteurs Activé par les Proliférateurs de Peroxysomes (PPAR) (Liu et al., 2008). Il a été recommandé que les amandes amères en forme de gomme peuvent être utilisées comme complément alimentaire fonctionnel dans les boissons ou les jus de fruits qui peuvent être consommés plus généreusement par les sujets en surpoids avec hyperlipidémie (Chahibakhshet al., 2019)

III. 5. Maladie endothéliale

Les acides gras oméga-3, notamment l'acide alpha-linoléique qui sont présents dans les noix peuvent réduire le risque de maladies cardiovasculaires en modifiant l'inflammation vasculaire et en améliorant le dysfonctionnement endothélial. Les régimes à base de noix et d'amande améliorent la fonction endothéliale comme le montre l'étude de Bhardwaj et al., 2017 qui porte sur l'évaluation des effets de deux régimes différents, l'un contenant des noix et l'autre des amandes. Cependant, il n'y avait pas de différence significative entre les deux régimes en ce qui concerne la fièvre aphteuse. Des études plus importantes avec des suivis plus longs sont nécessaires pour étudier plus en détail l'effet des régimes alimentaires aux noix et aux amandes sur la fonction endothéliale.

III. 6. Les amandes médicinales en Chine

Des amandes importées (graines de *Armeniaca Mill.*), le plus souvent utilisées comme un médicament à base de plantes et aussi appelé « al-Mond » ou « Xingren » dans la médecine chinoise (décrit comme les amandes médicinales) et qui a été utilisé depuis plus de 2 000 ans ont montré leur excellente efficacité clinique pour soulager la toux et l'asthme (Chen et al., 2014)

III. 7. Profil lipidique des amandes

Dans les graines d'amande, les lipides apparaissent stockés dans des gouttelettes d'huile (Gallier et al., 2012) et ils représentent 40-67 g / 100 g de poids sec d'amande (Yada et al., 2011).

Les amandes sont des produits alimentaires huileux traditionnellement associés à la diète méditerranéenne. Leur consommation régulière à des doses modérées réduit les taux sanguins de cholestérol total et de cholestérol LDL. Ils sont associés ainsi que d'autres aliments avec une plus faible incidence des maladies cardio-vasculaires (Salas-Salvado et al.,

2005). En plus de leur profil et de leur teneur en lipides, les effets bénéfiques des amandes sur la santé humaine sont attribués à la présence de composés ayant une activité antioxydante (Wijeratne et al., 2006), entre autres. Ces composés antioxydants sont trouvés à la fois dans la graine et dans divers revêtements des fruits et peuvent prévenir ou retarder l'oxydation des acides gras.

IV- L'importance des amandes dans le régime alimentaire

Amandes et autres noix ainsi que les arachides sont des aliments riches en nutriments qui peuvent être une source végétale précieuse de lipides et de protéines dans le régime alimentaire (King et al., 2008). L'incorporation d'amandes dans une alimentation quotidienne améliore la qualité de l'alimentation et entraîne des changements détectables dans les taxons bactériens, en particulier chez les enfants, et dans certains cas avec des caractéristiques bénéfiques potentielles. Cependant, aucune modification du potentiel antioxydant sérique et des marqueurs de l'état immunitaire n'ont été observés avec cette intervention. Des apports plus élevés en amandes ou une intervention plus longue peuvent être nécessaires pour démontrer la modulation du microbiote humain et le statut immunitaire (Burns et al., 2015)

V- Valorisation des amandes en industrie

L'industrie de l'amande, qu'elle soit douce ou amère a tendance à prendre de plus en plus une grande importance dans l'économie mondiale. Divers créneaux existent en effet pour la valorisation de cette filière aussi bien pour la consommation humaine avec ses différents bienfaits sur la santé mais on la destine également et de plus en plus pour les soins cosmétiques sous forme essentiellement d'huile et crème.

La transformation des amandes par l'industrie de nos jours vise en effet à faciliter leur conservation et à mieux valoriser cette culture ancestrale dont les débouchés sont très variés.

Nous pouvons citer à titre d'exemple :

- La consommation des graines en bouche plus ou moins préparées, leur utilisation en pâtisserie, boisson et autres crèmes glacées etc...
- La transformation des amandes en huile et autres produits cosmétiques
- Obtention d'extraits dans l'industrie pharmaceutique

Il est cependant permis de penser que d'autres voies de prospection sont possibles pour une plus vaste valorisation de cette filière et notamment en ce qui concerne l'amande amère dont peu de travaux de recherche ont été menés jusqu'à ce jour.

V. 1. Usages en médecine

L'amande est prise en interne et appliquée par voie topique sous forme d'huile. Dans la médecine traditionnelle chinoise, la médecine ayurvédique, l'huile d'amande est utilisée sur des conditions de peau sèche, y compris l'eczéma et le psoriasis, éliminer les conditions pulmonaires, comme la congestion bronchique (**Pitchford, 2002**).

- L'huile d'amande est une source riche d'acides gras oméga-6 et de plusieurs autres éléments nutritifs. De nombreuses études ont été effectuées sur l'ensemble de l'amande, en trouvant un bénéfice pour les maladies cardiovasculaires, y compris l'élévation du HDL (**Jamshed et al., 2015**).
- L'huile d'amande est considérée comme anti-inflammatoire, immunitaire, anti-hépatotoxique et peut aussi réduire l'incidence du cancer du côlon (**Ahmad, 2010**).
- C'est une source riche d'acides gras oméga-6 et de plusieurs autres éléments nutritifs. De nombreuses études ont été effectuées sur l'ensemble de l'amande, en trouvant un bénéfice pour les maladies cardiovasculaires, y compris l'élévation du HDL (**Jamshed et al., 2015**).
- Elles sont considérées comme anti-inflammatoire, immunitaire, anti-hépatotoxique et peut aussi réduire l'incidence du cancer du côlon (**Ahmad, 2010**).

V. 2. Usage en cosmétique

L'utilisation des amandes en industrie cosmétique est d'abord extraite en huile, elle est utilisée pour masser les nourrissons prématurés, a amélioré leurs scores neurologiques et a stimulé leur gain de poids par rapport au placebo (**Vaivre, Douret et al., 2009**). Elle est bien absorbée et riche en vitamines liposolubles E et A. Ces nutriments contribuent probablement au bénéfice observé. L'huile d'amande a pour réduction des cicatrices après la chirurgie et le lissage et la peau rajeunissante (**Ahmad, 2010**).

V. 3. Usage en alimentation

Apprécié pour leurs propriétés de qualité sensorielles et nutritionnelles, les amandes sont consommées comme collations et sont largement utilisés dans la confiserie et des produits de boulangerie (**Tiwari et al., 2009**). En outre, grâce à leur résistance au rancissement et au niveau élevé de leur point de fusion, les huiles d'amandes s'incorporent bien dans l'industrie alimentaire, margarines, émulsions, substituts du beurre de cacao (**Voituriez et De Nuce De Lamothe, 1997**).

V. 4. Usage en industrie

- En savonnerie, les acides gras saturés confèrent aux huiles d'amandes un pouvoir détergent et moussant très intéressants (**Morin et al., 1994**).
- Dans l'industrie des tensioactifs : les dérivés sont obtenus à partir des acides gras dont 90 % sont saturés (**Arkcoll, 1988**).
- Dans l'industrie des lubrifiants : la stabilité et la faible oxydation des acides gras conviennent parfaitement pour la confection des huiles moteur (**Voituriez et De Nuce, 1997**)

VI- Activité antioxydantes des amandes

VI. 1. Introduction

Les cellules et tissus humains peuvent être soumis à une grande variété d'agressions physiques (traumatisme, irradiation, hyper ou hypothermique), chimiques (acidose, toxines) et métaboliques (Exposition à des xénobiotiques, privation d'un facteur hormonal ou facteur de croissance). La plupart de ces agressions débouchent sur une expression commune appelée stress oxydant, dues à l'exagération d'un phénomène physiologique, normalement très contrôlé, la production de radicaux dérivés de l'oxygène (**Walker *et al.*, 1982**).

VI. 2. Différents types de radicaux libres

Un radical libre est une espèce caractérisée par une instabilité et /ou, un pouvoir oxydant fort. Il se différencie par la présence d'un électron non apparié sur la couche électronique la plus externe (**André, 1998**). Parmi toutes les espèces réactives oxygénées (ERO), on distingue un ensemble restreint de ces composés qui jouent un rôle particulier en physiologie et que nous appelons les radicaux primaires à savoir : l'anion super-oxyde ($O_2^{\cdot-}$), le radical hydroxyle ($\cdot OH$), le monoxyde d'azote ($NO\cdot$), le radical peroxyde ($ROO\cdot$) et le radical alkoxyde ($RO\cdot$). Les autres radicaux libres, dits radicaux secondaires telles que l'oxygène singulet (1O_2), le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) et le nitroperoxyde ($ONOOH$), se forment par réaction de ces radicaux primaires sur les composés biochimiques de la cellule (**Favier, 2003**).

VI. 3. Origine et production des espèces réactives oxygénées

La chaîne respiratoire est une source permanente de production des ROS. Selon certains auteurs, environ 1 à 3% de l'oxygène utilisé par la mitochondrie sont incomplètement réduit et produisent des anions superoxydes, de l'eau oxygénée et éventuellement des radicaux hydroxyles (**Favier, 2003**).

L'inflammation est par ailleurs une source importante de radicaux oxygénés produits directement via les cellules phagocytaires. L'activation de ces cellules immunitaires par des stimuli exogène ou endogène s'accompagne d'une accélération de leur consommation d'oxygène avec activation d'une enzyme membranaire, la NADPH oxydase qui catalyse la réduction de cet oxygène en anion superoxyde ($O_2^{\cdot-}$). Ce dernier donne le H_2O_2 par dismutation. Le $O_2^{\cdot-}$ et H_2O_2 participent à la libération d'hypochlorite sous l'influence d'une enzyme leucocytaire, la myéloperoxydase (**Bonnefont-Rousselot *et al.*, 2002**).

A côté de ces sources majeures des ROS, d'autres sources existent. Les sources cytosoliques, constituées essentiellement de peroxysome qui constitue une source importante

de la production cellulaire de H₂O₂ (Valko *et al.*, 2007), la xanthine oxydase qui produit de l'O₂^{•-} et H₂O₂ (Groussard, 2006) et les enzymes de réticulum endoplasmique lisse (cytochrome P450 qui oxyde les acides gras insaturés et les xénobiotiques) (Massion *et al.*, 2002). A cela, s'ajoute d'autres facteurs qui peuvent contribuer dans la formation des radicaux libres. On peut citer entre autres, les rayonnements UV capables de générer des anions superoxyde ou de l'oxygène singulet, les rayons X ou Y sont aussi capables de couper la molécule d'eau en deux radicaux par l'intermédiaire d'agents photo sensibilisants. Les poussières d'amiante et de silice sont des sources des ROS (Favier, 2003). Les fumées de combustion (cigarettes), la consommation de l'alcool et l'effort physique intense sont aussi des paramètres à ne pas écarter (Lee *et al.*, 2004). Des infections bactériennes ou virales provoquent, elles aussi selon (Aurousseau, 2002), des phénomènes radicalaires à caractère exponentiel après augmentation de la population des macrophages impliqués dans leur élimination.

VI. 4. L'activité anti oxydante et les dommages oxydatifs des radicaux libres

Les phénomènes radicalaires de base sont utiles au bon fonctionnement de l'organisme. L'altération des composants cellulaires et des structures tissulaires intervient lorsque l'intensité de ces phénomènes augmente anormalement et dépasse la quantité d'antioxydants disponibles.

La conséquence de ce déséquilibre va entraîner une agression appelée « Stress oxydatif » (Rahman, 2003). Tous les tissus et tous leurs composants peuvent être touchés : lipides, protéines, glucides et ADN (Aurousseau, 2002 ; Valko *et al.*, 2007). Toutes ces altérations augmentent le risque de plus de 30 processus de différentes maladies (Aruoma, 1998). Parmi lesquelles les maladies d'Alzheimer de Parkinson, de Creutzfeldt Jacob et de méningo-encéphalites, les maladies cardiovasculaires et déficience cardiaque (Jha *et al.*, 1995), les œdèmes et vieillissement prématuré de la peau (Georgetti *et al.*, 2003).

Plusieurs études ont révélé que la consommation de noix comestibles a des effets bénéfiques sur la santé, qui sont attribués à leur teneur élevée en antioxydants puissants. Il a été démontré que la graine entière de l'amande (*Prunus dulcis*) possède une puissante activité de piégeage des radicaux libres et qui est liée à la présence de composés phénoliques. Même s'il a déjà été démontré que les composants individuels d'amande ont un potentiel antioxydant, aucune information scientifique n'est disponible en ce qui concerne l'amande comme un fruit entier. En fait, l'information scientifique sur les propriétés antioxydantes

d'amande entière est encore assez rare. (**Takeoka et al., 2000; Sang et al., 2002a, 2002b. Takeoka et Dao, 2003; Pinelo et al., 2004; Rabinowitz, 2004**)

Des extraits de graine entière d'amande, la peau brune et la couverture de la coquille verte possèdent des capacités de piégeage des radicaux libres puissants. Ces activités peuvent être liées à la présence de flavonoïdes et autres composés phénoliques dans les noix (**Subhashinee et al., 2006**).

Chapitre III :
Matériels et méthodes

Tous les essais de ce travail ont été réalisés au niveau des laboratoires de l'Ecole Supérieure d'Agronomie de Mostaganem (annexe 33)

I- Objectifs

Les amandes de par leurs existences millénaires dans les pays méditerranéen ont toujours fait parti des traditions alimentaire des populations locales et à un degré moindre dans l'usage de cosmétique. Si, traditionnellement l'amandier a toujours fait l'objet d'une culture familiale et marginale, il a été cependant prit de l'importance en tant qu'une culture intensive durant l'époque coloniale de l'Algérie.

Depuis quelques décennies, cependant des recherches ont été consacrées pour des connaissances plus précises sur la composition nutritionnelle des différents types d'amandes (douce et amère). Ces travaux de recherches visent notamment la valorisation de cette culture aussi bien sur le plan alimentaire, pharmaceutique qu'esthétiques.

Pour notre part et dans notre présente étude, nous essaierons d'y apporter notre humble contribution à une meilleure connaissance des caractéristiques physico-chimiques de quelques cultivars d'amandes algériennes.

Ce présent travail de mémoire de fin d'étude ne constitue qu'une première étape vers une recherche approfondie pour mieux connaitre et comprendre l'intérêt des différents composés de certaines variétés d'amandes douce et amères cultivées en Algérie.

Le but final souhaité est de pouvoir à long terme identifier, caractériser et valoriser le maximum de variétés d'amandes amères et douces algériennes. Le but principal à viser étant entre autres de déterminer l'effet d'incorporation des amandes dans l'alimentation et leurs impactes sur la santé humaine.

II- Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans ce travail provient de trois régions de l'Algérie : Bouira, Sétif et Bejaïa (**Figure 03**)

La récolte des échantillons ; amandes amères et amandes douces destinés à la préparation de la poudre et caractérisation a été réalisée en Novembre, Décembre 2018 et Février 2019, les amandes de Bouira ont été récolté et ramassé au sol sur des amandiers amères. Concernant les amandes amères et les amandes douces celles-ci ont été achetées chez un artisan au niveau de la région Kherrata (Bejaïa) et Ain Oulman (Sétif).

