

# UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des sciences de la nature et de la vie

Département des sciences biologiques



## Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Biochimie Appliquée

Présenté par : NEDJAI Hanine et OMRI Rim

## Thème

**Extraction et caractérisation des lipides des  
graines de quinoa (*Chenopodium quinoa*) variété  
Q102**

Soutenu publiquement

Le : 22/06/2023

Devant le jury :

Mme Oul El Hadj-Khelil Aminata	Pr UKMO	Président
Melle. Telli Alia	MCA UKMO	Promoteur
Mme. Bouaziz Sabrina	MCB UKMO	Examineur

Année Universitaire : 2022 /2023



## Dédicace

*Je dédie ce travail avec tous mes respects à mes très chers parents, à ma chère mère pour l'amour quel me porte, sa patience et ses sacrifices.*

*A mon cher père ma source de volonté et de fierté, je suis fière de la fille que je suis aujourd'hui grâce à lui.*

*A mes très chères sœurs **Dhikra et Rym** pour leurs encouragements et leur soutien moral.*

*A mes deux chers frères **Djalel et Moundhir** qui m'ont encouragés.*

*A mon encadrante **TELLI Alia** pour son aide et encouragement*

*A mes copines **Ismahane, Lina, Rania, Aya et Hakima** avec qui j'ai passé des moments inoubliables, ainsi que mes collègues **Nihad, Loubna, Selma et chaima** avec qui j'ai passé mon parcours universitaire.*

*A mon amie **Lyna** pour ces conseils, aide et encouragement*

*A mon binôme **Rim** avec qui j'ai finalisé ce travail.*

*A toute la promotion « biochimie appliquée » Master 2 de l'université d'Ouargla.*

*A tous ceux et celles qui me sont chers et que j'ai omis involontairement de citer.*

*A tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

***Nedjai Hanine***

## Dédicace

*Avant tout je remercie mon DIEU le tout puissant qui m'a donné la force pour achever ce travail.*

*Je dédie ce modeste travail :*

*À Mes chers **parents**, mes frères **ALI** et **NASSER EDDINE** et leurs épouses, Ainsi que **ma petite nièce Liliane**.*

*Votre amour inconditionnel, vos encouragements et votre soutien constant ont été les piliers sur lesquels j'ai pu m'appuyer tout au long de mon parcours. Vos sacrifices et votre confiance en moi ont été une source de motivation inépuisable.*

*A mes amies **ABLA**, **NESRINE**, **SELMA** et **HANA** qui sont devenues mes sœurs, merci pour tout.*

*A mon binôme Hanine avec qui j'ai finalisé ce travail.*

*Je souhaite également exprimer ma profonde gratitude envers mon encadrante, **TELLI Alia**, dont la passion pour la biochimie et l'encouragement constant ont été une source d'inspiration inestimable tout au long de ce projet. Votre patience, vos connaissances et votre soutien inébranlable m'ont énormément aidé.*

*Enfin, je tiens à remercier tous ceux qui ont croisé mon chemin pendant ce voyage passionnant. Vos conseils, discussions et collaborations ont enrichi mon expérience et m'ont permis de grandir en tant que scientifique.*

*Ce projet de fin d'étude est le fruit de l'investissement et de l'engagement de chacun d'entre vous. Je suis honorée et reconnaissante d'avoir eu la chance de partager cette expérience avec vous. Que notre travail puisse contribuer à l'avancement de la biochimie et inspirer les futures générations.*

*Merci du fond du cœur.*

**Omri Rim**

## Remerciements

*Nous remercions tout d'abord DIEU, Le Tout Puissant de nous avoir donné le courage et la patience.*

*On tient à remercier chaleureusement, le **Professeur OULD EL HADJKHELIL Aminata** (Université Kasdi Merbah-Ouargla, Algérie) pour avoir accepté de présider le jury de cette thèse. On vous remercie infiniment.*

*On tient à remercier très sincèrement à **Madame Bouaziz Sabrina**, Maitre conférence B au Département de Biologie à la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Kasdi Merbah- Ouargla, pour avoir accepté d'être examinateur de ce travail. On vous remercie aussi pour votre grande gentillesse et votre disponibilité.*

*On exprime notre gratitude aux laborantines de l'Ecole Normal Supérieur d'Ouargla, pour leur patience et leurs conseils.*

*On exprime également notre gratitude au Travaillleurs du Centre De Recherches et Analyses Physico-Chimiques (CRAPC) – Ouargla pour leur bienveillance et aide.*

*Nous tenons à remercier du fond du cœur notre encadrante de recherche **Madame TELLI Alia**, qui nous a aidées avec toute la patience et de nous guider sans cesse.*

*Sans oublier également de remercier nos parents, pour leur soutien.*

*Et enfin, tous ceux qui nous ont aidées de près ou de loin, pour leur encouragement et leur orientation.*

## Liste des abréviations

- 1) FAO : Food and Agriculture Organization Organisation
- 2) DFRV : direction de formation
- 3) INRAA : institut nationale de la recherche agronomique d'Algérie
- 4) ITGC : institut technologique des grandes cultures
- 5) INSID : institut national des soles d'irrigation et drainage
- 6) INPV : institut national de la protection des végétaux
- 7) INRF : institut national de recherche forestière
- 8) ITDAS : l'institut technique de développement de l'agronomie saharienne
- 9) IRD : institut de recherche pour le développement
- 10) NASA : National aéronautiques et espace administration
- 11) CELLS : Système de survie écologique contrôlé)
- 12) TIU : Unité Inhibant la Trypsine
- 13) HU : Unités provoquant l'hémagglutination)
- 14) g : gramme
- 15) PTAC-CRAPC : centre de plateau technique d'analyse physico-chimique d'Ouargla

## Liste des figures

<b>Figure1. Pourcentage de piégeage du radical DPPH par les lipides des graines de Q102 et du standard alpha tocophérol.....</b>	<b>34</b>
<b>Figure2. Effet hémolytique des lipides des graines de quinoa Q102 .....</b>	<b>37</b>
<b>Figure3. GC chromatogramme de quelques acides gras constitutifs des lipides de (<i>Chenopodium quinoa</i>).....</b>	<b>38</b>

## Liste des tableaux

Tableau1. Composition nutritionnelle du quinoa par rapport aux aliments de base (%). .....	5
Tableau2. Comparaison des besoins humains en acides aminés et des teneurs en acides aminés essentiels des protéines du lait, du quinoa, du blé et du soja (mg d'acides aminés / g de protéine).....	6
Tableau3. Comparaison des besoins humains en acides aminés et des teneurs en acides aminés essentiels des protéines du lait, du quinoa, du blé et du soja (mg d'acides aminés / g de protéine).....	8
Tableau 4. Quelques caractéristiques physiques des graines de quinoa variété Q102.	27
Tableau5. Rendement d'extraction des lipides des graines de Q102 par différentes méthodes .....	29
Tableau6. Propriétés physiques des lipides des graines de Q102 .....	30
Tableau7. Propriétés chimiques des lipides des graines de Q102.....	32
Tableau8. IC50 de piégeage de DPPH par les lipides des graines de Q102 et par alpha tocophérol .....	36
Tableau9. Profil des acides gras identifiés des lipides des graines de ( <i>Chenopodium quinoa</i> ) par GC-MS/MS.....	39





# Tableau de matière

Dédicace .....	I
Dédicace .....	II
Remerciements .....	III
Liste des abréviations .....	IV
Liste des figures .....	V
Liste des tableaux .....	VI
Tableau de matière .....	VIII
Introduction .....	1
II.1 Types d'étude.....	15
II.2 Matériel.....	15
II.2.1 Graines de quinoa .....	15
II.3 Méthodes.....	15
II.3.1 Détermination de quelques caractères physiques des graines de Q102.....	15
II.3.2 Poids de 1000 graines .....	15
II.3.1.1 Mesure de diamètre des graines.....	15
II.3.1.2 II.3.1.3. Couleur et forme .....	15
II.4 Préparation des graines .....	15
II.4.1 Teneur en eau et en matière sèche .....	16
II.5 Extraction des lipides.....	16
II.5.1 Méthodes chimiques .....	16
II.5.1.1 Macération à froid ou méthode de Blight et dyer (1959) .....	16
II.5.1.2 Macération à chaud ou la méthode Soxhlet .....	17
II.5.1.3 Méthode physique par broyage mécanique .....	17
II.6 Concentration des extraits.....	17
II.7 Caractérisation physico-chimique.....	17

II.7.1 Physique.....	17
II.7.2 Détermination de la teneur en matière volatile.....	17
II.7.1.1 Indice de réfraction .....	18
II.7.1.2 Mesure de la viscosité et la de densité.....	18
II.7.1.3 Méthylation et séparation par GC-MS.....	18
II.7.3 Chimique.....	19
II.7.2.1 Indice de saponification .....	19
II.7.2.2 Indice d'acide.....	19
II.7.2.3 Indice d'iode .....	20
II.7.2.4 Matière insaponifiable .....	22
II.7.2.5 Indice de peroxyde.....	22
II.7.4 Biochimiques .....	24
II.7.3.1 Activité anti-oxydante.....	24
II.7.3.2 Activité hémolytique.....	24
III.1 Quelques caractéristiques physiques des graines de Q102.....	27
III.2 Rendement d'extraction .....	28
III.3 Propriétés physiques .....	30
III.4 Propriétés chimiques .....	32
III.5 Activités biologiques .....	34
III.5.1 III 5.1. Activité antioxydante.....	34
III.5.2 Activité hémolytique des lipides des graines de quinoa Q102.....	37
III.6 Profil en acides gras des lipides des graines de quinoa .....	38
III.7 Conclusion générale .....	41
Résumé .....	45
Références bibliographiques.....	47

# **Introduction**

**Introduction**

Le quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*), communément appelé "riz des Incas", est une plante du genre *Chenopodium quinoa*, un halophyte facultatif appartenant aux Amaranthaceae, est une plante herbacée dicotylédone qui comprend des espèces sauvages apparentées et des populations domestiquées. Le fruit est un petit akène, et la couleur des graines va du blanc et jaune au violet et noir. Le quinoa appartient également à la même famille botanique que la betterave à sucre, la betterave de table et les épinards, et il est sensible à bon nombre des mêmes problèmes d'insectes et de maladies que ces cultures. Elle est considérée comme une "pseudo-céréale" car il s'agit d'une non-légumineuse à feuilles larges qui est cultivée pour le grain contrairement à la plupart des céréales qui sont des plantes herbacées. Il est similaire à cet égard aux pseudo-céréales sarrasin et amarante **(Ruiz et al., 2013) (Oelke et al., 1992)**.

Quinoa vient du mot espagnol "quinua", qui vient des mots quechua "kinwa, kinoa, kinua". Contrairement à l'espagnol et au quechua, l'utilisation du masculin est obligatoire en français. Les Incas appelaient le quinoa « chisiya mama », ce qui signifie « mère de tous les grains » en quechua. **(Quinoa\_Wikipedia\_Fr.pdf)**.

Il existe deux principaux types de quinoa : le quinoa "amargua" (=amer) et le "dulce" (=doux). Le premier, traditionnellement cultivé dans les Andes depuis plus de 5 000 ans, nécessite le lavage et le décorticage des grains en raison des saponines contenues dans les capsules (goût amer et peu toxique). C'est la variété qui est principalement exportée vers l'Occident grâce au commerce équitable. « Dulce » est issu d'une sélection variétale récente qui contient peu ou pas de saponines. **(Maradini Filho et al. 2015)**

Cette pseudo céréale est originaire des régions andines de l'Amérique du Sud **(Matiacevich et al. 2006)**.

Le quinoa est l'une des plus anciennes cultures du continent américain. Les découvertes archéologiques dans le nord du Chili ont montré que le quinoa était utilisé avant 3000 avant J.-C. à Ayacucho, au Pérou, des preuves ont été obtenues que le quinoa y était cultivé 5000 avant J.-C. Le quinoa était largement cultivé dans toute la région d'Andine, en Colombie, en Équateur, au Pérou, en Bolivie et au Chili, avant la conquête espagnole. Cependant, les habitudes et les aliments traditionnels des autochtones ont été remplacés par des cultures étrangères comme le blé et l'orge **(Jancurová M et al. 2009)**.

Selon FOA (2016), l'introduction de la culture du quinoa en Algérie ouvre de grandes perspectives, soulignant son efficacité dans la lutte contre la désertification, d'autant plus que le quinoa pousse dans des milieux arides, il peut même fournir un rendement acceptable (Bousselaoui, 2018). Selon ITDAS (2017), le quinoa est introduit en Algérie depuis 2014 (le premier projet), intitulé "Lancement du projet régional de l'Organisation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture (FAO) pour l'Afrique et le Look, promouvoir la culture du quinoa en Algérie et dans d'autres pays du Moyen-Orient et d'Afrique (Égypte, Irak, Iran, Liban, Mauritanie, Soudan et Yémen) (**Bazile et al. 2016**).

Cette plante est cultivée à titre expérimental dans huit sites qui ont été choisis au niveau des différentes régions agro-écologiques, pour l'implémentation des essais. Il s'agit de Baïnem (Alger), Sétif, Guelma, Tiaret, Relizane, Biskra, El Arfiane (El Oued) et Adrar, dont les institutions impliquées dans le projet sont : INRAA, ITGC, INSID, INPV, INRF et ITDAS. (Algérie Presse Service Publié le 25-01-2014)

Le quinoa, dans ses pays d'origine, est cultivé à des altitudes de près de 4000 mètres du niveau de la mer au Chili jusqu'au plateau bolivien-péruvien, en raison d'une série de conditions climatiques défavorables telles que la sécheresse, le gel, le vent, la grêle et la salinité du sol. La large répartition géographique témoigne de la forte capacité d'adaptation de cette espèce, qui a dû développer divers mécanismes de défense contre les éléments climatiques défavorables. (**Jacobsen, S. E. (2003) (Del Castillo et al., 2008)**).

Le quinoa est une plante très résistante à la sécheresse, car il peut supporter des températures élevées allant jusqu'à 35°C et avec un faible besoin en eau. Cependant, la sécheresse a de multiples effets sur les plantes, qui varient en fonction de l'intensité et de la durée de l'événement de sécheresse, ainsi que du stade de développement auquel la sécheresse s'est produite, du génotype de la plante ou si elle a souffert de la sécheresse à un stade antérieur, ou encore les caractéristiques du sol et de la plante Tolérance au déficit hydrique. La plante est capable de pousser dans des zones où la pluviométrie annuelle est de l'ordre de 200 à 400 mm : certains écotypes ont même montré qu'ils pouvaient atteindre leur maturité avec une irrigation équivalente à seulement 50 mm de précipitations. Faible irrigation pour toutes les variétés de cultures. La sécheresse reste l'un des facteurs réduisant le rendement en graines, même si une sécheresse modérée en début de cycle peut affecter positivement l'endurcissement des plantes. (**Herbillon. (2015)**).

Il existe plusieurs variétés de quinoa adaptées aux basses températures. Les effets du gel sur les plantes varient dans leur intensité et leur durée, et dépendent également du stade de développement auquel le gel se produit, de l'humidité relative de l'air et du génotype. En effet, alors que le quinoa est généralement considéré comme ayant une limite minimale de croissance de  $-5^{\circ}\text{C}$  : certaines variétés peuvent tolérer des températures aussi basses que  $-18^{\circ}\text{C}$  lors de leurs premiers stades de croissance. Là encore, le quinoa prend diverses mesures pour résister au gel, comme la défoliation ou la réduction de taille, la principale étant une surfusion modérée pour éviter le gel. En fait, le quinoa est riche en sucres solubles qui abaissent le point de congélation et aident donc à abaisser la température létale des tissus foliaires. Il a alors été suggéré que le niveau de sucres solubles pouvait être utilisé comme indicateur de la résistance au gel. **(Herbillon, (2015)).**

La variété de quinoa qui pousse dans les zones situées entre les marais salants de Bolivie (Annexe 01) a une étonnante capacité à pousser dans des environnements où le sol et l'eau d'irrigation peuvent être très salins. Il semble que les plus tolérants d'entre eux puissent supporter une salinité aussi élevée que celle présente dans l'eau de mer. **(Herbillon, (2015)).**

On dit que la plante est une halophyte facultative, ce qui signifie qu'elle peut vivre dans des environnements d'eau salée et d'eau douce. Il est capable d'accumuler des ions de sel dans ses tissus pour réguler le potentiel hydrique des feuilles. Cela lui permet de maintenir l'expansion cellulaire dans des conditions salines et de limiter la transpiration, évitant ainsi les dommages physiologiques dus aux événements de dessiccation. **(Herbillon, 2015).**

Les principales caractéristiques associées à la tolérance au sel sont :

- Contrôle efficace de l'accumulation de sodium dans le xylème (le tissu vasculaire qui transporte l'eau et les nutriments dissous de la racine au sommet de la plante et contribue également à la formation du xylème dans la tige) et la séquestration du sodium dans les vacuoles foliaires,
- Une plus grande tolérance aux espèces réactives de l'oxygène (molécules de signalisation clés produites en réponse au stress et déclenchant diverses réponses de défense des plantes),
- une meilleure rétention du potassium, et un système de contrôle efficace pour le développement et l'ouverture des stomates. **(Herbillon, 2015).**

De nombreuses variétés Altiplanic et Salar sont relativement résistantes à la grêle, grâce à l'enroulement des feuilles, des tiges et des épis plus solides, une surface foliaire réduite et des feuilles plus petites. Certains peuvent résister à la neige en ayant des systèmes racinaires et des branches plus gros qui offrent un meilleur soutien à la plante. Enfin, les variétés naines aux tiges épaisses et au système racinaire bien développé sont plus résistantes au vent (**Mujica et al. 2001**).

En 1996, la FAO a classé le quinoa comme une culture prometteuse pour l'homme, non seulement en raison de ses propriétés bénéfiques importantes et de ses multiples utilisations, mais aussi en raison de son potentiel à résoudre de graves problèmes tels que la malnutrition chez l'homme (**FAO. 2013**).

Le quinoa est reconnu pour la valeur nutritive supérieure de ses graines par rapport aux grains conventionnels, d'autant plus que la teneur en protéines est plus élevée, allant de 13,81 % à 21,9 %, selon la variété. En raison de sa teneur élevée en protéines et d'acides aminés essentiels, le quinoa est considéré comme le seul aliment végétal qui contient tous les 9 acides aminés essentiels, ce qui est très proche des normes de la nutrition humaine fixées par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (Tableau II). À cet égard, Risi (1993) a constaté que l'équilibre en acides aminés essentiels des protéines de quinoa est supérieur à celui du blé, de l'orge et du soja, et comparable à celui des protéines du lait. Mais aussi en raison de son impact positif probable sur la santé, cette particularité du quinoa présente un intérêt économique et nutritionnel croissant dans le monde entier. Dans le tableau I la composition nutritionnelle est comparée à celle de la viande, des œufs, du fromage, du lait et du blé. (**Herbillon, 2015**), (**FAO. 2011**).



**Tableau1.** Composition nutritionnelle du quinoa par rapport aux aliments de base (%).  
(Herbillon, 2015).

<b>Composants %</b>	<b>Quinoa</b>	<b>Viande</b>	<b>Œufs</b>	<b>Fromage</b>	<b>Lait de Vache</b>	<b>Lait humain</b>	<b>Blé</b>
<b>Protéines</b>	13.00	30.00	14.00	18.00	3.50	1.80	12,5
<b>Matières grasses</b>	6.10	50.00	3.20		3.50	3.50	2-3
<b>Glucides sucre</b>	71.00				4.70	7.50	67-71
<b>Fer</b>	5.20	2.20	3.20		2.50		
<b>Calories par 100g</b>	350	431	200	24	60	80	

En raison de sa composition nutritionnelle exceptionnelle, cette culture peut représenter une solution possible pour résoudre les problèmes de malnutrition dus à un apport protéique insuffisant. (FAO, PROINPA, INIAF et FIDA, 2013). Le quinoa est riche en acides aminés essentiels avec des quantités supérieures au besoin journalier d'un adulte ou d'un enfant en comparaison .... (Tableau II).

**Tableau2.** Comparaison des besoins humains en acides aminés et des teneurs en acides aminés essentiels des protéines du lait, du quinoa, du blé et du soja (mg d'acides aminés / g de protéine).

Acides aminés essentiels (mg/g de protéines)	Besoin d'un adulte *	Besoin d'un enfant*	Lait entier de vache **	Quinoa ***	Blé **	Soja **
<b>Histidine</b>	16	19	27	31	25	28
<b>Isoleucine</b>	13	28	47	53	35	50
<b>Leucine</b>	19	66	95	63	71	86
<b>Lysine</b>	16	58	78	64	31	70
<b>Méthionine cystine</b>	+ 17	25	33	28	43	28
<b>Phénylalanine tyrosine</b>	+ 19	63	102	82	80	88
<b>Thréonine</b>	9	34	44	44	31	42
<b>Tryptophane</b>	5	11	14	9	12	14
<b>Valine</b>	13	35	64	48	47	52
Totale	127	339	504	412	375	458

Sources : (LEBONVALLET, 2008)

\* Adapté de FAO (1985)

\*\* FAO (1970)

\*\*\* Ayala (2001)

Par ailleurs, les graines de quinoa sont naturellement sans gluten et, par conséquent, elles émergent actuellement comme ingrédient de rechange sain pour la production de nouveaux produits sans gluten (recommandé pour les gens qui souffrent de la maladie cœliaque) et comparé à d'autres céréales, il a un contenu relativement élevé en huile. (Manrique et al., 2016) .

Face à la nécessité d'identifier d'autres formes de production alimentaire de qualité à l'échelle mondiale, le quinoa, tant par ses propriétés nutritionnelles que sa polyvalence agronomique, contribue à la sécurité alimentaire de populations diverses, c'est une culture à fort potentiel. Cela est particulièrement vrai dans les pays où la population n'a pas accès aux sources de protéines et/ou où la production alimentaire est limitée et dépend donc des importations et de l'aide alimentaire. Le quinoa peut donner à ces pays la possibilité de subvenir à leurs besoins alimentaires. En raison de son extraordinaire capacité d'adaptation à des conditions écologiques extrêmes, il présente un grand intérêt dans différentes parties du monde.

Il existe plusieurs produits dérivés du quinoa comme les grains soufflés, la farine, les pâtes, les flocons, le « granola » et les barres énergétiques. Cependant, des produits plus sophistiqués sont maintenant utilisés ou leur production nécessite l'utilisation de techniques plus avancées telles que l'extraction d'Huile de quinoa, amidon, saponines, concentrés de protéines, lait de quinoa, colorants dans les feuilles et les graines, etc. Ces produits sont considérés comme ayant le potentiel économique du quinoa car ils se concentrent non seulement sur les aspects nutritionnels mais aussi sur les propriétés physico-chimiques, qui vont Bien au-delà de l'industrie alimentaire, en fournissant également les industries chimiques, pharmaceutiques et cosmétiques. (Bioersivity International, FAO, PROINPA, INIAF et FIDA. 2013).

**Tableau3.** Comparaison des besoins humains en acides aminés et des teneurs en acides aminés essentiels des protéines du lait, du quinoa, du blé et du soja (mg d'acides aminés / g de protéine).

Acides aminés essentiels (mg/g de protéines)	Besoin d'un adulte	Besoin d'un enfant	Lait entier de vache	Quinoa	Blé	Soja
Histidine	16	19	27	31	25	28
Isoleucine	13	28	47	53	35	50
Leucine	19	66	95	63	71	86
Lysine	16	58	78	64	31	70
Méthionine + cystine	17	25	33	28	43	28
Phénylalanine + tyrosine	19	63	102	82	80	88
Thréonine	9	34	44	44	31	42
Tryptophane	5	11	14	9	12	14
Valine	13	35	64	48	47	52
<b>Totale</b>	127	339	504	412	375	458

Sources : (LEBONVALLET, S. 2008)

\* Adapté de FAO (1985)

\*\* FAO (1970)

\*\*\* Ayala (2001)

Il est très indispensable de mettre en évidence la quantité relativement élevée d'huile dans le quinoa, un perspectif très peu étudié de la culture, qui en fait une source potentielle d'extraction de pétrole (Repo-Carrasco et al., 2001) (Makinen,2014)

Les lipides sont localisés dans des corps lipidiques qui sont les parties de stockage des cellules de l'endosperme et des tissus embryonnaires de la graine de quinoa (**Prego et al. 1998**). (**Herbillon-Marie, 2015**).

D'après les études menées au Pérou pour préciser la teneur en acides gras du quinoa ont constaté que le pourcentage le plus élevé d'acides gras dans cette huile est l'oméga 6 (acide linoléique avec un taux de 50,24% Ce qui est similaires aux valeurs trouvées dans l'huile de germe de maïs, l'oméga 9 (acide oléique) est de 45 à 65%, l'oméga 3 (acide linoléique) représentant 4,77% et l'acide palmitique de 9,59%.

Ainsi une faible proportion d'acide gras tel que l'acide stéarique et l'acide eicosapentaénoïque

La composition de ces acides gras est très semblable à l'huile de germe de maïs.

Wood et al. (1993) ont constaté que 11 % des acides gras totaux du quinoa étaient saturés, l'acide palmitique étant l'acide prédominant.

Les acides linoléique, oléique et alpha-linolénique sont les acides insaturés prédominants, avec des concentrations respectives de 52,3, 23,0 et 8,1 % des acides gras totaux.

L'huile de quinoa possédée aussi environ 2 % d'acide érucique. D'autres chercheurs ont constaté que l'acide gras majeur du quinoa était l'acide linoléique (56 %), suivi par l'acide oléique (21,1 %), l'acide palmitique (9,6 %) et l'acide linoléique (6,7 %) (Przybylski et coll., 1994). Selon ces auteurs, 11,5 % des acides gras totaux du quinoa sont saturés.

Le quinoa aide à réduire le LDL (mauvais cholestérol) dans l'organisme et à augmenter le HDL (bon cholestérol) à cause de sa teneur en oméga 3 et oméga6. (**Makinen, 2014**)

Parfois, 82,71 % des acides gras contenus dans l'huile de quinoa sont insaturés. Au cours des dernières décennies, les acides gras insaturés sont devenus célèbres pour leur action utile dans le corps, en maintenant la fluidité des membranes lipidiques. (Makinen, 2014)

Outre leur intérêt nutritionnel, les graines de quinoa offrent une large gamme de composés chimiques dont les propriétés thérapeutiques sont activement étudiées depuis quelques années. En effet, le milieu scientifique prend conscience de la valeur du quinoa dans la problématique de la santé humaine et évalue son potentiel en tant que ressource pour le développement d'aliments fonctionnels. (**Herbillon, 2015**).

Les grains de quinoa sont traditionnellement utilisés par les Andins comme thérapie anti-inflammatoire naturelle pour traiter les entorses, des torsions et des tensions musculaires, en appliquant des grains de quinoa (en particulier la variété "noire") mélangés à de l'alcool sur la zone touchée. La littérature suggère que les saponines du quinoa sont responsables d'effets anti-inflammatoires. (Mujica, 1994). Ma et al. (1989) ont isolé et identifié une saponine de type mono-desmosidique dans les graines de quinoa qui est l'acide 3-O- $\beta$ -D-glucopyranosyl oléanolique. cette molécule présente un pouvoir anti-inflammatoire puissant pendant les phases prolifératives et exsudatives inflammatoires à des doses de 25 à 100 mg/kg (valeurs DL50 de 3600 mg/kg chez la souris et 1500 mg/kg chez le rat) importante (**Ghosh et al., 1983**).