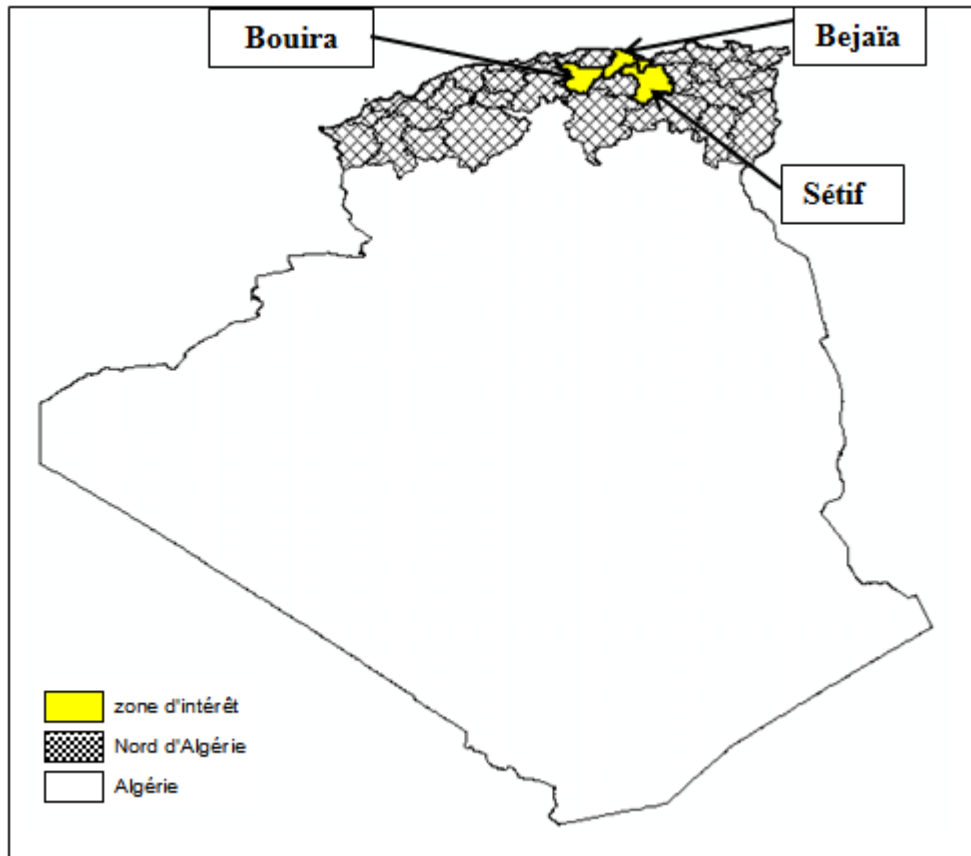


Figure 03 : Carte représentant des zones de provenance des trois variétés étudiées des amandes en Algérie.

II.1. Préparation de la poudre d'amande et traitements technologiques

La préparation des échantillons à l'analyse concerne les fruits murs, les échantillons ont subi des traitements préliminaires :

-La première étape consiste à nettoyer et à décortiquer les graines. Les amandes sont par la suite séchées à l'air libre, une partie des amandes a subi un traitement thermique à 40°C et à 60°C pour tester l'effet de la température sur la stabilité de leurs qualités nutritionnelles. Après séchage les amandes ont été réduites en poudre par broyage mécanique qui transforme la pulpe en poudre, cette dernière est tamisée à l'aide d'un tamis de 0.80 mm de maille.

Les poudres sont ensuite gardées à l'abri de l'humidité à une température ambiante (25°C). Enfin, les échantillons sont en suite conservés dans des boîtes hermétiques, pour qu'elles soient utilisées ultérieurement pour les analyses physico-chimiques.

II.2. Identification biométrique

La biométrie est définie comme étant l'étude des paramètres morphologiques d'un sujet. Dans notre cas on s'est basé sur la longueur, largeur et le poids de la graine. Les mensurations ont été déterminées par un pied à coulisse manuelle et balance analytique de précision 0,0001g.

III- Analyse physico-chimiques

L'ensemble des analyses physico chimique que nous avons abordées dans notre présent travail sont illustrés dans la figure 04

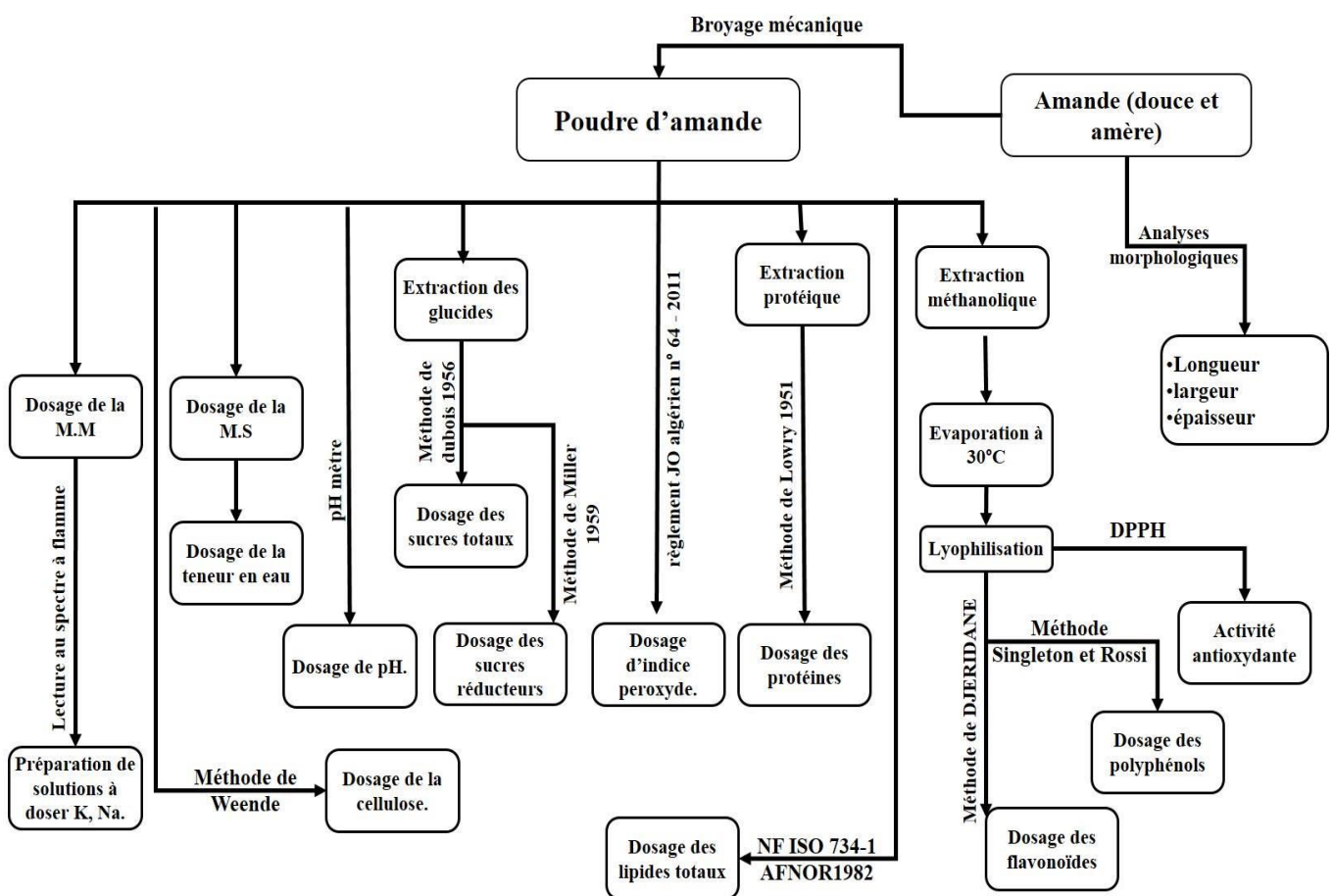


Figure 04: Schéma des protocoles des analyses physico chimiques effectuées

III.1. Détermination de la teneur en matière sèche et en eau (AFNOR, 1985)

a- Principe : La teneur en matière sèche est déterminée conventionnellement par le poids d'une prise d'essai après dessiccation à 105 °C dans une étuve pendant 24h.

b- Mode opératoire : Une prise d'essai de 5 g de chaque échantillon est déshydratée à l'étuve (105°C pendant 24h), après le refroidissement des creusets dans le dessiccateur, la matière sèche restante est alors pesée par différence avec la masse initiale, la quantité d'eau évaporée est ainsi déduite. La teneur en eau ou en matière sèche des échantillons sont exprimés en g/100g de tissu.

Calcul et expression des résultats : La matière sèche (MS) de l'échantillon est calculée par l'expression suivante :

$$MS (\%) = \frac{Masse (ms)_{(g)}}{Masse (échantillon)_{(g)}} \times 100$$

Le pourcentage de la teneur en eau est calculé en appliquant le modèle mathématique suivant :

$$Teneur \text{ en eau } (g. 100g^{-1} d'échan) = 100 - MS(\%)$$

III.2. Détermination de la teneur en matière minérale (AFNOR ; 1985)

a- Principe : La teneur en cendres des échantillons est conventionnellement le résidu de la substance après destruction de la matière organique par incinération à 550°C dans un four à moufle pendant 3 heures.

b- Mode opératoire : Les échantillons déshydratés (décrite dans le paragraphe précédent) vont être portés à 550°C pendant 3 heures dans un four à moufle jusqu'à l'obtention des cendres blanches. La température du four est initialement égale à 250°C, puis augmentée de 50°C tous les ½ heures jusqu'à 450°C et enfin accrue de 100°C pour atteindre les 550°C pendant 3heures. Lorsque les cendres sont d'une couleur grisâtre ou blanche, la température du four est abaissée jusqu'à environ 200°C. Les creusets vont être retirés du four et mise dans un dessiccateur. Lorsqu'ils sont à température ambiante, ils vont être pesés pour le calcul et expression des résultats.

La teneur en matière minérale (MM) de l'échantillon est calculée par la relation suivante :

$$Teneur \text{ en MM } (\%) = \frac{M_2 - M_0}{M_1 - M_2} \times 100$$

Avec ;

M_0 : masse du creuset vide (en gramme)

M_1 : masse du creuset contenant la prise d'essai (en gramme)

M_2 : masse du creuset et les minéraux bruts (en gramme)

La teneur en MM est exprimée en g/100g d'Ech.

III. 3. Dosage du potassium et sodium :

La quantification des éléments minéraux a été effectuée selon la méthode normalisée (NF V 05-113, 1985). Les éléments minéraux ont été analysés dans les cendres préalablement dissoutes dans l'acide chlorhydrique concentré et à chaud jusqu'à évaporation : ensuite, les solutions ont été versées quantitativement dans une fiole jaugée de 50 ml et complétée à 50 ml avec de l'eau distillée tiède. Les trois minéraux sont quantifiés à partir de ces solutions par spectrophotométrie à flamme JENWAY PFP7 Clinical flame photometer (Na^+ et K^+) et spectrométrie d'absorption atomique (Mg^{2+}).

III. 4. Dosage des sucres totaux :

a- Principe : Le dosage des sucres totaux a été réalisé selon la méthode de Dubois et al. (1956), connu sous le nom la méthode du phénol sulfurique qui permet de doser les sucres totaux en utilisant le phénol et l'acide sulfurique concentré. En présence de ces deux réactifs, les sucres donnent une couleur jaune-orange dont l'intensité est proportionnelle à la concentration des glucides. Les résultats sont exprimés par rapport à une gamme étalon de glucose à une densité optique de 490 nm.

b- Extraction des sucres libres : L'extraction des Sucres solubles s'effectue par macération à partir de poudre d'amande, en introduisant 1g de farine d'amande fraîche dans un erlenmeyer en verre contenant 100 ml d'éthanol 80%. L'erlenmeyer est fermé et soumis à une incubation au bain-marie (100°C) pendant 30 min, puis centrifuger à 3900 tr/mn pendant 15min, le surnageant est récupéré dans une fiole jauger de 100ml est ajusté par une solution de éthanol 80%.

c- Mode opératoire : 1 ml d'extrait aqueux sont introduits dans des tubes à essai auxquels sont ajoutés 1 ml d'une solution de phénol à 5 % et 5 ml d'acide sulfurique concentré. Après une agitation vigoureuse à la main pendant quelques secondes, les tubes sont incubés à température entre 25 et 32 °C pendant 30 min.

La lecture de l'absorbance est faite à 494 nm. La concentration en sucres totaux a été déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant le glucose comme solution standard d'étalonnage.

III. 5. Détermination du taux des sucres réducteurs

a- Principe : Les sucres réducteurs sont déterminés par la méthode de **Miller, 1959**, la fonction réductrice se complexe sous certaines conditions avec le réactif de DNS, ce qui se traduit par une coloration orangée. L'intensité de cette coloration est proportionnelle à la teneur en sucres réducteurs. Les résultats sont exprimés par rapport à une gamme étalon de glucose à une densité optique de 540nm.

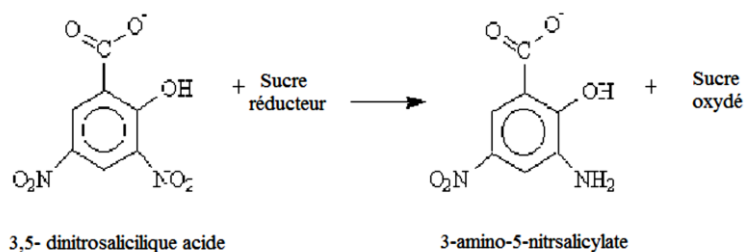


Figure 05 : Réaction du DNS avec un sucre réducteur

a- Mode opératoire : 1 ml d'extrait aqueux sont introduits dans des tubes à essai auxquels sont ajoutés 1 ml d'une solution de DNS (3,5-acide dinitrosalicylique) par la suite, les tubes sont portés à l'ébullition pendant 5min, suivis d'un refroidissement immédiat. On rajoute 10 ml d'eau distillée dans chaque tube puis on homogénéise à l'aide d'un homogénéisateur de type vortex.

La lecture de l'absorbance est faite à 540 nm. La concentration en sucres réducteurs a été déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant le glucose comme solution standard d'étalonnage préparé avec DNS.

III. 6. Dosage des lipides totaux :

La quantité de lipides obtenue par extraction au Soxhlet, selon la méthode NF EN ISO 734-1 (2000) décrite par **AFNOR (1982)**.

D'abord, une prise d'essai de 20 g de broyat (des amandes) est introduite dans la cartouche en cellulose du Soxhlet. Puis l'ensemble est mis dans l'extracteur à siphon. Le ballon est rempli au $\frac{3}{4}$ avec du solvant (éther de pétrole). Les parties du Soxhlet (Figure N°...) sont montées et l'ensemble est placé dans un bain marie à la température du solvant.

Puis le chauffage est conduit à ébullition et l'extraction est maintenue continuellement pour une durée de 6 heures. L'huile extraite est recueillie grâce à un évaporateur rotatif. Le principe de cette manipulation consiste en l'extraction de la fraction lipidique des amandes par un solvant organique à l'aide d'un dispositif « Soxhlet » d'une capacité de 250ml. Cette étape sera suivie par une autre où il sera question d'évaporer le solvant pour récupérer l'huile extraite. De cette façon, nous parvenons à déterminer la teneur en huile contenue dans les amandes.

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

$$Rdt (\%) = \frac{H}{A} \times 100$$

Avec :

H : Quantité, en gramme, d'huile obtenue par extraction

A : Prise d'essai, en gramme, d'amande utilisée.

III. 7. Dosage des protéines brutes (Méthode de Lowry ; 1951)

a- Principe : Les protéines réagissent avec le réactif Folin-Ciocalteu pour donner des complexes colorés. La couleur ainsi formée est due à la réaction du phosphomolybdate par la tyrosine et le tryptophane. L'intensité de la coloration dépend donc de la quantité d'acides aminés aromatiques présents et varie selon les protéines. Les densités optiques sont mesurées à 700nm avec le spectrophotomètre contre un blanc qui contient tous les réactifs à l'exception de l'échantillon.

b- Mode opératoire : L'aliquote qui pèse 1g de chaque type de produit est broyé avec 25ml d'eau physiologique sur le glaçon, le broyat est filtré à l'aide d'un papier filtre. On prend de ce filtrat 1ml et on le rajoute à 100ml d'eau distillée, ensuite, de ce mélange on prend 1ml et on l'introduit dans un tube à essai et on rajoute le réactif de Lowry et laisser reposer 10min, puis on met le Folin dilué à moitié dans chaque tube. Agiter les tubes à l'aide d'un homogénéisateur électrique pendant 2min et laisser reposer 30min à 4°C et à l'obscurité. La lecture se fait au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 700nm. Les densités optiques ainsi obtenues sont convertie en pourcentage de protéines grâce à une courbe d'étalonnage préparée dans les mêmes conditions.

III. 8. Extraction et dosage des composés phénoliques

1. Extraction des composés phénoliques :

a- Principe : L'extraction des polyphénols est réalisée par macération selon la méthode de (Sultana *et al.*, 2007). Nous avons utilisé du méthanol 80% comme solvant d'extraction.

Quand une matrice est au contact d'un solvant, les composants solubles dans le matériel migrent vers le solvant. Ainsi, l'extraction est un transfert du principe actif de la matrice vers le solvant selon le gradient de concentration (Handa., 2008)

20 g de chaque échantillon ont été extraits individuellement avec 200 ml d'une solution méthanolique (méthanol : eau, 80 :20 v / v) pendant 6 h à température ambiante avec une agitation vigoureuse dans un agitateur orbital. Les extraits ont été séparés à partir des résidus par filtration avec verre fritté n °1 additionnés de papier filtrat. Les résidus ont été réextraits deux fois avec le même extrait-solvant et les extraits obtenus ont été combinés pour extraire un maximum de composés phénoliques. Le combiné des extraits a été concentré et débarrassés du solvant en utilisant une étuve à 37°C. Les extraits étaient pesés et conservés au réfrigérateur à -4 ° C, jusqu'à de nouvelles analyses.

2. Dosage des polyphénols totaux :

a- Principe : Le dosage des polyphénols totaux a été fait selon la méthode de Folin-Ciocalteu. Ce réactif est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMO_{12}O_{40}$). Lors de l'oxydation, il est réduit en un mélange d'oxyde bleu. La coloration produite est proportionnelle à la quantité de phénols totaux présents dans l'extrait analysé (Boizot et Charpentier, 2006).

b- Mode opératoire : Le dosage des polyphénols totaux dans les trois variétés d'amandes a été effectué selon la méthode de Singleton et Rossi. 2 ml d'une solution de Na_2CO_3 à 10% (m/v) et 1 ml de réactif de Folin-Ciocalteu 0,5 N sont ajoutés à 1 ml d'extrait méthanolique d'amande. L'ensemble est incubé à l'obscurité à 37°C pendant 120 min. L'absorbance est mesurée à 765 nm et comparée à celle de l'acide gallique pris comme standard, réalisé avec différentes concentrations et traité avec la même quantité de réactif.

3. Dosage des flavonoïdes

a- Principe : La méthode repose sur le principe du dosage direct par le trichlorure d'aluminium. En effet, les flavonoïdes possèdent un groupement OH libre susceptible de donner en présence de chlorure d'aluminium un complexe jaunâtre par chélation de l'ion Al^{+3}

; l'intensité de la coloration jaune est proportionnelle à la quantité de flavonoïde présente dans l'extrait.

b- Mode opératoire : La teneur en flavonoïde est déterminée selon la méthode de **Djeridane et al. (2006)**. 1mL de chlorure d'aluminium (2%) est ajouté à 1 ml d'extrait, après incubation à la température ambiante pendant 15 min l'absorbance est mesuré à 430 nm.

La concentration en flavonoïdes est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage avec la quercétine réalisée dans les mêmes conditions expérimentales.

4. Activité antioxydante

L'activité anti-radicalaire des composés phénoliques contenus dans les extraits préparés a été évaluée en mesurant leurs capacités de piéger le radical libre DPPH (2,2'-diphényl-1-picrylhydrazyl). Sa couleur violette foncée se transforme en jaune lors de sa réduction (capté par les produits testés) (**Zeghad, 2009**).

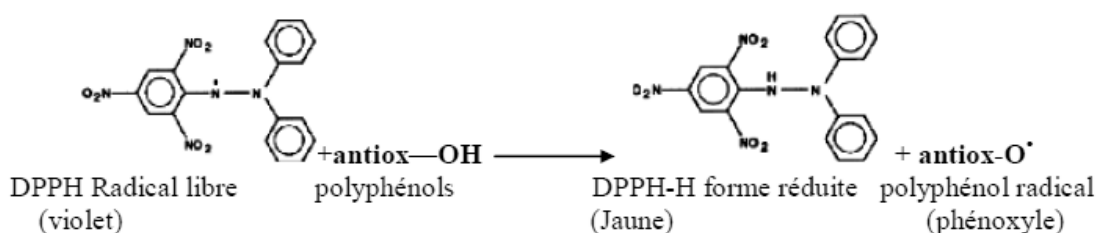


Figure 06 : Réaction d'un antioxydant avec le radical DPPH.

L'effet de chaque extrait sur le DPPH a été mesuré par la procédure décrite par **Zuraini et al. (2008)**.

Une prise de 5ml d'une solution méthanolique de DPPH (0.004%) a été ajoutée à 50µl d'extrait à une concentration de 10mg/ml (choisie après des essais préliminaires). Après une période d'incubation de 30 minutes à la température de laboratoire, l'absorbance a été lue à 517nm. L'acide ascorbique à des concentrations : 0-1mg/ml a servi pour tracer la courbe d'étalonnage.

Le pourcentage de piégeage du radical DPPH est calculé selon l'équation suivante :

$$\% \text{ Inhibition} = \frac{A \text{ blanc} - A \text{ échantillon}}{A \text{ blanc}} \times 100$$

Où :

A blanc : Absorbance du blanc (absorbance de la solution en absence de molécules testées).

A échantillon : Absorbance de la solution en présence de molécules testées.

- **Détermination des IC50**

La valeur IC50 ou concentration d'inhibition 50 est la concentration du substrat qui assure la réduction de 50% de l'activité du DPPH déterminée graphiquement (**Samarth et al., 2008**).

III. 9. Indice de peroxydation

Principe : L'indice de peroxyde représente la quantité de substances de l'échantillon exprimée en méq d'O₂actif /kg, qui oxydent l'iodure de potassium. Cet indice permet de suivre l'état d'avancement de l'oxydation. Le principe repose sur l'oxydation de l'iodure par l'oxygène actif des peroxydes contenus dans les amandes, en milieu acide. L'iodure libéré est ensuite dosé en retour par le thiosulfate de sodium.

Mode opératoire : Pour déterminer l'indice de peroxyde nous avons suivi la méthode du règlement **JO n° 64 - 2011**. Un échantillon de 0,5 g d'amande est introduit dans un bécher, 2,5 ml de chloroforme sont ajoutés, tout en agitant, puis 3,75 ml d'acide acétique glacial et 0,25 ml d'iodure de potassium (KI) saturé sont ajoutés. Le mélange est agité vigoureusement pendant 1 minute et laissé à l'obscurité pendant 5 minutes à la température ambiante. Ensuite, 18,75 ml d'eau distillée sont ajoutés ainsi que quelques gouttes d'empois d'amidon, le tout est titré avec le thiosulfate de sodium (Na₂S₂O₃) à 0,01 N en agitant vigoureusement.

L'indice de peroxyde est donné par l'expression ci-après :

$$IP \text{ (méq O}_2 \cdot \text{Kg}^{-1}\text{)} = \frac{N \cdot (V - V_0)}{M} \times 100$$

Où :

N: normalité de Na₂S₂O₃ (0,01 N) ;

V et V₀: volume en ml de Na₂S₂O₃ nécessaire pour le titrage de l'échantillon et de l'essai à blanc, respectivement ;

M: masse en gramme de la prise d'essai (1 g)

III. 10. Dosage de la cellulose brute

Le dosage de la cellulose brute a été effectué par la méthode **Henneberg et Stohmann 1860** appelée aussi méthode **Weende (NF V 03-040)**. Elle consiste à traiter successivement l'échantillon par une solution acide et alcaline à chaud (**AFNOR, 1993**).

1g de l'échantillon placé dans un ballon, 100 ml d'une solution d' H_2SO_4 de 0,13M sont ajoutés et le mélange est bouilli pendant 30 min. La solution obtenue est refroidie puis filtré dans un verre fritté N°4 et le résidu est rincé à l'eau distillée jusqu'à clarification totale du liquide.

Au résidu obtenu, 100 ml d'une solution de NaOH de 0,31M sont ajoutés et le mélange est porté à ébullition pendant 30 min. Après refroidissement et filtration de la solution, le résidu est rincé avec de l'eau distillée.

Le solide ainsi obtenu est incinéré à 700°C au four durant 3h puis refroidi dans un dessiccateur sous vide puis pesé. Le taux de cellulose brute en % est déterminé selon la formule :

$$\text{Taux de cellulose} = \frac{P_1 - P_2}{P_0} \times \frac{100}{MS}$$

Avec :

P₀ : poids en g de la prise d'essai

P₁ : poids en g du creuset + résidu avant incinération

P₂ : poids en g du creuset + résidu après incinération

MS : teneur en matière sèche (en %).

IV- Analyse statistique

Les résultats des analyses effectués sont exprimés en moyennes, écart-types, la variabilité entre les cultivars des amandes et l'origine de prélèvement est déterminée par le test ANOVA, elle a été réalisée en utilisant logiciel (STATISTICA V6). Le seuil de signification retenu est $p < 0,05$. Pour vérifier la reproductibilité des résultats, toutes les expériences seront réalisées en triplicata.

Chapitre IV :
Résultats et
discussions

I- Résultats et discussion de l'analyse physico-chimique des trois cultivars de *Prunus amygdalus* (Amère et douce)

I. 1. Matière sèche

Les résultats de la teneur en matière sèche des trois variétés d'amandes étudiées sont illustrés dans le tableau 05 et la figure 07

Tableau 05 : Résultat de la teneur en eau des trois variétés d'amande (amère et douce) (g/100g). Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.

	A.D 19	A.A 10	A.A 19
ST	94.73±0.462	94.27 ± 0.115	96.27 ± 0.115
40 °C	95.47 ± 0.231	95.28 ± 0.115	96.40 ± 0.346
60 °C	95.59 ± 0.023	95.77 ± 0.153	97.03 ± 0.234

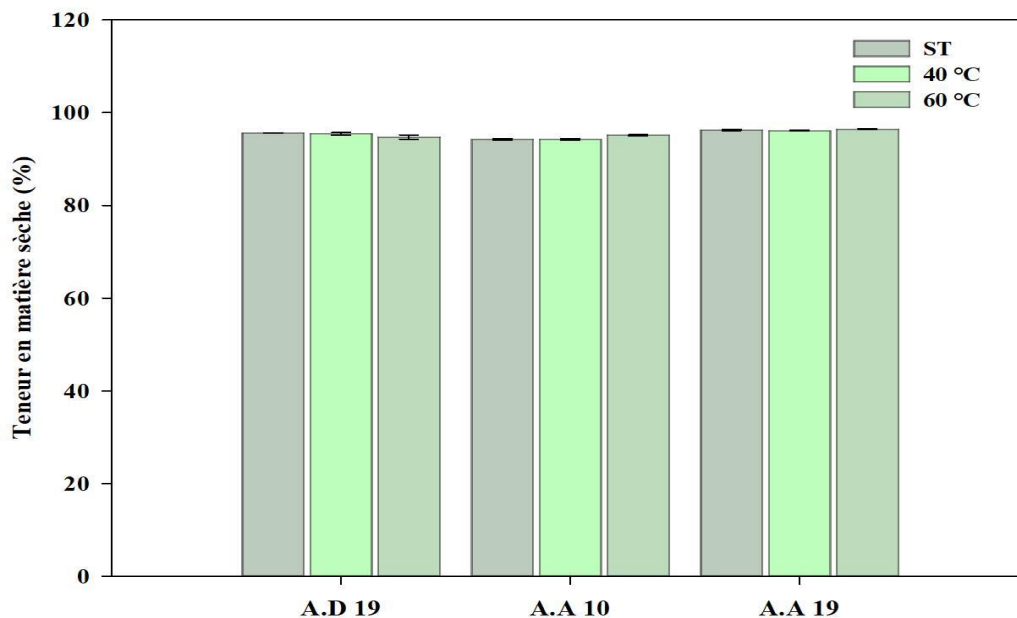


Figure 07 : Teneur en matière sèche des trois variétés d'amandes (amère et douce)

La teneur moyenne en matière sèche des différentes variétés étudiées est comprise entre 94,27 % et 96,27 % pour les amandes amères provenant de la région Bouira et Sétif respectivement et 94,73% pour les amandes issues de la variété douce de Sétif.

Les résultats d'analyse de la matière sèche ont démontré qu'un traitement à 40°C permet une augmentation de 1.07 et 0.13% pour les amandes amères provenant de la région de Bouira et Sétif respectivement, et de 0.78 % pour les amandes issues de la variété douce de Sétif. Des observations similaires ont été obtenues dans le cas d'un traitement de 60°C marquant une augmentation de 1.54 % et 0.78 % pour les amandes amères et de 0.90% pour les amandes douces.

I. 2. Teneur en eau

Les résultats de la teneur en eau des trois variétés d'amandes étudiées sont illustrés dans le tableau 06 et la figure 08

Tableau 06 : Résultat de la teneur en eau des trois variétés d'amande (amère et douce) (g/100g). Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.

	A.D 19	A.A 10	A.A 19
ST	5.27 ± 0.462	5.733 ± 0.115	3.733 ± 0.115
40 °C	4.533 ± 0.231	4.733 ± 0.115	3.6 ± 0.231
60 °C	4.41 ± 0.129	4.233 ± 0.153	2,97 ± 0.129

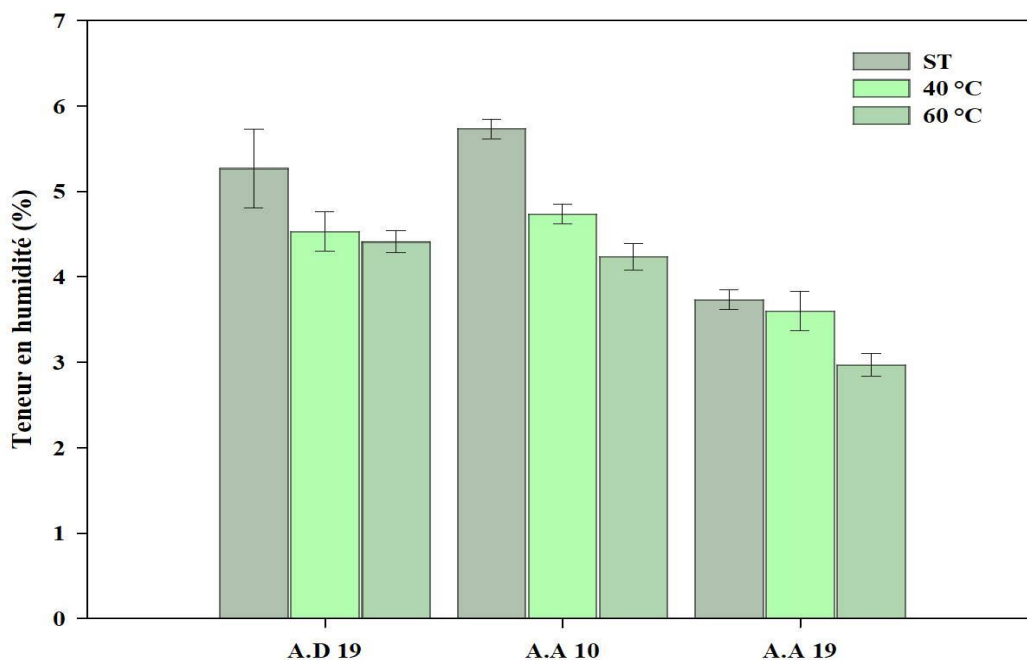


Figure 08 : Teneur en eau des trois variétés d’amandes (amère et douce)

L’analyse de variance pour la teneur en matière sèche et en matière minérale a montré que les deux facteurs simultanément (la température et le cultivar) ont un effet significatif ($p < 0,05$) sur la teneur du produit en matière sèche et en minéraux.