De nombreux composés contenus dans les graines de quinoa présentent une activité antioxydante. Pas que les saponines mais aussi les composés bioactifs lipophiles (tocophérols, Caroténoïdes) et hydrophiles (acides phénoliques, flavonoïdes, bétalaïnes) sont impliqués. Les lipides de quinoa sont généralement stables à l'oxydation malgré leur teneur élevée en acides gras insaturés (> 85 %). Ceci est dû à la richesse des graines en composés antioxydants comme les tocophérols et les caroténoïdes. L'activité de ces composés lipophiles a été examinée dans des extraits de trois génotypes typiques de quinoa coloré (blanc, rouge et noir). Tous les tests utilisés ont montré que l'activité antioxydante était positivement corrélée avec les caroténoïdes (*all-trans*-lutéine et *all-trans*-zéaxanthine) et les tocophérols ( $\gamma$ - tocophérol). Parmi les acides gras, seuls les acides gras polyinsaturés ont montré une corrélation positive avec l'activité antioxydante. En général, cela dépend du degré de coloration de l'enveloppe de la graine, le quinoa noir montrant l'activité la plus élevée, suivi du quinoa rouge, puis du quinoa blanc. Il en va de même pour l'activité des composés hydrophiles tels que les acides phénoliques, les flavonoïdes et les bétalaïnes. Les graines de quinoa plus foncées présentent l'activité antioxydante la plus élevée par rapport à leur teneur phénolique plus élevée. Quant aux bétalaïnes, elles sont également une source d'activité antioxydante puissante. (**Herbillon, M. (2015)**).

Les effets anticancéreux des composés phénoliques du quinoa ont récemment été étudiés, mais les études ont utilisé des extraits de feuilles plutôt que des graines. La biodisponibilité élevée de ces composés bioactifs dans les feuilles et leurs effets in vitro sur les cellules cancéreuses de la prostate les rendent utiles pour la chimio-prévention du cancer et d'autres maladies associées au stress oxydatif comme l'athérosclérose, ce qui laisse penser que c'est possible. Les graines de quinoa, riches en composés phénoliques, ont également été supposées avoir des effets bénéfiques dans la prévention ou le traitement de ces maladies. Cette hypothèse met en évidence son potentiel en tant que source de composés bioactifs, mais d'autres études sont nécessaires pour la confirmer. **(Herbillon, M. (2015)).**

Quelques polysaccharides isolés des graines de quinoa, à savoir les arabinanes et les polysaccharides de pectines riches en arabinanes, ont montré une activité anti-ulcéreuse. La protection gastrique est une activité biologique déjà signalée pour d'autres polysaccharides d'origine végétale tels que les arabinogalactanes (*Cereus peruvianus*, Cactaceae) et les galactomanoglucanes (*Syagrus oleracea*, Araceae). Les polysaccharides peuvent perturber les mécanismes d'ulcération en exerçant une activité cytoprotectrice. La barrière muqueuse est un facteur important de protection de la muqueuse gastrique des crises aiguës car elle empêche la pénétration d'agents nécrotiques. L'effet protecteur des polysaccharides peut être dû à leur capacité à augmenter la synthèse de mucus et/ou à leur capacité à se lier à la surface de la muqueuse et à agir comme une barrière protectrice. Cette découverte suggère l'utilisation potentielle de ces polysaccharides de quinoa dans la formulation d'un traitement prophylactique contre les ulcères. **(Herbillon, M. (2015)).**

Les saponines de quinoa servent d'adjuvants pour les vaccins muqueux. Les saponines extraites des graines de quinoa ont été évaluées pour leur capacité à agir comme adjuvants muqueux lorsqu'elles sont administrées par voie intra-gastrique ou intranasale avec des antigènes modèles chez la souris. Tout a commencé avec l'observation que la co-administration de certaines saponines naturelles augmentait l'absorption intestinale des médicaments. Des études ultérieures ont émis l'hypothèse que les saponines induisaient des modifications de la perméabilité intestinale. Les saponines de quinoa démontrent la présence d'une telle activité avec un mécanisme d'action très spécifique. En fait, les adjuvants sont souvent utilisés dans les formulations de médicaments pour augmenter ou renforcer leurs effets. Malgré des résultats prometteurs concernant l'utilisation potentielle des saponines comme adjuvants dans les vaccins

muqueux, une telle activité a été observée dans des mélanges de saponines brutes, et des études sont encore nécessaires pour identifier les saponines non impliquées. Par conséquent, bien qu'un tel vaccin ne soit pas encore sur le marché, cette application serait particulièrement souhaitable d'un point de vue environnemental, car elle utilisera des sous-produits tels que la peau de quinoa, qui sont normalement jetés. **(Herbillon, M. (2015)).**

Les saponines de quinoa inhibent la croissance de *Candida albicans* à 50 g/mL, démontrant ainsi leur activité antifongique importante. Cet effet a été observé avec des mélanges de saponines pures, tandis que les saponines pures individuelles ont montré peu ou pas d'activité, suggérant un effet synergique. **(Herbillon, M. (2015)).**

Il a été démontré que les graines de quinoa ont des avantages cardiovasculaires. Cela est principalement dû à la teneur en acides gras insaturés et en phytostérols qui ont des effets bénéfiques sur le taux de cholestérol, qui sont des facteurs de risque bien connus des maladies cardiovasculaires.

Les acides gras monoinsaturés et polyinsaturés (oméga 3 et oméga 6) sont aujourd'hui connus pour leurs effets protecteurs sur le système cardiovasculaire. Leur effet principal est, d'une part, d'améliorer le profil lipidique sanguin en contribuant à faire baisser le cholestérol LDL dans le sang, mais d'autre part, certains acides gras augmentent le taux d'HDL (bon cholestérol) qui contribue à l'élimination des triglycérides dans le sang. **(Elmadfa et Komsteiner, 2009).**

Ces acides gras influencent également la tension artérielle, la réponse anti-inflammatoire et les arythmies cardiaques. **(Abeywardena et al., 1991).** La capacité des phytostérols à faire baisser le taux de cholestérol a été particulièrement étudiée. Ces stérols végétaux inhibent l'absorption intestinale du cholestérol, réduisant ainsi les taux plasmatiques de cholestérol total et de lipoprotéines de basse densité (LDL). **(De Jong et al., 2003) (Berger et al., 2004).** Ces composés végétaux bioactifs peuvent réduire considérablement les niveaux de « cholestérol ou LDL » lorsqu'ils sont pris dans des produits enrichis. **(De Jong et al., 2003)**

Cependant, la plupart des études cliniques ont examiné des doses relativement élevées de phytostérols (2 à 7 g par jour) dans les aliments enrichis. Des études récentes **(Ostlund et al., 2002 ; Andersson et al., 2004)** montrent que des niveaux beaucoup plus faibles de phytostérols, tels que ceux que l'on trouve naturellement dans les aliments à base de plantes, sont efficaces pour réduire l'absorption du cholestérol. Bien que de telles allégations nécessitent des recherches plus approfondies, le quinoa s'est avéré être une source intéressante de phytostérols car il contient plus que des céréales. **(Ryan et al., 2007).** Par conséquent, une consommation



régulière peut aider à réduire le taux de cholestérol et à prévenir de nombreuses maladies. D'autres composés ont également été trouvés pour abaisser le taux de cholestérol. C'est le cas par exemple des saponines dont on dit qu'elles forment des complexes avec le cholestérol dans la lumière intestinale, rendant difficile la réabsorption du cholestérol. **(Herbillon, M. (2015))**

Les ecdystéroïdes végétaux, en particulier la 20-hydroxyecdysone (20-HE), jouent un rôle important dans le traitement et la prévention du diabète et de l'obésité. L'effet anti-obésité de l'ecdystéroïde de quinoa est l'activité la plus étudiée parmi ses effets potentiels sur la santé humaine. Compléter un régime riche en graisses avec de l'extrait de quinoa additionné de 20-HE ou de 20-HE pur a réduit l'accumulation de graisse chez la souris et diminué la taille moyenne des adipocytes. **(Foucault et al., 2008 ; Kizelsztejn et al., 2009).**

Les effets de la consommation chronique d'extrait de quinoa sur divers composants du métabolisme énergétique ont également été étudiés par calorimétrie indirecte. En conséquence, les effets anti-obésité observés sont attribués à une augmentation globale de la dépense énergétique, à une modification du métabolisme du glucose vers l'oxydation (qui affecte négativement l'adipogenèse) et à l'absorption des lipides alimentaires en raison d'une diminution du stockage dans le tissu adipeux. **(Foucault et al., 2014).** Les phytoecdystéroïdes contenus dans les graines de quinoa ont également des effets positifs sur le diabète. L'administration de l'extrait concentré a réduit de manière significative les niveaux de glucose dans le sang chez un modèle de souris nourri avec un régime qui induit l'obésité et l'hyperglycémie. **(Graf et al., 2014).**

L'effet hypoglycémiant de cet extrait, combiné aux précédents rapports d'effets antidiabétiques et anti-obésité de l'administration chronique de 20-HE, soutient le potentiel de cet extrait pour traiter ou prévenir l'augmentation de l'hyperglycémie et de la résistance à l'insuline. Associé au syndrome métabolique chez l'homme. **(Foucault et al., 2012 ; Kizelsztejn et al., 2009)**

Dans le cadre de la valorisation de la culture de quinoa dans la région d'Ouargla, cette étude fait partie d'un projet qui a plusieurs objectifs, un parmi ces objectifs est l'étude de la valeur nutritionnelle de graines de quinoa cultivées sous les conditions stressantes dans la région d'Ouargla. Pour cela, cette étude s'intéresse à l'extraction et la caractérisation des lipides des graines de quinoa (*Chenopodium quinoa*) de la variété Q102.

# **Chapitre II :**

## **Matériel et méthodes**

Cette étude a été réalisée au niveau de laboratoires pédagogiques de la Faculté des sciences de la nature et de la vie Université Kasdi Merbah-Ouargla, des laboratoires...de l'ENS et aussi au niveau de centre de recherche et d'analyses physicochimiques (CRAPC, Ouargla).

## **II.1 TYPES D'ETUDE**

Notre étude est une étude prospective sur une espèce de plante de pseudo-céréales « Le Quinoa » (*Chenopodium quinoa Willd.*) variété Q102.

Les graines de quinoa ont été récoltées de l'institut technique de développement de l'agronomie saharienne de la région d'Ouargla (ITDAS).

## **II.2 MATERIEL**

### **II.2.1 Graines de quinoa**

Les graines de quinoa ont été récoltées de l'institut technique de développement de l'agronomie saharienne de la région d'Ouargla (ITDAS).

## **II.3 METHODES**

### **II.3.1 Détermination de quelques caractères physiques des graines de Q102**

#### **II.3.2 Poids de 1000 graines**

Les graines de Quinoa ont été séparées en trois lots dans le but d'être pesées séparément.

Chaque lot contient mille (1000) graines.

#### **II.3.1.1 Mesure de diamètre des graines**

Le diamètre des graines a été mesuré à l'aide d'un pied à coulisse.

#### **II.3.1.2 II.3.1.3. Couleur et forme**

Elles possèdent une couleur jaune orange et une forme ronde. Ces caractéristiques visuelles peuvent être utiles pour l'identification et la classification des graines de quinoa.

### **II.4.1 PREPARATION DES GRAINES**

L'étape de l'extraction est précédée par l'étape de rinçage et de séchage des graines de quinoa afin d'éliminer les impuretés et les saponines, car cette variété est connue par son goût amer et sa richesse en saponines.

Un poids de 100 g (3 répétition) des graines est bien rincé avec de l'eau (plusieurs fois) jusqu'à la disparition de la couleur orange et du goût amer des graines, puis séché à l'étuve (Memmert)

à 40°C pendant 24h. Après 24 heures, les graines sont broyées (ENIEM) et conservées dans des flacons fermés hermétiquement jusqu'à leur utilisation.

#### **II.4.2 Teneur en eau et en matière sèche :**

L'élimination de l'eau de l'huile retarde les réactions d'hydrolyse enzymatique. La teneur en humidité est la perte de masse subie par un échantillon d'huile après l'avoir chauffé dans un four atmosphérique à  $103 \pm 2$  ° C pendant deux heures, exprimée en pourcentage de masse. Le taux d'humidité est calculé comme suit :

$$\text{Humidité (\%)} = (p1-p2) * 100$$

Où : p1 : le poids de la prise d'essai avant chauffage.

P2 : le poids de la prise d'essai après chauffage. (ISO 662,1998)

#### **Teneur en matière sèche :**

- Faire sécher un récipient à  $(105 \pm 5)$  °C;
- Placer le récipient dans le dessiccateur et le laisser refroidir durant 45 minutes minimum;
- Peser le récipient (m0);
- Transférer 10 à 15 g d'échantillon séché dans le récipient et déterminer la masse de l'échantillon et du récipient (m1);
- Placer le tout dans une étuve à 105 °C jusqu'à obtenir une masse constante (masse atteinte lorsque, au cours des opérations de séchage, la différence entre deux pesées successives de l'échantillon refroidi, à 4 h d'intervalle, ne dépasse pas 0.2 % (m/m) par rapport à la dernière masse déterminée. Il suffit en général de 16 h à 24 h pour sécher la majorité des sols jusqu'à masse constante);
- Laisser refroidir le récipient dans un dessiccateur durant au minimum 45 minutes;
- Déterminer la masse du récipient (m2).

La teneur en matière sèche :  $W_{dm} = \frac{m2-m0}{m1-m0} * 100$

## **II.5 EXTRACTION DES LIPIDES**

L'extraction des lipides a été réalisée par trois méthodes : deux chimiques et une physique.

### **II.5.1 Méthodes chimiques**

#### **II.5.1.1 Macération à froid ou méthode de Blight et dyer (1959)**

Cette méthode est inspirée de la méthode de Folch, elle utilise le même système de solvant avec des proportions volumiques différentes (chloroforme-méthanol 1:2, v/v) suivi d'une extraction par le chloroforme.

L'avantage de cette méthode est la réduction de la consommation de solvant par rapport à la méthode de Folch.

En effet, la méthode de Bligh & Dyer utilise un ratio solvant/échantillon (3/1) contre (20/1) pour la méthode de Folch. Elle a été développée initialement pour l'extraction des phospholipides à partir des muscles de poissons ayant une teneur faible en lipides et une forte proportion d'eau. (Iverson et al. 2001)

### **II.5.1.2 Macération à chaud ou la méthode Soxhlet**

La méthode soxhlet est une méthode d'extraction des huiles végétales et des graisses, elle fonctionne en chauffant un échantillon à l'intérieur d'un tube à essai et en le faisant circuler à travers un solvant pour séparer l'huile et la graisse des autres composés, le solvant est ensuite évaporé, laissant la graisse et l'huile dans le tube à essai, la méthode est connue par sa précision et sa capacité à extraire des quantités très précises des huiles et des graisses.