La teneur moyenne en eau des différentes variétés étudiées est comprise entre 5,73 % et 3,733 % pour les amandes amères provenant de la région Bouira et Sétif respectivement et 5,27 % pour les amandes issues de la variété douce de Sétif.

Les résultats d’analyse de la matière sèche ont démontré qu’un traitement à 40°C permet une perte de 17 % et 3.56 % pour les amandes amères provenant de la région de Bouira et Sétif respectivement, et d’environ 14 % pour les amandes issues de la variété douce de Sétif. Des observations similaires ont été obtenues dans le cas d’un traitement de 60°C marquant une légère diminution de 16.70 % et 3.56 % pour les amandes amères de Bouira et Sétif respectivement, de 16.31% pour les amandes douces.

Les résultats de la teneur en matière sèche et de la teneur en eau sont en concordance avec ceux de **Yada et al., (2011) ; USDA (2010a)**. Les taux d’humidité trouvés permettent une bonne conservation des graines sachant que le taux exigé par la norme de codex alimentarius 171-1989 ne doit pas dépasser 15% (**codex Alimentarius, 2007**). D’autre part, on observe que l’effet de traitement de 40°C et de 60°C sur les graines des amandes diminue

la teneur en eau par une légère évaporation négligeable dans le cas des amandes amères et l'amande douce, comprise dans un intervalle de 2.97 % et de 4.73%.

I. 3. Matière minérale :

Les résultats de la teneur en matière minérale des trois variétés d'amandes étudiées sont illustrés dans le tableau 07 et la figure 09

A la lecture de ce tableau ci-dessous, nous observons que les graines d'amande des trois variétés étudiées présentent une teneur moyenne en matière minérale assez faible.

Tableau 07 : Résultat de la teneur en matière minérale des trois variétés d'amande (amère et douce) (g/100g). Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.

	A.D 19	A.A 10	A.A 19
ST	3.020 ± 0.242	2.52 ± 0.212	2.247 ± 0.358
40 °C	3.32 ± 0.121	2.733 ± 0.127	3.093 ± 0.772
60 °C	3.54 ± 0.251	3.020 ± 0.121	4.820 ± 0.220

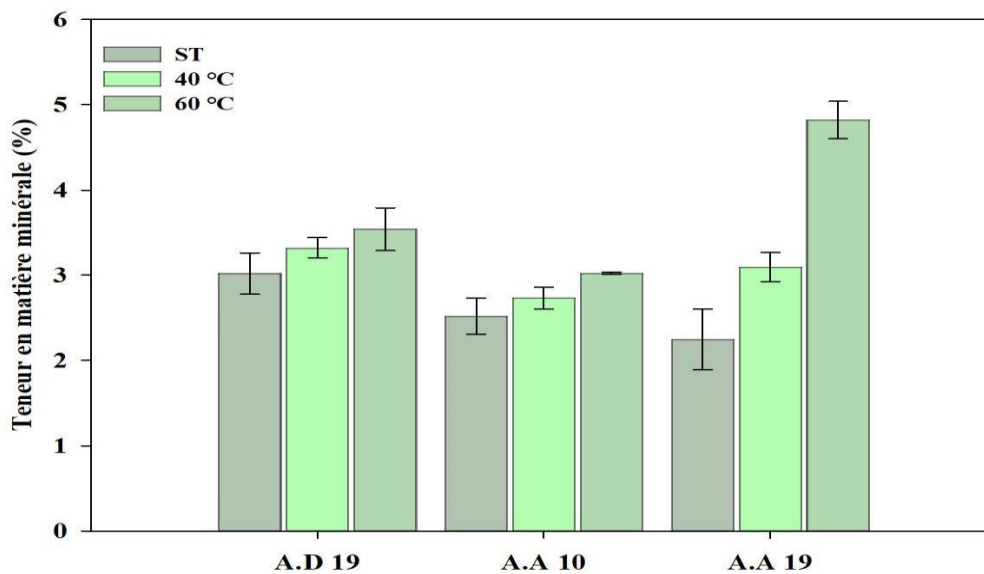


Figure 09 : Teneur en matière minérale des trois variétés d'amandes (amère et douce)

La teneur moyenne en matière minérale des différentes variétés étudiées est comprise entre 2.52 % et 2,247 % pour les amandes amères provenant de la région Bouira et Sétif respectivement et 3,020 % pour les amandes issues de la variété douce de Sétif.

Il ressort de ce tableau que les graines d'amandes amères de Bouira et Sétif ont subi une augmentation de 8.45 % et de 37.65% successivement et de 9.93 % pour les amandes douces et ce, lors d'un traitement de 40°C. Et pour celles ayant été soumises à un traitement de 60°C, une augmentation de 19.84 % et de 114.50 % pour les mêmes variétés amères respectivement, et de 17.21 % pour les graines d'amandes douces.

La teneur moyenne en matière minérale présentée dans le tableau 07 montre qu'elle varie entre 2,52 % et 2.247 % pour les amandes amères issues de Bouira et Sétif, et 3,020 % pour les amandes douces de Sétif. Ces résultats sont proches de ceux rapportés par **Aslantas et al., (2001)** et **Yada et al., (2011)** chez divers cultivars d'amandiers cultivés en Italie avec des teneurs qui varient de 2,3 à 3,7 g / 100 g et 3,8 g / 100 g dans certains types d'amandes de Turquie.

I. 4. Teneur en cellulose

Les résultats de la teneur en cellulose des trois variétés d'amandes étudiées sont illustrés dans le tableau 08 et la figure 10, d'où l'on observe que les graines d'amandes des trois variétés (amère et douce) étudiées présentent une teneur moyenne en cellulose assez faible et stable dans les différents traitements appliqués.

Tableau 08 : Résultat de la teneur en cellulose des trois variétés d'amande (amère et douce). Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.

	A.D 19	A.A 10	A.A 19
ST	0.647 ± 0.057	1.463 ± 0.076	1.107 ± 0.200
40 °C	0.657 ± 0.040	1.480 ± 0.076	1.106 ± 0.056
60 °C	0.633 ± 0.085	1.423 ± 0.108	1.099 ± 0.196

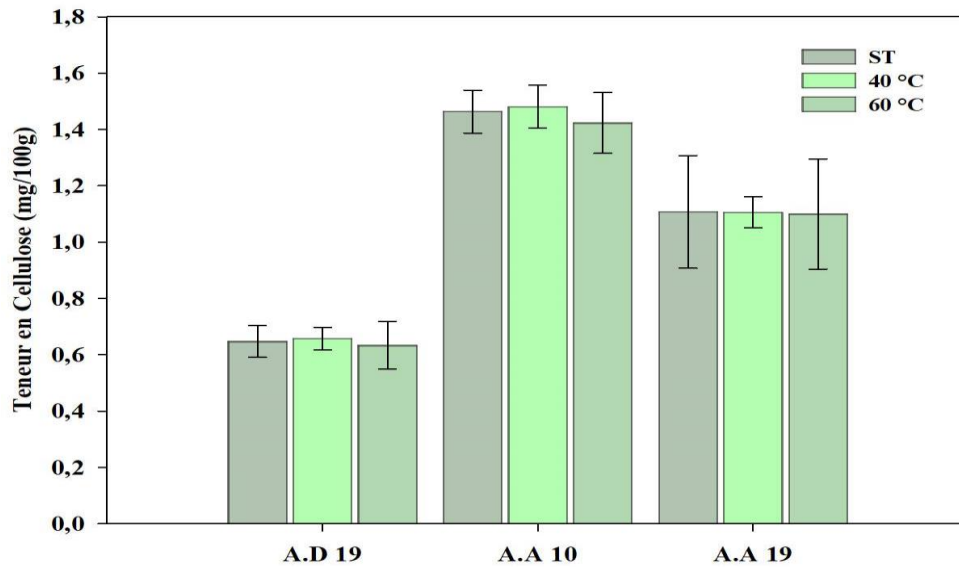


Figure 10 : Teneur en cellulose des trois variétés d'amandes (amère et douce)

La teneur moyenne en cellulose des différentes variétés étudiées est comprise entre 0,993-1,683 % pour les amandes amères provenant de la région Sétif et Bouira respectivement et 0,603-0,707% pour les amandes issues de la variété douce de Sétif.

L'analyse de variance pour le taux de cellulose a montré que les deux facteurs simultanément (la température et le cultivar) n'ont pas exercé d'effet significatif sur la teneur du produit en cellulose. En effet, la température n'a pas influencé le taux de cellulose. D'après **Kaloustian, (1996)** les lignines et la cellulose se dégradent qu'entre 400°C et 850°C.

I. 5. pH

Les valeurs du pH des trois variétés d'amandes étudiées sont illustrées dans le tableau 09 et la figure 11

Tableau 09 : Résultat de pH des trois variétés d'amande (amère et douce) . Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.

	A.D 19	A.A 10	A.A 19
ST	6.387 ± 0.006	6.530 ± 0.010	6.330 ± 0.260
40 °C	6.383 ± 0.006	6.500 ± 0.026	6.437 ± 0.012
60 °C	6.423 ± 0.006	6.473 ± 0.015	6.403 ± 0.015

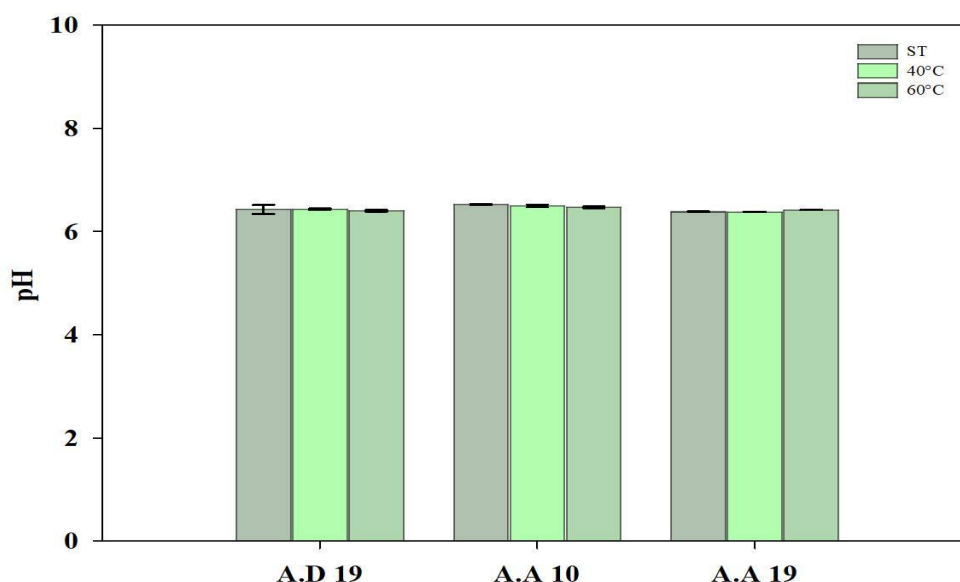


Figure 11 : pH des trois variétés d'amandes (amère et douce)

L'analyse de variance pour les résultats de pH a fait ressortir que les deux facteurs (la température et le cultivar) n'ont pas d'effet significatif ($p < 0.05$) sur le pH.

Nous avons remarqué que le pH reste stable lors des traitements appliqués. Cependant, les valeurs de pH restent variantes entre 6,33 et 6,530 pour l'ensemble de variétés d'amandes étudiées (amères et douces)

I. 6. Teneur en protéines

Les résultats de la teneur en protéines des trois variétés d'amandes étudiées sont illustrés dans le tableau 10 et la figure 12

A la lecture de ce tableau ci-dessous, nous observons que les graines d'amandes des trois variétés (amère et douce) étudiées présentent une teneur moyenne en protéines assez élevée qui se diminue avec les traitements appliqués de 40°C et 60°C.

Tableau 10 : Résultat de la teneur en protéine des trois variétés d'amande (amère et douce). Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.

	A.D 19	A.A 10	A.A 19
ST	37,227 ± 0,653	41,306 ± 0,312	36.347 ± 0.908
40 °C	34,993 ± 0,336	39,674 ± 0,178	33.328 ± 0.541
60 °C	24,091 ± 0.359	37,132 ± 0.297	29.092 ± 0.525

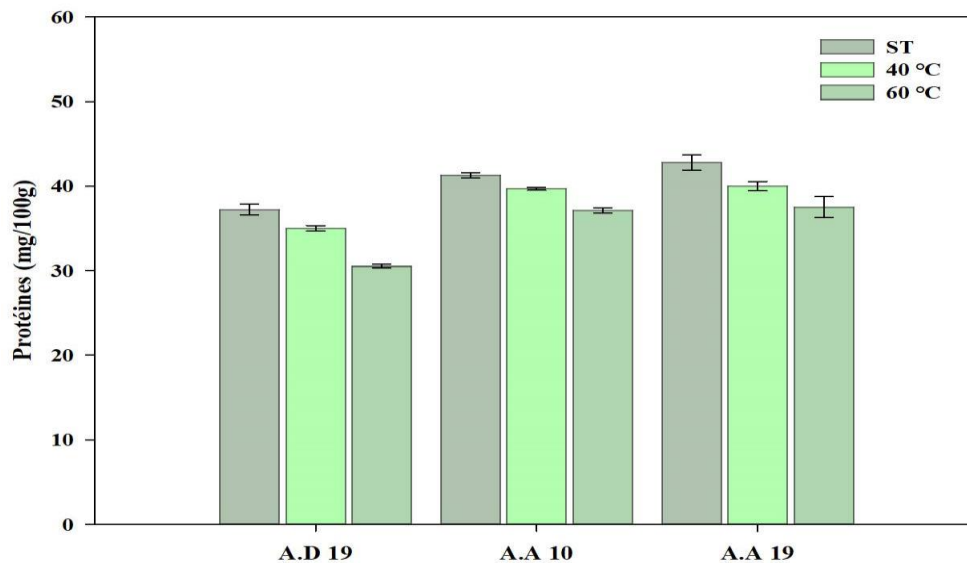


Figure 12 : Teneur en protéines des trois variétés d'amandes (amère et douce)

La teneur moyenne en protéine des différentes variétés étudiées est comprise entre 36,347% et 41,306% pour les amandes amères provenant de la région Sétif et Bouira respectivement et 37,227 % pour les amandes issues de la variété douce de Sétif.

Il ressort de ce tableau que les graines d'amandes amères de Sétif et Bouira ont subi une légère diminution de 8.31 % et de 3.95 % successivement et de 6.01 % pour les amandes

douces et ce, lors d'un traitement de 40°C. Et pour celles ayant été soumises à un traitement de 60°C, une augmentation de 19.96 % et de 10.10 % pour les mêmes variétés amères respectivement, et de 35.27 % pour les graines d'amandes douces.

Les teneurs moyennes en protéines des variétés d'amandes sont comprises entre 36,347 % MB et 41,306 % MB pour les graines de la variété amère et 37,227 % MB pour les graines issues de la variété étrangère. Ces teneurs corroborent celles mentionnées par **Ayadi et al. (2006)** et **Cherif et al. (2004)** trouvées dans les amandes tunisiennes avec une teneur qui varie oscille 50-57 g/100g MB. Des valeurs analogues ont été rapportées aussi par **Agar et al. (1998)**, **Askin et al. (2007)** et **Aslantas et al. (2001)** pour celles de la Turquie variantes entre 25-61 g/100g M.B.

I. 7. La matière grasse

Les résultats de la teneur en matière grasse des trois variétés d'amandes étudiées sont illustrés dans le tableau 11 et la figure 13

A la lecture de ce tableau ci-dessous, nous observons que les graines d'amandes des trois variétés (amère et douce) étudiées présentent une teneur moyenne en matière grasse assez élevée. On remarque que le taux de matière grasse augmente progressivement durant les traitements appliqués de 40°C et 60°C.

Tableau 11 : Résultat de la teneur en matière grasse des trois variétés d'amande (amère et douce). Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.

	A.D 19	A.A 10	A.A 19
ST	40,867 ± 0,451	39,620 ± 0,563	39,347 ± 0,622
40 °C	67,987 ± 0,519	41,773 ± 0,734	66,000 ± 0,361
60 °C	70,780 ± 0,519	56,633 ± 0,431	73,200 ± 0,964

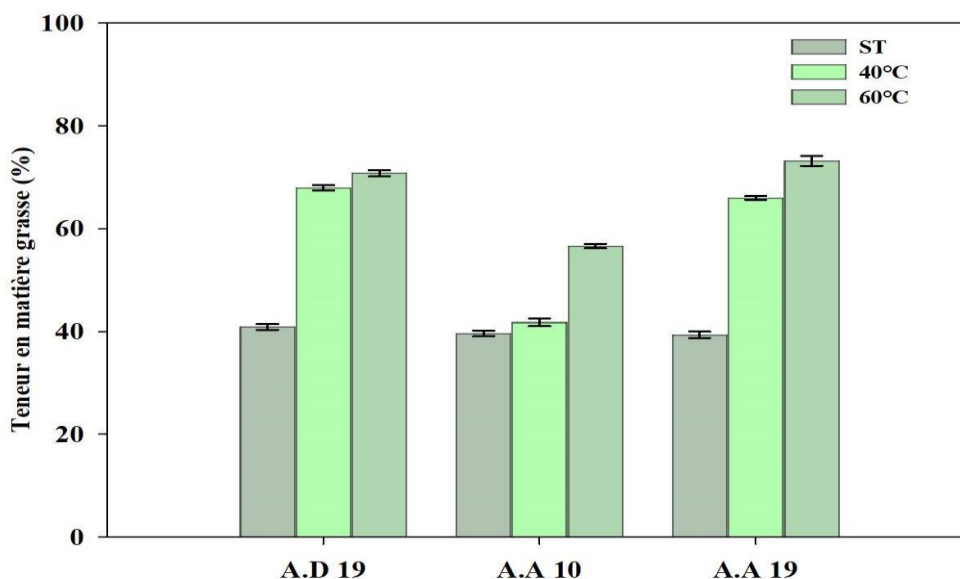


Figure 13 : Teneur en matière grasse des trois variétés d’amandes (amère et douce)

La teneur moyenne en matière grasse des différentes variétés étudiées est comprise entre 39,620 % et 39,347 % pour les amandes amères provenant de la région Bouira et Sétif respectivement et 40,867 % pour les amandes issues de la variété douce de Sétif.

Les résultats d’analyse de la matière grasse ont démontré qu’un traitement à 40°C permet une augmentation de 5,43 % et 66,36 % pour les amandes amères provenant de la région de Bouira et Sétif respectivement, et de 67,73 % pour les amandes issues de la variété douce de Sétif. Des observations similaires ont été obtenues dans le cas d’un traitement de 60°C marquant une augmentation de 42,94 % et 73,14 % pour les amandes amères et de 73,14 % pour les amandes douces.

L’analyse de variance pour la teneur en matière grasse a montré que les deux facteurs simultanément (le traitement et la variété) ont un effet significatif ($p < 0,05$) sur la teneur du produit en matière grasse.

La composition moyenne en lipides chez les variétés étudiées varie entre 39,620 g/100g et 39,347 g/100g brute pour les graines de la variété amère et 40,867 g/100g brute pour celles de la variété douce. Nos résultats sont en accord avec ceux de **Abdallah et al. (1998)**, **Ahrens et al. (2005)**, **Lopez-Ortiz et al. (2008)**, **Sathe et al. (2008)** et **Venkatachalam et Sathe (2006)** dont les teneurs varient entre 35-66 g/100g pour les amandes californienne. Cette teneur élevée en lipides est souvent rencontrée dans les

amandes, les arachides et d'autres fruits à coques, qui peut constituer une source végétale précieuse de lipides dans l'alimentation (King et al., 2008).

I. 8. Teneur en sucres totaux :

Il ressort des résultats de la teneur en sucres totaux des trois variétés d'amandes étudiées sont illustrés dans le tableau 12 et la figure 14, que les graines d'amandes des trois variétés (amère et douce) étudiées présentent une teneur moyenne en sucres totaux assez élevée. On remarque que le taux des sucres totaux diminue progressivement durant les traitements appliqués de 40°C et 60°C.

Tableau 12 : Résultat de la teneur en sucres totaux des trois variétés d'amande (amère et douce). Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.

	A.D 19	A.A 10	A.A 19
ST	19,240 ± 1,446	20,273 ± 0,261	17,673 ± 1,698
40 °C	12,259 ± 0,921	11,846 ± 1,449	11,779 ± 0,244
60 °C	8,906 ± 0,350	9,799 ± 1,449	9,779 ± 1,194

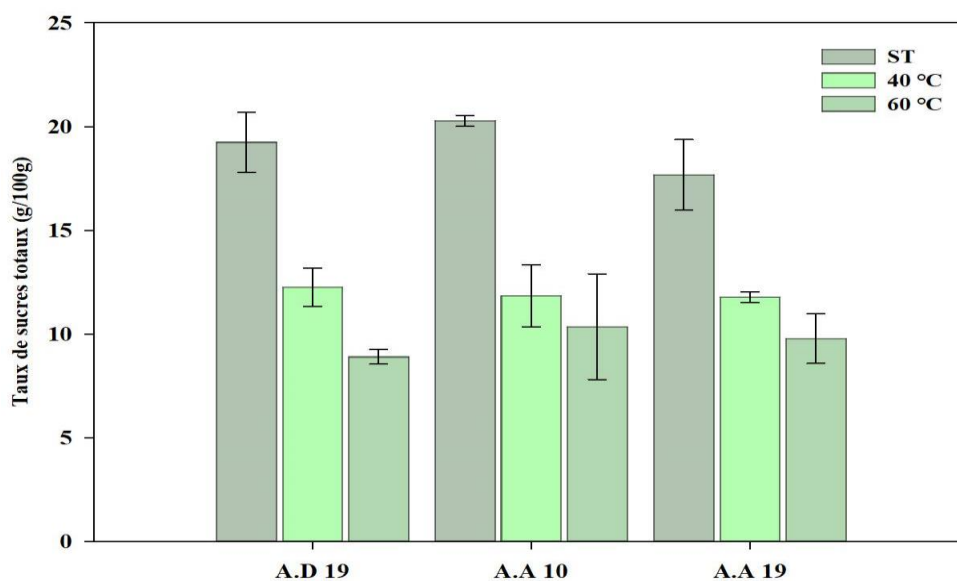


Figure 14 : Teneur en sucres totaux des trois variétés d'amandes (amère et douce)

L'analyse de variance pour la teneur en sucres totaux a montré que les deux facteurs simultanément (le traitement et la variété) ont un effet significatif ($p < 0,05$) sur la teneur du produit en sucres totaux.

La teneur moyenne en sucres totaux des différentes variétés étudiées est comprise entre 17,673g/100g MB et 20,273g/100g MB pour les amandes amères provenant de la région Sétif et Bouira respectivement et 19,240 g/100g MB pour les amandes issues de la variété douce de Sétif.

I. 9. Teneur en sucres réducteurs :

Les résultats de la teneur en sucres réducteurs des trois variétés d'amandes étudiées sont illustrés dans le tableau 13 et la figure 15

A la lecture de ce tableau ci-dessous, nous observons que les graines d'amandes des trois variétés (amère et douce) étudiées présentent une teneur moyenne en sucres réducteurs assez faible. Ces proportions marquent une baisse progressivement durant les traitements appliqués de 40°C et 60°C.

Tableau 13 : Résultat de la teneur en sucres réducteurs des trois variétés d'amande (amère et douce). Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.

	A.D 19	A.A 10	A.A 19
ST	3,602± 0.672	3.576 ± 0.393	3.666 ± 0.080
40 °C	3.255 ± 0.530	3.032 ± 0.228	3.234 ± 0.475
60 °C	2,621 ± 0,193	2.865 ± 0.089	2.876 ± 0.282

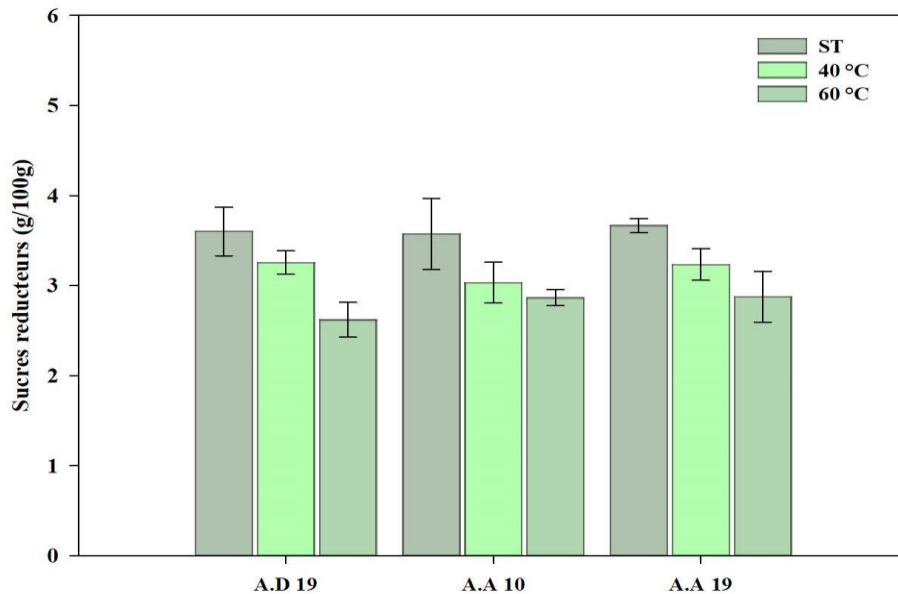


Figure 15 : Teneur en sucres réducteurs des trois variétés d'amandes (amère et douce)

L'analyse de variance pour la teneur en sucres réducteurs a montré que les deux facteurs simultanément (le traitement et la variété) ont un effet significatif ($p < 0,05$) sur la teneur du produit en sucres réducteurs.

La teneur moyenne en sucres réducteurs des différentes variétés étudiées est comprise entre 3,576g/100g MB et 3,666g/100g MB pour les amandes amères provenant de la région Bouira et Sétif respectivement et 3,602 g/100g MB pour les amandes issues de la variété douce de Sétif.

Les résultats de notre étude sont proches de ceux de **Trachi, M (2015)** rapportant une teneur de 3,11g/100g MB. La présente étude a montré que les teneurs en sucres réducteurs ont diminué progressivement après un traitement de 40°C et 60°C qui a été adopté sur les graines. Cette diminution a causé une perte de 15.21% et 9.6% pour les amandes amères de Bouira et Sétif, et 11.66 % pour les graines issues de la variété douce. Concernant le deuxième traitement une perte de 19.90 % et 27.23 pour les mêmes variétés et 21.54 % de perte en sucres réducteurs pour les graines issues de la variété douce.

I. 10. Teneur en minéraux (Na et K)

Les résultats de la teneur en minéraux Na et K des trois variétés d'amandes étudiées sont illustrés dans le tableau 14 et les figures 16-17

A la lecture de ce tableau ci-dessous, nous observons que les graines d’amandes des trois variétés (amère et douce) étudiées présentent une teneur moyenne en potassium (K) assez élevée en comparant au sodium (Na) avec une teneur moyenne assez faible.

Tableau 14 : Résultat de la teneur en potassium et sodium des trois variétés d’amande (amère et douce). Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l’écart type.

	Na	A.D 19	A.A 10	A.A 19
	ST	4,708 ± 0.118	5.282 ± 0.536	3.642 ± 0,832
Na	40 °C	4,884 ± 0.087	5.229 ± 0.386	3.680 ± 0,230
	60 °C	4,753 ± 0.351	5.114 ± 0.150	3.603 ± 0.351
	ST	520.000 ± 10,000	696,667 ± 13.647	520.000 ± 10.000
K	40 °C	518,197 ± 8,861	705.217 ± 17.321	521.367 ± 13.574
	60 °C	521,697 ±3.179	696,067 ± 12.947	518.282 ± 12.106

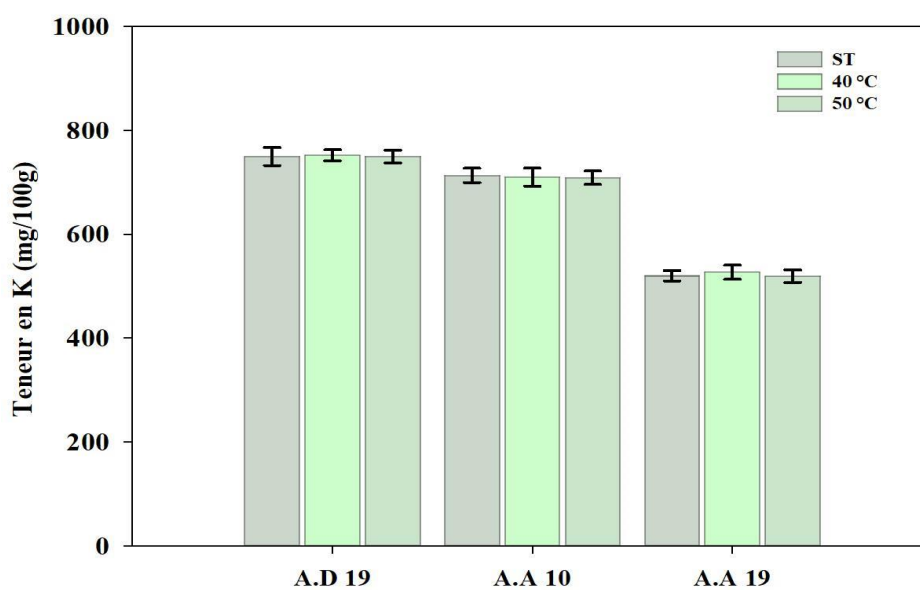


Figure 16 : Teneur en potassium (K) des trois variétés d’amandes (amère et douce)

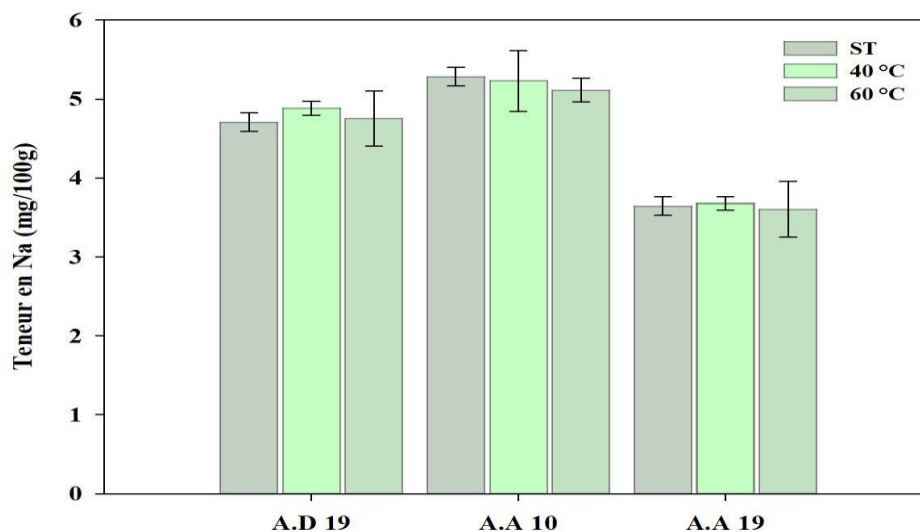


Figure 17 : Teneur en sodium (Na) des trois variétés d’amandes (amère et douce)

L’analyse de variance pour la teneur en sodium et potassium a montré que les deux facteurs simultanément (le traitement et le cultivar) ont un effet significatif ($p < 0,05$) sur la teneur du produit en sucres réducteurs.