### **II.5.1.3 Méthode physique par broyage mécanique**

Le pressage mécanique à chaud consiste à appliquer se la chaleur pendant le pressage mécanique afin de faire extraire l'huile à partir des graines

## **II.4 CONCENTRATION DES EXTRAITS**

Les extraits des lipides des graines de quinoa obtenus par méthodes chimiques sont concentrés par rotavapor à 35-40°C jusqu'à l'évaporation totale des deux solvants utilisés (chloroforme pour la macération à froid et hexane pour la méthode de Soxhlet). Le volume et le poids des fractions huileuses sont déterminés. Les lipides obtenus sont conservés dans des flacons sombres bien fermés à +4°C jusqu'à leur utilisation.

## **II.5 CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE**

### **II.7.1 Physique**

### **II.7.2 Détermination de la teneur en matière volatile**

200 µl de l'huile a été déposé dans trois verres de montre préalablement pesés puis laisser pendant 24h dans l'étuve (Memmert) à une température de 100°C.

Après les 24h les verres de montres ont été repesés afin de calculer la différence et déterminer la quantité en matière volatile.

**II.7.1.1 Indice de réfraction**

Est le rapport entre la vitesse de la lumière à une longueur d'onde définie dans le vide et la vitesse de cette lumière dans l'huile.

**Principe :** mesure à l'aide d'un réfractomètre convenable de l'indice de réfraction de l'échantillon liquide à une température ambiante.

- Une goutte de l'huile de Quinoa a été versé ente les prismes du réfractomètre.
- Attendre 3-5 minutes pour que l'échantillon prenne la température de l'appareil avant de déplacer la lunette de visée pour que la ligne de séparation de la plage claire et de la plage sombre se situer à la croisée des films de réticules
- Lire la valeur du corps étudié à température 20°C

**II.7.1.2 Mesure de la viscosité et la de densité**

Après avoir une quantité suffisante de l'huile à partir de la répétions de l'extraction par Soxhlet plusieurs fois.

Au niveau du centre de plateau technique d'analyse physico-chimique d'Ouargla (PTAPC-CRAPC-Ouargla), un volume de 15ml a été passé dans un viscosimètre cinématique SVM 3001 pour mesurer la viscosité dynamique, la viscosité cinétique et la densité afin de connaitre la pureté, la concentration et la qualité du fluide.

L'appareil a mesuré également d'autres paramètres tels que la masse volumique, la densité spécifique...etc.

**II.7.1.3 Méthylation et séparation par GC-MS**

Les esters méthyliques des acides gras d'huile de quinoa sont préparés selon les normes d'*European standard NF EN ISO 5509* (2000). Cette méthode consiste à transméthyliser l'huile de quinoa solubilisée dans n-héptane (1g/10ml) avec une solution froide de KOH méthanolique (2N).

Les esters méthyliques des acides gras sont analysés par chromatographie à phase gazeuse Shimadzu AOC-20i Plus (Shimadzu, Tokyo, Japan) équipée avec un injecteur split ( $t=250^{\circ}\text{C}$ ) et spectrométrie de masse (TQ8040 NX, Shimadzu). L'hélium a été utilisé comme gaz vecteur à un débit de 1 ml/min. La température du four a été programmée avec une température initiale de 35 °C pendant 6 min, puis une montée au rythme de 3,5 °C/min jusqu'à 260°C avec 20 min

de maintien à la température finale du four. Les températures de la source d'ions et de l'injecteur étaient de 200°C et 250°C, respectivement. L'identification des pics est achevée par le temps de rétention et l'analyse des spectres de spectrométrie de masse en utilisant une base de données (NIST 17).

### II.7.3 Chimique

#### II.7.2.1 Indice de saponification :

C'est la quantité en mg de KOH nécessaire pour saponifier un gramme de corps gras.

**Principe :** saponification de l'huile par KOH alcoolique sous réfrigérant à reflux pendant une heure, l'excès de KOH est titré par une solution de HCL à 0,5 N.

- Un pesé de 0,2g de l'huile a été déposé dans une erlenmeyer de 50ml.
- Un volume de 10ml de solution d'hydroxyde de potassium éthanolique 0,5 N a été ajouté et puis mélangé
- Le mélange a subi un échauffement à 80-85°C dans un bain marie pendant 30min.
- Le mélange a subi un refroidissement entre 30 et 40°C.
- L'indicateur utilisé dans cette réaction est la phénolphtaléine qui donne un couleur rose.
- Le mélange a été traité avec une solution standard HCl 0,5 N jusqu'au virage à l'incolore de la phénolphtaléine.
- L'opération a été effectué trois fois (trois essais).

La formule de calcul :

$$\text{La valeur de saponification (mg/g)} = \frac{2222,0000 \times (A - B) \times F}{S}$$

S : poids de l'échantillon

A : volume de titrage de blanc (ml)

B : volume de titrage de l'échantillon

F : facteur de la solution standard HCl 0,5 N

#### II.7.2.2 Indice d'acide :

C'est est la masse d'hydroxyde de potassium (KOH), exprimé en milligramme nécessaire pour neutraliser l'acidité libre contenue dans un gramme de corps gras.

**Principe :** C'est une réaction chimique entre une glycérade hydrolysée dans l'eau pour former un acide gras et le glycérol.

- Un pesé de 0,1g de l'huile de Quinoa a été déposé dans une Erlenmeyer de 100ml

- Cette dernière a subi un ajout de 10ml de n-hexane et 1-2 gouttes d'indicateur coloré (phénolphtaléine)
- La solution a été traitée par de KOH
- Le point final a été atteint lorsque la couleur rose (phénolphtaléine) a été persistée pendant 30 secondes.
- L'opération a été effectuée trois fois (trois essais).

La formule de calcul :

$$\text{La valeur d'indice d'acide (mg/g)} = \frac{0055.1111 \times 00,0022 \times (V_{VI} - V_{VII}) \times F}{WW}$$

Vs : volume de titrage de l'échantillon

Vb : volume de titrage de blanc

W : poids de graisse dans le volume d'extrait

F : facteur de solution de 0,02 KOH

$$F = \frac{00}{V}$$

V, est le volume de KOH 0,02N nécessaire pour neutraliser 5ml de la solution de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,02 N

56,11 : poids moléculaire de KOH

0,02 : concentration de KOH

### **II.7.2.3 Indice d'iode :**

C'est le nombre de grammes d'iode fixés par 100g de corps gras, c'est une addition pure et simple d'iode sur les doubles (ou triples) liaisons, et qui caractérise l'instauration des corps gras.

**Principe :** C'est une réaction chimique entre le diode (I<sub>2</sub>) et le thiosulfate (2S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>) pour former l'iodure (2I<sup>-</sup>) et le tétrathionate (S<sub>4</sub>O<sub>6</sub><sup>2-</sup>).

- Un pesé de 0,1g a été déposé dans trois béchers protégés de la lumière.
- Un volume de 12,5ml de chloroforme a été ajouté à chaque bécher, suivie de 10ml de monochlorure d'iode (solution de wajs).
- Les béchers ont été laissés à l'obscurité pendant 30 minutes.



- Un volume de 5ml de l'iodure de potassium à 10%, ainsi que 50ml d'eau bidistillée ont été ajoutés à chaque bécher.
- Les trois béchers ont été subis une titration avec le thiosulfate de sodium 0,1N
- L'opération a été effectuée trois fois (trois essais)

La formule de calcul :

Les équations des blancs :

$$\text{Diff1} = \text{ABS} (\text{udv29}-\text{udv30})$$

$$\text{Diff2} = \text{ABS} (\text{udv29}-\text{udv31})$$

$$\text{Diff3} = \text{ABS} (\text{udv30}-\text{udv31})$$

$$\text{Mblk1} = \frac{(\text{uuuuuu22uu} + \text{uuuuuuuu00})}{22}$$

$$\text{Mblk2} = \frac{(\text{uuuuuu22uu} + \text{uuuuuuuu11})}{22}$$

$$\text{Mblk2} = \frac{(\text{uuuuuuuu00} + \text{uuuuuuuu11})}{22}$$

**Udv29** = Point final du premier essai à blanc (ml)

**Udv30** = Point final du deuxième essai à blanc (ml)

**Udv31** = Point final du troisième essai à blanc (ml)

**ABS** = Valeur absolue

**Diff1** = Différence entre le premier et le deuxième passage à blanc

**Diff2** = Différence entre le premier et le troisième passage à blanc

**Diff3** = Différence entre le deuxième et le troisième passage à blanc

**Mblk1** = point final moyen des premier et deuxième passages à blanc Charger.

**Mblk2** = Point final moyen des premiers et troisièmes passages à blanc

**Mblk3** = Point final moyen des deuxièmes et troisièmes passages à blanc

Pourcentage d'iode :

$$\text{IV} = \frac{(\text{MBLNK} - \text{uuvvv}) * \text{ttttttt} * 1122,55\text{uu}}{\text{ttéggvvgg}}$$

$$\text{ERR} = \text{ABS} (\text{vel} - \text{MBLNK}) \text{ I}$$

MBLNK = Point final moyen du blanc pour deux des essais à blanc (ml)\*

Vel = point final d'inflexion (c'est-à-dire le volume de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ajouté pendant le titrage en ml)

tcon = concentration de thiosulfate de sodium (N)

swght = poids de l'échantillon (g)

12,69 Milliéquivalence d'iode x 100 pour ajuster le pourcentage

ERR = Erreur tenant compte de la variation du volume du point final à blanc. Si cette valeur est inférieure à 0,25, l'indice d'iode de l'échantillon est rapporté comme zéro.

\* : La valeur à blanc moyenne utilisée dans le calcul est sélectionnée en fonction de la précision des blancs. Les trois points finaux sont analysés à tour de rôle de lorsque deux se trouvent à moins de 0,25 ml l'un de l'autre, cette valeur est prise contrôle de qualité

#### **II.7.2.4 Matière insaponifiable :**

C'est la matière qui ne peut pas être décomposé par la potasse et qui reste soluble dans les solvants habituels

- Un pesé de 0,2g de l'huile a été déposé dans une erlenmeyer de 50ml.
- Un volume de 10ml de solution d'hydroxyde de potassium éthanolique 0,5 N a été ajouté et puis mélangé
- Le mélange a subi un échauffement à 80-85°C dans un bain marie pendant 30min.
- Le mélange a subi un refroidissement entre 30 et 40°C.
- L'indicateur utilisé dans cette réaction est la phénolphtaléine qui donne un couleur rose.
- Le mélange a été traité avec une solution standard HCl 0,5 N jusqu'au virage à l'incolore de la phénolphtaléine.
- 14,4 ml de chloroforme a été ajouté au mélange
- Le mélange a subi une titration par le KOH
- L'opération a été effectué deux fois (deux essais).

#### **II.7.2.5 Indice de peroxyde :**

C'est la quantité du produit présent dans l'échantillon exprimée en milliéquivalent d'oxygène actif fixé par kilogramme de la matière grasse

Il renseigne sur le degré d'oxydation

**Principe :** traitement d'une prise d'essai en solution dans l'acide acétique et au chloroforme par une solution de l'iodure de potassium, l'iode libéré est traité par une solution de thiosulfate de sodium Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

- Un pesé de 0,3g de l'huile a été déposé dans un flacon de 250ml avec bouchon
- Un volume de 10ml de mélange acide acétique chloroforme CHCl<sub>3</sub>-CH<sub>3</sub>COOH (2v/1v) a été ajouté
- Un volume de 1ml de solution saturée de KI a été ajouté
- Le flacon a été bouché immédiatement et laissé reposer dans l'obscurité pendant 5 minutes
- Un volume de 20 ml de l'eau distillé a été ajouté, puis agiter
- L'iode libéré a été traité par avec une solution de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,1N jusqu'à coloration jaune clair.
- Une solution d'amidon à 1,5% a été ajoutée comme indicateur et traiter jusqu'à ce qu'il été incolore.
- L'opération a été effectuée trois fois (trois essais)

La formule de calcul :

$$\text{La valeur d'indice de peroxyde (milimoles per 1000g)} = \frac{00,00 \times (V_{VII} - V_{VII'}) \times N \times 1100000}{WW}$$

Vs: volume de titrage de l'échantillon

Vb: volume de titrage de blanc

F: facteur de la solution Na, SO 0,01 N

W: poids de la matière grasse dans le volume d'extrait utilisé (g)

$$\text{La valeur d'indice de peroxyde (meq per 1000g)} = \frac{(V_{VII} - V_{VII'}) \times F \times 1100}{WW}$$

**II.7.4 Biochimiques :****II.7.3.1 Activité anti-oxydante :**

L'activité anti-oxydante de L'huile de quinoa a été évaluée par un test en utilisant le DPPH.

La technique de de piégeage des radicaux DPPH<sup>\*</sup>(2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) est un test de décoloration qui consiste à mesurer la capacité des antioxydants à réagir directement avec les radicaux DPPH<sup>\*</sup>.

Le radical DPPH<sup>\*</sup> est un radical libre organique stable riche en azote de couleur violette foncée. Il devient incolore lorsqu'il est réduit à sa forme non radicalaire par un antioxydant.

L'activité anti-oxydante des échantillons est mesurée en déterminant la capacité de divers extraits à piéger le radical DPPH tel que décrit par Brand-Williams et al. (1995) avec certaines modifications.

Des volumes, de, 25µl, 50 µl, 75 µl et 100 µl de l'huile extraite des graines de quinoa, ont été mélangés avec 3,9 ml d'une solution éthanolique de DPPH<sup>\*</sup> (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl). Le mélange est incubé au bain marie à 30°C pendant 15 min, puis l'absorbance est mesurée à 517 nm. L'alpha tocophérol a été utilisé comme antioxydant standard (Telli. A. 2017).