Les résultats obtenus pour la teneur en potassium et sodium semblent être en concordance avec ceux de la littérature variant entre 390–810 mg/100g MB des amandes tunisiennes (Ayadi et al., 2006), et 1,0-20 mg/100g MB des amandes espagnoles (Prats-Moya et al. (1997), Saura Calixto et al. (1981) et Saura-Calixto and Canellas (1982).

I. 11. Indice Peroxyde

Les résultats de l’indice de peroxyde des trois variétés d’amandes étudiées sont illustrés dans le tableau 15 et la figure 18

A la lecture de ce tableau ci-dessous, nous observons que les graines d’amandes des trois variétés (amère et douce) étudiées présentent une valeur moyenne d’indice de peroxyde assez faible. On remarque que ces valeurs augmentent progressivement durant les traitements appliqués de 40°C et 60°C.

Tableau 15 : Résultat de l'indice de peroxyde des trois variétés d'amande (amère et douce) (meq d'O₂/Kg). Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.

	A.D 19	A.A 10	A.A 19
ST	2.700 ± 0.300	2.667 ± 0.321	6.067 ± 0.379
40 °C	5.867 ± 0.153	3.367 ± 0.058	7.367 ± 0.321
60 °C	6.100 ± 0.755	9.333 ± 0.416	8.467 ± 0.306

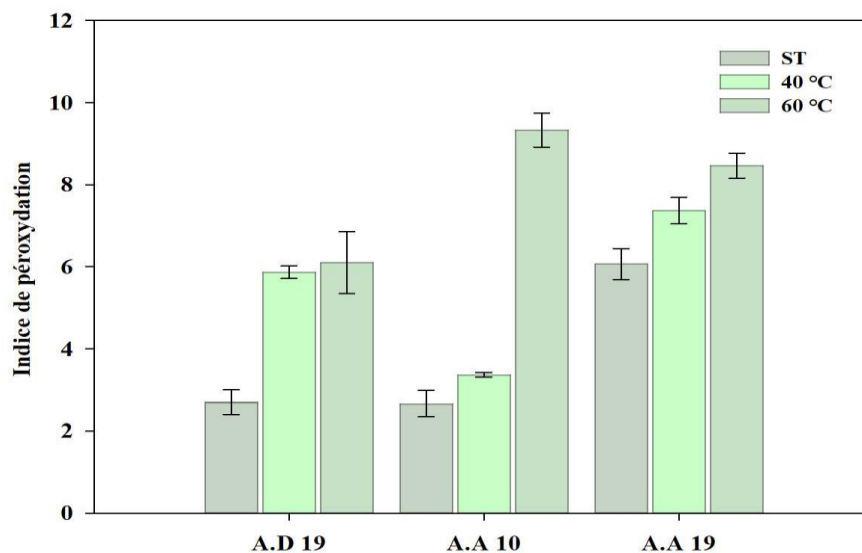


Figure 18 : Indice peroxyde des trois variétés d'amandes (amère et douce)

Il ressort de ce tableau que le traitement de cuisson sur les graines d'amandes amères de Sétif et Bouira a provoqué une augmentation progressive de l'ordre de 1.3 fois et de l'ordre 2,1 fois pour les amandes douces et ce, lors d'un traitement de 40°C, puis de l'ordre de 1.4 fois et 3,5 fois pour celles ayant été soumises à un traitement de 60°C, et de 2,2 fois pour les graines d'amandes douces.

L'indice de peroxyde (IP) est un critère de qualité, il permet de voir l'état d'oxydation des aliments et de contrôler les premières étapes de l'altération oxydative (**Chimie, 2005**).

Les valeurs de l'IP obtenues avec les variétés d'amande amère sont respectivement de l'ordre de 2,667 meq d'O₂/Kg et de 6,067 meq d'O₂/Kg pour d'amande douce. L'analyse de variance concernant ce paramètre ne révèle aucune différence significative ($p < 0.05$) entre les échantillons. Les valeurs que nous avons obtenu pour les amandes amère de Bouira et d'amandes douce de Sétif sont inférieurs à celles prescrites par la norme du **codex alimentarius** (IP=max 5 meq d'O₂/Kg). De telles valeurs nous mènent à dire que nos amandes ne présentent aucun état d'oxydation. En revanche, des valeurs supérieures à celles prescrites par la norme du codex alimentarius pour les amandes amères de Sétif et celles ayant subit le traitement de 40°C et 60°C.

I. 12. Composition en polyphénols totaux et flavonoïdes totaux :

Les résultats obtenus sont représentés dans le Tableau 16 et les Figures 19-21

Tableau 16 : Dosages des différents composés phénoliques des amandes amères et douces.

Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.

		A.D 19	A.A 10	A.A 19
Phénols totaux (mg/100g)	ST	9.005 ± 0.155	4,664 ± 0,216	6,351 ± 0,484
	40 °C	6.946 ± 1.069	4,019 ± 0,581	4,937 ± 4,515
	60 °C	4.019 ± 0.074	2,208 ± 0,261	4,515 ± 0,538
Flavonoïdes totaux (mg/100g)	ST	2.396±0.554	1.649±0.141	1,726± 0,391
	40 °C	1.849±0.572	1.3±0.211	1,534 ± 0,107
	60 °C	1.433±0.274	1.141±0.065	1,487± 0,090

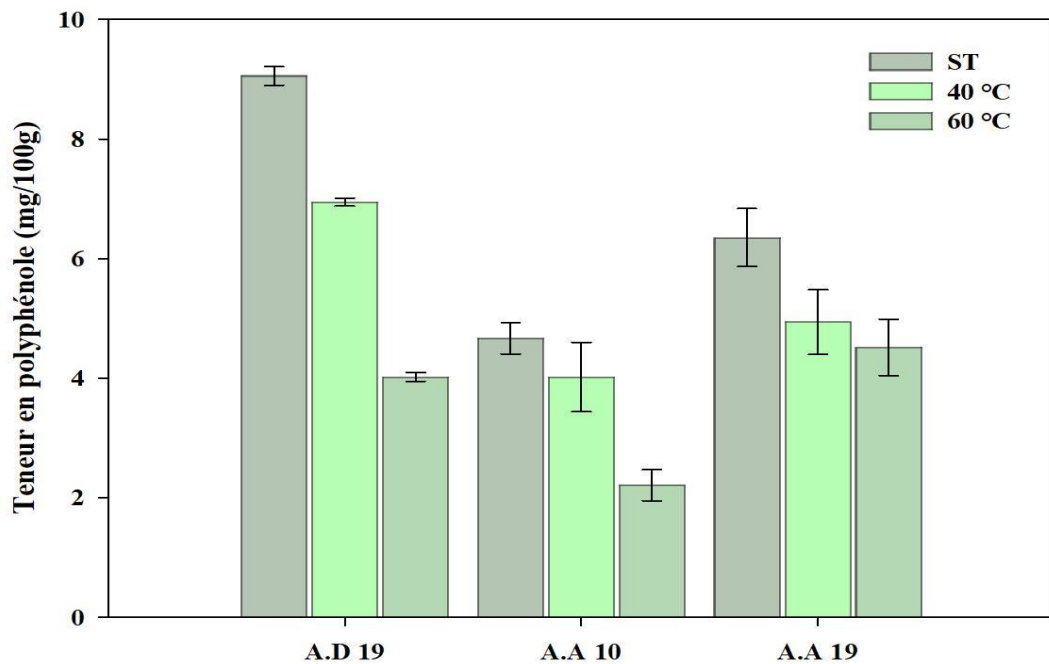


Figure 19 : Teneur en polyphénols des trois variétés d'amandes (amère et douce)

Les analyses quantitatives des données ont été déterminées à partir de l'équation de la régression linéaire ($y = 0,0118x$) et le coefficient de corrélation ($R^2 = 99,68\%$) de la courbe d'étalonnage exprimée en mg équivalent acide gallique par gramme de matière fraîche (mgEAG/g).

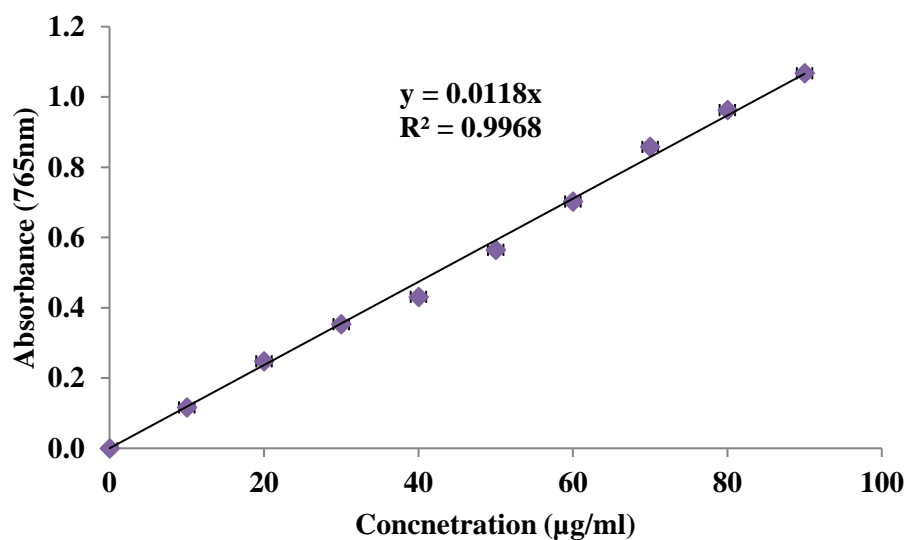


Figure 20 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

L'amande amère et l'amande douce montrent une différence significative ($p < 0,05$) dans la teneur en phénols totaux (Figure 19). Les résultats du dosage révèlent la richesse de l'extrait d'amande amère de la région de Sétif en composés phénoliques totaux par rapport à celui de la région de Bouira et à l'extrait de d'amande douce.

Nos résultats sont comparables à ceux donnés par **Barreira et al, (2008)** pour les graines d'amandes douces de Sétif. Les graines d'amandes amères obtenues dans le cadre de cette étude semblent présenter des teneurs inférieures à celles trouvées par le même auteur. La teneur en composés phénoliques totaux dans les amandes amères variait entre (4,664 mg/100g et 9.005mg/100g).

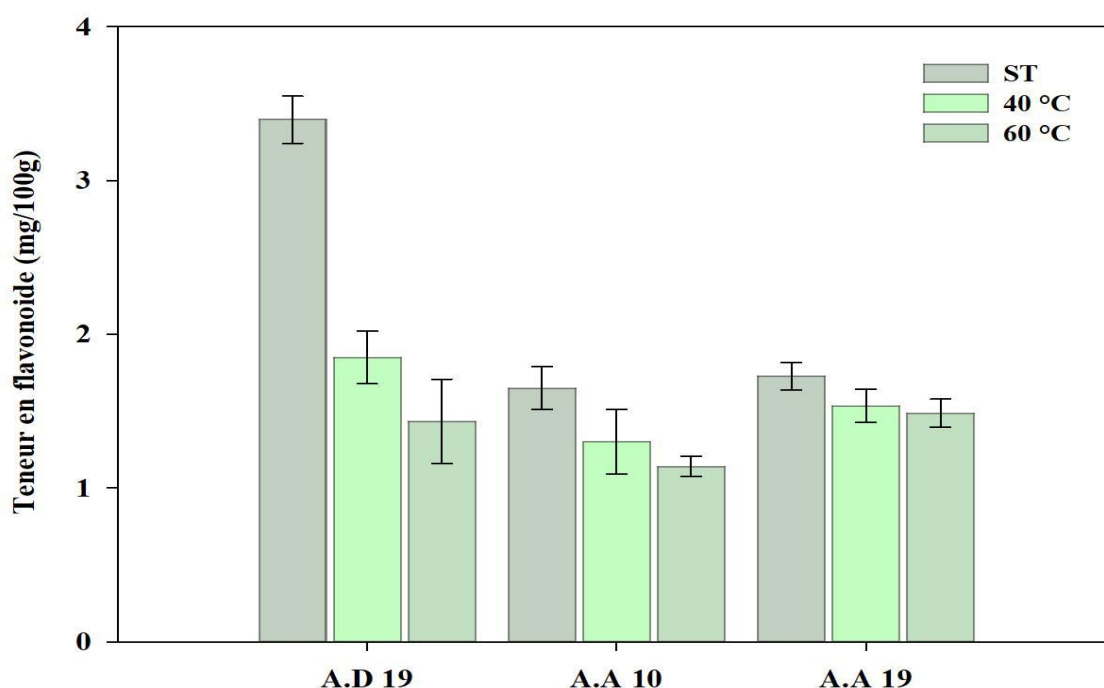


Figure 21 : Teneur en flavonoïde des trois variétés d'amandes (amère et douce)

Les analyses quantitatives ont été déterminées à partir des équations de la régression linéaire ($y = 0,015x$) et un coefficient de corrélation ($R^2 = 99,85\%$) de la courbe d'étalonnage exprimées en mg équivalent Quercitrine par gramme de matière fraîche (mgER/g).

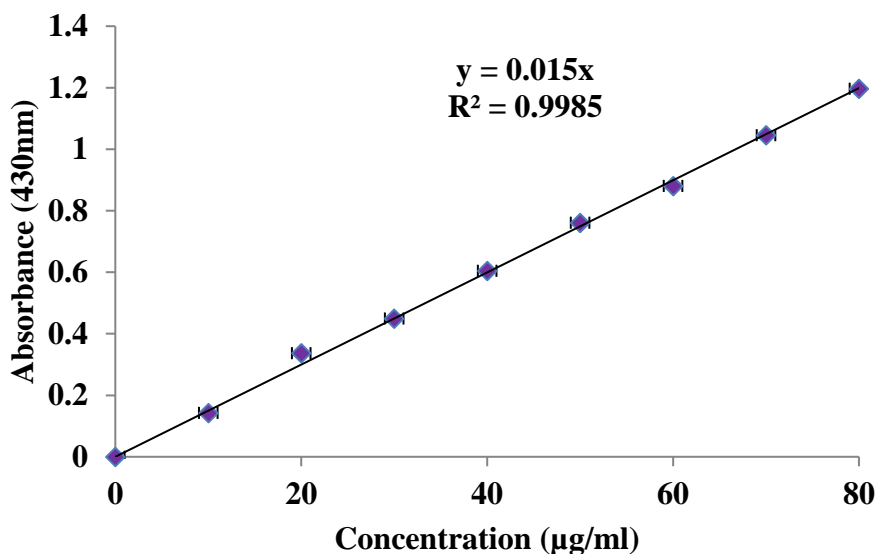


Figure 22 : Courbe d'étalonnage de la quercitrine.

L'amande amère et douce montrent une différence significative ($p < 0,05$) dans la teneur en flavonoïdes totaux, ils sont plus abondants dans la variété douce que dans la variété amère (Bouira – Sétif) avec un taux de 3,396mg EQ/g, 1,649 – 1,726mg EQ/g respectivement. La teneur en flavonoïdes des amandes amères et douces est supérieure à celle donnés par (Barreira *et al.*, 2008) 6,24-25,02 mg/100g.

I. 13. Activité antioxydante DPPH :

L'activité antioxydante des deux extraits a été évaluée par la méthode de piégeage du radical libre DPPH, dans le but de déterminer la concentration de l'antioxydant permettant d'inhiber la moitié du radical. Cette méthode s'accompagne par le passage du radical DPPH de la couleur violette à la couleur jaune mesurable à 517nm (Prakash *et al.*, 2007).

Comme il n'existe pas de mesure absolue de la capacité antioxydante d'un composé, les résultats sont souvent portés par rapport à un antioxydant de référence, comme l'acide ascorbique (vitamine C) (Alyafi, 2007).

Une droite d'étalonnage a été établie en tenant compte des différentes solutions d'acide ascorbique (Vit. C) préparées et leurs densités optiques correspondantes, avec $R^2 = 99,23\%$ (Figure 23). Les taux d'inhibition ont été calculés pour chacune des concentrations, en se basant sur les densités optiques obtenues à partir des préparations (les différents extraits et Vit. C).

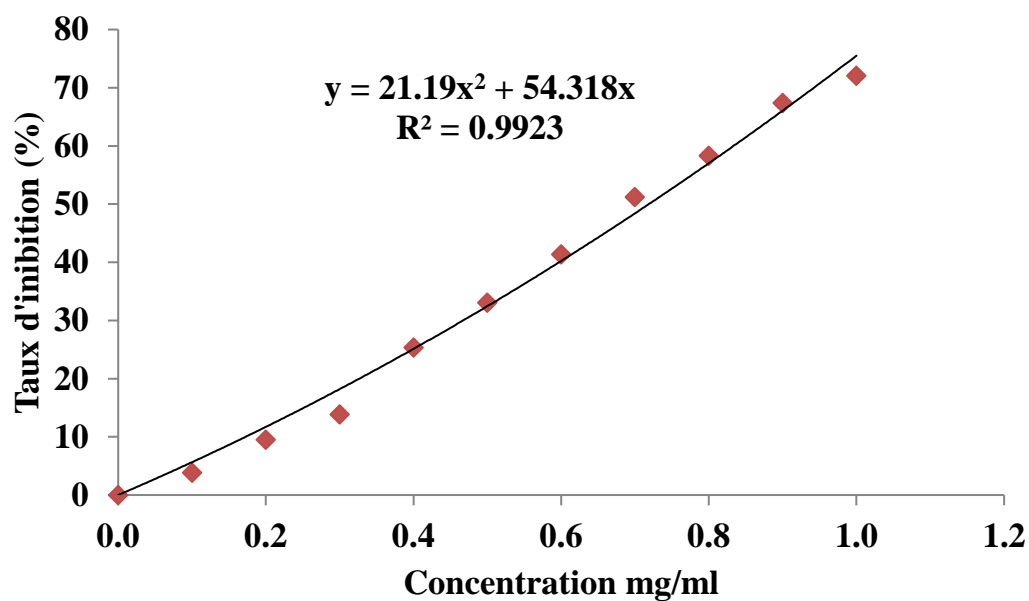
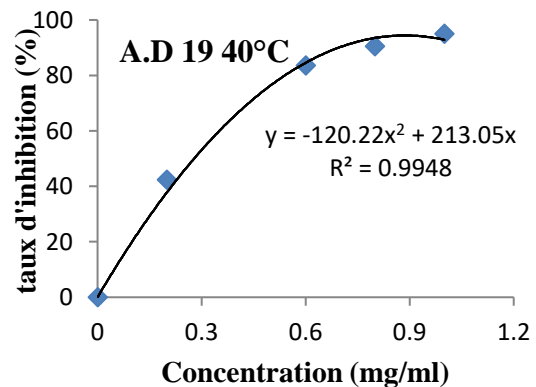
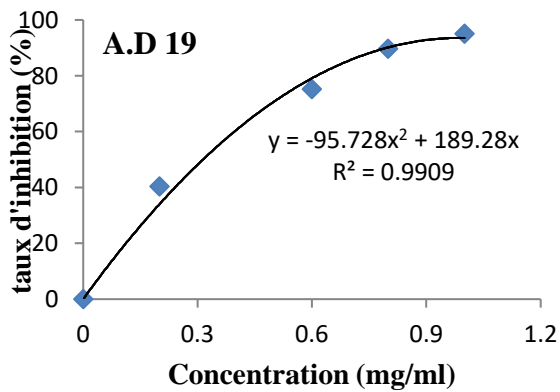
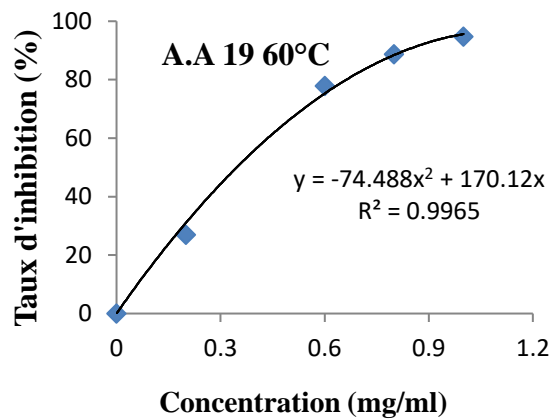
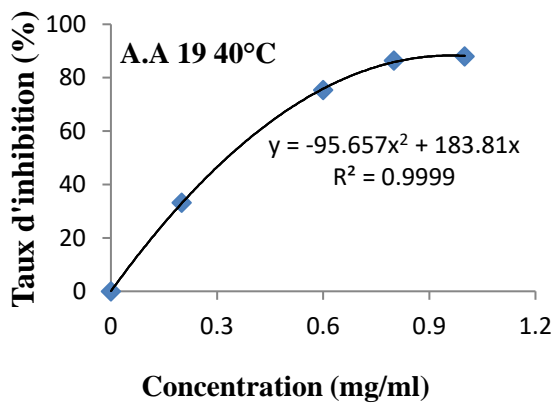
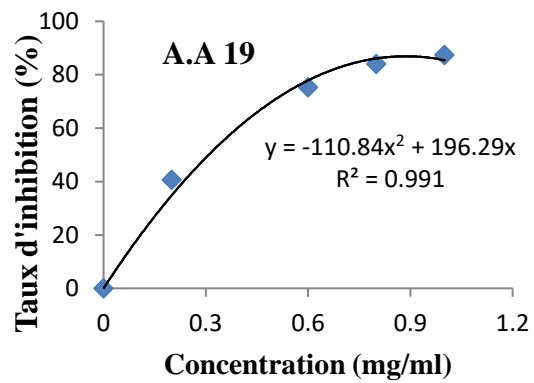
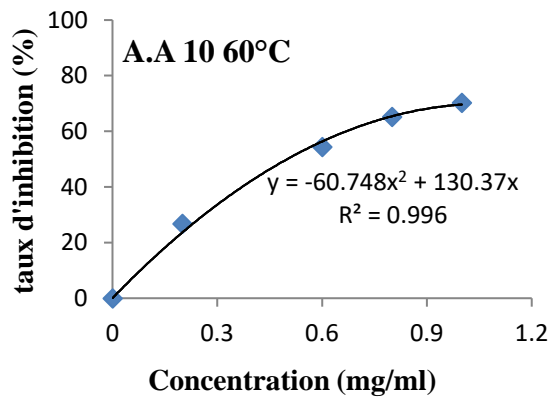
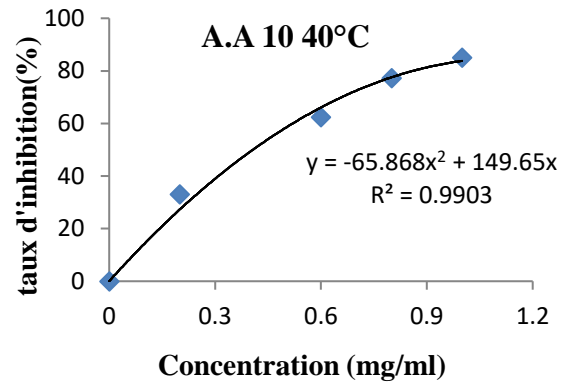
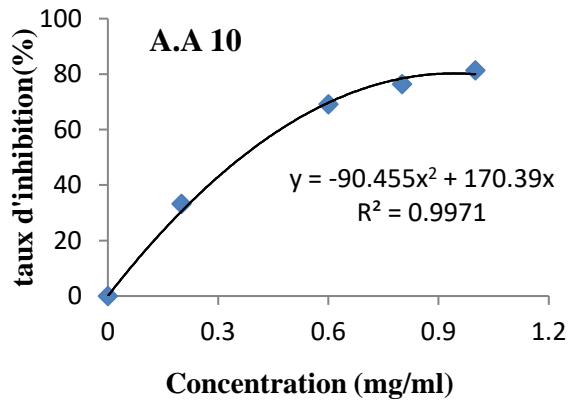
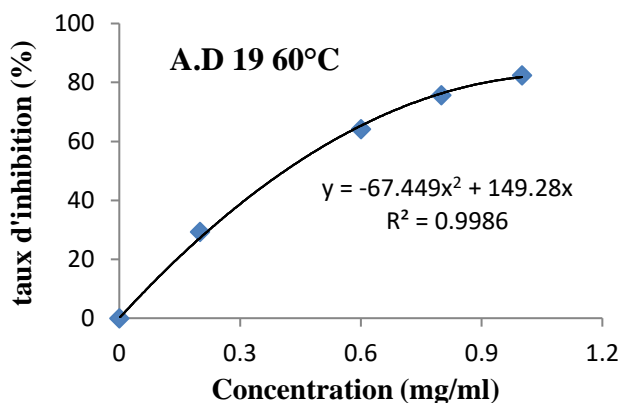


Figure 23 : Courbe étalonnage de l'activité antioxydant de l'acide ascorbique.

Tableau 17 : IC₅₀ des extraits déterminé par la méthode de DPPH.

	Echantillon	IC ₅₀ (mg/ml)
	ST	0,22754
A.D 19	40°C	0.2399
	60°C	0.26195
	ST	0.2923
A.A 10	40°C	0.299
	60°C	0.34
	ST	0.2108
A.A 19	40°C	0.2379
	60°C	0.2969





Figures (24-32) : Evolutions des taux d'inhibition de DPPH par les extraits lyophilisés des trois variétés d'amandes (amère et douce)

Activité antioxydante

Les courbes de régression (Figures 24-32) montrent que le pourcentage d'inhibition du radical DPPH augmente avec l'augmentation de la concentration des extraits des amandes amères et douce.

L'activité antioxydante des extraits a été évaluée par le calcul de la valeur IC_{50} , qui indique la concentration nécessaire de l'extrait qui inhibe 50% du radical libre DPPH.

Les résultats relatifs à ce test sont consignés dans le Tableau 17. Parmi les extraits, l'amande douce représente la meilleure activité inhibitrice du radical DPPH.

Contrairement aux extraits étudiés, l'acide ascorbique se montre plus actif vis-à-vis du radical DPPH avec une IC_{50} de l'ordre de 0,72mg/ml. Le taux d'inhibition maximum de 75,5% a été atteint lorsque l'acide ascorbique a été additionné à raison de 1mg/ml.

Alors, il était important d'établir une relation qui existe entre la présence des composés phénoliques et l'activité antioxydante. En effet, les résultats de cette régression indiquent une relation positive entre les composés phénoliques et les activités antioxydantes des différents extraits de l'amande douce et des amandes amères.

Selon Bhat *et al.*, (2012) ; Naczki *et Shahidi* (2006), la récupération des polyphénols et d'autres composés antioxydants de la matière végétale dépend, considérablement, de la solubilité de ces composés dans un solvant donné, de la polarité des solvants et de la viscosité. Ainsi, les solvants tels que le méthanol ou l'acétone peuvent atteindre facilement les endroits intracellulaires, afin de lixivier au maximum les constituants actifs. Parmi les différents

facteurs qui ont contribué aux divers résultats obtenus réside donc dans la nature chimique des composés, les solvants d'extraction utilisés, la méthode d'analyse utilisée et les variétés d'amande étudiées.

Conclusion.

Conclusion :

Ce travail a été mené dans le cadre de l'étude des caractéristiques physicochimiques et l'activité antioxydante des deux variétés d'amandiers : l'amandier amer (*Prunus Amygdalus amara*) issu de deux régions de l'est Algérien (Sétif et Bouira) et l'amandier doux (*Prunus Amygdalus dulcis*) provenant de la région de Sétif.

La composition nutritive des amandes est principalement dépendante de la variété mais peut également être influencée par des facteurs environnementaux tels que la région, les méthodes de culture, les conditions climatiques, la maturité du noyau ou les interactions de tous ces facteurs.

Il ressort de cette étude que les amandes ont une composition intéressante par leur richesse en protéines, lipides, potassium et d'anti-oxydants, ce qui représente une source importante pour couvrir certains besoins alimentaires de l'homme (voir les nutriments décrits plus haut).

L'analyse physico-chimique de l'indice de peroxyde révèle que les graines d'amandes étudiées peuvent être conservées convenablement au cours du temps en respectant bien sûr les conditions de stockage.

D'autre part on a constaté une diminution négligeable de la teneur en protéines et de l'activité antioxydante sous l'effet d'une température variant entre 40 et 60°C.

De ce qui précède, nous pouvons affirmer que les amandes en général constituent une excellente source biologique de nutriments aussi bien pour le volet alimentaire que thérapeutique.

Les lipides dans les amandes sont principalement constitués de lipides de stockage contenus dans les tissus des cotylédons des noyaux. Les amandes et beaucoup d'autres noix comestibles sont une source de lipides constitués essentiellement d'acides gras mono et polyinsaturés très intéressants pour la santé humaine.

Des recherches futures sur la variabilité des éléments nutritifs dépendant du génotype des amandes peuvent contribuer à l'amélioration de leur composition nutritive avec une meilleure compréhension des interactions entre l'environnement de production et la qualité du produit.

Cependant, très peu d'études publiées ont examiné en profondeur les différents cultivars ou variétés algériennes cultivées dans divers endroits sur plusieurs années de production.

Il y a lieu cependant de signaler ici que notre présente étude n'a pas la prétention de cerner tous les aspects liés à une connaissance approfondie de l'amande, elle a forcément besoin d'être complétée par d'autres travaux de recherche plus approfondis pour notamment :

- Elargir l'étude biochimique sur les autres composants macro et micro nutriments tels que les vitamines, les acides aminés et les acides gras mono et polyinsaturés.
- Réaliser des tests sensoriels pour les amandes amères qui vont apporter un peu plus de précision sur certaines caractéristiques organoleptiques soumises à l'appréciation des consommateurs.
- Valorisation des amandes amères comme étant des antioxydants naturels
- Valorisation des sous produits issus de la transformation des amandes

Liste des figures

- Figure 01** Description du fruit d'amande. 3
- Figure 02** Fleurs, fruit à coque verte et mûr. 3
- Figure 03** Carte représentant des zones de provenance des trois variétés étudiées des amandes en Algérie.
- Figure 04** Schéma des protocoles des analyses physico chimiques effectuées
- Figure 05** Réaction du DNS avec un sucre réducteur
- Figure 06** Réaction d'un antioxydant avec le radical DPPH.
- Figure 07** Teneur en matière sèche des trois variétés d'amandes (amère et douce)
- Figure 08** Teneur en humidité des trois variétés d'amandes (amère et douce)
- Figure 09** Teneur en matière minérale des trois variétés d'amandes (amère et douce)
- Figure 10** Teneur en cellulose des trois variétés d'amandes (amère et douce)
- Figure 11** pH des trois variétés d'amandes (amère et douce)
- Figure 12** Teneur en protéines des trois variétés d'amandes (amère et douce)
- Figure 13** Teneur en matière grasse des trois variétés d'amandes (amère et douce)
- Figure 14** Teneur en sucres totaux des trois variétés d'amandes (amère et douce)
- Figure 15** Teneur en sucres réducteurs des trois variétés d'amandes (amère et douce)
- Figure 16** Teneur en potassium (K) des trois variétés d'amandes (amère et douce)
- Figure 17** Teneur en sodium (Na) des trois variétés d'amandes (amère et douce)
- Figure 18** Indice peroxyde des trois variétés d'amandes (amère et douce)
- Figure 19** Teneur en polyphénols des trois variétés d'amandes (amère et douce)
- Figure 20** Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.
- Figure 21** Teneur en flavonoïde des trois variétés d'amandes (amère et douce)
- Figure 22** Courbe d'étalonnage de la quercitrine.
- Figure 23** Courbe étalonnage de l'activité antioxydant de l'acide ascorbique.
- Figures (24-32)** Evolutions des taux d'inhibition de DPPH par les extraits lyophilisés des trois variétés d'amandes (amère et douce)

Liste des tableaux

- Tableau 01** Taxonomie de l'amandier (*Prunus Amygdalus*) selon Felipe, (2000).
- Tableau 02** Production arboricole (en 1000 tonnes) dans le monde, en Méditerranée et en Algérie et principaux pays producteurs. (Anonyme, 2005)
- Tableau 03a** Productions, superficies et rendements moyens de l'arboriculture fruitière enregistrés durant les campagnes 1995/1996 et 2004/2005.
- Tableau03b** Liste des variétés d'amandier cultivées en Algérie selon Auguste (1950)
- Tableau 04** Composition chimique d'amandier selon (Guy, 1999)
- Tableau 05** Résultat de la teneur en eau des trois variétés d'amande (amère et douce) (g/100g). Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.
- Tableau 06** Résultat de la teneur en eau des trois variétés d'amande (amère et douce) (g/100g).). Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.
- Tableau 07** Résultat de la teneur en eau des trois variétés d'amande (amère et douce) (g/100g). Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.
- Tableau 08** Résultat de la teneur en eau des trois variétés d'amande (amère et douce). (g/100g) Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.
- Tableau 09** Résultat de la teneur en eau des trois variétés d'amande (amère et douce). (g/100g). Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type..
- Tableau 10** Résultat de la teneur en protéine des trois variétés d'amande (amère et douce). (g/100g). Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.
- Tableau 11** Résultat de la teneur en protéine des trois variétés d'amande (amère et douce). (g/100g). Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.
- Tableau 12** Résultat de la teneur en sucres totaux des trois variétés d'amande (amère et douce) (g/100g). Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.