**II.7.3.2 Activité hémolytique**

L'activité hémolytique de l'huile essentielle des graines étudiées a été réalisée selon la méthode décrite par (Yang et al. 2005). 5 ml de sang ont été prélevés d'une personne saine (groupe O) (laboratoire des analyses médicales El Amel de Ouargla). Les globules rouges ont été collectés après plusieurs lavage avec une solution stérile de tampon phosphate de sodium (pH 7,2). Les cellules sont mises en suspension dans un tampon salin de phosphate de sodium à 0,5% d'hématocrite (v/v). Des volume de 988µL, 976 µl et 964 µl de la suspension cellulaire est mélangé avec 12, 24 et 36 µl de l'huile de Quinoa. Le mélange est incubé à 37 °C pendant 60 min. Ce mélange est centrifugé à 1500 rpm durant 10 min en centrifugeuse réfrigérée. L'hémoglobine libéré dans le surnageant est mesuré par spectrophotométrie UV- Visible à 540 nm. Le tampon salin de phosphate de sodium et l'eau distillée sont utilisés comme contrôles

hémolytiques respectivement pour le minima et le maxima. Chaque expérience est répétée trois fois. (Telli. 2017)

Le pourcentage d'hémolyse est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Pourcentage d'hémolyse} = [(A - A_{\text{min}}) / (A_{\text{max}} - A_{\text{min}})] \times 100$$

Où :

At : l'absorbance de l'échantillon testé ;

A min : l'absorbance de contrôle minimal (tampon phosphate) ;

Amax : l'absorbance de contrôle maximal (eau distillée). (Telli. 2017)

# **Chapitre III :**

## **Résultats et discussion**

### III.1 QUELQUES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES GRAINES DE Q102 :

Quelques propriétés physiques des graines de quinoa variété Q102 ont été déterminées et les résultats sont résumés dans le tableau 4

**Tableau4. Quelques caractéristiques physiques des graines de quinoa variété Q102.**

Caractéristiques	Diamètre (mm)	Poids de 1000 graines (g)	Teneur en matière sèche (%)	Teneur en eau (%)	Couleur et forme
Valeur	2.01±0.06	3.61±0.03	94.67±1.18	5.33±1.18	Orange et jaune avec une forme ronde

- **Couleur et forme :**

Les graines de quinoa de la variété Q102 utilisées dans cette étude présentaient une couleur homogène entre l'orange et le jaune et une forme ronde. Ces caractéristiques visuelles peuvent être utiles pour l'identification et la classification des graines de quinoa.

- **Diamètre :**

Le diamètre moyen des graines de quinoa a été mesuré à 2.01±0.06 mm. Les graines peuvent être de forme conique, cylindrique, ellipsoïdale ou lenticulaire, leur taille varie entre 1 et 3 mm (Jacobsen et Stølen, 1993 ; Mujica et al. 2001) ; qui pourraient être réparties dans trois catégories de taille grande taille (2,2 à 2,6 mm), taille moyenne (1,8 à 2,1 mm) et petite taille (< 1,8 mm) (Quispe et al. 1976). Notre résultat 2.01±0.06 indique que la mesure de diamètre moyen de la variété Q 102 est classée comme des grains de grosse taille.

- **Poids de 1000 graines :**

Le poids moyen de 1000 graines a été déterminé à 3.61±0.03 grammes. Cette mesure est importante car elle permet d'évaluer la densité des graines de quinoa et peut être utilisée pour estimer la quantité de graines nécessaires dans diverses applications.

Le poids de 1000 graines est une composante essentielle du rendement.

C'est une caractéristique variétale, il est lié à l'eau absorbé pendant la phase floraison à maturité.

Il est aussi en fonction des conditions de la nutrition minérale de la plante et aux conditions climatiques (TOUATI., 2018).

Nos résultats sont conformes aux résultats obtenues par (Vidal A. et al, 2013 ) qui ont trouvé que le poids de 1000 graines chez les quatre variétés étudiées (*Amarilla marangani*) (*Amarilla sacaca*) (*Blanca de junin*)( *Salcedo inia*) de quinoa (*chenopodium quinoa*) sont variantes entre (1,98g – 3,74g).

- **Teneur en matière sèche :**

La teneur en matière sèche des graines de quinoa a été mesurée à  $94.67 \pm 1.18\%$ . Cela indique la quantité de matière solide présente dans les graines après élimination de l'eau. Une teneur élevée en matière sèche peut indiquer une bonne qualité des graines de quinoa.

- **Teneur en eau :**

La teneur en eau des graines de quinoa a été mesurée à  $5.33 \pm 1.18\%$ . Cette mesure représente la quantité d'eau présente dans les graines. Une faible teneur en eau peut indiquer une bonne stabilité et une durée de conservation plus longue des graines de quinoa. Ce résultat est conforme aux normes pour le quinoa du Codex alimentarius adoptée par la FAO en 2019. (FAO, CXS 333-2019).

Il est important de noter que les variations dans les mesures peuvent être attribuées à des facteurs tels que la variabilité naturelle des graines, les conditions de croissance, les méthodes de mesure, etc.

### III.2 RENDEMENT D'EXTRACTION :

Les rendements d'extraction des lipides des graines de quinoa ont été déterminés pour les deux méthodes chimiques et les résultats sont regroupés dans le tableau 5.



**Tableau5. Rendement d'extraction des lipides des graines de Q102 par différentes méthodes**

Méthodes	Poids des graines	Poids d'extrait	Volume d'extrait	Rendement
Macération à froid (méthode de Bligh et Dyer 1959 )	100 g	3.11±0.08	3.60±0.10 ml	3.11±0.08
Macération chaud (Soxhlet)	100 g	3.91±0.16	4.53±0.24 ml	3.91±0.16
Pression	100 g	-	-	-

La méthode de macération à froid, basée sur la méthode de Bligh et Dyer (1959), a donné un rendement d'extraction de lipides de 3.11±0.08%. Cela signifie que pour 100 g de graines de quinoa utilisées, 3.11 g ± 0.08 g de lipides ont été extraits. Le poids total de l'extrait obtenu était de 3.11 g ± 0.08 g, avec un volume d'extrait de 3.60 ml ± 0.10 ml. Il est important de noter que cette méthode d'extraction à froid est connue pour être relativement douce et peut préserver la qualité des lipides extraits.

En ce qui concerne la méthode de macération à chaud (Soxhlet), le rendement d'extraction des lipides était de 3.91±0.16%. Pour 100 g de graines de quinoa, 3.91 g ± 0.16 g de lipides ont été extraits. Le poids total de l'extrait obtenu était de 3.91 g ± 0.16 g, avec un volume d'extrait de 4.53 ml ± 0.24 ml. La méthode de Soxhlet est une méthode d'extraction par solvant plus intensive qui implique un processus d'extraction à chaud et en continu. Les résultats indiquent un rendement légèrement plus élevé par rapport à la méthode de macération à froid.

Cependant, lors de l'utilisation de la méthode de pression mécanique, aucune huile n'a été obtenue à partir des 100 g de graines de quinoa utilisées. Cela peut être dû à plusieurs facteurs, tels que la faible teneur en lipides des graines de quinoa ou l'inefficacité de la méthode de pression mécanique pour extraire les lipides de ces graines spécifiques.

Il est important de noter que les rendements d'extraction peuvent varier en fonction de plusieurs facteurs, tels que la variété de quinoa, les conditions d'extraction, les solvants utilisés, les paramètres expérimentaux, etc. Les variations dans les résultats reflètent cette variabilité expérimentale.

En analysant les résultats de l'étude menée par **Fanny. et al. (2012)**, nous avons constaté que le rendement en huile, évalué à partir des microalgues par la méthode d'extraction de Bligh et Dyer, était de 5,7%. Bien que nos échantillons diffèrent, il est intéressant de noter que le rendement d'extraction reste proche dans les deux études. Cela confirme les conclusions de Chigozie et al. (2018), qui ont également constaté que les méthodes d'extraction de Bligh et Dyer ainsi que de Folch étaient très efficaces pour extraire les lipides totaux. Ces méthodes utilisent des solvants tels que le chloroforme et le méthanol, qui permettent de faciliter l'extraction des lipides à la fois polaires et non polaires.

En ce qui concerne le rendement de l'extraction par soxhlet, Wejnerowska et Ciaciuch (2018) ont obtenu un rendement ne dépassant pas 2.6% des lipides extraits par soxhlet à partir des graines de taille  $0.80 \pm \geq 1.40$  mm.

Le temps d'extraction est un paramètre très important affectant la quantité d'huile extraite. Des temps d'extraction plus longs sont connus pour augmenter la quantité d'huile extraite. D'après leurs résultats sur la dépendance entre le temps d'extraction et la récupération d'huile des graines à deux températures de 40 à 60°, au moment initial de l'extraction une augmentation rapide de son rendement a été observée, alors qu'entre 80 et 140 min seulement une Le rendement d'extraction a légèrement augmenté (2 à 3 %). Les résultats des études résumant l'optimisation de l'extraction de l'huile de graines de quinoa ont révélé que les récupérations les plus élevées de 55 à 56 % ont été obtenues dans les conditions suivantes : pression 25 MPa à 30 MPa, température 40°C et solvant 20 %, temps d'extraction 80 -120 min. (**Wejnerowska, & Ciaciuch, (2018)**).

### III.3 PROPRIETES PHYSIQUES :

Les propriétés physiques des huiles de quinoa ont été évaluées et les résultats sont illustrés dans le tableau 6.

**Tableau6. Propriétés physiques des lipides des graines de Q102**

Propriété physique	Valeur
Indice de réfraction	1.359±0.000
Viscosité dynamique	16.211 mPa*s
Viscosité cinétique	18.697 mm <sup>2</sup> /s
Masse volumique	0.86705 g/cm <sup>3</sup>
Densité	0.8750

Les propriétés physiques des lipides extraits des graines de quinoa de la variété Q102 sont les suivantes :

- **Indice de réfraction** : L'indice de réfraction des lipides est de  $1.359 \pm 0.000$ . Cet indice mesure la vitesse de propagation de la lumière à travers les lipides et peut fournir des informations sur leur composition et leur pureté. La mesure de l'indice de réfraction est particulièrement utile car il renseigne sur l'état de dégradation d'une huile, pour l'identification et comme un critère de pureté de l'huile. Le résultat obtenu à partir de cette analyse effectué sur l'huile de Quinoa est inférieur à la norme de pour l'huile de soja du codex alimentaire adopté par l'entreprise LESIEUR CRISTAL (1,46-1,47).
- **Viscosité dynamique** : La viscosité dynamique des lipides est égale à 16.211 mPa\*s. La viscosité est une mesure de la résistance des lipides à l'écoulement. Une viscosité élevée peut indiquer une consistance plus épaisse ou une plus grande résistance à l'écoulement
- **Viscosité cinétique** : La viscosité cinétique des lipides est de l'ordre de 18.697 mm<sup>2</sup>/s. La viscosité cinétique est une autre mesure de la viscosité qui tient compte de la densité des lipides. Elle est souvent utilisée en relation avec la viscosité dynamique pour caractériser les fluides.
- **Masse volumique** : La masse volumique des lipides est de 0.86705 g/cm<sup>3</sup>. La masse volumique est la masse des lipides par unité de volume. Elle est souvent utilisée pour décrire la densité des lipides et peut être utile pour des calculs de volume ou de poids.
- **Densité** : La densité des lipides est de 0.8750. La densité est une mesure de la compacité des lipides, c'est-à-dire la quantité de matière contenue dans un volume donné. Une densité plus élevée peut indiquer une plus grande concentration de lipides. La viscosité dynamique, la viscosité cinétique, la masse volumique, et la densité sont des caractéristiques importantes pour connaître la pureté, la concentration et la qualité du fluide...etc.

Les résultats obtenus à partir de cette analyse effectuée sur l'huile de Quinoa sont inférieures aux normes pour l'huile de soja du codex alimentaire adoptés par l'entreprise LESIEUR CRISTAL (53-59), 64,52, non disponible et (0,919-0,925) respectivement.

## III.4 PROPRIETES CHIMIQUES :

Tableau7. Propriétés chimiques des lipides des graines de Q102.

Paramètre	valeur	Codex	Huile de
Matière volatile	3.58±0.14%	<b>0,02-0,05%</b>	<b>Huile d'olive</b>
Indice d'acide (mg/g)	0.71±0.29	≤ 5	<b>Huile de soja</b>
Indice de saponification (mg/g)	168.73±6.55	<b>189-195</b>	<b>Huile de soja</b>
Indice d peroxyde (mmol/1000g)	1.64±0.02	≤ 10	<b>Huile de soja</b>
Indice de peroxyde (meq/1000g)	6.46±0.58		
Indice d'iode (I <sub>2</sub> g/100g)	95.14±2.14	<b>129-132</b>	<b>Huile de soja</b>
Matière insaponifiable (g/1000g)	9.79±0.64	<b>15</b>	<b>Huile de soja</b>

La teneur en matière volatile des lipides extraits des graines de quinoa de la variété Q102 est de l'ordre de 3.58±0.14%. Cette mesure indique la quantité de composés volatils présents dans les lipides, qui peuvent contribuer à leur arôme et à leur saveur. Selon le codex alimentaire de norme pour les huiles d'olive et les huiles des grignons d'olive CXS 33-1981 de la FAO la teneur en matière volatile varie de 0.05% et 0.2% selon le type d'huile et la méthode d'extraction utilisée (extraction mécanique, extraction par solvant...). (FAO. CXS 33-1981).

- L'indice d'acide des lipides est de l'ordre de  $0.71 \pm 0.29$  mg/g. Cet indice représente la quantité d'acides gras libres présents dans les lipides. Une valeur plus élevée peut indiquer une plus grande présence d'acides gras libres, ce qui peut influencer les propriétés organoleptiques et la stabilité des lipides. Le résultat obtenu à partir de cette analyse effectuée sur l'huile de Quinoa est conforme à la norme pour l'huile de soja du codex alimentaire internationale  $\leq 5$ .
- L'indice de saponification des lipides est de  $168.73 \pm 6.55$  mg/g. Il peut donner des informations sur la composition en acides gras des lipides et leur potentiel d'utilisation dans la fabrication de produits cosmétiques ou de savons. Le résultat obtenu à partir de cette analyse effectuée sur l'huile de Quinoa est inférieur à la norme pour l'huile de soja du codex alimentaire adopté par l'entreprise COGB labelle de Béjaia (189-195).
- L'indice de peroxyde est égale à  $1.64 \pm 0.02$  mmol/1000g, et à  $6.46 \pm$  d'O<sub>2</sub>/1000g. Ces indices mesurent la quantité de peroxydes présents dans les lipides, ce qui est une indication de leur niveau d'oxydation. Une valeur plus élevée peut indiquer une plus grande susceptibilité à l'oxydation et à la détérioration des lipides. Le résultat obtenu à partir de cette analyse effectuée sur l'huile de Quinoa est conforme à la norme pour l'huile de soja du codex alimentaire adopté par l'entreprise COGB la belle de Béjaia  $\leq 10$  meq/1000g.
- L'indice d'iode des lipides de quinoa est mesuré et il est égal à  $95.14 \pm 2.14$  g(I<sub>2</sub>)/100g. Cet indice mesure le nombre d'insaturation dans la matière grasse. Il peut donner des informations sur la stabilité des lipides et leur potentiel d'utilisation dans la production d'huiles alimentaires ou d'autres produits. Le résultat obtenu à partir de cette analyse effectuée sur l'huile de quinoa est inférieur à la norme pour l'huile de soja, du codex alimentaire adopté par l'article publié dans techniques de l'ingénieur (129-132).
- Car l'huile de soja est une huile très polyinsaturée qui offre une combinaison unique de deux acides gras l'acide alpha linoléique et l'acide linoléique par contre la tenure en acide gras dans l'huile de quinoa est l'acide linoléique et l'acide oléique qui est un acide gras mono insaturé.