- Tableau 13** Résultat de la teneur en sucres réducteurs des trois variétés d'amande (amère et douce) (g/100g). Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.
- Tableau 14** Résultat de la teneur en potassium et sodium des trois variétés d'amande (amère et douce) (mg/100g). Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.
- Tableau 15** Résultat de l'indice de peroxyde des trois variétés d'amande (amère et douce) (meq d'O₂/Kg) Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n=3) suivie de l'écart type.
- Tableau 16** Dosages des différents composés phénoliques des amandes amères et douces.
- Tableau 17** IC₅₀ des extraits déterminé par la méthode de DPPH.

Références.

- **Abdallah, A., Ahumada, M.H., Gradziel, T.M., (1998):** Oil content and fatty acid composition of almond kernels from different genotypes and California production regions. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 123, 1029–1033.
- **AFNOR, E. D. C. (1981) :** Association Française de Normalisation. P 18-406
- **Ahmad, Z. (2010).** The uses and properties of almond oil. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 16(1), 10-12.
- **Ahrens, S., Venkatachalam, M., Mistry, A.M., Lapsley, K., Sathe, S.K., (2005)** Almond (*Prunus dulcis* L.) protein quality. *Plant Foods for Human Nutrition* 60, 123–128.
- **American Association of Cereal Chemists, (2001):** The definition of dietary fiber. (Report of the Dietary Fiber Definition Committee to the Board of Directors of the AACCC.). *Cereal Foods World* 46 (3), 112–126.
- **André, R. (1998) :** La maladie de parkinson. Masson. 16-19.
- **Arkcoll, D. (1988):** Laurie oil resources. *Economicbotany*, 42(2), 195-205.
- **Aruoma, O. I. (1998):** Free radicals, oxidative stress, and antioxidants in human health and disease. *Journal of the American oilchemists society*, 75(2), 199-212.
- **Aslantas, R., Guleryuz, M., Turan, M., (2001):** Some chemical contents of selected almond (*Prunus amygdalus* Batsch) types. *Cahiers Options Méditerranéennes* 56, 347–350..
- **Aurousseau, B. (2002) :** Les radicaux libres dans l'organisme des animaux d'élevage: conséquences sur la reproduction, la physiologie et la qualité de leurs produits. *Productions animales*, 15(1), 67-82.
- **Bansal P, Sannd R, Srikanth N, Lavekar GS., (2009):** Effet of a traditionally designed nutraceutical on the stress induced immunoglobulin changes at Antarctica. *Afr J Biochem Res*, v, 3, p.1084-88.
- **Bonnefont, R., Beaudoux, L., Delattre, J. Radicaux libres et stress oxydant: aspects biologiques et pathologiques, (2003):** Lavoisier Edition. DOC Editions Médicales Internationales. Paris, pp. 147 - 167.
- **Brigelius-Flohe´, R., Kelly, F.J., Salonen, J.T., Neuzil, J., Zingg, J.-M., Azzi, A., (2002)** The European perspective on vitamin E: current knowledge and future research. *American Journal of Clinical Nutrition* 76, 703–716.
- **Chen, C. Y., Lapsley, K., & Blumberg, J. (2006):** A nutrition and health perspective on almonds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(14), 2245-2250
- **Chen, C.-Y., Lapsley, K., Blumberg, J., (2006):** A nutrition and health perspective on almonds. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86, 2245–2250.

- **Cowan, J.W., Sabry, Z.I., Rinnu, F.J., Campbell, J.A., (1963):** Evaluation of protein in Middle Eastern diets: I. Almond (*Prunus amygdalus*). *Journal of Nutrition* 81, 235–240.
- **Favier, A. (2003):** Le stress oxydant : Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique, *L'actualité chimique*, pp. 108-115.
- **Felipe, A. J. (2000):** El almendro: el material vegetal. Mira Editores.
- **Georgetti, S. R., Casagrande, R., Di Mambro, V. M., Azzolini, A. E., & Fonseca, M. J. (2003):** Evaluation of the antioxidant activity of different flavonoids by the chemiluminescence method. *AAPS PharmSci*, 5 (2), 111.
- **Groussard, C. (2006) :** Stress oxydatif et exercice anaérobie. *Science & sports*, 21(2), 62-67.
- **Jamshed, H., Sultan, F. A. T., Iqbal, R., & Gilani, A. H. (2015):** Dietary almonds increase serum HDL cholesterol in coronary artery disease patients in a randomized controlled trial. *The Journal of nutrition*, 145(10), 2287-2292.
- **Jha, P., Flather, M., Lonn, E., Farkouh, M., & Yusuf, S. (1995):** The antioxidant vitamins and cardiovascular disease: a critical review of epidemiologic and clinical trial data. *Annals of Internal Medicine*, 123(11), 860-872.
- **Kaloustian J., Pauli M. A., Pastor J., (1996) :** Caractérisation par analyse thermique de la lignine, de la cellulose et de quelques-uns de ses dérivés estérifiés. *Journal of Thermal Analysis*, v. 46, p. 91-104
- **Lee, J., Koo, N., & Min, D. B. (2004):** Reactive oxygen species, aging, and antioxidative nutraceuticals. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 3(1), 21-33.
- **Lintas, C., Cappelloni, M., (1992):** Dietary fiber content of Italian fruit and nuts. *Journal of Food Composition and Analysis* 5, 146–151.
- **Lopez-Ortiz, C.M., Prats-Moya, S., Beltrán Sanahuja, A., Maestre-Pérez, S.E., Granel - Teruel, N., Martí n-Carratala´, M.L., (2008):** Comparative study of tocopherol homologue content in four almond oil cultivars during two consecutive years. *Journal of Food Composition and Analysis* 21, 144–151.
- **Mandalari, G., Tomaino, A., Arcoraci, T., Martorana, M., Lo Turco, V., Cacciola, F., Rich, G.T., Bisignano, C., Saija, A., Dugo, P., Cross, K.L., Parker, M.L., Waldron, K.W., Wickham, M.S.J., (2010):** Characterization of polyphenols, lipids and dietary fibre from almond skins (*Amygdalus communis* L.). *Journal of Food Composition and Analysis* 23, 166–174.

- **Marfak, A., Delage, C., & Duroux, J. L. (2003):** Antioxidant, anti-inflammatory and antiproliferative properties of sixteen water plant extracts used in the Limousin countryside as herbal teas. *Food Chemistry*, 80 (3), 399-407.
- **Massion, J., Preise, R. J. C., & Balligand, J. L. (2002).** Les espèces réactives de l'azote: bénéfiques ou délétères. *Reactive nitrogen species: deleterious or not. Nutrition clinique et métabolisme*, 16,248-252.
- **Milbury, P.E., Chen, C.-Y., Dolnikowski, G.G., Blumberg, J.B., (2006):** Determination of flavonoids and phenolics and their distribution in almonds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54, 5027–5033.
- **Milbury, P.E., Chen, C.-Y., Dolnikowski, G.G., Blumberg, J.B., (2006):** Determination of flavonoids and phenolics and their distribution in almonds. *J. Agric. Food Chem.* 54, 5027–5033.
- **Morin, L., Dronne, Y., & Requillart, V. (1994) :** La demande non alimentaire des huiles et graisses Oleag. *Corps Gras Lipides*, 3, 188-191.
- **Pinelo, M., Sineiro, J., Nunez, M. J., (2004):** Extraction of antioxidant phenolics from almond hulls (*Prunus amygdalus*) and pine sawdust (*Pinus pinaster*). *Food Chemistry*, v85, p.267-273.
- **Pitchford, P. (2002):** Healing with whole foods: Asian traditions and modern nutrition. North Atlantic Books. Berkeley, CA. p532.
- **Prichard, T.L., (1996):** Irrigation systems. In: Micke, W. (Ed.), *Almond Production Manual*. University of California (System), Division of Agriculture and Natural Resources, Publication no. 3364. Oakland, CA, USA, pp. 41–46
- **Puri A, Shai R, Singh KT, Saxena RP, Tan don JS, Saxena KC., (2000):** Immunostimulant activity of dry fruits and plant materials which are used on the India traditional medical system for mothers after child birth and invalids. *J Ethnopharmacol*, v.71.p89-92.
- **Rabinowitz, I. N. (2004):** Dietary fiber, process for preparing it, and augmented dietary fiber from almond hulls. US Patent, US 0018255.
- **Rahman, A. U., Nasim, S., Baig, I., Jalil, S., Orhan, I., Sener, B., & Choudhary, M. I. (2003):** Anti-inflammatory isoflavonoids from the rhizomes of *Iris germanica*. *Journal of ethnopharmacology*, 86 (2-3), 177-180.
- **Ren, Y., Waldron, K.W., Pacy, J.F., Brain, A., Ellis, P.R., (2001):** Chemical and histochemical characterisation of cell wall polysaccharides in almond seeds in relation to lipid bioavailability. In: Pfannhauser, W., Fenwick, G.R., Khokhar, S. (Eds.), *Biological-active phytochemicals in food*. Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, pp. 448–452.

- **Sang, S., Lapsley, K., Jeong, W.-S., Lachance, P.A., Ho, C.H., Rosen, R.T., (2002a):** Antioxidative phenolic compounds isolated from almond skins (*Prunus amygdalus* Batsch). *J. Agric. Food Chem.* 50, 2459–2463.
 - **Sang, S., Lapsley, K., Rosen, R.T., Ho, C.H., (2002b).** New prenilated benzoic acid and other constituents from almond hulls (*Prunus amygdalus* Batsch). *J. Agric. Food Chem.* 50, 607–609.
 - **Sathe, S. K. (1992):** Solubilization, electrophoretic characterization and in vitro digestibility of almond (*Prunus Amygdalus*) proteins. *Journal of food biochemistry*, 16 (4), 249-264.
 - **Sathe, S.K., Seeram, N.P., Kshirsagar, H.H., Heber, D., Lapsley, K., (2008):** Fatty acid composition of California grown almonds. *Journal of Food Science* 73 (9), C607–C614.
 - **Sen, C.K., Khanna, S., Roy, S., (2007):** Tocotrienols in health and disease: the other half of the natural vitamin E family. *Molecular Aspects of Medicine* 28, 692–728.
 - **Silberfeld, T., &Reeb, C. Trouillas, P., Calliste, C. A., Allais, D. P., Simon, A., (2013) :** Guide des plantes mellifères: 200 plantes de France et d'Europe. Ed. Delachauxet Niestlé.
- Subhashinee, S.K.W., Mamdouh, M.A.-Z., Shahidi, F., (2006):** Antioxidant polyphenols in almond and its coproducts. *J. Agric. Food Chem.* 54, 312–318.
- **Takeoka, G.R., Dao, L.T., (2003):** Antioxidant constituents of almond (*Prunus dulcis* (Mill) D.A. Webb) hulls. *J. Agric. Food Chem.* 51, 496–501.
 - **Takeoka, G.R., Dao, L.T., Teranishi, R., Wong, R., Flessa, S., Harden, L., (2000):** identification of three triterpenoids in almond hulls. *J. Agric. Food Chem.* 48, 3437–3439.
 - **US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, (2010a):** USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 23. Retrieved October 4, 2010 from: Nutrient Data Laboratory Home Page: <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>.
 - **US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, (2010a):** USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 23. Retrieved October 4, 2010 from: Nutrient Data Laboratory Home Page: <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>.
 - **Vaivre-Douret, L., Oriot, D., Blossier, P., Py, A., Kasolter-Péré, M., &Zwang, J. (2009):** The effect of multimodal stimulation and cutaneous application of vegetable oils on neonatal development in preterm infants: a randomized controlled trial. *Child: care, health and development*, 35(1), 96-105.

- **Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M. T., Mazur, M., &Telser, J. (2007):** Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *The international journal of biochemistry&cellbiology*, 39(1), 44-84.
- **Venkatachalam, M., Sathe, S.K., (2006):** Chemical composition of selected edible nut seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54, 4705–471.
- **Voituriez, T., & De Nuce De Lamothe, M. (1997) :** L'avenir contrasté du marché des huiles lauriques. *Plantations, recherche, développement*, 4(6), 378-382.
- **Walker, J. E., Saraste, M., Runswick, M. J., & Gay, N. J. (1982):** Distantly related sequences in the alpha-and beta-subunits of ATP synthase, myosin, kinases and other ATP-requiring enzymes and a common nucleotide binding fold. *The EMBO journal*, 1(8), 945.
- **Yada Sylvia, Karen Lapsley, Guangwei Huang, (2011):** A review of composition studies of cultivated almonds: macro nutrients and micro nutrients. *Food composition analysis*.

Annexes.

Annexe



figure 33 : Laboratoire pédagogique de l'Ecole Supérieur d'Agronomie de Mostaganem.

Tableau03b : Liste des variétés d'amandier cultivées en Algérie selon Auguste (1950)

Variétés	Origine	Coque	Observation
Al	Métropole	tendre	La plus intéressante des tendre ; Oranie
Barteriana	Sicile	Tendre	Consommée en vert surtout ; zone littorale
Non Pareil	Californie	Tendre	La plus tendre
Nec plus Ultra	Californie	Tendre	Amandons allongés
1 X L	Californie	Tendre	Bonne amande
Drake	Californie	Tendre	-
Fournat de Brezenaud	Française	Tendre	-
Languedouc	Française	Tendre	Peu d'amandons doubles
Grosse tendre	?	Tendre	Développement énorme
Cavailliera	Tunisie	Tendre	-
Avola	Italienne	Dure	Recherchée pour les dragées
Desmayo	Espagnole	Dure	Rare en Algérie, très fertile
Macona	Espagnole	Dure	Répondue, recherchée pour pâte d'amande
constantini	?	Demi-dure	Bonne pour les régions arides
Perless	?	Demi-dure	Très fertile
Texas	Californie	Dure	Rare cultivée pour pollinisation, fruit sans intérêt