- La teneur en matière insaponifiable des lipides est de l'ordre de  $9.79 \pm 0.64$  g/1000g. Cette mesure représente la quantité de composés non saponifiables présents dans les lipides, tels que les phytostérols, les tocophérols et les caroténoïdes. Ces composés peuvent avoir des effets bénéfiques sur la santé humaine et fournir des propriétés antioxydantes aux lipides. Le résultat obtenu à partir de cette analyse effectuée sur l'huile de Quinoa est inférieure à la norme pour l'huile de soja du codex alimentaire adopté par l'entreprise LESIEUR CRISTAL.

III.5 ACTIVITES BIOLOGIQUES

III.5.1 III 5.1. Activité antioxydante

- Piégeage du radical DPPH

L'activité antioxydante des lipides des graines de quinoa a été évaluée par le test de piégeage de radical DPPH et les pourcentages de piégeage du radical DPPH en fonction du volume par les lipides de quinoa et l'alpha tocophérol ont été calculés et les résultats sont présentés dans la figure 1.

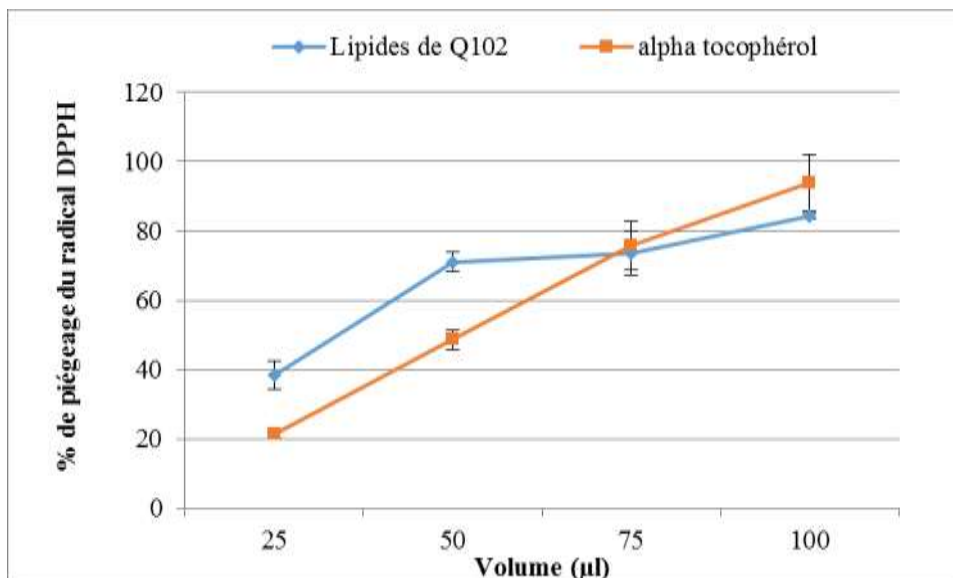


Figure1. Pourcentage de piégeage du radical DPPH par les lipides des graines de Q102 et du standard alpha tocophérol.

Les résultats obtenus dans cette étude montrent des variations intéressantes dans le pourcentage de piégeage du radical DPPH par les lipides des graines de Q102 et du standard alpha tocophérol, en fonction du volume utilisé.

Tout d'abord, lorsqu'un volume de 25 microlitres est utilisé, on observe que les lipides des graines de Q102 présentent un pourcentage de piégeage du radical DPPH de 38,33%, tandis que le standard alpha tocophérol présente un pourcentage de piégeage de 21,33%.

Ces résultats suggèrent que les lipides de Q102 ont une activité antioxydante supérieure à celle de l'alpha tocophérol dans cette condition expérimentale spécifique.

En augmentant le volume à 50 microlitres, nous observons une augmentation significative du pourcentage de piégeage pour les deux échantillons. Les lipides de Q102 affichent un pourcentage de piégeage de 71%, tandis que l'alpha tocophérol atteint 48.69%. Cette observation indique que les lipides de Q102 continuent de présenter une meilleure activité antioxydante en comparaison avec l'alpha tocophérol, même avec une augmentation de volume.

Lorsque le volume est porté à 75 microlitres, nous constatons une égalité de piégeage entre les lipides de Q102 et l'alpha tocophérol, avec un pourcentage de 73,64% pour les deux échantillons. Cela suggère que l'efficacité antioxydante des deux composés est similaire dans ces conditions particulières.

Enfin, pour un volume de 100 microlitres, nous observons un pourcentage de piégeage de 93,87% pour l'alpha tocophérol, tandis que les lipides de Q102 affichent un pourcentage de 84,42%. Ces résultats indiquent que l'alpha tocophérol présente une activité antioxydante plus élevée que les lipides de Q102 dans ces conditions spécifiques.

En résumé, ces résultats mettent en évidence des différences significatives dans le pourcentage de piégeage du radical DPPH entre les lipides des graines de Q102 et le standard alpha tocophérol, en fonction du volume utilisé. Les lipides de Q102 semblent présenter une meilleure activité antioxydante que l'alpha tocophérol dans la plupart des volumes testés, bien que l'alpha tocophérol montre une efficacité supérieure dans certaines conditions spécifiques. Ces résultats suggèrent que les lipides des graines de Q102 pourraient être prometteurs en tant qu'antioxydants naturels, méritant davantage d'investigations pour leur potentiel application dans divers domaines.

- **Concentration inhibitrice 50% du radical DPPH :**

Les IC50 des lipides des graines de quinoa et de standard ont été déterminées et les résultats sont présentés dans le tableau 9.

**Tableau8. IC50 de piégeage de DPPH par les lipides des graines de Q102 et par alpha tocophérol.**

	Valeur
<b>Lipides de graines de Q102 (µl/ml)</b>	32.62±6.30
<b>Alpha tocophérol (µl/ml)</b>	52.83±5.11

Les résultats concernant la Concentration Inhibitrice 50% (IC50) du radical DPPH par les lipides des graines de Q102 et par l'alpha tocophérol sont significatifs pour évaluer l'efficacité antioxydante de ces composés. Les valeurs obtenues indiquent les concentrations nécessaires pour réduire de 50% l'activité du radical DPPH.

Dans cette étude, la Concentration Inhibitrice 50% du radical DPPH pour les lipides des graines de Q102 est de l'ordre de 32,62±6,30 µl/ml, tandis que celle de l'alpha tocophérol est égale à 52,83±5,11 µl/ml. Ces résultats montrent que les lipides des graines de Q102 ont une capacité antioxydante plus élevée que l'alpha tocophérol.

Une IC50 plus faible indique une activité antioxydante plus puissante, car une concentration inférieure du composé est nécessaire pour inhiber de manière significative l'activité du radical DPPH. Ainsi, les lipides des graines de Q102 présentent une plus grande efficacité antioxydante par rapport à l'alpha tocophérol

Les résultats d'une méthode n'ont fourni que des suggestions limitées pour les propriétés antioxydantes de l'extrait. Une combinaison de plusieurs techniques complémentaires, incorporant différents mécanismes, est idéale pour une évaluation efficace et complète des potentiels antioxydants chez une ou plusieurs espèces.

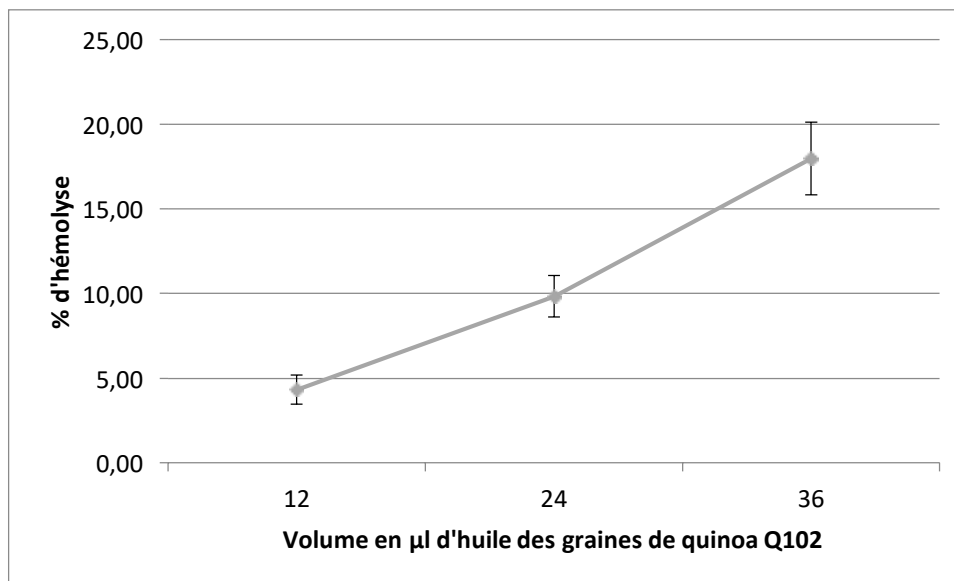
D'après **Zouaoui, A. S. (2019)** et ses résultats de l'analyse statistique ; malgré que souvent l'antioxydant de référence soit le piègeur de radicaux libres DPPH le plus puissant, cela n'empêche pas une certaine quantité d'extrait d'être très actif et également un excellent piègeur là où de très faibles valeurs d'EC50 ont été obtenues dans l'agent expérimental. Diverses études ont expérimentalement déterminé la capacité des extraits naturels à piéger les radicaux libres.



Cette activité dépend de nombreux paramètres : dosage, structure et degré de polymérisation de la molécule. (Zouaoui, A. S. (2019).

### III.5.2 Activité hémolytique des lipides des graines de quinoa Q102

L'effet hémolytique des huiles des grains de quinoa a été évalué et le résultat obtenu est donné dans la figure 2.



**Figure2. Effet hémolytique des lipides des graines de quinoa Q102.**

L'activité hémolytique mesure la capacité des lipides à causer une rupture des globules rouges, ce qui peut indiquer leur potentiel de toxicité. Les résultats de l'activité hémolytique des lipides des graines de quinoa Q102 indiquent le pourcentage d'hémolyse observé pour différents volumes d'huile.

Pour un volume de 12 microlitres d'huile des graines de quinoa Q102, un pourcentage d'hémolyse de 4,32% a été observé. Cela suggère une faible activité hémolytique à cette concentration.

En augmentant le volume à 24 microlitres d'huile, le pourcentage d'hémolyse augmente à 9,84%. Cela indique une augmentation de l'activité hémolytique à cette concentration élevée.

Lorsque le volume est augmenté à 36 microlitres d'huile, le pourcentage d'hémolyse atteint 17,98%. Cette augmentation significative du pourcentage d'hémolyse suggère une activité hémolytique plus élevée à cette concentration.

Ces résultats indiquent que les lipides des graines de quinoa Q102 présentent une activité hémolytique dépendante de la concentration. À faible concentration (12 microlitres), l'activité hémolytique est relativement faible, mais elle augmente avec l'augmentation de la concentration.

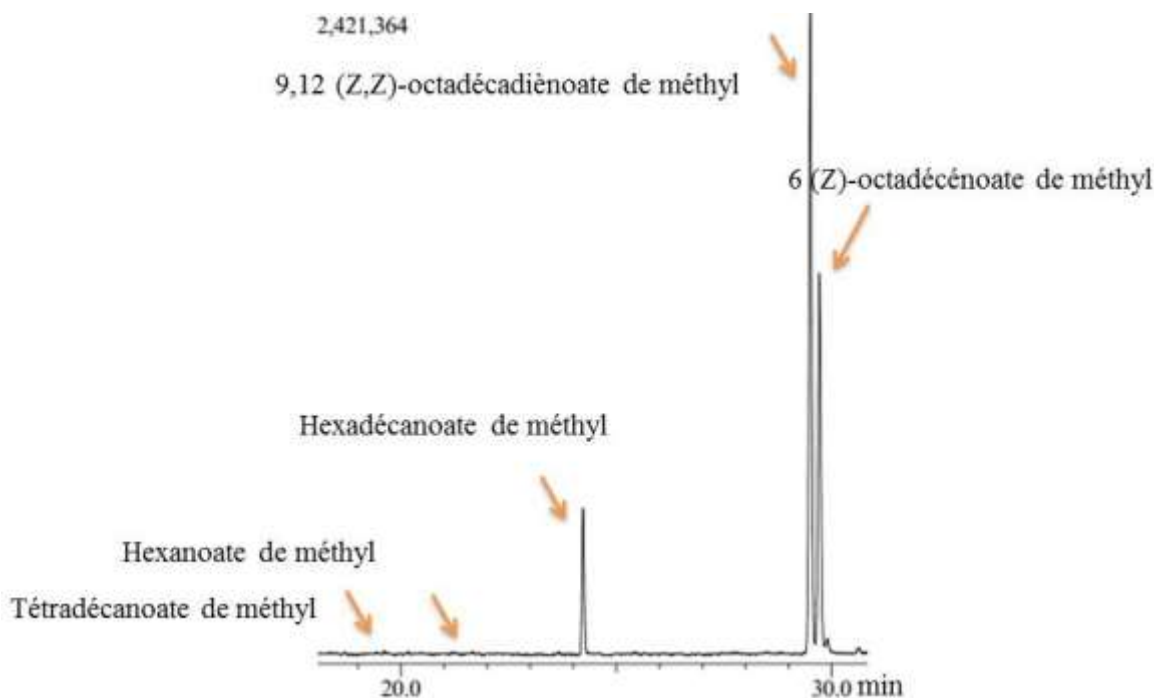
D'après Al-Rajhi et al. (2023), une augmentation progressive du pourcentage d'hémolyse a été enregistrée en utilisant toutes les concentrations d'huile d'olive jusqu'à 1000 µg/mL. L'huile d'olive a causé 2,7 % d'hémolyse, tandis que sa NanoEmulsion en a causé 19,8 %.

Certains acides gras contenus dans l'huile préviennent les dommages aux membranes des globules rouges causés par le stress oxydatif en éliminant le peroxyde d'hydrogène et les radicaux libres de peroxyde qui sont produits.

NanoEmulsions d'huile d'olive par Karami et al. (2019) n'ont présenté qu'une hémolyse de 4,6 % lorsqu'ils ont été appliqués en toute sécurité pour une administration intraveineuse.

**III.6 PROFIL EN ACIDES GRAS DES LIPIDES DES GRAINES DE QUINOA**

Le profil en acides gras à était déterminé et les résultats obtenus sont donnés dans la figure 3.



**Figure3.** GC chromatogramme de quelques acides gras constitutifs des lipides de (*Chenopodium quinoa*).

**Tableau9. Profil des acides gras identifiés des lipides des graines de (*Chenopodium quinoa*) par GC-MS/MS**

Acide gras	Temps de rétention (min)	Surface de pic (%)
Acide tétradécanoïque (C <sub>14</sub> :0Δ)	19.61	0.11
Acide hexanoïque (C <sub>6</sub> :0Δ)	21.64	0.13
Acide hexadécanoïque (C <sub>16</sub> :0Δ)	24.22	9.71
Acide 9,12(Z, Z) octadécadiénoïque (C <sub>18</sub> :2Δ <sup>9,12</sup> )	2.50	51.33
Acide 6(Z)-octadécénoïque (C <sub>18</sub> :1Δ <sup>6</sup> )	29.71	33.44

Selon les résultats du chromatogramme de la GC-MS, cinq pics distincts ont été observés avec leurs temps de rétention respectifs et leurs pourcentages de surface :

1. Le premier pic, à 19,61 minutes, représente 0,11 % de la surface totale et correspond à l'acide tétradécanoïque (C<sub>14</sub>:0Δ).
2. Le deuxième pic, à 21,64 minutes, représente 0,13 % de la surface totale et correspond à l'acide hexanoïque (C<sub>6</sub>:0Δ).
3. Le troisième pic, à 24,22 minutes, représente 9,71 % de la surface totale et correspond à l'acide hexadécanoïque (C<sub>16</sub>:0Δ).
4. Le quatrième pic, à 2,50 minutes, représente 51,33 % de la surface totale et correspond à l'acide 9,12(Z, Z) octadécadiénoïque (C<sub>18</sub>:2Δ<sup>9,12</sup>).
5. Le cinquième pic, à 29,71 minutes, représente 33,44 % de la surface totale et correspond à l'acide 6(Z)-octadécénoïque (C<sub>18</sub>:1Δ<sup>6</sup>).

Ces résultats indiquent la présence de plusieurs acides gras dans l'échantillon analysé, avec des pourcentages de variables de surface. Chaque pic est associé à un acide gras spécifique, identifié par sa composition chimique et sa structure. Ces informations permettent de caractériser la composition de notre échantillon d'un point de vue lipidique.

En comparant les résultats qu'on a obtenus avec ce de Joseph K. Rugutt et al 2013 :

1- pour l'acide mystirique : ils ont eu une surface de pic supérieur à la nôtre  $0.30\pm 0.06\%$  et  $0.11\%$  respectivement alors que la littérature donne une valeur minimale de  $0.23\%$  et maximale de  $0.42\%$ .

2- pour l'acide caproïque : ils ont eu une surface de pic inférieur à la nôtre  $0.07\pm 0.03\%$  et  $0.13\%$  respectivement alors que la littérature donne une valeur minimale de  $0.04\%$  et maximale de  $0.14\%$ .

3- pour l'acide palmitique : ils ont eu une surface de pic supérieur à la nôtre  $20.98\pm 0.64\%$  et  $9.71\%$  respectivement alors que la littérature donne une valeur minimale de  $19.85\%$  et maximale de  $22.08\%$ .

4- pour l'acide linoléique : ils ont eu une surface de pic inférieur à la nôtre  $42.63\pm 1.87\%$  et  $51.33\%$  respectivement. Cependant, la littérature indique une plage de valeurs de  $44.45\%$  à  $46.35\%$ , ce qui inclut les deux ensembles de résultats.

5- pour l'acide oléique : ils ont eu une surface de pic proche à la nôtre  $33.70\pm 1.43\%$  et  $33.44\%$  respectivement. Les valeurs de la littérature pour l'acide oléique varient de  $31,37\%$  à  $36,30\%$ , ce qui englobe notre résultat.

Il est effectivement possible que ces différences soient dues à plusieurs facteurs, telles que les méthodes d'extraction utilisées, les variétés d'échantillons testés et les conditions expérimentales.

Il est important de noter que la littérature scientifique fournit souvent des plages de valeurs plutôt que des valeurs exactes, car les résultats peuvent varier en fonction des facteurs mentionnés ci-dessus. Il est donc courant d'observer des écarts entre les résultats de différentes études.

**III.7 CONCLUSION GENERALE :**

L'extraction de l'huile de quinoa est un processus important qui permet de produire une huile de haute qualité avec une composition nutritionnelle remarquable. Le quinoa est une plante qui pousse principalement dans les régions andines d'Amérique du Sud et qui est considérée comme un aliment de base dans les régimes alimentaires traditionnels de ces régions. Cette plante est riche en protéines, en fibres, en vitamines et en minéraux, et sa graine est utilisée pour produire de l'huile.

Le processus d'extraction de l'huile de quinoa peut varier selon les méthodes utilisées. L'extraction peut être réalisée à l'aide d'une presse à vis ou à l'aide de solvants chimiques tels que l'hexane. L'extraction à l'aide de solvants chimiques est plus efficace mais peut entraîner une perte de certains nutriments et une contamination de l'huile par les résidus de solvants. En revanche, l'extraction à l'aide d'une presse à vis est plus lente mais préserve mieux les nutriments et minimise la contamination.

Les résultats indiquent que les méthodes de macération à froid et de macération à chaud ont donné des rendements d'extraction des lipides des graines de quinoa de la variété Q102 de l'ordre de 3%. Cependant, la méthode de pression mécanique n'a pas permis d'obtenir d'huile à partir de ces graines. Ces résultats peuvent fournir des informations utiles pour choisir la méthode d'extraction appropriée en fonction des objectifs de l'étude et des propriétés spécifiques des graines de quinoa.

Les propriétés physiques des lipides extraits des graines de quinoa de la variété Q102 fournissent des informations sur leur comportement et leur nature physique. Ces données peuvent être utilisées pour comparer les lipides de différentes sources ou pour évaluer leur aptitude à certaines applications, telles que la formulation de produits alimentaires ou cosmétiques.

L'huile de quinoa est riche en acides gras insaturés, en particulier en acide linoléique et en acide oléique, qui sont considérés comme bénéfiques pour la santé cardiovasculaire. Nos résultats suggèrent que les lipides des graines de Q102 pourraient être considérés comme des antioxydants prometteurs, ayant la capacité de neutraliser les radicaux libres de manière plus efficace que l'alpha tocophérol dans le cadre de cette étude. les tocophérols, peuvent aider à

protéger les cellules contre les dommages oxydatifs et à prévenir les maladies chroniques. En outre, l'huile de quinoa est riche en vitamine E, qui est importante pour la santé de la peau.

Il est important de noter que des pourcentages d'hémolyse plus élevés peuvent indiquer un potentiel de toxicité pour les lipides des graines de quinoa Q102. Cela souligne l'importance de mener des études complémentaires pour évaluer la sécurité et les éventuels effets indésirables des lipides de quinoa avant de les utiliser dans des applications spécifiques.

L'huile de quinoa présente de nombreux avantages potentiels pour la santé, notamment en aidant à réduire le cholestérol, en prévenant les maladies cardiovasculaires et en améliorant la santé de la peau. Cependant, il est important de noter que la qualité de l'huile dépendra en grande partie des conditions de production. Il est donc important de s'assurer que l'huile de quinoa est produite à partir de graines de haute qualité et que le processus d'extraction est effectué dans des conditions hygiéniques et de manière respectueuse de l'environnement.

En outre, comme pour toute source de gras, il est important de consommer l'huile de quinoa avec modération dans le cadre d'une alimentation équilibrée. Bien que l'huile de quinoa soit riche en nutriments bénéfiques pour la santé, elle est également riche en calories et en graisses. Il est donc important de contrôler sa consommation d'huile de quinoa et de l'inclure dans le cadre d'une alimentation équilibrée comprenant une variété d'aliments sains.

**Conclusion**

## **Conclusion :**

L'extraction de l'huile de quinoa est un processus important qui permet de produire une huile de haute qualité avec une composition nutritionnelle remarquable. Le quinoa est une plante qui pousse principalement dans les régions andines d'Amérique du Sud et qui est considérée comme un aliment de base dans les régimes alimentaires traditionnels de la région. Cette plante est riche en protéines, en fibres, en vitamines et en minéraux, et sa graine est utilisée pour produire de l'huile.

Le processus d'extraction de l'huile de quinoa peut varier selon les méthodes utilisées. L'extraction peut être réalisée à l'aide d'une presse à vis ou à l'aide de solvants chimiques tels que l'hexane. L'extraction à l'aide de solvants chimiques est plus efficace mais peut entraîner une perte de certains nutriments et une contamination de l'huile par les résidus de solvants. En revanche, l'extraction à l'aide d'une presse à vis est plus lente mais préserve mieux les nutriments et minimise la contamination.

L'huile de quinoa est riche en acides gras insaturés, en particulier en acide linoléique et en acide oléique, qui sont considérés comme bénéfiques pour la santé cardiovasculaire. L'huile de quinoa contient également des antioxydants tels que les tocophérols et les caroténoïdes, qui peuvent aider à protéger les cellules contre les dommages oxydatifs et à prévenir les maladies chroniques. En outre, l'huile de quinoa est riche en vitamine E, qui est importante pour la santé de la peau.

L'huile de quinoa présente de nombreux avantages potentiels pour la santé, notamment en aidant à réduire le cholestérol, en prévenant les maladies cardiovasculaires et en améliorant la santé de la peau. Cependant, il est important de noter que la qualité de l'huile dépendra en grande partie des conditions de production. Il est donc important de s'assurer que l'huile de quinoa est produite à partir de graines de haute qualité et que le processus d'extraction est effectué dans des conditions hygiéniques et de manière respectueuse de l'environnement.

En outre, comme pour toute source de gras, il est important de consommer l'huile de quinoa avec modération dans le cadre d'une alimentation équilibrée. Bien que l'huile de quinoa soit riche en nutriments bénéfiques pour la santé, elle est également riche en calories et en graisses. Il est donc important de contrôler sa consommation d'huile de quinoa et de l'inclure dans le cadre d'une alimentation équilibrée comprenant une variété d'aliments sains.



## Références bibliographiques :

- Abderrahim, Z. S. (2019). Contribution à l'étude phénologique et caractérisation phytochimique pour une évaluation des activités biologiques du *Chenopodium quinoa* Wild dans les régions semi arides (cas de l'Algérie occidentale) (Doctoral dissertation).
- Abeywardena, M. Y., McLennan, P. L., & Charnock, J. S. (1991). Differential effects of dietary fish oil on myocardial prostaglandin I<sub>2</sub> and thromboxane A<sub>2</sub> production. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 260(2), H379-H385.
- Adam, F., Abert-Vian, M., Peltier, G., & Chemat, F. (2012). "Solvent-free" ultrasound-assisted extraction of lipids from fresh microalgae cells: a green, clean and scalable process. *Bioresource technology*, 114, 457-465.
- Al-Rajhi, AM, & Ghany, TA (2023). Nanoémulsions de certaines huiles comestibles et leurs activités antimicrobiennes, antioxydantes et antihémolytiques. *BioResources* , 18 (1), 1465.
- Andersson, S. W., Skinner, J., Ellegård, L., Welch, A. A., Bingham, S., Mulligan, A., ... & Shaw, K. T. (2004). Intake of dietary plant sterols is inversely related to serum cholesterol concentration in men and women in the EPIC Norfolk population: a cross-sectional study. *European journal of clinical nutrition*, 58(10), 1378-1385.

- Apaza Quispe, R. Evaluacion comparativa del comportamiento agronomico de diez variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el altiplano norte (Doctoral dissertation).
- Bazile, D., Pulvento, C., Verniau, A., Al-Nusairi, M. S., Ba, D., Breidy, J., ... & Padulosi, S. (2016). Worldwide evaluations of quinoa : preliminary results from post international year of quinoa FAO projects in nine countries. *Frontiers in plant science*, 7, 850.
- Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF et FIDA. 2013. Descripteurs pour le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) et ses espèces sauvages apparentées. Bioversity International, Rome, Italie; Organisation des Nations Unies pour l'agriculture et l'alimentation, Rome, Italie; Fondation PROINPA, La Paz, Bolivie; Institut national d'innovation agricole et forestière, La Paz, Bolivie; Fonds international de développement agricole, Rome, Italie.
- Bousselaoui., (2018). Effets du stress salin sur la germination de quelques variétés introduites du quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.). Université Mohamed Khider de Biskra. Département des sciences de la nature et de la vie .pp: 4.
- Carciochi, R. A., Galván D' Alessandro, L., & Manrique, G. D. (2016). Effect of roasting conditions on the antioxidant compounds of quinoa seeds. *International journal of food science & technology*, 51(4), 1018-1025.
- Codex alimentaires, normes pour quinoa (CXS 333-2019). Adoptée en 2019. Amendée en 2020.
- Codex alimentaires. NORME POUR LES HUILES D'OLIVE ET LES HUILES DE GRIGNONS D'OLIVE -CXS 33-1981. Adopté en 1981. Révisé en 1989, 2003, 2015, 2017. Modifié en 2009, 2013, 2021. Anciennement CAC/RS 33-1970.
- Codex alimentaire, norme pour soja adopté en 2016 par l'entreprise CO.G.B. Labelle.
- Codex alimentaire, norme pour soja adopté par l'entreprise LESIEUR CRISTAL.
- Codex alimentaire, norme pour soja adopté en 2022 par l'entreprise Emile Groupe.

- De Jong, A., Plat, J., & Mensink, R. P. (2003). Metabolic effects of plant sterols and stanols. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 14(7), 362-369.
- Del Castillo, C., Mahy, G., & Winkel, T. (2008). La quinoa en Bolivie: une culture ancestrale devenue culture de rente" bio-équitable". BASE.
- EA Oelke et al alternative field corps manual. University of Wisconsin-Extension 1992. <https://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/quinoa.html> consulter le 02 avril 2023.
- Elmadfa, I., & Kornsteiner, M. (2009). Fats and fatty acid requirements for adults. *Annals of nutrition & metabolism*, 55(1/3), 56-75.
- European Standard NF EN ISO 5509 Norm. Preparation of methyl esters of fatty acids. Paris, France : AFNOR ; 2000.
- FAO, 2011. Quinoa : An ancient crop to contribute to world food security. Pp :7.
- FAO., (2016). (Food and Agriculture Organisation), 2016.Quinoa en Algérie. P16
- FAO.2013. Food and Agriculture Organisation of the united nations. Food Outlook. Biannual Report on Global Food Markets. 2013, Ed, FAO Rome. Italie : 61.
- Fiche de synthèse QUINOA Une culture à fort potentiel d'adaptation et de production pour le Maroc 2014.
- Filho, A. M. M., Pirozi, M. R., Borges, J. T. D. S., Pinheiro Sant'Ana, H. M., Chaves, J. B. P., & Coimbra, J. S. D. R. (2015). Quinoa: Nutritional, functional, and antinutritional aspects. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(8), 1618-1630.
- Foucault, A. S., Even, P., Lafont, R., Dioh, W., Veillet, S., Tomé, D., ... & Quignard-Boulangé, A. (2014). Quinoa extract enriched in 20-hydroxyecdysone affects energy homeostasis and intestinal fat absorption in mice fed a high-fat diet. *Physiology & behavior*, 128, 226-231.
- Foucault, A. S., Lafont, R., Dioh, W., Fromentin, G., Veillet, S., Tomé, D., & Quignard-Boulangé, A. (2008). Effets d'un extrait de quinoa enrichi en 20-hydroxyecdysone sur l'adiposité dans le cadre du syndrome métabolique. *Nutrition Clinique et Métabolisme*, 22(Suppl. 1), S103.

- Foucault, A. S., Mathé, V., Lafont, R., Even, P., Dioh, W., Veillet, S., ... & Quignard-Boulangé, A. (2012). Quinoa extract enriched in 20-hydroxyecdysone protects mice from diet-induced obesity and modulates adipokines expression. *Obesity*, 20(2), 270-277.
- Ghosh, D., & Thejomoorthy, P. (1983). Anti-inflammatory and analgesic activities of oleanolic acid 3-O-glucoside (RDG-1) from *Randia dumetorum* (Rubiaceae). *Indian Journal of Pharmacology*, 15(4), 331.
- Graf, B. L., Poulev, A., Kuhn, P., Grace, M. H., Lila, M. A., & Raskin, I. (2014). Quinoa seeds leach phytoecdysteroids and other compounds with anti-diabetic properties. *Food chemistry*, 163, 178-185.
- Herbillon, M. (2015). Le quinoa : intérêt nutritionnel et perspectives pharmaceutiques. <https://www.djazairess.com/fr/apsfr/342587>. L'introduction du quinoa en Algérie ouvre de grandes perspectives de développement, Algérie Presse Service Publié le 25-01-2014.
- ITADS.,(2017) Hamana-Korichi Malika, Souici Djamel, Khelid Meriem, Hafida Rahal-Bouziane, Abed Chedjerat, Laaboudi Abdelkader. Introduction of Quinoa in Algeria.
- Jacobsen, S. E et Stelen, O., 1993, Quinoa : morphology, phenology and prospects for its production as a new crop in Europe, *European Journal of Agronomy*, 2, 19p - 29p.
- Jacobsen, S. E. (2003). The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food reviews international*, 19(1-2), 167-177.
- Jancurová, M., Minarovičová, L., & Dandar, A. (2009). Quinoa—a review. *Czech Journal of Food Sciences*, 27(2), 71-79.
- Kizelsztejn, P., Govorko, D., Komarnytsky, S., Evans, A., Wang, Z., Cefalu, W. T., & Raskin, I. (2009). 20-Hydroxyecdysone decreases weight and hyperglycemia in a diet-induced obesity mice model. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 296(3), E433-E439.
- Lebonvallet, S. (2008). Implantation du quinoa et simulation de sa culture sur l'altiplano bolivien. *Agro Paris Tech, Paris & INRA, Avignon, France*, 69.

Ma, W. W., Heinstein, P. F., & McLaughlin, J. L. (1989). Additional toxic, bitter saponins from the seeds of *Chenopodium quinoa*. *Journal of natural products*, 52(5), 1132-1135.

Matiacevich, S. B., Castellión, M. L., Maldonado, S. B., & Buera, M. P. (2006). Water-dependent thermal transitions in quinoa embryos. *Thermochimica Acta*, 448(2), 117-122.

Mäkinen, O. 2014. Studies on quinoa (*Chenopodium quinoa*) for novel food and beverage applications. PhD Thesis, University College Cork.

Mujica A., Izquierdo J., Marathee J. P., 2001, Origen y descripción de la quinua. *Quinua (Chenopodium quinoa Willd.) : ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro*. Mujica, A., Jacobsen, S. E., Izquierdo, J., Marathec, J. P. et FAO (eds). CIP, UNAP. FAO, CD Cultivos Andinos, version I.0. Santiago, Chile, 125p-174p.

Mujica A., Izquierdo J., Marathee J.P., 2001. Origen y descripción de la quinua. *Quinua (Chenopodium quinoa Willd.) : ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro*.

Mujica, A., 1994. Andean grains and legumes. In J.E.H. Bermejo & J. Leon, eds. *Neglected crops: 1492 from a different perspective*, p. 131-148. *Plant production and protection*. Rome, FAO.

Okolie, CL, Akanbi, TO, Mason, B., Udenigwe, CC et Aryee, AN (2019). Influence des technologies d'extraction conventionnelles et récentes sur les propriétés physico-chimiques des macromolécules bioactives de sources naturelles : une revue. *Recherche alimentaire internationale*, 116 , 827-839.

Ostlund Jr, R. E., Racette, S. B., Okeke, A., & Stenson, W. F. (2002). Phytosterols that are naturally present in commercial corn oil significantly reduce cholesterol absorption in humans. *The American journal of clinical nutrition*, 75(6), 1000-1004.

Quinoa\_Wikipedia\_Fr.pdf

Ruiz, K. B., Biondi, S., Oses, R., Acuña-Rodríguez, I. S., Antognoni, F., Martínez-Mosqueira, E. A., ... & Molina-Montenegro, M. A. (2014). Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change. A review. *Agronomy for sustainable development*, 34, 349-359.

squalene, tocopherol content and fatty acid profile of selected seeds, grains, and legumes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 62, 85-91.

Wejnerowska, G., & Ciaciuch, A. (2018). Optimisation de l'extraction d'huile de graines de quinoa avec du dioxyde de carbone supercritique avec des co-solvants. *Journal tchèque des sciences alimentaires*, 36 (1), 81-87.

## Résumé :

Extraction et caractérisation des lipides des graines de quinoa variété Q102(*chenopodium quinoa*).

La présente étude porte sur l'extraction et la caractérisation physico-chimique et biochimique de l'huile de graines de quinoa (*chenopodium quinoa*) variété Q102. L'extraction de l'huile de graines de quinoa variété Q102 a été faite par deux méthodes chimiques ; macération à chaud (soxhlet) et par macération froide (méthode de Bligh et Dyer). Le rendement d'extraction estimé étant de l'ordre de  $3.91 \pm 0.16\%$  pour la macération à chaud et de  $3.11 \pm 0.08\%$  pour la macération à froid. La caractérisation physicochimique des huiles montre que la valeur de l'indice d'acide est de  $0.71 \pm 0.29 \text{ mg KOH/g}$  d'huile, l'indice de saponification est de  $168.73 \pm 6.55 \text{ mg}$  de KOH/g d'huile,  $95.14 \pm 2.14 \text{ g/100g}$  d'huile pour l'indice d'iode et  $6.46 \pm 0.58$  milliéquivalent d'O<sub>2</sub> actif / Kg d'huile pour l'indice de peroxyde, la densité qui est de 0.8750 à 25 °C, l'indice de réfraction à 20 °C égale à  $1.359 \pm 0.000$ . Pour la caractérisation biochimique et en examinant l'activité antioxydant de l'huile a été réalisée par la méthode de piégeage du radical libre DPPH, les résultats obtenus ont montré l'existence d'une activité antioxydant importante (résultat) pour huile des graines de quinoa variété Q102 par rapport à l'antioxydant de références, en ce qui concerne l'activité hémolytique, un grand pourcentage d'hémolyse a été enregistré ce qui pourrait indiquer un potentiel de toxicité des lipides des graines de quinoa Q102. Enfin, pour le Profil des acides gras identifiés des lipides des graines de (*Chenopodium quinoa*) par GC-MS/MS, les résultats obtenus montre que la variété Q102 est riche en acide mystirique, caproïque, palmitique, linoléique et l'acide oléique.

Mots clés : *Chenopodium quinoa* wild, graines, lipides, Extraction, Caractérisation physico-chimique, activité antioxydante, activité hémolytique, GC-MS/MS, profil en acide gras.

Abstract :

Extraction and lipid characterization of quinoa seed variety Q102(*chenopodium quinoa*).

The present study focuses on the extraction and physico-chemical and biochemical characterization of quinoa seed oil (*chenopodium quinoa*) variety Q102. The extraction of quinoa seed oil variety Q102 was done by two chemical methods; hot maceration (soxhlet) and cold maceration (Bligh and Dyer method). The estimated extraction yield is around  $3.91 \pm 0.16\%$  for hot maceration and  $3.11 \pm 0.08\%$  for cold maceration. The physicochemical characterization

of the oils shows that the value of the acid index is 0.71 0.29mgKOH/g oil, the saponification



Ryan, E., Galvin, K., O'Connor, T. P., Maguire, A. R., & O'Brien, N. M. (2007). Phytosterol, index is 168.73 6.55mg KOH/g oil, 95.14 2.14g/100g of oil for the iodine index and 6.46 0.58 milliequivalents of active O<sub>2</sub>/kg of oil for the peroxide index, the density which is 0.8750 to 25°C, the refractive index at 20°C equal to 1.359 0.000. For biochemical characterization and by examining the antioxidant activity of the oil was carried out by the method of trapping the free radical DPPH, the results obtained showed the existence of an important antioxidant activity (result) for quinoa seed oil variety Q102 in relation to the antioxidant reference, with regard to hemolytic activity, a large percentage of hemolysis was recorded which could indicate a potential for lipid toxicity of quinoa seed Q102. Finally, for the Profile of fatty acids identified from seed lipids (Chenopodium quinoa) by GC-MS/MS, the results obtained show that the variety Q102 is rich in myristic acid, caproic acid, palmitic, linoleic and oleic acid.

Keywords : Chenopodium quinoa wild, seeds, lipids, Extraction, Physico-chemical characterization, antioxidant activity, hemolytic activity, GC-MS/MS, fatty acid profile.

#### ملخص:

استخراج وتوصيف الدهون من بذور الكينوا (شينوبوديوم كينوا) نوع Q102.

تركز هذه الدراسة على الاستخراج و التوصيف الفيزيائي الكيميائي و الكيميائي الحيوي للزيت من بذور الكينوا نوع (Q102)(شينوبوديوم كينوا).

تم استخراج الزيت من بذور الكينوا بطريقتين كيميائيتين؛ النقع الساخن (سوكسليت) والنقع البارد (طريقة بليغ و داير). يبلغ عائد الاستخراج المقدر حوالي 3.91% للنقع الساخن و 3.11% للنقع البارد. و يبين التوصيف الفيزيائي الكيميائي للزيت ان قيمة مؤشر الحمض هي  $0.29 \pm 0.71$  مغ من هيدروكسيد البوتاسيوم/غ من الزيت, مؤشر التصبغ هو  $6.55 \pm 168.73$  مغ من هيدروكسيد البوتاسيوم/غ من الزيت, و  $2.14 \pm 95.14$  غ/100 غ من الزيت لمؤشر اليود و  $0.58 \pm 6.46$  ميلي معادل للاكسجين النشط/كغ من الزيت لمؤشر البيروكسيد, الكثافة هي 0.8750 عند 25 درجة مئوية. معامل الانكسار عند 20 من اجل التوصيف الكيميائي الحيوي و من خلال فحص النشاط المضاد للأكسدة للزيت تم درجة مئوية يساوي 1.359. القيام به بطريقة حبس الجذور الحرة, اظهرت النتائج التي تم الحصول عليها وجود نشاط مهم مضاد للأكسدة في زيت بذور الكينوا بالنسبة للمرجع المضاد للأكسدة. فيما يتعلق بالنشاط الانحلالي, تم تسجيل نسبة كبيرة من انحلال الدم مما قد يشير الى احتمال سمية زيت بذور الكينوا نوع (ك102). أخيراً, بالنسبة لاختبار تعريف الاحماض الدهنية التي تم تحديدها من دهون بذور (شينوبوديوم كينوا و ايلد) بواسطة (كروماتوغرافيا الغاز - مطياف الكتلة), أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها ان النوع (ك102) غني بحمض ميستيرسك, الكابرويك, النخيل, اللينوليك و حمض الاوليك.

الكلمات المفتاحية: شينوبوديوم كينوا و ايلد, بذور, دهون, استخراج, توصيف فيزيائي كيميائي, النشاط المضاد للأكسدة, GC-MS/MS, النشاط الانحلالي للدم, اختبار تعريف الاحماض الدهنية.